Ministry of Industry and Trade

Hợp tác Đức
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Implemented by
giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

KHAI THÁC TRÍ TUỆ NHÂN TẠO VÀ CÁC GIẢI PHÁP SỐ ĐỂ THÚC ĐẨY CHUYỂN ĐỔI NĂNG LƯỢNG CỦA VIỆT NAM

HARNESSING ARTIFICIAL INTELLIGENCE & DIGITAL SOLUTIONS TO ACCELERATE VIET NAM'S ENERGY TRANSITION

Potential Assessment

Đánh giá Tiềm năng

Giai đoạn 1

Thông tin xuất bản

Đơn vị xuất bản
Tổ chức Hợp tác Quốc tế Đức GIZ

Trụ sở chính
Bonn & Eschborn, CHLB Đức

Dự án
Thúc đẩy chuyển dịch ngành năng lượng tại Việt Nam (TEV)
Chương trình Hỗ trợ Năng lượng GIZ

Phòng 042A, Tầng 4, Tòa nhà Coco
14 Thụy Khuê, Q. Tây Hồ, Hà Nội, Việt Nam
T + 84 (0)24 39 41 26 05
F + 84 (0)24 39 41 26 06
office.energy@giz.de
www.giz.de/viet-nam
www.esp.org.vn

Hoàn thành
Tháng 6/2025

Hình ảnh/Tài liệu
Danh mục các nhiếp ảnh gia theo thứ tự bảng chữ cái
Nhiếp ảnh gia a: trang 3

Tác giả
Tiến sĩ George Kyriakarakos
Tiến sĩ Trần Thị Tú Quỳnh - ISTEE
Nguyễn Thị Như Vân - ISTEE
Tiến sĩ Nguyễn Quanh Ninh - ISTEE
Tiến sĩ Trần Thái Sơn - ISTEE

Chuyên gia phản biện
Philipp Munzinger – GIZ
Vũ Chi Mai - GIZ
Bùi Ngọc Thủy - GIZ

GIZ chịu trách nhiệm về nội dung của ấn phẩm này

Dưới sự ủy quyền của
Bộ Hợp tác kinh tế và Phát triển Liên bang Đức (BMZ)

Lời tựa

Việt Nam đang đứng trước một bước ngoặt quan trọng trong hành trình chuyển đổi năng lượng. Với việc phê duyệt Điều chỉnh Quy hoạch phát triển điện lực quốc gia thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050 (gọi tắt là Quy hoạch điện VIII Điều chỉnh), Việt Nam đã đặt ra các mục tiêu đầy tham vọng nhằm tái định hình hệ thống năng lượng—tăng đáng kể tỷ trọng năng lượng tái tạo, nâng cao tính linh hoạt của lưới điện, đồng thời đảm bảo an ninh và phát triển bền vững năng lượng. Để hiện thực hóa những mục tiêu này, Việt Nam không chỉ cần những chính sách đột phá và nguồn đầu tư mạnh mẽ, mà còn phải ứng dụng một cách chiến lược các giải pháp đổi mới sáng tạo và công nghệ tiên tiến.

Trí tuệ nhân tạo (AI) và các giải pháp số chính là những công cụ đắc lực để thúc đẩy quá trình chuyển đổi này. Nhờ khả năng dự báo chính xác hơn, quản lý lưới điện theo thời gian thực, bảo trì dự đoán và tối ưu hóa việc sử dụng năng lượng, AI có thể mở ra những bước tiến vượt bậc về hiệu quả trên toàn bộ chuỗi giá trị năng lượng—từ khâu phát điện, truyền tải cho đến phân phối và tiêu thụ. Những cải tiến này càng trở nên cấp thiết khi hệ thống năng lượng của Việt Nam đang phát triển với tốc độ nhanh chóng, ngày càng phức tạp và có quy mô lớn hơn.

Tuy nhiên, việc triển khai AI cũng đòi hỏi phải cân nhắc cẩn trọng. Trong quá trình tiếp cận và ứng dụng các công nghệ này, chúng ta cần đảm bảo rằng việc sử dụng phải đạt được tính minh bạch, công bằng và có trách nhiệm. Những vấn đề như bảo mật dữ liệu cá nhân, thiên lệch thuật toán, an ninh mạng và khả năng thích ứng của lực lượng lao động cần được giải quyết một cách chủ động. AI cần được định vị như một công cụ thúc đẩy sự phát triển bao trùm và tăng cường - chứ không phải làm suy giảm - niềm tin của cộng đồng cũng như năng lực thể chế.

Báo cáo này do Chương trình Hỗ trợ Năng lượng của GIZ xây dựng thông qua sự phối hợp chặt chẽ với Bộ Công Thương Việt Nam, đánh dấu bước khởi đầu quan trọng trong việc nghiên cứu cách thức AI và các giải pháp số hóa có thể đóng góp vào tiến trình chuyển đổi năng lượng của Việt Nam. Báo cáo không chỉ xác định những lĩnh vực tiềm năng mà còn làm nổi bật các yếu tố thực tiễn cần lưu ý cho hành trình phía trước.

Thay mặt Chương trình Hỗ trợ Năng lượng của GIZ, tôi xin chân thành cảm ơn tất cả các đối tác và bên liên quan đã có những đóng góp quý báu cho báo cáo này. Chúng tôi hy vọng rằng những phát hiện và khuyến nghị trong báo cáo sẽ là nguồn tham khảo hữu ích cho các nhà hoạch định chính sách, doanh nghiệp điện lực, khu vực tư nhân cũng như các đối tác phát triển trong việc cùng nhau khám phá và phát huy một cách có trách nhiệm toàn bộ tiềm năng của đổi mới số hóa, góp phần xây dựng một tương lai năng lượng sạch và bền vững hơn cho Việt Nam.

Philipp Munzinger
Giám đốc Chương trình
Chương trình Hỗ trợ Năng lượng GIZ

Mục lục

Danh mục hình ảnh **7**

Danh mục bảng biểu **7**

Các từ viết tắt **10**

Cơ sở khái niệm: Số hóa, Tự động hóa, Lưới điện thông minh và Trí tuệ nhân tạo ... **12**

Tóm tắt Tổng quan **14**

Chương 1: Giới thiệu & Phương pháp nghiên cứu **30**

1.1. Cơ sở lý luận và bối cảnh 30

1.2. Các mục tiêu được xác lập theo ToR cho Giai đoạn 1 32

1.3. Phạm vi và giới hạn phân tích 33

1.4. Phương pháp phân tích và tổng quan tài liệu 34

Chương 2: Khung khái niệm: Số hóa, AI và sự giao thoa giữa hai công nghệ **38**

2.1. Giới thiệu về số hóa 38

2.2. Các hoạt động số hóa lưới điện 40

2.3. Định nghĩa về Trí tuệ nhân tạo trong lĩnh vực điện năng 55

2.3.1. Bốn góc nhìn cổ điển về AI *55*

2.3.2. AI hẹp, AI tổng quát và giới hạn ứng dụng thực tế *55*

2.3.3. Các mô hình nền tảng và ứng dụng trong ngành điện *57*

2.4. Sự kết hợp giữa AI và số hóa 63

Chương 3: Bối cảnh toàn cầu và các xu hướng mới nổi **67**

3.1. Giới thiệu 67

3.2. Sáng kiến của khu vực công và khung chính sách 69

3.2.1. Chiến lược và kế hoạch hành động của khu vực công *69*

3.2.2. Cải cách quy định cho lưới điện thông minh và các nguồn năng lượng phân tán .. *70*

3.2.3. Tài trợ công và các chương trình hỗ trợ *70*

3.2.4. Hợp tác quốc tế và khu vực *71*

3.2.5. An ninh mạng và tiêu chuẩn *71*

3.3. Đổi mới sáng tạo và kinh nghiệm thực tế của khu vực tư nhân 72

3.3.1. Phân tích dữ liệu ngành điện và triển khai lưới điện thông minh 72

3.3.2. Các công ty khởi nghiệp AI và công ty công nghệ trong lĩnh vực năng lượng 73

3.3.3. Tối ưu hóa dự án năng lượng tái tạo 74

3.3.4. Ứng dụng tiêu dùng và mô hình kinh doanh mới 74

Chương 4: Các ứng dụng AI chính & một số nghiên cứu điển hình 79

4.1. Tích hợp năng lượng tái tạo và quy hoạch lưới điện 79

4.2. Tối ưu hóa lưới điện & Quản lý mạng lưới 81

4.3. Điều chỉnh phụ tải và Nhà máy điện ảo (VPP) 84

4.4. Bảo trì dự đoán và quản lý tài sản 86

4.5. Lưu trữ năng lượng & Tích hợp xe điện 88

4.6. Kết luận: Lợi ích, thách thức và hướng đi tiếp theo 91

Chương 5: Hiện trạng ứng dụng AI và công nghệ số trong ngành điện tại Việt Nam 96

5.1. Tổng quan về lưới điện Việt Nam 96

5.2. Tổng quan về các dự án ứng dụng Trí tuệ nhân tạo (AI) và Công nghệ số trong ngành điện Việt Nam 98

5.3. Dữ liệu minh chứng hiệu quả của công nghệ số và trí tuệ nhân tạo 102

5.4. Kết luận 102

Chương 6: Nghiên cứu tổng quan về chính sách, quy định pháp luật và cơ chế tài chính 105

6.1. Chiến lược quốc gia và quy hoạch dài hạn 105

6.2. Khung pháp lý cho đầu tư 108

6.3. Quy định kỹ thuật và vận hành 110

6.4. Huy động vốn cho AI và số hóa trong ngành điện tại Việt Nam 114

6.4.1. Cơ chế và công cụ huy động vốn 114

6.4.2. Kinh nghiệm quốc tế và bài học cho Việt Nam 118

6.4.3. Các sáng kiến hiện tại và cơ hội huy động vốn tại Việt Nam 120

6.4.4. Tổng hợp & Phân tích sơ bộ 123

Chương 7: Khung thể chế tại Việt Nam 127

7.1. Chiến lược và Cơ cấu AI Quốc gia 127

7.2. Cơ cấu quản trị ngành điện (Bộ Công Thương) 128

7.3. EVN và các đơn vị trực thuộc 129

7.4. Các bên hỗ trợ: Viện nghiên cứu, Khu vực tư nhân, Đối tác phát triển 130

7.5. Kế hoạch đóng góp và tham gia của các bên liên quan 130

Chương 8: Các biện pháp can thiệp AI / số hóa cho Việt Nam 133

8.1. Danh sách sơ bộ các biện pháp can thiệp AI / số hóa 133

8.2. Phương pháp xếp hạng ưu tiên 135

8.3. Kết quả xếp hạng 136

8.4. Tích hợp với lộ trình phát triển QHĐ VIII điều chỉnh 139

8.5. Rủi ro trong quá trình triển khai 143

Chương 9. Trình bày các hoạt động 146

9.1. Giới thiệu 146

9.2. Các hoạt động kỹ thuật 147

9.3. Hoạt động chính sách / quy định 178

PHỤ LỤC 194

Danh mục hình ảnh

Hình 1: Sự phát triển của hệ thống truyền tải và phân phối điện thành lưới điện thông minh (Nguồn: IEA, Lộ trình công nghệ – Lưới điện thông minh, 2011) 39
Hình 2: Các lĩnh vực công nghệ của Lưới điện thông minh (Nguồn: IEA, Lộ trình công nghệ – Lưới điện thông minh, 2011).....40
Hình 3. Điểm kỳ dị (nguồn: https://beincrypto.com/singularity-ai-will-change-our-world/).....57

Danh mục bảng biểu

Bảng 1: Tóm tắt các hoạt động liên quan đến lưới điện phân phối thông minh.....40
Bảng 2. Các lĩnh vực ứng dụng chính của trí tuệ nhân tạo và công nghệ số trong ngành điện Việt Nam 98
Bảng 3. Kết quả nổi bật của ứng dụng công nghệ số và AI trong ngành điện Việt Nam ..100
Bảng 4. Chính sách và các công nghệ AI, công nghệ số liên quan.....105
Bảng 5. Khung pháp lý và đầu tư chính & công nghệ AI và số hóa liên quan 108
Bảng 6. Quy định kỹ thuật và công nghệ AI & số liên quan.....111
Bảng 7. Các ứng dụng của AI 122
Bảng 8. Kế hoạch hợp tác của các bên liên quan 129
Bảng 9. Danh sách xếp hạng các dự án kỹ thuật.....134
Bảng 10. Xếp hạng các hoạt động chính sách / quy định.....136
Bảng 11. Khung thời gian và lộ trình AI/Số hóa đến năm 2050.....138
Bảng 12. Phân tích rủi ro 141
Bảng 13. Hoạt động T-1. Ứng dụng AI để tăng cường hoạt động dự báo phụ tải và năng lượng tái tạo 145
Bảng 14. Hoạt động T-2. Các chương trình điều chỉnh phụ tải thông qua nền tảng kỹ thuật số.....148
Bảng 15. Hoạt động T-3. Cơ sở hạ tầng đo lường tiên tiến (công tơ thông minh) và phân tích dữ liệu.....151
Bảng 16. Hoạt động T-4. Hệ thống quản lý năng lượng (EMS) cho khách hàng lớn (Hiệu quả năng lượng Công nghiệp 4.0) 154

Bảng 17. Hoạt động T-5. Bảo trì dự đoán cho các nhà máy điện và các tài sản lưới điện 156
Bảng 18. Hoạt động T-6. Nhà máy điện ảo và tổng hợp tài nguyên năng lượng phân tán.....159
Bảng 19. Hoạt động T-7. Ứng dụng AI để tăng cường khả năng phục hồi lưới điện và phát hiện bất thường 162
Bảng 20. Hoạt động T-8. Tự động hóa lưới điện phân phối và giảm tổn thất.....164
Bảng 21. Hoạt động T-9. Ứng dụng AI để ổn định lưới điện và tối ưu hóa hệ thống truyền tải.....167
Bảng 22. Hoạt động T-10. Trí tuệ phía người tiêu dùng 170
Bảng 23. Hoạt động T-11. Quản lý sạc xe điện thông minh 172
Bảng 24. Hoạt động T-12. Ứng dụng AI để tối ưu hóa công tác điều độ dịch vụ phụ trợ .175
Bảng 25. Hoạt động P-1. Ban hành biểu giá điện theo thời gian sử dụng dựa trên các quy định hiện hành về điều chỉnh phụ tải.....177
Bảng 26. Hoạt động P-2. Xây dựng năng lực thể chế và kỹ năng ứng dụng công nghệ số.....179
Bảng 27. Hoạt động P-3. Tăng cường, hoàn thiện các quy định an ninh mạng và khả năng phục hồi lưới điện 180
Bảng 28. Hoạt động P-4. Triển khai cơ chế thử nghiệm khung pháp lý (sandbox) để tạo điều kiện cho các mô hình đổi mới trong ngành năng lượng.....183
Bảng 29. Hoạt động P-5. Cung cấp các ưu đãi tài chính để thúc đẩy đầu tư vào lưới điện thông minh 185
Bảng 30. Hoạt động P-6. Cập nhật các quy định hệ thống truyền tải, phân phối và các quy định kỹ thuật để tích hợp AI/DER.....187
Bảng 31. Hoạt động P-7. Tạo cơ chế thị trường thúc đẩy vận hành linh hoạt và dịch vụ mới cho lưới điện.....189
Bảng 32. Hoạt động P-8. Thúc đẩy quan hệ đối tác công-tư và hợp tác quốc tế để đẩy nhanh quá trình chuyển đổi số 191
Bảng A1. Cơ cấu công suất phát điện tại Việt Nam đến năm 2030 và 2050 194
Bảng A2. Khối lượng xây dựng lưới điện truyền tải theo giai đoạn 195

Lời cảm ơn & Tuyên bố miễn trách nhiệm

Mặc dù các tác giả đã nỗ lực hết mình để cung cấp thông tin cập nhật và đáng tin cậy trong báo cáo này, tuy nhiên, nhóm tác giả cũng như đơn vị xuất bản không thể chịu trách nhiệm pháp lý về tính chính xác tuyệt đối của nội dung báo cáo. Các tác giả cung cấp thông tin tại thời điểm nghiên cứu và thông tin này có thể thay đổi theo thời gian.

Các kết quả trình bày trong báo cáo này không nhất thiết phản ánh quan điểm của nhà tài trợ và GIZ.

Các từ viết tắt

Thuật ngữ viết tắt	Định nghĩa
ACE	Trung tâm Năng lượng ASEAN
AEDS	Hệ thống Cơ sở dữ liệu Năng lượng ASEAN
ACCEPT	Dự án Năng lượng và Biến đổi Khí hậu ASEAN
APAEC	Kế hoạch Hành động ASEAN về Hợp tác Năng lượng
ASEAN	Hiệp hội các Quốc gia Đông Nam Á
AIF	Quỹ Cơ sở hạ tầng ASEAN
AI	Trí tuệ nhân tạo
AGI	Trí tuệ nhân tạo tổng quát
AMI	Hệ thống thu thập dữ liệu tiên tiến
BMZ	Bộ Hợp tác Kinh tế và Phát triển Liên bang Đức
BOOT	Xây dựng-Sở hữu-Vận hành-Chuyển giao
BOT	Xây dựng-Vận hành-Chuyển giao
CNTT	Công nghệ thông tin
CNVH	Công nghệ vận hành
Cục ĐL	Cục Điện lực
Cục ĐTĐL	Cục Điều tiết điện lực
CVR	Giảm điện áp để tiết kiệm điện năng
DER	Nguồn năng lượng phân tán
DG	Sản xuất điện phân tán
DLR	Định mức nhiệt động đường dây
D-Statcom	Bộ bù đồng bộ tĩnh phân phối
DR	Điều chỉnh phụ tải
EMS	Hệ thống quản lý năng lượng
ESCO	Công ty Dịch vụ năng lượng
EU	Liên minh châu Âu
EVN	Tập đoàn Điện lực Việt Nam
EVNHANOI	Tổng công ty Điện lực Thành phố Hà Nội
EVNHCMC	Tổng công ty Điện lực Thành phố Hồ Chí Minh
EVNSPC	Tổng công ty Điện lực miền Nam
EVNCPC	Tổng công ty Điện lực miền Trung
EVNNPC	Tổng công ty Điện lực miền Bắc
EVNNLDC	Trung tâm Điều độ hệ thống điện quốc gia
FERC	Ủy ban Điều tiết Năng lượng Liên bang (Hoa Kỳ)
FLISR	Xác định điểm sự cố, cách ly và khôi phục cung cấp điện
GCF	Quỹ Khí hậu Xanh
GEF	Quỹ Môi trường toàn cầu
GIZ	Tổ chức Hợp tác Quốc tế Đức

GPU	Bộ xử lý đồ họa
HMI	Giao diện người-máy
IEA	Cơ quan Năng lượng Quốc tế
IEC	Ủy ban Kỹ thuật điện Quốc tế
IEEE	Viện Kỹ sư Điện và Điện tử
IoT	Internet vạn vật
JETP	Đối tác chuyển đổi năng lượng công bằng
KPI	Chỉ số đo lường hiệu quả
LLM	Mô hình ngôn ngữ lớn
LNG	Khí thiên nhiên hóa lỏng
MAS	Hệ thống đa tác nhân
MDB	Ngân hàng phát triển đa phương
Bộ CT	Bộ Công Thương
NQ / TW	Mã nghị quyết (ví dụ: 55-NQ / TW)
NLTT	Năng lượng tái tạo
NSMO	Công ty TNHH MTV Vận hành hệ thống điện và thị trường điện Quốc gia
OPF	Trào lưu công suất tối ưu
QHĐ	Quy hoạch Phát triển Điện lực quốc gia
QHĐ VIII	Quy hoạch Phát triển Điện lực quốc gia VIII
HĐMBĐ	Hợp đồng mua bán điện
PRB	Cơ chế điều tiết dựa trên hiệu suất
PMU	Thiết bị đo dữ liệu đồng bộ pha
PPP	Quan hệ đối tác công-tư
PV	Điện mặt trời
RAB	Cơ chế điều tiết tài sản
SAIDI	Chỉ số thời gian mất điện trung bình
SAIFI	Chỉ số tần suất mất điện trung bình
SCADA	Hệ thống điều khiển, giám sát và thu thập dữ liệu từ xa
SGREEE	Dự án Lưới điện thông minh cho năng lượng tái tạo và hiệu quả năng lượng
ToR	Điều khoản tham chiếu
USAID	Cơ quan Phát triển Quốc tế Hoa Kỳ
USTDA	Cơ quan Thương mại và Phát triển Hoa Kỳ
V2G	Xe điện nối lưới
VDB	Ngân hàng Phát triển Việt Nam
VPP	Nhà máy điện ảo

Cơ sở khái niệm: Số hóa, Tự động hóa, Lưới điện thông minh và Trí tuệ nhân tạo

Số hóa

- Là quá trình chuyển đổi các tín hiệu, bản ghi và cơ chế điều khiển từ dạng tương tự (analog) sang dạng số (digital – dưới dạng bit), đồng thời thiết lập dòng dữ liệu xuyên suốt từ đầu đến cuối.
- Số hóa là **yếu tố nền tảng** cho cả tự động hóa và AI: các phần mềm ở tầng cao hơn sẽ không thể hoạt động nếu không có cảm biến số, hệ thống truyền thông và lưu trữ dữ liệu.

Tự động hóa

- Là việc thực hiện các tác vụ theo quy tắc định sẵn thông qua máy móc hoặc phần mềm, thường thay thế các thao tác thủ công (ví dụ: cài đặt rơ-le, điều khiển theo chu trình định kỳ).
- **Tự động hóa vận hành theo logic xác định**: tuân theo các quy tắc đã lập trình sẵn, không có khả năng "học" hoặc thích nghi vượt ra ngoài các tham số đã được cấu hình.

Lưới điện thông minh

- Là mạng lưới điện tích hợp các yếu tố **số hóa**, **tự động hóa** và phân tích dữ liệu nâng cao nhằm giám sát, bảo vệ và tối ưu hóa trào lưu công suất theo thời gian thực.

- **Các phần cứng** (như công tơ thông minh, thiết bị đo dữ liệu đồng bộ pha (PMU), thiết bị Internet vạn vật (IoT)) và **phần mềm** (nền tảng quản lý dữ liệu, thuật toán điều khiển) phối hợp chặt chẽ để nâng cao khả năng giám sát vận hành, độ tin cậy và khả năng chống chịu của hệ thống điện.

Trí tuệ nhân tạo (AI)

- **Các tác nhân tự động** có thể là những thiết bị đơn giản như nhiệt kế cơ học (cảm nhận nhiệt độ → áp dụng quy tắc → kích hoạt công tắc) đến các hệ thống AI hiện đại có mức độ phức tạp cao.
    - **AI hẹp (Narrow AI)**: là các mô hình phần mềm được huấn luyện để thực hiện một nhiệm vụ cụ thể, ví dụ như dự báo phụ tải, dự báo sản lượng điện mặt trời hoặc phát hiện bất thường. Đây là hình thức ứng dụng phổ biến nhất của AI trong hệ thống lưới điện thông minh.
    - **Mô hình ngôn ngữ lớn (LLM)**: là các mạng nơ-ron chuyên xử lý văn bản và suy luận dựa trên ngôn ngữ, hiện tại chỉ đang được ứng dụng trong phân khúc bán lẻ của thị trường điện, chủ yếu để cung cấp hỗ trợ khách hàng.
    - **(Dự báo / Tương lai) Trí tuệ nhân tạo tổng quát (AGI) / Siêu trí tuệ (Superintelligence)**: là các hệ thống giả định trong tương lai có khả năng suy luận tổng quát ở mức độ ngang bằng hoặc vượt qua con người.
- Yếu tố phân biệt AI với tự động hóa đơn thuần chính là **khả năng ra quyết định có tính thích ứng**: AI có thể suy luận từ các mẫu dữ liệu, tự cập nhật các tham số của chính nó và tự động tối ưu hóa lại hành vi của mình theo thời gian.

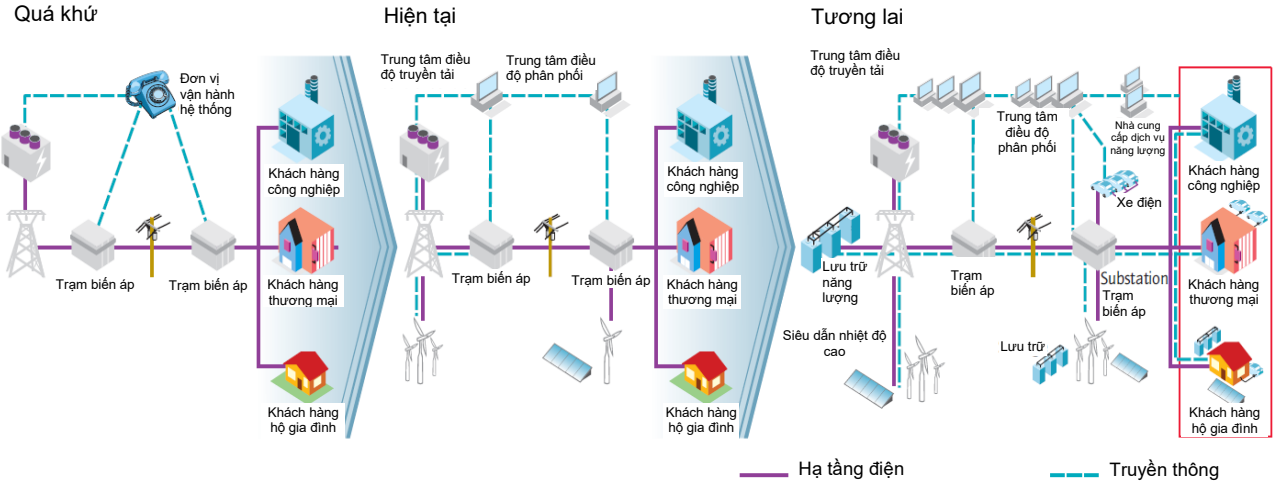
Mối liên kết phụ thuộc và khả năng thích ứng trong tương lai

- **Các yếu tố phần cứng cần thiết** (ví dụ: công tơ điện, cảm biến, mạng truyền thông) cung cấp dữ liệu và các kênh điều khiển, là nền tảng mà cả hệ thống tự động hóa và AI hiện tại hoặc trong tương lai đều cần đến.
- **Cùng một hạ tầng phần cứng** có thể hỗ trợ các mức độ AI ngày càng phức tạp hơn thông qua nâng cấp phần mềm—tức là đảm bảo tính bền vững và thích ứng trong dài hạn cho các khoản đầu tư, bằng cách tập trung ngay từ bây giờ vào việc xây dựng hạ tầng số mạnh mẽ, mở và có khả năng tương tác lẫn nhau.

Tóm tắt Tổng quan

Bước vào thập kỷ quan trọng trong cuộc chiến chống biến đổi khí hậu, các hệ thống điện đang trải qua hai cuộc cách mạng song hành và có liên hệ mật thiết với nhau: sự phát triển của các nguồn năng lượng tái tạo (NLTT) quy mô lớn và trí tuệ phân tích, ra quyết định dựa trên dữ liệu. Theo QHĐ VIII của Việt Nam, đến năm 2030, tổng công suất nguồn điện dự kiến đạt 236 GW, trong đó hơn một nửa là từ điện mặt trời, điện gió và các hệ thống lưu trữ năng lượng. Đây là những công nghệ đòi hỏi phải có luồng dữ liệu chi tiết, liên tục và các hệ thống điều khiển tiên tiến. Nghị quyết quốc gia mới đây cũng đã mở đường cho quá trình chuyển đổi số và chuẩn bị cho việc ứng dụng AI trong tất cả các Bộ, ngành. Bên cạnh đó, sáng kiến Quan hệ đối tác Chuyển đổi năng lượng công bằng (JETP) cũng mang đến cơ hội chuyển giao công nghệ và hỗ trợ tài chính, giúp Việt Nam phát triển lưới điện có lượng phát thải carbon thấp và khả năng thích ứng cao. Tuy nhiên, báo cáo năm 2025 của Cơ quan Năng lượng Quốc tế (IEA) cảnh báo rằng các trung tâm dữ liệu phục vụ cho AI có thể tiêu thụ gần một nghìn tỷ kWh vào năm 2030, có khả năng làm suy giảm đáng kể những lợi ích về hiệu quả mà AI mang lại nếu không được kiểm soát tốt. Việc dung hòa vai trò kép của AI – vừa là công cụ tối ưu hóa hệ thống, vừa là "đơn vị tiêu thụ năng lượng trọng điểm" – đòi hỏi phải có các phân tích chuyên sâu dựa trên bằng chứng khoa học, cùng với những cơ chế chính sách bảo vệ phù hợp.

Nghiên cứu này do GIZ ủy quyền thực hiện với mục tiêu phân loại các giải pháp AI đã được kiểm chứng, đề xuất các mô hình thí điểm có thể nhân rộng, và xác định rõ các điều kiện kỹ thuật, thể chế và pháp lý cần thiết để biến tiềm năng của AI thành những kết quả cụ thể như: hạn chế tình trạng cắt giảm công suất điện tái tạo, nâng cao độ chính xác trong dự báo và giảm phát thải một cách đáng kể. Việc số hóa hệ thống điện nhờ vào AI có thể giúp Việt Nam chuyển đổi hệ thống lưới điện hiện vẫn còn mang tính tuyến tính thành mạng lưới điện vật lý - ảo hai chiều, có khả năng tự điều chỉnh và tối ưu vận hành hiệu quả. Đồng thời, nghiên cứu cũng đi sâu vào phân tích các khía cạnh sau: AI thực sự tạo ra giá trị ở những khâu nào trong tiến trình giảm phát thải, đâu là những tác động môi trường của chính AI cần phải được kiểm soát, và chúng ta cần khung chính sách như thế nào để có thể nhân rộng các giải pháp AI đã được chứng minh là hiệu quả.



Hình E-1: Quá trình phát triển từ hệ thống truyền tải và phân phối điện truyền thống sang hệ thống truyền tải và phân phối điện thông minh (Nguồn: IEA, Lộ trình công nghệ – Lưới điện thông minh, 2011)

SỐ HÓA, AI & SỰ GIAO THOA GIỮA HAI CÔNG NGHỆ

Điều quan trọng là phải đưa ra định nghĩa rõ ràng về khái niệm "trí tuệ nhân tạo" trong một khuôn khổ chính sách, nhằm định hướng đúng kỳ vọng và giải tỏa những lo ngại thiếu căn cứ về công nghệ này. Nghiên cứu về AI từ lâu đã dựa trên mô hình ma trận 2x2 của Russell và Norvig, phân chia AI theo hai trục: "suy nghĩ" (thinking) và "hành động" (acting), kết hợp với "như con người" (humanly) và "có lý trí" (rationally). Mỗi ô trong bảng này mô tả một kiểu năng lực riêng biệt của AI và có cách ứng dụng khác nhau:

		Hành động	
		Hành động như con người	***Hành động có lý trí***
		Bắt chước quyết định của điều độ viên (mô phỏng bài kiểm tra Turing cho lưới điện)	Áp dụng các chiến lược điều khiển lưới điện theo mục tiêu trong điều kiện không chắc chắn
Như con người	**Có lý trí**	***Suy nghĩ như con người***	***Suy nghĩ có lý trí***
		Lập luận kiểu Bayes để đánh giá tính ổn định của lưới điện hoặc phản ứng của nhân viên điều hành lưới điện	Phân tích sự cố mang tính biểu tượng hoặc tối ưu trào lưu công suất bằng các công cụ, thuật toán xác minh
		Suy nghĩ	

Các ứng dụng trong lưới điện hiện nay chủ yếu sử dụng **Trí tuệ nhân tạo hẹp (narrow AI)** - tức là các hệ thống được thiết kế chuyên biệt để thực hiện một chức năng duy nhất được xác định rõ ràng, chẳng hạn như phát hiện lỗi trên cách điện trong quá trình kiểm tra trên không hoặc dự báo cường độ bức xạ mặt trời trước mười lăm phút. Những giải pháp này thường vượt trội hơn so với con người về độ nhất quán và tốc độ, nhưng lại không có khả năng khái quát hóa (tự suy luận) hoặc áp dụng kiến thức ngoài phạm vi được huấn luyện sẵn. Ngược lại, **Trí tuệ nhân tạo tổng quát (AGI)** là một tác nhân giả định có khả năng thực hiện bất kỳ nhiệm vụ nhận thức nào có giá trị kinh tế nào ở mức đạt hoặc vượt trội hơn hiệu suất của chuyên gia con người - tức là có thể chuyển đổi liền mạch từ việc giải quyết các bài toán tối ưu trào lưu công suất đến việc tranh luận về các sự đánh đổi trong quy định chính sách. **Siêu trí tuệ** là giai đoạn sau khi đạt AGI, khi hệ thống AI có năng lực nhận thức vượt xa mọi trí tuệ con người. Dù các kịch bản này thu hút nhiều tranh luận từ cả góc nhìn lạc quan lẫn bi quan, nhưng trên thực tế, các ứng dụng AI trong ngành điện hiện nay vẫn chỉ dừng lại ở cấp độ AI hẹp. Tuy nhiên, khả năng phát triển phi tuyến tính của các mô hình AI như kiến trúc transformer hay mạng nơ-ron đồ thị cùng với sức mạnh tính toán đã đặt ra yêu cầu cấp bách cho cơ quan quản lý: phải giám sát mức tiêu thụ năng lượng của AI và quy định các giới hạn rõ ràng về dữ liệu và an toàn nhằm tránh việc tiêu thụ tài nguyên mất kiểm soát.

Đối với các nhà hoạch định chính sách đang tìm kiếm bộ công cụ thực tiễn để ứng dụng AI vào ngành điện, cần đặc biệt chú ý đến sáu hướng tiếp cận sau – mỗi hướng tương ứng với một khía cạnh của lưới điện hiện đại, không phát thải carbon và có khả năng chống chịu tốt: (i) Học máy (ML), (ii) Phương pháp xác suất và Bayes, (iii) Tối ưu hóa, (iv) Hệ thống đa tác

tử (MAS) và Trí tuệ phân tán, (v) Hệ thống dựa trên tri thức và chuyên gia, (vi) Mô hình lai giữa mạng nơ-ron và logic biểu tượng (Neuro-Symbolic) & mạng nơ-ron đồ thị (GNN)

Tiềm năng đột phá của AI dựa trên một hạ tầng số vững chắc, bao gồm: cảm biến có độ chính xác cao, hệ thống truyền thông có độ trễ thấp, khả năng tính toán xử lý mở rộng từ biên (thiết bị tại chỗ -edge) đến điện toán đám mây (máy chủ lớn trên đám mây - cloud), và an ninh mạng mạnh mẽ. Ngược lại, AI sẽ tạo ra những thông tin có giá trị, từ đó làm cơ sở cho việc đầu tư thêm vào hạ tầng số, tạo nên một chu trình đầu tư có giá trị và bền vững. Bảng dưới đây trình bày một ma trận chính sách, cho thấy mối liên kết giữa các điều kiện ràng buộc và các biện pháp hành động cấp thiết.

Bảng E-2. Ma trận chính sách: Liên kết giữa các điều kiện ràng buộc và các biện pháp hành động cấp thiết

	Rủi ro từ điều kiện ràng buộc	Công cụ chính sách ưu tiên	Kết quả cụ thể cần đạt được
1	**Chất lượng và phạm vi dữ liệu** — việc thiếu công tơ thông minh/kết nối mạng không ổn định làm giảm độ chính xác của AI	Đầu tư cơ sở hạ tầng	Triển khai đồng bộ hệ thống thu thập dữ liệu tiên tiến (AMI) trên toàn quốc; mở rộng mạng truyền dẫn băng thông cao; đảm bảo dữ liệu được truyền về gần như theo thời gian thực
2	**Khả năng tương thích hệ thống** — việc sử dụng các giao thức độc quyền gây chia cắt hệ thống (silo) và phụ thuộc vào nhà cung cấp (hiệu ứng lock-in)	Các tiêu chuẩn và khả năng kết nối liên thông	Thống nhất các mô hình dữ liệu, giao thức truyền thông và giao diện lập trình ứng dụng (API) mở trong toàn khối Hiệp hội các quốc gia Đông Nam Á (ASEAN)
3	**Bình đẳng số** — thiên lệch ưu tiên phát triển đô thị làm gia tăng khoảng cách phát triển giữa thành thị và nông thôn	Nâng cao năng lực:	Triển khai công bằng hạ tầng mạng băng rộng và thiết bị điện toán biên tại khu vực nông thôn; đào tạo kiến thức AI cho các đơn vị điện lực địa phương
4	**Khả năng chống chịu, phục hồi mạng** — việc gia tăng thiết bị kết nối và luồng dữ liệu tạo thêm nguy cơ bị tấn công mạng	Áp dụng các quy định bắt buộc về khả năng chống chịu, phục hồi mạng	Cập nhật các bản vá lỗi liên tục, sử dụng AI để phát hiện mối đe dọa, bắt buộc báo cáo các sự cố mạng
5	**Tính linh hoạt của quy định** — các quy định cứng nhắc không phù hợp với thuật toán tự học của AI	Cơ chế điều chỉnh linh hoạt	Áp dụng mô hình thử nghiệm có kiểm soát (sandbox), đo lường theo kết quả thực tế, và cấp phép thí điểm linh hoạt cho các ứng dụng AI

ỨNG DỤNG SỐ HÓA VÀ AI TRONG NGÀNH ĐIỆN LỰC

Quá trình số hóa trong ngành điện đang phát triển mạnh mẽ nhờ hai yếu tố chính: chi phí cảm biến và điện toán ngày càng giảm, và nhu cầu cấp bách phải tích hợp các nguồn NLTT biến đổi vào hệ thống điện. Trong bối cảnh đó, AI có khả năng xử lý dữ liệu theo từng giây từ hơn một tỷ công tơ thông minh và hàng loạt thiết bị IoT, nhằm tối ưu hóa hệ thống điện thời gian thực. Trong khi đó, các khung chính sách tại cả hai bờ Đại Tây Dương (và cả khu vực châu Á - Thái Bình Dương) đang tăng tốc xây dựng các quy định nhằm đảm bảo tính mở, bảo mật và khả năng tiếp cận công bằng với thị trường.

Bảng E-3. Một số ví dụ quốc tế điển hình

Trọng tâm	Công cụ số hóa/ AI cốt lõi	Hành động và chính sách minh họa	Tác động/mục tiêu được lượng hóa
Dịch chuyển vốn đầu tư	Chi tiêu cho số hóa lưới điện (2015-2022)	Tăng hơn 50%; chiếm ~20% tổng đầu tư mạng lưới	-
Tăng khả năng giám sát và dữ liệu	Triển khai công tơ thông minh và cảm biến	> 1 tỷ công tơ thông minh; mạng lưới IoT phủ rộng	Nắm bắt thông tin phụ tải theo từng giây
Tích hợp NLTT	Dự báo xác suất; điều độ bằng AI	Học máy giúp làm mượt sự biến động của năng lượng mặt trời/gió	IEA: Giảm 10–15% lượng CO_2 từ ngành điện đến năm 2030
Điều chỉnh linh hoạt nhu cầu điện	Sử dụng AI để điều chỉnh phụ tải và phụ tải thích ứng	Các tòa nhà / nhà máy công nghiệp giảm tiêu thụ điện vào giờ cao điểm	Trì hoãn đầu tư nâng cấp mạng lưới
Châu Âu dẫn đầu	Kế hoạch hành động số hóa năng lượng năm 2022	Không gian dữ liệu mở, quy định an ninh mạng, khả năng kết nối liên thông	Tiêu chuẩn áp dụng thống nhất toàn châu Âu
Các sáng kiến của Vương quốc Anh	Nhóm công tác số hóa Ofgem, Chiến lược AI 2021	Lớp dữ liệu thời gian thực "xương sống số"	Được công nhận là hạ tầng trọng yếu
Tiếp cận thị trường tại Mỹ	Lệnh Ủy ban Điều tiết Năng lượng Liên bang (FERC) 2222 (2020)	Cho phép hệ thống năng lượng phân tán (DER) và nhà máy điện ảo (VPP) tham gia thị trường điện bán buôn; thí điểm cơ chế điều tiết dựa trên hiệu suất (PRB)	Thưởng hiệu quả thay vì đầu tư cứng
Tài trợ Nghiên cứu & Phát triển	Horizon Europe, Chương trình hiện đại hóa lưới điện của Bộ Năng lượng Hoa Kỳ (DOE), ARPA-E, chương trình U-Power IoT của Trung Quốc, mục tiêu 2030 của Nhật Bản	Các dự án thí điểm: Quản lý tắc nghẽn bằng AI, giao dịch điện năng ngang hàng (P2P) bằng blockchain, hệ thống điều khiển tự động	Đẩy nhanh quá trình ứng dụng rộng rãi các công nghệ mới
Hợp tác toàn cầu	IRENA, IEA CETP, ASEAN APAEC	Bản sao số, vận hành an toàn mạng, cẩm nang lập kế hoạch dùng AI	Chuyển giao kinh nghiệm và thực hành tốt nhất
An ninh mạng và quyền riêng tư	Quy định bảo vệ dữ liệu EU (GDPR), bắt buộc báo cáo sự cố	Giao tiếp an toàn, giao thức mở trung lập với nhà cung cấp (Ủy ban Kỹ thuật điện Quốc tế - IEC, Viện Kỹ sư Điện và Điện tử - IEEE)	Tăng niềm tin và tránh bị phụ thuộc/khóa chặt bởi nhà cung cấp độc quyền

Số hóa lấy AI làm trung tâm không còn ở giai đoạn thử nghiệm nữa. Hiện nay, các công ty điện lực, công ty công nghệ và cả hệ thống điện tại nhiều quốc gia đều đã triển khai áp dụng AI trên quy mô lớn để giảm thiểu sự cố mất điện, tăng doanh thu từ NLTT và khai thác tiềm năng điều chỉnh nhu cầu điện từ phía người dùng. Tất cả những điều này đều đi kèm với các kết quả có thể định lượng và gắn chặt với chính sách. Nhiều quốc gia hiện đã đưa AI và các nền tảng số từ những sáng kiến thử nghiệm trở thành công cụ hỗ trợ không thể thiếu. Bảng tổng hợp dưới đây sẽ trình nêu rõ các phương pháp luận, ví dụ thực tiễn tiêu biểu và bài học kinh nghiệm dành cho các nhà hoạch định chính sách.

Bảng E-4. Các ứng dụng AI thúc đẩy sự phát triển của hệ thống điện

Lĩnh vực ứng dụng	Chức năng chính có ứng dụng AI	Lợi ích và kết quả đã được ghi nhận (nguyên văn)	Các yếu tố giúp triển khai hiệu quả
1. Tích hợp NLTT và quy hoạch lưới điện	• Lựa chọn địa điểm tối ưu để xây dựng nhà máy điện • Hỗ trợ quy trình cấp phép bằng các LLM • Dự báo sản lượng điện mặt trời/điện gió theo xác suất • Ra quyết định điều độ giữa việc cắt giảm công suất hay lưu trữ năng lượng	• Lựa chọn địa điểm xây dựng nhà máy nhanh hơn và địa điểm được chọn có khả năng cho sản lượng điện cao hơn • Rút ngắn tới 40% thời gian và chi phí cấp phép • Cải thiện độ chính xác dự báo 20–30%, giúp tiết kiệm hàng triệu euro chi phí cân bằng hệ thống • Giảm thiểu việc cắt giảm công suất, tránh các tình huống giá điện âm	• Công khai các bộ dữ liệu mở • Thanh toán theo mức độ chính xác của dự báo • Tích hợp kết quả AI vào hệ thống điều khiển, giám sát và thu thập dữ liệu từ xa (SCADA) và hệ thống quản lý năng lượng (EMS)
2. Tối ưu hóa và vận hành lưới điện	• Tối ưu hóa trào lưu công suất theo thời gian thực (mili giây) bằng mạng nơ-ron và điều khiển diện rộng • Xác định định mức điện động của đường dây (DLR) theo điều kiện môi trường • Xác định vị trí sự cố và tự phục hồi hệ thống dựa trên dữ liệu từ thiết bị PMU • Phát hiện bất thường trên thị trường điện	• Gần đạt mức tối ưu trong điều độ, phân phối điện; giảm tắc nghẽn truyền tải • Tăng tới 30% công suất truyền tải, giúp trì hoãn đầu tư nâng cấp đường dây • Thời gian mất điện được giảm một nửa trong các dự án thí điểm • Tăng cường minh bạch trong giao dịch mua bán xuyên biên giới; ngăn chặn thao túng thị trường	• Tích hợp công cụ giải toán AI vào quy trình làm việc của nhân viên vận hành • Luôn có sự giám sát của con người trong quá trình ra quyết định của AI • Hiệu chuẩn cảm biến và quản trị dữ liệu nghiêm ngặt

3. Quản lý nhu cầu điện & Nhà máy điện ảo (VPP)	• Điều chỉnh nhu cầu tiêu thụ điện theo giá và dự báo nhu cầu • Phối hợp nhiều nguồn điện nhỏ thành hệ thống VPP bằng AI	• 50% hộ gia đình tham gia chương trình điều chỉnh phụ tải (DR), tổng cộng giảm được 3.300 MWh tiêu thụ điện (chương trình tại Vương quốc Anh năm 2022) • Đáp ứng với tần số điện lưới trong vòng chưa đến 1 giây; cung cấp hơn 20 MW công suất hỗ trợ trong các đợt nắng nóng	• Giao diện người dùng trực quan, dễ sử dụng • Áp dụng các tiêu chuẩn mở (OpenADR) • Tích hợp với nền tảng của ngành điện và thử nghiệm trong môi trường pháp lý linh hoạt
4. Bảo trì dự đoán và chăm sóc tài sản	• Thu thập dữ liệu IoT quy mô lớn (hồ dữ liệu) và phát hiện bất thường • Dự đoán hỏng hóc đối với các thiết bị quay và nhà máy nhiệt điện • Kiểm tra bằng hình ảnh từ drone hoặc robot	• Giảm 25% chi phí bảo dưỡng, kéo dài tuổi thọ thiết bị • Phát hiện sự cố nhanh hơn, giảm nguy cơ cháy rừng do điện	• Xây dựng kiến trúc dữ liệu thống nhất • Áp dụng mô hình AI dựa trên kiến thức vật lý, có thể giải thích được • Liên tục cải tiến mô hình thông qua phản hồi từ thực tế
5. Tích hợp lưu trữ và xe điện	• Điều khiển việc sạc/xả pin dựa trên giá điện • Tối ưu hóa xe điện nối lưới (V2G) và các chương trình sạc thông minh • Đẩy nhanh nghiên cứu vật liệu điện cực và chất điện phân bằng AI	• Đáp ứng tần số nhanh dưới 100 mili giây; tiết kiệm 40 triệu AUD chi phí dịch vụ phụ trợ tại dự án Hornsdale (Úc) • Dự báo giúp tiết kiệm hàng tỷ bảng cho lưới điện Anh vào năm 2025 • Quá trình phát hiện vật liệu mới rút ngắn từ vài năm xuống vài tháng	• Dự báo chi tiết, độ phân giải cao gắn với mô hình suy giảm hiệu suất pin • Áp dụng các tiêu chuẩn kết nối tương thích (ví dụ ISO 15118-20, OpenADR) • Thử nghiệm các mô hình V2G trong môi trường thí điểm có kiểm soát

SỐ HÓA TRONG NGÀNH ĐIỆN VIỆT NAM

Trong những năm gần đây, ngành điện của Việt Nam đã đạt được nhiều tiến bộ đáng kể trong việc ứng dụng AI và các công nghệ số vào nhiều lĩnh vực hoạt động khác nhau. Các công ty điện lực lớn đã triển khai hàng loạt sáng kiến nhằm hiện đại hóa hạ tầng, nâng cao hiệu quả vận hành và cải thiện chất lượng dịch vụ khách hàng. Việc tích hợp công nghệ số và AI đã mang lại những cải tiến rõ rệt và có thể đo lường được trong nhiều lĩnh vực của ngành điện Việt Nam.

Bảng E-5. Các số liệu minh chứng tác động của công nghệ số và AI

Lĩnh vực tác động	Kết quả chính
Đo đếm thông minh và AMI	• Tổng công ty Điện lực TP.HCM (EVNHCMC) đã giảm tỷ lệ tổn thất điện năng từ 4,7% năm 2019 xuống còn 3,53% năm 2024, trong đó mức thấp nhất là 2,61% vào năm 2022. • Tỷ lệ thu thập dữ liệu từ xa đạt hơn 97% vào năm 2024, giúp giảm đáng kể chi phí vận hành. • Việc phân tích tiêu thụ điện dựa trên AI giúp phát hiện hành vi trộm cắp điện tăng 25% so với trước.
Hiệu quả trong sửa chữa bảo dưỡng và vận hành	• Tổng công ty Điện lực Hà Nội (EVN*HANOI*) đã giảm thời gian mất điện trung bình hàng năm từ hơn 500 phút (năm 2017) xuống còn khoảng 170 phút (năm 2023). • Chỉ số SAIDI (thời gian mất điện trung bình) của EVNHCMC chỉ còn 35 phút vào năm 2022. • Các sự cố do quá tải lưới điện giảm từ 15% xuống còn khoảng 6–8%. • Số lần kiểm tra đường dây bằng thủ công giảm 35% nhờ sử dụng thiết bị bay không người lái. • Khôi phục điện thông qua hệ thống FLISR (xác định điểm sự cố, cách ly và khôi phục cung cấp điện) diễn ra trong chưa đầy 1 phút. • Đạt được mục tiêu tự động hóa hoàn toàn – 100% trạm biến áp 110kV không người trực và mạng lưới trung thế được điều khiển tự động hoàn toàn.
Độ chính xác dự báo phụ tải và NLTT	• Độ chính xác của dự báo phụ tải điện ngắn hạn tăng từ 88% lên hơn 95%. • Tỷ lệ khai thác và sử dụng NLTT tăng từ mức 75–80% lên hơn 90%.
Cải thiện dịch vụ khách hàng	• Hơn 90% yêu cầu của khách hàng được xử lý ngay trong ngày. • Chỉ số hài lòng của khách hàng đạt 8,8/10 EVNHANOI (năm 2023) và 9/10 tại EVNHCMC. • Hơn 99% giao dịch của EVNHCMC được thực hiện qua hình

	thức điện tử (không cần giấy tờ). • 100% dịch vụ khách hàng đã được cung cấp qua nền tảng trực tuyến (website và ứng dụng di động) tại EVNHCMC.
Quản lý nội bộ và quản trị CNTT	• Tất cả các chỉ số đo lường hiệu quả (KPI) tại EVNHCMC được hiển thị trên bảng điều khiển phân tích dữ liệu thông minh (BI – Business Intelligence). • 100% cán bộ có trách nhiệm sử dụng chữ ký số an toàn trong công việc. • EVNHCMC là doanh nghiệp đầu tiên tại Việt Nam được Bộ Thông tin và Truyền thông chứng nhận đạt mức 3/5 về chuyển đổi số. • Chỉ số Lưới điện thông minh (Smart Grid Index) của EVNHCMC tăng 3,6 điểm từ năm 2021 đến 2022, đạt 71,4/100 điểm, xếp hạng 47/94 trên toàn thế giới và đứng thứ 2 tại khu vực ASEAN.

CÁC KHUYẾN NGHỊ CHO VIỆT NAM

- **Tính tương thích giữa các hệ thống:** *Trong hệ thống điện hiện nay, các giới hạn điện áp, tiêu chuẩn thiết bị đầu cuối từ xa (RTU), quy định về an ninh mạng và định dạng dữ liệu đều đã được quy định rõ ràng. Vì vậy, bất kỳ mô-đun AI nào được đưa vào sử dụng cũng phải tương thích hoàn toàn với các quy chuẩn sẵn có, không được "lách luật" hay điều chỉnh trái quy định để tích hợp.*

- **Quy định về an ninh mạng:** *Việc ứng dụng các công nghệ số mới khiến hệ thống điện dễ bị tấn công mạng hơn. Do đó, Luật Điện lực hiện hành đã đưa an ninh mạng thành hạng mục kiểm tra bắt buộc trong mọi dự án số hóa ngành điện, để đảm bảo an toàn hệ thống.*

- **Tiếp cận công bằng:** *Theo kế hoạch, các hệ thống như AMI và lưới điện thông minh không chỉ được triển khai ở các đô thị mà còn mở rộng đến cả vùng nông thôn, nhằm đảm bảo mọi người dân, dù ở đâu cũng được hưởng lợi từ quá trình chuyển đổi số trong ngành điện.*

Một số khuyến nghị chính để triển khai ứng dụng AI an toàn và hiệu quả ở Việt Nam (dựa trên phân tích ở trên) gồm có:

Việc xây dựng lưới điện thông minh có tích hợp AI ở Việt Nam đòi hỏi một chiến lược tài chính chặt chẽ và hợp lý. Tổng vốn đầu tư mỗi năm dự kiến vào khoảng 95 nghìn tỷ đồng (tương đương 4 tỷ USD) – vượt quá khả năng ngân sách của nhà nước và ngành điện hiện tại. Do đó, việc tận dụng khoản cam kết 15 tỷ USD từ JETP sẽ phụ thuộc vào việc xây dựng cơ chế huy động nguồn vốn đa dạng, áp dụng các công cụ tài chính sáng tạo để giảm thiểu rủi ro cho nhà đầu tư và điều chỉnh chính sách, quy định phù hợp để tạo động lực và sự yên tâm cho nhà đầu tư. Để tận dụng tối đa khoản hỗ trợ 15 tỷ USD từ JETP và thu hút thêm vốn đầu tư tư nhân, có thể xem xét các đề xuất sau:

1. **Cấu trúc đầu tư theo giai đoạn:** *Bắt đầu bằng các dự án thí điểm được tài trợ bằng viện trợ không hoàn lại, sau đó mở rộng quy mô thông qua vốn vay ưu đãi từ các ngân hàng phát triển đa phương (MDB) và cuối cùng là thu hút vốn tư nhân đầu tư vào các phần cụ thể, qua đó giảm rủi ro và tăng tính hấp dẫn cho các nhà đầu tư tư nhân.*

2. **Thí điểm quan hệ đối tác công – tư (PPP tại Ấn Độ) tăng tốc:** *Đề xuất triển khai một sáng kiến thí điểm lưới điện thông minh theo hình thức PPP dựa trên mô hình BOOT (Xây dựng - Sở hữu - Vận hành - Chuyển giao) của Ấn Độ, mục tiêu là đẩy nhanh việc triển khai lắp đặt công tơ điện thông minh và hạ tầng sạc xe điện.*

3. **Điều chỉnh cơ chế điều tiết tài sản (RAB):** *Cho phép các tài sản như hệ thống AI và AMI được tính vào RAB, giúp EVN và các doanh nghiệp điều hành tư nhân có thể yên tâm đầu tư vì lợi nhuận sẽ ổn định và được bảo đảm theo quy định.*

4. **Thành lập Đơn vị tài chính năng lượng thông minh:** *Đề xuất thành lập một cơ quan chuyên trách về tài chính năng lượng thông minh, với nhiệm vụ xây dựng danh mục dự án đủ điều kiện vay vốn, phối hợp với các ngân hàng phát triển đa phương và nhà tài trợ quốc tế, cũng như thiết kế các gói đầu tư hấp dẫn dành cho các nhà đầu tư theo tiêu chí Môi trường – Xã hội – Quản trị (ESG).*

5. **Đồng bộ hóa chính sách quy định:** *Cần đồng bộ hóa các chính sách về giá điện, ưu đãi thuế (ví dụ: khấu hao nhanh), và chính sách tín dụng ưu đãi cho lĩnh vực lưới*

điện số nhằm đẩy nhanh việc triển khai lưới điện số mà không gây áp lực về ngân sách.

6. **Yêu cầu triển khai bao trùm và toàn diện:** *Đảm bảo phủ sóng hệ thống AMI đến cả khu vực nông thôn, thiết lập các cơ chế bảo vệ quyền lợi người tiêu dùng rõ ràng, giống như trong các chương trình nhà cung cấp tài sản đo đếm (MAP) ở một số nước, và áp dụng các giải pháp thanh toán linh hoạt qua công nghệ tài chính để không ai bị bỏ lại phía sau trong quá trình chuyển đổi số.*

Để xác định thứ tự ưu tiên cho các sáng kiến ứng dụng AI và số hóa lưới điện tại Việt Nam, nhóm nghiên cứu đã sử dụng một phương pháp xếp hạng đơn giản và minh bạch dựa trên một số tiêu chí mang tính chiến lược như tính khả thi về mặt kỹ thuật, hiệu quả chi phí - lợi ích và mức độ tác động. Kết quả từ quá trình xếp hạng này sẽ là cơ sở để xây dựng một lộ trình sơ bộ cho các hoạt động ứng dụng AI và số hóa trong ngành điện. Lộ trình này được thiết kế để triển khai theo từng giai đoạn một cách có hệ thống, theo giai đoạn và có sự phối hợp, phù hợp với các mốc chiến lược đã đề ra trong QHĐ VIII (điều chỉnh).

Lộ trình này sẽ cung cấp cho các bên liên quan một khuôn khổ hành động rõ ràng, cụ thể và khả thi, qua đó giúp đồng bộ giữa các sáng kiến kỹ thuật và biện pháp chính sách nhằm thúc đẩy quá trình hiện đại hóa hệ thống điện và chuyển đổi số hiệu quả tại Việt Nam.

- **Giai đoạn 2025–2030 (Ưu tiên ngắn hạn):** Xây dựng nền tảng ban đầu cho AI và số hóa, thông qua việc triển khai các dự án thí điểm về dự báo nhu cầu điện bằng AI, phát triển cơ sở hạ tầng lưới điện số và thử nghiệm bảo trì dự đoán. Song song với các thử nghiệm kỹ thuật, cần xây dựng nền tảng pháp lý và quy định phù hợp để hỗ trợ các sáng kiến đổi mới này, tạo tiền đề cho việc triển khai trên quy mô lớn hơn trong tương lai.

- **Giai đoạn 2030–2035 (Ưu tiên trung hạn):** Mở rộng quy mô áp dụng các hệ thống thông minh và khả năng điều khiển lưới điện hiện đại, bao gồm quản lý năng lượng diện rộng theo thời gian thực, nâng cao khả năng phục hồi của lưới điện bằng AI và tăng cường khả năng phối hợp giữa các khu vực lưới điện liên kết. Hệ thống quy định pháp lý cũng sẽ được củng cố và hoàn thiện hơn, nhằm hỗ trợ phát triển cơ sở hạ tầng dữ liệu mở rộng, triển khai các chương trình DR tiên tiến và tích hợp với thị trường năng lượng xuyên biên giới.

- **Giai đoạn 2035–2050 (Ưu tiên dài hạn):** Tích hợp hoàn toàn công nghệ AI vào toàn bộ hệ thống điện, với các trọng tâm chính như tự động hóa hoàn toàn công tác vận hành lưới điện, quản lý tối ưu các hệ thống lưu trữ năng lượng tiên tiến và điều phối hiệu quả các nguồn năng lượng phân tán. Ngoài ra, giai đoạn này sẽ chú trọng phát triển công cụ phân tích thị trường năng lượng thông minh, thúc đẩy nỗ lực giảm phát thải carbon, tăng cường an ninh mạng dựa trên AI thúc đẩy nhằm hướng đến một hệ thống điện lấy NLTT làm trung tâm, linh hoạt và bền vững.

Lộ trình chi tiết được trình bày trong bảng dưới đây.

Bảng E-6. Phạm vi thời gian và lộ trình ứng dụng AI/số hóa đến năm 2050

Phạm vi thời gian	Các mục tiêu phát triển ngành điện chính	Chiến lược ứng dụng công nghệ số và AI
2025–2030 Đặt nền tảng cho chuyển đổi số và AI.	Tổng công suất nguồn điện: 183–236 GW Tăng mạnh sản lượng điện mặt trời, điện gió (trên bờ/ngoài khơi) và các hệ thống lưu trữ Bắt đầu đưa điện hạt nhân vào cơ cấu nguồn điện Tập trung chủ yếu vào khí hóa lỏng (LNG), khí tự nhiên trong nước, cũng như nhập khẩu và xuất khẩu năng lượng	***Hoạt động kỹ thuật:*** • Dự báo nhu cầu phụ tải và sản lượng điện tái tạo chính xác hơn nhờ ứng dụng AI • Triển khai các chương trình DR thông qua nền tảng số • Hạ tầng đo đếm tiên tiến (công tơ thông minh) và phân tích dữ liệu • Áp dụng hệ thống EMS cho các khách hàng công nghiệp (theo định hướng Hiệu quả năng lượng trong cuộc Cách mạng công nghiệp 4.0) • Bảo trì dự đoán cho các nhà máy điện và thiết bị trong lưới điện ***Hoạt động chính sách/quy định:*** • Ban hành áp dụng biểu giá điện theo thời gian sử dụng (TOU) dựa trên các quy định hiện hành về DR • Nâng cao năng lực thể chế và đào tạo kỹ năng về số hóa • Tăng cường các quy định về an ninh mạng và khả năng chống chịu, phục hồi của lưới điện • Triển khai cơ chế thử nghiệm chính sách mới để hỗ trợ đổi mới sáng tạo trong ngành năng lượng • Cung cấp các ưu đãi tài chính và hỗ trợ đầu tư cho lưới điện thông minh • Cập nhật các quy chuẩn kỹ thuật và quy định đấu nối lưới điện để hỗ trợ tích hợp AI và DER

Phạm vi thời gian	Các mục tiêu phát triển ngành điện chính	Chiến lược ứng dụng công nghệ số và AI
2030–2035 Mở rộng hệ thống thông minh & điều khiển lưới điện số hóa	Điện gió ngoài khơi: 17 GW Điện mặt trời: 73 GW Bắt đầu triển khai giai đoạn đầu của điện hạt nhân (4–6,4 GW) Hệ thống lưu trữ năng lượng quy mô lớn (10–16,3 GW pin lưu trữ, 6 GW thủy điện tích năng) Mở rộng hệ thống xuất nhập khẩu điện năng	***Hoạt động kỹ thuật:*** • VPP và tổng hợp các nguồn DER • Ứng dụng AI để tăng khả năng phục hồi lưới điện và phát hiện sự cố, bất thường trong lưới điện • Tự động hóa lưới điện phân phối và giảm tổn thất điện năng • Tối ưu hóa hệ thống truyền tải và ổn định lưới điện bằng các thuật toán AI • Trí tuệ phía người tiêu dùng • Quản lý hoạt động sạc xe điện thông minh • Tối ưu hóa việc điều phối các dịch vụ phụ trợ nhờ công nghệ AI ***Hoạt động chính sách/quy định:*** • Thiết lập các cơ chế thị trường mới cho tính linh hoạt của lưới điện và các dịch vụ mới • Khuyến khích quan hệ hợp tác công-tư và hợp tác quốc tế để thúc đẩy đổi mới sáng tạo số trong ngành điện

Phạm vi thời gian	Các mục tiêu phát triển ngành điện chính	Chiến lược ứng dụng công nghệ số và AI
2035–2050 Hoàn thiện lưới điện thông minh tích hợp AI toàn diện và hệ thống lấy NLTT làm trung tâm.	Tổng công suất: 774–838 GW Điện mặt trời: ~295 GW Điện gió ngoài khơi: ~139 GW Điện gió trên bờ: ~91 GW Pin lưu trữ: 96 GW Sử dụng hydrogen, amoniac, chuyển đổi các nhà máy nhiệt điện hiện có sang đốt sinh khối Điện hạt nhân: 14 GW	***Hoạt động kỹ thuật:*** • Phát triển khung an ninh mạng ứng dụng AI (An ninh kỹ thuật số cấp quốc gia với AI phát hiện mối đe dọa dựa trên hành vi) • Vận hành lưới điện hoàn toàn tự động (với các tác nhân AI đảm nhiệm tối ưu hóa điều độ đa mục tiêu, định giá carbon, giảm tắc nghẽn) • Tối ưu hóa vận hành các nguồn năng lượng phân tán (hệ thống DERMS được tích hợp AI) • Trí tuệ thị trường năng lượng (AI hỗ trợ vận hành thị trường bán buôn/bán lẻ, tối ưu hóa DPPA, phân tích thị trường giao ngay) • Theo dõi khí thải và hỗ trợ quá trình giảm phát thải carbon bằng các công cụ AI • Quản lý hệ thống lưu trữ năng lượng bằng AI (Cân bằng dự đoán quá trình sạc/xả pin theo mùa và nhu cầu cao điểm) • Tăng cường kết nối lưới điện xuyên biên giới nhờ AI ***Hoạt động chính sách/quy định:*** • Tiếp tục và nâng cấp toàn diện các chính sách đã triển khai trước đó, hướng tới hệ thống lưới điện và thị trường năng lượng tích hợp AI ở mức độ cao nhất, có khả năng thích ứng linh hoạt với mọi thay đổi.

CHƯƠNG 01

Giới thiệu & Phương pháp nghiên cứu

Chương 1: Giới thiệu và Phương pháp nghiên cứu

1.1. Cơ sở lý luận và bối cảnh

Thế giới đang bước vào một thập kỷ quyết định đối với hành động ứng phó với biến đổi khí hậu. Trong giai đoạn này, hệ thống điện toàn cầu đang chuyển mình mạnh mẽ dưới tác động đồng thời của hai cuộc cách mạng cách mạng có liên hệ mật thiết với nhau: sự phát triển nhanh chóng của các nguồn NLTT biến đổi, và sự trỗi dậy không kém phần mạnh mẽ của trí tuệ phân tích và ra quyết định dựa trên dữ liệu. Từ Đà Nẵng đến đồng bằng sông Cửu Long, các mảng quang điện đang mọc lên ngày càng nhiều trên mái các nhà xưởng công nghiệp, trong khi dọc bờ biển miền Trung, hàng loạt dự án điện gió ngoài khơi cũng đang được đẩy nhanh tiến độ. Tuy nhiên, chính thành công của những công nghệ này lại làm gia tăng đáng kể độ phức tạp trong vận hành hệ thống điện, biến mạng lưới truyền tải một chiều truyền thống thành một hệ thống liên kết chặt chẽ giữa phần cứng (vật lý) và phần mềm (số hóa), đòi hỏi khả năng dự báo, điều phối và tự phục hồi theo thời gian thực. Trong bối cảnh đó, AI không còn là một khái niệm mang tính xa vời mà đang trở thành một công cụ không thể thiếu, có khả năng tiếp nhận và xử lý hàng petabyte dữ liệu từ các nguồn khí tượng, thị trường điện và tín hiệu cảm biến, đồng thời chuyển hóa dữ liệu đó thành lịch điều độ, huy động công suất, thông số cài đặt điện áp và tín hiệu giá điện nhằm đảm bảo dòng điện được vận hành ổn định với độ chính xác đến từng mili-giây.

Chính phủ Việt Nam đã thể hiện rõ định hướng coi các công cụ số là yếu then chốt để duy trì đà tăng trưởng kinh tế, đồng thời thực hiện cam kết đạt phát thải ròng bằng “0”. Quy hoạch phát triển điện lực quốc gia thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050 (QHĐ VIII) điều chỉnh hiện đặt mục tiêu đạt tổng công suất lắp đặt lên tới 236 GW vào năm 2030, trong đó hơn một nửa dự kiến đến từ điện mặt trời, điện gió và hệ thống pin lưu trữ—những công nghệ vốn phụ thuộc rất lớn vào dữ liệu và hệ thống điều khiển thông minh[1]. Song song với QHĐ VIII, Nghị quyết 57-NQ/TW, được ban hành tháng 12 năm 2024, đã xác định khoa học, công nghệ, đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số quốc gia là nhiệm vụ ưu tiên chiến lược, đồng thời giao nhiệm vụ cho tất cả các Bộ, ngành—bao gồm cả Bộ Công Thương (Bộ CT)—triển khai một hệ sinh thái hạ tầng thiết yếu có “khả năng tích hợp và vận hành các ứng dụng AI”[2]. Ở cấp độ hợp tác quốc tế đa phương, việc Việt Nam tham gia JETP cũng thể hiện rõ định hướng đó: tận dụng công nghệ và tài chính quốc tế để thúc đẩy quá trình chuyển đổi hệ thống điện theo hướng phát thải thấp và khả năng chống chịu cao.

Tuy nhiên, báo cáo trọng điểm năm 2025 của IEA *“Energy and AI” (Năng lượng và AI* đưa ra một lời cảnh báo cần lưu ý. Báo cáo này ước tính rằng nhu cầu điện toàn cầu phục vụ cho các trung tâm dữ liệu sử dụng AI có thể tăng hơn gấp đôi, đạt mức 945 TWh vào năm 2030—

[1] https://www.vietnam-briefing.com/news/vietnam-revises-pdp8-key-targets-of-the-national-power-development-plan.html
[2] https://sblaw.vn/resolution-57-nq-tw-on-breakthrough-development-of-science-technology-innovation-and-national-digital-transformation/

tương đương với tổng mức tiêu thụ điện hiện tại của cả nước Nhật Bản[3]. Tại khu vực Đông Nam Á, nhu cầu điện dự kiến tăng đặc biệt nhanh, chủ yếu do sự phát triển của các trung tâm dữ liệu siêu lớn ở Singapore, Malaysia, và trong tương lai có thể là các trung tâm số đang hình thành tại Việt Nam. Vì vậy, AI đang được nhìn nhận với hai vai trò song song: một mặt là công cụ tối ưu hóa không thể thiếu cho lưới điện có tỷ trọng NLTT cao, nhưng mặt khác lại là tác nhân tiêu thụ điện lớn, có nguy cơ làm giảm đáng kể chính những lợi ích về hiệu quả mà nó mang lại. Giải quyết nghịch lý đó đòi hỏi phải có một quá trình đánh giá nghiêm túc, dựa trên bằng chứng thực tiễn về các khía cạnh sau: *AI thực sự mang lại giá trị gì* cho quá trình giảm pháp thải carbon ngành điện, *làm thế nào* để giảm thiểu mức tiêu thụ điện của AI thông qua tối ưu thuật toán và phần cứng, và *các cơ chế chính sách kiểm soát nào* có thể đóng vai trò rào chắn giúp hạn chế hiệu ứng ngược (hay các tác động tiêu cực phát sinh ngoài ý muốn).

Quyết định thực hiện nghiên cứu này, với sự hỗ trợ từ Chương trình Hỗ trợ Năng lượng GIZ, bắt nguồn trực tiếp từ sự hội tụ giữa cơ hội phát triển và rủi ro tiềm ẩn mà quá trình chuyển đổi số trong lĩnh vực năng lượng mang đến. Các cơ quan quản lý, đơn vị vận hành hệ thống điện và nhà đầu tư tại Việt Nam cần có một bức tranh rõ ràng về các giải pháp số và ứng dụng AI đã được kiểm chứng, để từ đó đánh giá tổ hợp giải pháp nào xứng đáng được thí điểm hoặc nhân rộng trong điều kiện Việt Nam. Ngoài ra, Việt Nam cũng cần một đánh giá rõ ràng, minh bạch về các điều kiện tiên quyết quan trọng nhưng thường bị bỏ sót: dòng dữ liệu có độ chính xác cao, kiến trúc Công nghệ vận hành (CNVH) và Công nghệ thông tin (CNTT) đảm bảo an toàn mạng, nguồn nhân lực có trình độ chuyên môn cao, và – không kém phần quan trọng – một khuôn khổ pháp lý hỗ trợ, có khả năng chuyển đổi dữ liệu phân tích từ máy móc thành dòng doanh thu khả thi và biểu giá điện công bằng về mặt xã hội.

Theo nghĩa đó, Chương 1 của báo cáo đặt ra hai mục tiêu chính: Thứ nhất, là để định vị Việt Nam trong bối cảnh toàn cầu về chuyển dịch năng lượng có ứng dụng AI, đồng thời nhận thức rõ cả hai khía cạnh: tốc độ phát triển nhanh chóng của công nghệ số và những rào cản, thách thức mới đang xuất hiện, như đã được chỉ ra trong các bằng chứng mới nhất từ IEA. Thứ hai, là nhằm gắn chặt phần phân tích trong các chương tiếp theo với các định hướng chính sách hiện hành, cụ thể là QHĐ VIII, Nghị quyết 57 và Điều khoản tham chiếu (ToR) của nghiên cứu giai đoạn 1—qua đó bảo đảm rằng mọi bài học rút ra từ kinh nghiệm quốc tế đều được đưa trực tiếp vào chu trình chính sách của Việt Nam chứ không chỉ là tài liệu mang tính học thuật xa rời thực tiễn. Chỉ khi kết nối được giữa khả năng công nghệ, thực tiễn quy định pháp luật và các ưu tiên xã hội, Việt Nam mới có thể biến tiềm năng của AI từ một khẩu hiệu trừu tượng thành các kết quả cụ thể có thể đo lường được—như lượng điện tiết kiệm theo kilowatt-giờ, sản lượng NLTT không bị cắt giảm, và sau cùng là lượng phát thải CO_2 tránh được.

[3] https://www.iea.org/reports/energy-and-ai/executive-summary

1.2. Các mục tiêu được xác lập theo ToR cho Giai đoạn 1

Giai đoạn 1 của nhiệm vụ—*Nghiên cứu và phân tích toàn diện*—được thiết kế nhằm đóng vai trò vừa chẩn đoán hiện trạng, vừa định hướng tương lai. Theo nội dung nêu trong ToR, nhiệm vụ chính là "nghiên cứu, rà soát các xu hướng, tài liệu và báo cáo hiện có về AI và số hóa trong chuyển đổi năng lượng trên toàn cầu", đồng thời "xác định các trường hợp điển hình quốc tế và rút ra các bài học kinh nghiệm liên quan đến lợi ích, chính sách, các thông tin đầu vào, phương thức tài chính." Trên cơ sở đó, báo cáo đã xây dựng bốn mục tiêu vận hành có tính gắn kết chặt chẽ.

Mục tiêu 1 – Xây dựng nền tảng tri thức.

Báo cáo tiến hành rà soát và phân tích các nguồn tài liệu đa dạng bao gồm các nghiên cứu đã được bình duyệt chuyên môn/phản biện học thuật, các báo cáo chưa xuất bản chính thức và các sách trắng chuyên ngành được công bố trong những năm gần đây — trong đó đặc biệt nhấn mạnh đến báo cáo *"Energy and AI" (Năng lượng và AI)* (2025) của IEA, loạt ấn phẩm *"Digitalisation and the Energy Transition" (Số hóa và chuyển dịch năng lượng)* của IRENA, bộ tài liệu *"AI in Infrastructure" (AI trong hạ tầng)* của Ngân hàng Thế giới (WB), và các ấn phẩm chủ chốt của IEEE. Mục đích của hoạt động này là trình bày hiện trạng công nghệ và xu hướng tiên tiến nhất, đồng thời cung cấp dữ liệu đầu vào cần thiết cho phân tích những điểm cần cải thiện ở các bước tiếp theo.

Mục tiêu 2 – Rút ra các mô hình thực tiễn tiêu biểu.

Dựa trên kết quả tổng hợp từ bước rà soát tài liệu, báo cáo sẽ xây dựng khoảng tối đa mười nghiên cứu điển hình tiêu biểu. Các nghiên cứu điển hình này sẽ trải rộng theo vùng địa lý và mô hình thị trường, nhằm làm sáng tỏ nhiều con đường khác nhau cùng hướng tới mục tiêu chung là giảm phát thải carbon trong hệ thống điện.

Mục tiêu 3 – Phân tích tổng quan chi phí - lợi ích

Do việc triển khai AI đặt ra những yêu cầu không hề đơn giản đối với quản trị dữ liệu, an ninh mạng và nguồn cung điện ổn định, nên cần cân nhắc kỹ lưỡng giữa các lợi ích đạt được với các yếu tố như tổng mức tiêu thụ năng lượng theo vòng đời, nhu cầu vốn đầu tư lớn và mức độ chấp nhận của xã hội. Vì vậy, mỗi mô hình thực tiễn tiêu biểu sẽ đi kèm với một phân tích tổng quan ngắn gọn về chi phí - lợi ích, dựa trên các nguồn tài liệu hiện có, trong đó chỉ ra cả những hiệu quả có thể đạt được và các "góc khuất" đáng chú ý, chẳng hạn như thiên lệch thuật toán, rủi ro tài sản bị mắc kẹt hoặc nhu cầu điện phát sinh do hiệu ứng ngược.

Mục tiêu 4 – Xây dựng thông tin phân tích chuyên biệt cho Việt Nam.

Toàn bộ các phát hiện trong nghiên cứu sẽ được đối chiếu với các mục tiêu của QHĐ VIII và các sáng kiến lưới điện số hiện nay do Bộ CT triển khai. Việc này sẽ cho phép xác định ngay các cơ hội có tác động đòn bẩy cao – chẳng hạn như sử dụng AI để dự báo điện mặt trời ngắn hạn cho các cụm điện mặt trời tại Ninh Thuận – Bình Thuận – cũng như đưa ra cảnh báo sớm tại những điểm mà các điều kiện tiên quyết (ví dụ như độ trễ dữ liệu, tiêu chuẩn an ninh mạng) vẫn còn yếu. Kết quả đầu ra sẽ được sử dụng trực tiếp cho quá trình tham vấn với các bên liên quan, cũng như lộ trình sơ bộ theo yêu cầu tại Nhiệm vụ 3.

Việc hoàn thành các mục tiêu này sẽ giúp các nhà hoạch định chính sách, đơn vị vận hành hệ thống và nhà đầu tư có trong tay một nền tảng bằng chứng nhất quán, được chắt lọc thành các bước hành động cụ thể.

1.3. Phạm vi và giới hạn phân tích

Phạm vi phân tích của tài liệu này được giới hạn một cách có chủ đích nhằm đảm bảo tính liên quan với thực tiễn và chiều sâu nội dung. **Thứ nhất, về phạm vi ngành,** nội dung tập trung vào chuỗi cung – cầu điện năng, bao gồm: phát điện (tập trung và phân tán), truyền tải, phân phối và các dịch vụ sử dụng điện ở phía khách hàng, bao gồm cả hạ tầng sạc cho xe điện. Các hệ thống nhiệt, nhiên liệu khí và tối ưu hóa quy trình công nghiệp chỉ được xem xét nếu có ảnh hưởng đáng kể đến vận hành hệ thống điện—ví dụ như DR nồi hơi điện hoặc dịch chuyển phụ tải của thiết bị điện phân.

Thứ hai, về phạm vi công nghệ, phân tích bao trùm toàn bộ phổ giải pháp số bao gồm: (a) các công nghệ tích hợp logic AI/ML—như học có giám sát, học tăng cường, tối ưu hóa tiến hóa, suy luận dựa trên tri thức—hoặc (b) các hạ tầng số hỗ trợ, vốn là điều kiện tiên quyết để AI có thể hoạt động, đặc biệt là AMI, mạng cảm biến IoT, hạ tầng điện toán đám mây/biên, mạng 5G riêng và khung an ninh mạng. Các hệ thống SCADA truyền thống và tự động hóa logic xác định được tham chiếu như một nền tảng so sánh, nhưng nằm ngoài phạm vi phân tích chính, trừ khi được tích hợp thêm các mô-đun AI.

Thứ ba, về phạm vi địa lý, phân tích được triển khai theo cách tiếp cận toàn cầu, nhưng vẫn giữ trọng tâm từ góc nhìn khu vực Đông Nam Á. Các minh chứng từ các quốc gia thuộc khối OECD cung cấp ví dụ về các công cụ thị trường phức tạp và kỹ thuật cân bằng lưới điện có tỷ trọng NLTT biến đổi cao. Trong khi đó, các quốc gia như Ấn Độ, Trung Quốc, Nam Phi và Brazil đưa ra những bài học từ thực tế phát triển trong bối cảnh tăng trưởng phụ tải nhanh, môi trường pháp lý nhiều biến động và áp lực về chi phí. Các quốc gia thu nhập thấp được đưa vào phân tích chủ yếu trong những trường hợp mô hình thanh toán theo mức sử dụng (pay-as-you-go) hoặc lưới điện thông minh siêu nhỏ (microgrid) có thể rút ra bài học hữu ích cho các khu vực miền núi hoặc hải đảo của Việt Nam. Báo cáo cũng nêu bật các sáng kiến cấp khu vực của ASEAN, nhất là khi các sáng kiến này có ảnh hưởng trực tiếp đến tính ổn định của hệ thống điện Việt Nam, chẳng hạn như kết nối lưới điện xuyên biên giới hoặc cụm trung tâm dữ liệu khu vực.

Thứ tư, về phạm vi thời gian, phân tích tập trung vào giai đoạn 2025-2035, tương ứng với khoảng thời gian quy hoạch ngắn hạn đến trung hạn của QHĐ VIII. Các ứng dụng tiên phong trước đó – chẳng hạn như dự báo điện gió tại Tây Ban Nha từ những năm 2000 – chỉ được nhắc đến rất hạn chế nhằm cung cấp bối cảnh lịch sử. Ngược lại, các viễn cảnh suy đoán xa trong tương lai về AGI sau năm 2040 sẽ không nằm trong phạm vi báo cáo phân tích này.

Thứ năm, ranh giới đánh giá được thiết lập nhằm đảm bảo tính nghiêm túc và khách quan về mặt chuyên môn. Chỉ những ứng dụng có chỉ số hiệu quả định lượng rõ ràng – chẳng hạn như tỷ lệ cải thiện độ chính xác dự báo điện mặt trời, mức giảm SAIDI/ SAIFI (chỉ số tần suất mất điện trung bình), hoặc tác động đến giá trị hiện tại ròng (NPV) – mới được xem là bằng chứng của thực tiễn tốt. Các dự án thí điểm chưa có số liệu đánh giá sau triển khai thực tế được xem là các thử nghiệm ban đầu, chưa đủ căn cứ để đánh giá là mô hình đã được kiểm chứng.

Cuối cùng, cần nhấn mạnh **những nội dung nằm ngoài phạm vi phân tích của báo cáo này.** Báo cáo này không phân tích các hoạt động kiểm thử xâm nhập an ninh mạng chi tiết, đánh giá tác động môi trường toàn vòng đời của chuỗi cung ứng chất bán dẫn, hoặc các hệ quả tâm lý – xã hội liên quan đến việc AI thay thế lao động con người. Những chủ đề này có thể được xem xét trong phần Đánh giá mức độ sẵn sàng – Giai đoạn 2. Tương tự, báo cáo không đưa ra khuyến nghị về giải pháp cụ thể theo nhà cung cấp; mục tiêu của báo cáo là làm rõ các năng lực chức năng và điều kiện tiên quyết để triển khai AI, còn việc lựa chọn công nghệ cụ thể sẽ được quyết định trong các nghiên cứu khả thi tiếp theo.

Bằng cách thiết lập ranh giới phân tích như vậy, nghiên cứu này hướng đến sự cân bằng giữa chiều rộng – phản ánh sự đa dạng trong thực tiễn triển khai AI trong ngành năng lượng toàn cầu – và chiều sâu, với mục tiêu cung cấp cho các nhà hoạch định chính sách tại Việt Nam những thông tin, kết luận chắt lọc, phù hợp với các ưu tiên trong ngành điện và điều kiện thể chế trong nước.

1.4. Phương pháp phân tích và tổng quan tài liệu

Do thời gian triển khai dự án ngắn và nguồn lực hạn chế, nhóm nghiên cứu đã lựa chọn một **cách tiếp cận đơn giản nhưng chặt chẽ**, ưu tiên việc đưa ra *thông tin hữu ích phục vụ ra quyết định* thay vì cố gắng bao quát toàn bộ kiến thức như một bách khoa toàn thư. Quy trình phân tích được thiết kế theo ba vòng trọng tâm như sau: (i) một quy trình tìm kiếm tài liệu có chọn lọc, cho phép thu được kết quả nhanh chóng; (ii) một bộ tiêu chí đánh giá nhanh mức độ tin cậy của bằng chứng, trong đó ưu tiên các tài liệu có khả năng chuyển giao áp dụng cho Việt Nam và độ tin cậy cao; và (iii) một tuyên bố minh bạch về những điểm mà nhóm nghiên cứu chưa thể làm rõ ("điểm mù"), giúp người đọc nhận biết rõ đâu là những kết luận dựa trên bằng chứng xác thực và đâu là những suy luận có cơ sở nhưng chưa được kiểm chứng đầy đủ.

Do việc triển khai nghiên cứu trong điều kiện thời gian hạn hẹp, báo cáo này có ít nhất bốn điểm hạn chế đáng lưu ý:

1. **Tính chọn lọc thông tin có giới hạn** – *Phương pháp tinh gọn cho phép chỉ chọn lọc, nắm bắt các bằng chứng nổi bật nhất chứ không thể bao quát toàn diện. Các chủ đề chuyên sâu, hiếm gặp – ví dụ như ứng dụng tối ưu hóa lượng tử (quantum annealing) trong phân tích trào lưu công suất – có thể bị bỏ sót, trừ khi được trích dẫn bởi các tổ chức uy tín hàng đầu.*

2. **Sự thiếu minh bạch trong các tài liệu chưa xuất bản chính thức** – *Các báo cáo kỹ thuật nội bộ của các công ty điện lực thường không công bố số liệu gốc do bị ràng buộc bởi các thỏa thuận bảo mật thông tin (NDA). Trong trường hợp chỉ có tỷ lệ phần trăm cải thiện được nêu, báo cáo sẽ ghi chú là "không rõ mức cơ sở", và chỉ xem những số liệu kết quả đó là "mang tính tham khảo, định hướng" chứ không phải kết luận chắc chắn.*

3. **Độ không chắc chắn trong tính toán mức tiêu thụ năng lượng của AI** – *Sự khác biệt lớn giữa các bộ dữ liệu đo đếm điện năng tiêu thụ tại các trung tâm xử lý dữ liệu (GPU farm) còn cao, dẫn đến sai số lớn trong việc tính toán chi phí - lợi ích liên quan đến mức tiêu thụ điện của AI.*

4. **Tính trung lập thương mại nhưng vẫn có khả năng xuất hiện thiên lệch** – *Một số nhà cung cấp xuất hiện nhiều trong các ấn phẩm chuyên ngành đơn giản vì họ có khả năng phát hành ấn phẩm rất mạnh. Việc được đưa vào báo cáo không đồng nghĩa với sự ủng hộ, mà mọi trích dẫn đều được đánh giá dựa trên chức năng kỹ thuật, không phải uy tín thương hiệu.*

Tổng quan tài liệu đã thực hiện cho thấy rõ một số kết luận ban đầu như sau:

- **Các ứng dụng AI đã được kiểm chứng và sẵn sàng cho thí điểm ngắn hạn** *(ví dụ: dự báo điện mặt trời ngay hiện tại theo chu kỳ 15 phút kết hợp với hệ thống lưu trữ năng lượng (ESS) có thể điều chỉnh thời gian sạc).*

- **Các điều kiện tiên quyết về số hóa không thể bỏ qua** *(ví dụ: độ trễ SCADA dưới một giây đối với các dòng công suất vòng trên lưới truyền tải chính 500 kV).*

- **Các mô hình tài chính phù hợp với khả năng quản lý của Bộ CT** *(ví dụ: các khoản hỗ trợ tài chính ưu đãi dựa trên kết quả đầu ra, kết hợp với vốn góp từ các công ty dịch vụ năng lượng tư nhân (ESCO)).*

Bất kỳ nội dung nào vượt quá phạm vi này sẽ không còn mang lại hiệu quả tương xứng với chi phí và nguồn lực bỏ ra, nếu xét đến giới hạn thời gian và nguồn lực của hợp đồng hiện tại. Tóm lại, báo cáo đánh giá này tuy ngắn gọn nhưng đủ chiều sâu, với các công cụ phân tích được hiệu chỉnh phù hợp, nhằm phục vụ cho việc chẩn đoán, xác định các ưu tiên và khởi động các bước ứng dụng AI thế hệ đầu tiên trong ngành điện của Việt Nam.

CHƯƠNG 02

Khung khái niệm: Số hóa, AI và sự giao thoa giữa hai công nghệ

Chương 2: Khung khái niệm: Số hóa, AI và sự giao thoa giữa hai công nghệ

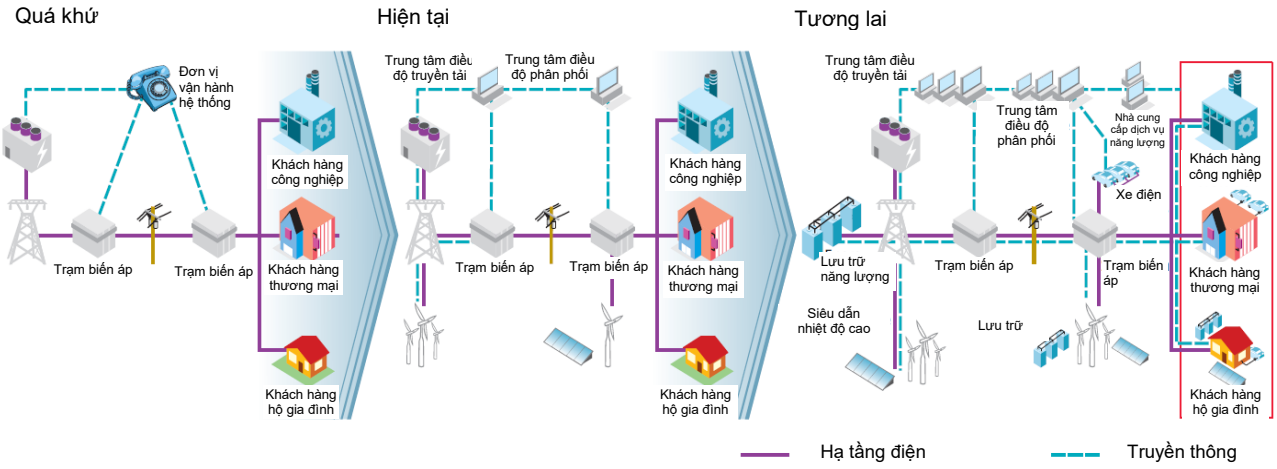
2.1. Giới thiệu về số hóa

Trong lịch sử, hệ thống điện được thiết kế theo một cấu trúc tuyến tính cơ bản. Theo đó, các nhà máy nhiệt điện hoặc thủy điện quy mô lớn thường được đặt tại các khu vực xa trung tâm, phát điện và truyền tải lượng điện lớn vào các hành lang truyền tải cao áp. Dòng công suất truyền đi theo một chiều – từ nguồn phát đến lưới phân phối, và sau đó đến người tiêu dùng cuối cùng – vốn chỉ tiếp nhận điện một cách thụ động mà không có bất kỳ tương tác ngược lại nào với hệ thống. Sản xuất điện trước đây vừa có thể điều độ được theo nhu cầu và vừa có thể dự đoán tương đối chính xác, được điều chỉnh để phù hợp với đường cong tiêu thụ điện có tính dao động ngẫu nhiên. Trong kiến trúc này, vai trò của lưới điện chủ yếu chỉ là truyền tải và phân phối điện năng một cách thụ động. Các công cụ như đo đếm, truyền dữ liệu từ xa, hay điều khiển tự động hầu như chỉ dừng lại ở những hệ thống đơn giản như SCADA (hệ thống điều khiển giám sát và thu thập dữ liệu).

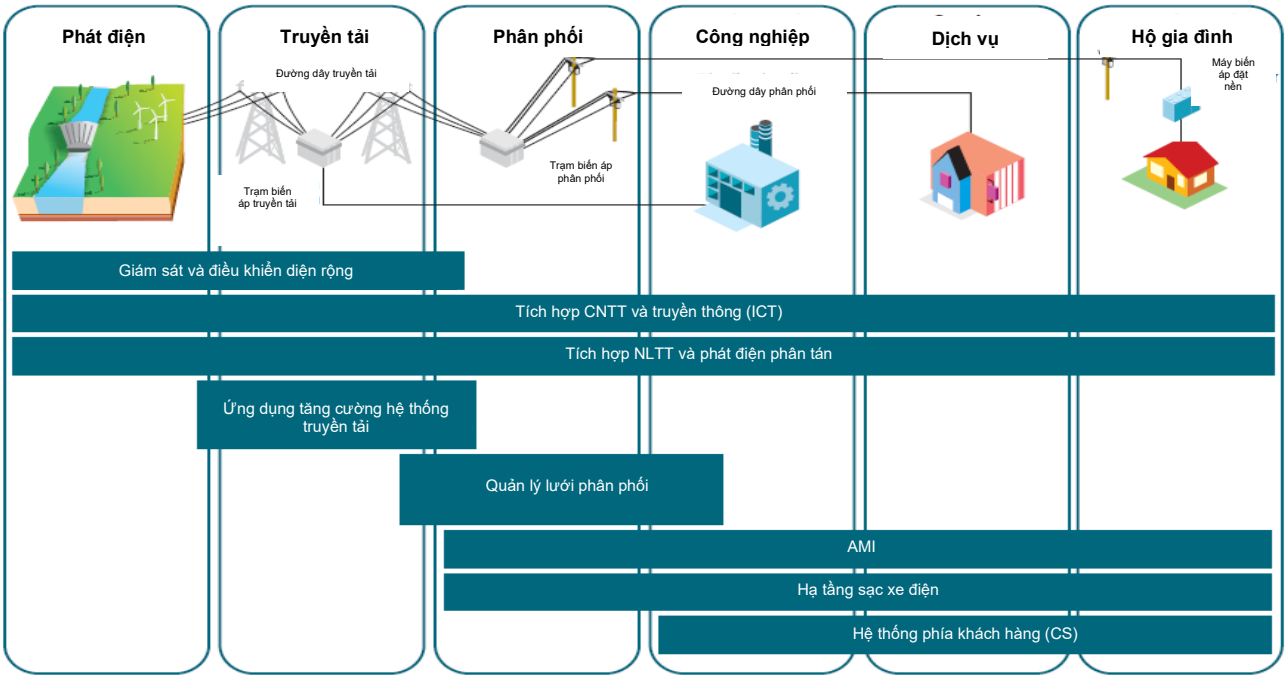
Tuy nhiên, khi các nguồn NLTT biến đổi — như các nhà máy điện gió và điện mặt trời quy mô lớn được tích hợp vào hệ thống điện với tỷ lệ ngày càng cao — mô hình tuyến tính truyền thống nói trên đã bị phá vỡ. Ngày nay, hệ thống điện hiện đại bao gồm một tổ hợp đa dạng hơn nhiều. Các nhà máy điện tập trung truyền thống vẫn tồn tại song song với các trang trại NLTT đấu nối vào lưới truyền tải, và sự gia tăng nhanh chóng của các hệ thống sản xuất điện phân tán (DG) ở cấp phân phối. Do đó, cả dòng điện và thông tin hiện nay đều được lưu chuyển theo hai chiều. Việc cung cấp điện trở nên khó đoán hơn và phân tán về mặt địa lý; trong khi nhu cầu tiêu thụ cũng ngày càng linh hoạt và có thể điều khiển được. Đặc biệt, người tiêu dùng không còn thụ động mà đã trở thành những người tiêu dùng tích cực, có thể tham gia vào thị trường điện, đóng góp khả năng huy động các nguồn lực từ phía cầu để cung cấp các dịch vụ cho hệ thống. Các công nghệ lưu trữ năng lượng phân tán, V2G, cùng với hạ tầng viễn thông hai chiều phổ biến khắp nơi, đã làm xóa mờ ranh giới truyền thống giữa việc sản xuất và tiêu thụ điện. Việc điều độ trung tâm vẫn rất quan trọng, nhưng giờ đây cần phải phối hợp cùng với nhiều lớp điều khiển phân tán thông minh ở cấp độ từng thiết bị.

Để thích ứng với những thay đổi nhanh chóng của ngành điện như sự gia tăng tỷ trọng NLTT, sự phát triển mạnh của các nguồn phát điện phân tán, sự tham gia tích cực của khách hàng tự sản tự tiêu, và yêu cầu tích hợp thị trường cũng như đảm bảo an ninh cung cấp điện, cả lưới truyền tải và đặc biệt là lưới phân phối phải chuyển đổi sang mô hình lưới điện thông minh. Quá trình chuyển đổi này phụ thuộc vào việc số hóa toàn diện và ứng dụng các CNTT - truyền thông tiên tiến có khả năng thu thập, phân tích dữ liệu và điều khiển tự động theo thời gian thực. IEC cho rằng khái niệm Lưới điện thông minh hiện nay đang bị lạm dụng như một thuật ngữ tiếp thị. Tuy nhiên, Nhóm chiến lược số 3 của IEC vẫn định nghĩa rõ ràng rằng lưới điện thông minh là quá trình hiện đại hóa mạng lưới điện một cách hệ thống thông qua

các công cụ số[4]. Trên thực tế, lưới điện phân phối thông minh chính là nơi diễn ra sự phối hợp tổng thể giữa dòng điện hai chiều, kết nối giữa hệ thống vật lý và điều khiển số, cũng như tối ưu hóa phân tán. Nhờ đó, hệ thống có thể dung hòa giữa nguồn phát điện biến đổi với việc cung cấp điện sao cho an toàn, hiệu quả và có sự tham gia tích cực của các bên liên quan. ***Hình 1*** minh họa trực quan quá trình chuyển đổi từ lưới điện truyền thống trong quá khứ sang lưới điện thông minh của tương lai. ***Hình 2*** trình bày các lĩnh vực công nghệ chính cấu thành nên lưới điện được số hóa.



Hình 1: Sự phát triển của hệ thống truyền tải và phân phối điện thành lưới điện thông minh (Nguồn: IEA, Lộ trình công nghệ – Lưới điện thông minh, 2011)



Hình 2: Các lĩnh vực công nghệ của Lưới điện thông minh (Nguồn: IEA, Lộ trình công nghệ – Lưới điện thông minh, 2011)

[4] IEC, Lộ trình tiêu chuẩn hóa lưới điện thông minh IEC, 2010

2.2. Các hoạt động số hóa lưới điện

Bảng dưới đây tóm tắt một số hoạt động liên quan đến số hóa lưới điện cùng với tác động, chi phí và lợi ích dự kiến của từng hoạt động.[5]

Bảng 1: Tóm tắt các hoạt động liên quan đến lưới điện phân phối thông minh

STT	Tên hoạt động	Mô tả chi tiết	Loại lợi ích					Ước tính chi phí (USD/tuyến dây/năm)	Lợi ích dự kiến (USD/tuyến dây/năm)	Nhận xét
			Nâng cao hiệu quả	Giảm nhu cầu điện năng	Cải thiện độ tin cậy	Tích hợp NLTT	Khác			
0.1	Triển khai hệ thống FLISR trên một số đường dây phân phối có hiệu suất kém nhất	Lắp đặt các thiết bị báo sự cố đường dây (FCI) và thiết bị báo mất điện áp trên các thiết bị đóng cắt điện hiện có (máy cắt tự động đóng lại, dao cắt phụ tải); nếu chưa có thiết bị đóng cắt thì cần lắp đặt mới (với tỷ lệ trung bình 1,5 thiết bị đóng cắt cho mỗi xuất tuyến); sử dụng bộ xử lý logic cục bộ để xác định thời điểm đóng/cắt thiết bị (không yêu cầu kết nối truyền thông)					Giảm nhu cầu điện năng Giảm thời gian xử lý sự cố và thao tác chuyển mạch (tiết kiệm chi phí nhân công)	50.000 – 150.000 USD	50.000 – 75.000 USD	Giả sử các tuyến dây có ít nhất một điểm nối/nguồn dự phòng Chi phí thấp nhất áp dụng trong trường hợp đã có sẵn một số thiết bị đóng cắt Lợi ích chính đến từ việc giảm chi phí gián đoạn cung cấp điện cho khách hàng cuối, có giá trị khoảng 10 USD/kWh

[5] Madrigal M., Uluski R., Mensan Gaba K., Hướng dẫn thực tiễn cho việc xây dựng chiến lược hiện đại hóa lưới điện thông minh – Nghiên cứu điển hình về lưới phân phối, Phiên bản sửa đổi, Ngân hàng Thế giới, 2017

STT	Tên hoạt động	Mô tả chi tiết	Loại lợi ích					Ước tính chi phí (USD/tuyến dây/năm)	Lợi ích dự kiến (USD/tuyến dây/năm)	Nhận xét
			Nâng cao hiệu quả	Giảm nhu cầu điện năng	Cải thiện độ tin cậy	Tích hợp NLTT	Khác			
0.2	Triển khai hệ thống điều khiển điện áp và công suất phản kháng (volt/VAR) (bao gồm cả giảm điện áp để tiết kiệm điện (CVR), bằng cách sử dụng bộ điều khiển độc lập	Gắn thêm bộ điều khiển kỹ thuật số (IED) cho các tụ điện và bộ điều chỉnh điện áp hiện có, kiểm soát các thiết bị này dựa trên các thông số đo tại chỗ và logic điều khiển nội bộ.					Cải thiện biểu đồ điện áp của xuất tuyến	15.000 – 25.000 USD	10.000–20.000 USD	Ước tính chi phí bao gồm việc bổ sung hai cụm tụ điện có thể điều khiển vào tuyến dây hiện có, cùng với các bộ điều khiển IED mới cho tụ và bộ điều chỉnh điện áp. Lợi ích dựa trên giả định giảm 1% điện áp tại thời điểm phụ tải cao nhất, với hệ số CVR là 0,7 và cải thiện hệ số công suất từ 0,9 lên 0,94
0.3	Áp dụng phần mềm Tái cấu hình mạng tối ưu (ONR)	Sử dụng phần mềm ONR ngoại tuyến để xác định cách cấu hình lại đường dây, cụ thể là chuyển mạch giữa các mạch phân phối (tuyến đường dây) nhằm giảm mất cân bằng mạch và pha, từ đó giảm tổn thất điện năng					Giảm mất cân bằng pha Cân bằng tải giữa các xuất tuyến	2.500 – 5.000 USD	2.000 – 4.000 USD	Chi phí bao gồm nhân công để xây dựng mô hình mạng lưới, vận hành phần mềm ONR, và thực hiện các thao tác chuyển mạch theo khuyến nghị của phần mềm (có thể cần thêm thiết bị mới). Lợi ích là giảm tổn thất điện năng. Theo ước tính, tổn thất kỹ thuật có

STT	Tên hoạt động	Mô tả chi tiết	Loại lợi ích					Ước tính chi phí (USD/tuyến dây/năm)	Lợi ích dự kiến (USD/tuyến dây/năm)	Nhận xét
			Nâng cao hiệu quả	Giảm nhu cầu điện năng	Cải thiện độ tin cậy	Tích hợp NLTT	Khác			
										thể giảm 10%–15% so với mức tổn thất hiện tại (hiện tại tổn thất kỹ thuật được ước tính là khoảng 4% tổng lượng điện tiêu thụ).
0.4	Lắp đặt bộ điều chỉnh điện áp giữa đường dây với khả năng điều khiển dòng công suất ngược và tích hợp tính năng đồng phát điện	Thay thế các bộ điều chỉnh điện áp chỉ cho dòng điện đi theo một chiều (đơn hướng) bằng bộ điều chỉnh điện áp có có khả năng xử lý dòng điện đi theo hai chiều do cấu hình lại đường dây hoặc khi có nhiều nguồn điện phân tán kết nối vào lưới					Cải thiện chất lượng điện áp	8.000 – 12.000 USD	6.000 – 10.000 USD	Chi phí bao gồm việc bổ sung bộ điều chỉnh điện áp có khả năng điều khiển điện áp hai chiều (kèm theo tính năng đồng phát điện) Lợi ích (bao gồm cả việc cho phép tích hợp thêm các nguồn điện phân tán vào lưới điện) mà không cần xây dựng thêm các nhà máy phát điện tập trung mới để đáp ứng nhu cầu phụ tải.
0.5	Chuyển đổi sang Mức độ số hóa lưới điện cấp 1	Thay thế các thiết bị điều khiển, bảo vệ và đo lường kiểu cơ - điện tại trạm biến áp bằng các thiết bị điện tử thông minh (IED), bổ sung các thiết					Cho phép triển khai các chức năng điều khiển tự động hóa cấp độ 1 trong lưới điện	15.000 – 20.000 USD cho mỗi xuất tuyến, cộng thêm 200.000 – 500.000 USD cho trạm điều khiển trung tâm cơ bản đặt tại	Những lợi ích cụ thể đạt được khi thực hiện các hoạt động số hóa lưới điện Cấp độ 1	Ước tính khoảng 2-3 thiết bị cơ điện trên mỗi tuyến đường dây (rơ-le bảo vệ, thiết bị IED và có thể là bộ điều chỉnh điện áp) cần được thay

STT	Tên hoạt động	Mô tả chi tiết	Loại lợi ích					Ước tính chi phí (USD/tuyến dây/năm)	Lợi ích dự kiến (USD/tuyến dây/năm)	Nhận xét
			Nâng cao hiệu quả	Giảm nhu cầu điện năng	Cải thiện độ tin cậy	Tích hợp NLTT	Khác			
		bị đầu cuối từ xa (RTU) tại trạm biến áp hoặc bộ tập trung dữ liệu để thu thập, lưu trữ, xử lý và truyền dữ liệu thu thập được từ các thiết bị IED về trung tâm điều khiển. Xây dựng hệ thống truyền thông đáng tin cậy và hiệu quả giữa các trạm biến áp cao/trung thế (HV/MV) và trung tâm điều khiển lưới phân phối (hoặc trung tâm điều khiển tập trung tương đương)						trung tâm điều khiển		thế bằng thiết bị IED trạm biến áp; ngoài ra cần trang bị thêm hệ thống SCADA tại trạm biến áp và đường truyền kết nối với trung tâm điều khiển và trạm trung tâm SCADA chính tại trung tâm điều khiển
1.1	Triển khai giám sát rơ-le bảo vệ để phát hiện sớm sự cố mất điện trên đường dây	Thêm các điểm cảnh báo và màn hình hiển thị nhằm thông báo cho đơn vị vận hành lưới phân phối (DSO) về việc các máy cắt tại trạm biến áp bị thay đổi trạng thái mà					Phát hiện sự cố mất điện của khách hàng trước khi khách hàng gọi điện báo (cải thiện mức độ hài lòng của khách hàng)			Ước tính chi phí dựa trên lợi ích có được từ việc giảm điện áp 1% trong giờ cao điểm (hệ số CVR = 0,7), và cải thiện hệ số công suất từ 0,9 lên 0,94.

STT	Tên hoạt động	Mô tả chi tiết	Loại lợi ích					Ước tính chi phí (USD/tuyến dây/năm)	Lợi ích dự kiến (USD/tuyến dây/năm)	Nhận xét
			Nâng cao hiệu quả	Giảm nhu cầu điện năng	Cải thiện độ tin cậy	Tích hợp NLTT	Khác			
		không theo lệnh điều khiển								
1.2	Triển khai ứng dụng định vị sự cố (khoảng cách đến điểm sự cố)	Thu thập thông tin về khoảng cách đến điểm sự cố, các tín hiệu từ rơ-le, và các dữ liệu sự kiện khác từ các IED của rơ-le bảo vệ. Thông tin này sau đó được gửi về DSO qua hệ thống SCADA của trạm biến áp.					Giảm thời gian điều tra sự cố (tiết kiệm chi phí nhân công)			
1.3	Triển khai hệ thống bảo vệ giữ lại cầu chì (tránh cầu chì bị đứt phải thay mới)	Cài đặt phần mềm để cho phép nhân viên vận hành tại phòng điều khiển có thể chuyển đổi giữa các nhóm thông số cài đặt của rơ-le đã được thiết lập sẵn, để áp dụng cơ chế bảo vệ giữ cầu chì, tránh cầu chì bị đứt phải thay mới.					Loại bỏ chi phí nhân công thay thế cầu chì bị cháy do sự cố tạm thời			
1.4	Triển khai ứng dụng chuyển đổi dự phòng thông minh cho thanh cái	Cài đặt phần mềm trên bộ xử lý SCADA tại trạm biến áp, cho phép tự động chuyển một số đường dây					Giảm chi phí nhân công do không cần thực hiện thao tác chuyển mạch thủ công			

STT	Tên hoạt động	Mô tả chi tiết	Loại lợi ích					Ước tính chi phí (USD/tuyến dây/năm)	Lợi ích dự kiến (USD/tuyến dây/năm)	Nhận xét
			Nâng cao hiệu quả	Giảm nhu cầu điện năng	Cải thiện độ tin cậy	Tích hợp NLTT	Khác			
		của máy biến áp bị sự cố sang máy biến áp dự phòng mà không làm quá tải máy dự phòng								
1.5	Triển khai giám sát tình trạng thiết bị (sửa chữa bảo dưỡng theo điều kiện thực tế)	Sử dụng bộ xử lý SCADA tại trạm biến áp để thu thập dữ liệu tình trạng thiết bị từ các rơ-le bảo vệ và thiết bị điện tử thông minh khác. Các dữ liệu có thể bao gồm: thời gian đóng/ngắt máy cắt, độ mòn tiếp điểm, hiệu suất pin tại trạm biến áp, và số lần thiết bị hoạt động.					Giảm chi phí sửa chữa bảo dưỡng bằng cách chuyển từ bảo dưỡng định kỳ sang bảo dưỡng theo tình trạng thực tế của thiết bị.			
1.6	Triển khai hệ thống tối ưu hóa điện áp và công suất phản kháng (volt/VAR) “dựa trên quy tắc điều khiển” SCADA	Sử dụng bộ xử lý SCADA tại trạm biến áp để điều khiển bộ điều chỉnh điện áp và tụ bù tại trạm nhằm cải thiện việc điều khiển điện áp và công suất phản kháng (volt/VAR). (Việc điều khiển vẫn chỉ giới hạn ở các thiết bị tại trạm					Giám sát tình trạng của thiết bị điều khiển điện áp/công suất phản kháng để phát hiện sớm các lỗi hư hỏng			Lợi ích so với phương pháp dùng bộ điều khiển độc lập: có thể sử dụng kết quả tính toán trào lưu công suất (xem mục 1.7 bên dưới) để xác định các điều kiện điện áp tại các điểm xa trên đường dây, từ đó tối ưu hóa điều khiển

STT	Tên hoạt động	Mô tả chi tiết	Loại lợi ích					Ước tính chi phí (USD/tuyến dây/năm)	Lợi ích dự kiến (USD/tuyến dây/năm)	Nhận xét
			Nâng cao hiệu quả	Giảm nhu cầu điện năng	Cải thiện độ tin cậy	Tích hợp NLTT	Khác			
		biến áp do chưa có kết nối truyền thông với thiết bị ngoài hiện trường – Cấp độ 2).								volt/VAR tốt hơn bằng cách vận hành gần mức giới hạn cho phép Ngoài ra còn có khả năng phát hiện sớm sự cố thiết bị, có thể điều chỉnh mục tiêu tối ưu hóa volt/VAR theo tình trạng của hệ thống, khả năng vô hiệu hóa trong trường hợp tái cấu trúc đường dây hoặc điều kiện bất thường khác Lợi ích dựa trên giảm điện áp 2% vào giờ cao điểm (CVR = 0,7) và cải thiện hệ số công suất từ 0,9 lên 0,94.
1.7	Triển khai phần mềm tính toán trào lưu công suất trực tuyến để sử dụng cho cho DSO	Triển khai phần mềm tính toán trào lưu công suất trực tuyến sử dụng các dữ liệu đo được từ đầu tuyến (tức là phía trạm biến áp) của đường dây để tính toán các điều kiện					Đây là nền tảng quan trọng để triển khai nhiều ứng dụng phân phối tiên tiến, đặc biệt giúp cải thiện đáng kể khả năng quan sát đối với các vị trí trên		Không mang lại lợi ích hữu hình trực tiếp, nhưng phần mềm này là điều kiện tiên quyết để triển khai các ứng dụng tiên tiến khác.	Chi phí bao gồm chi phí mua và triển khai phần mềm, xây dựng mô hình lưới điện, và chi phí bảo dưỡng

STT	Tên hoạt động	Mô tả chi tiết	Loại lợi ích					Ước tính chi phí (USD/tuyến dây/năm)	Lợi ích dự kiến (USD/tuyến dây/năm)	Nhận xét
			Nâng cao hiệu quả	Giảm nhu cầu điện năng	Cải thiện độ tin cậy	Tích hợp NLTT	Khác			
		điện áp tại tất cả các vị trí dọc theo tuyến đường dây (phần mềm này yêu cầu một mô hình lưới điện theo đúng cấu hình vận hành thực tế để tính toán chính xác)					tuyến đường dây không có thiết bị cảm biến			Không mang lại lợi ích hữu hình trực tiếp
1.8	Triển khai chức năng ứng dụng dự đoán vị trí sự cố	Bổ sung phần mềm phân tích sự cố ngắn mạch vào hệ thống, sử dụng dữ liệu về độ lớn của dòng sự cố từ các thiết bị IED tại trạm biến áp để xác định chính xác vị trí xảy ra sự cố					Giảm thời gian điều tra sự cố (tiết kiệm chi phí nhân công)			Chi phí bao gồm chi phí mua phần mềm và triển khai hệ thống Lợi ích bao gồm cải thiện hiệu quả định vị sự cố từ 5% đến 10% so với phương pháp truyền thống chỉ dựa vào thiết bị rơ-le bảo vệ tính toán khoảng cách đến điểm sự cố
1.9	Phát hiện trào lưu công suất ngược tại đầu trạm biến áp của xuất tuyến do sự thâm nhập cao của các nguồn phát điện phân tán	Giám sát dòng công suất thực (P) và dòng phản kháng (Q) tại đầu tuyến đường dây để phát hiện những hiện tượng bất lợi có thể xảy ra do sự thâm nhập cao của các nguồn phát điện								Lợi ích là tăng giới hạn cho phép về mức độ thâm nhập của nguồn điện phân tán trên một tuyến đường dây cụ thể nhờ tăng khả năng giám sát, phát hiện sớm và xử lý các ảnh hưởng

STT	Tên hoạt động	Mô tả chi tiết	Loại lợi ích					Ước tính chi phí (USD/tuyến dây/năm)	Lợi ích dự kiến (USD/tuyến dây/năm)	Nhận xét
			Nâng cao hiệu quả	Giảm nhu cầu điện năng	Cải thiện độ tin cậy	Tích hợp NLTT	Khác			
		phân tán, chẳng hạn như trào lưu công suất ngược và mất cân bằng pha nghiêm trọng								bất lợi tiềm ẩn khi các nguồn điện phân tán thâm nhập cao.
1.10	Chuyển đổi sang Mức độ số hóa lưới điện cấp 2	Triển khai hệ thống mạng truyền thông để hỗ trợ giao tiếp hai chiều giữa trạm biến áp và các thiết bị hiện trường để giám sát và điều khiển từ xa các thiết bị trên tuyến đường dây					Cho phép triển khai các chức năng và dự án ở Cấp độ 2	15.000 – 30.000 USD/tuyến đường dây	Những lợi ích cụ thể đạt được khi thực hiện các hoạt động số hóa lưới điện Cấp độ 2	Chi phí chuyển đổi bao gồm việc lắp đặt hệ thống truyền thông hai chiều giữa trung tâm điều khiển/trạm biến áp và các thiết bị trên đường dây (thiết bị đóng cắt, bộ điều chỉnh điện áp, tụ điện chuyển mạch, cảm biến phân tán) được lắp đặt bên ngoài hàng rào trạm biến áp Mức chi phí ước tính dựa trên việc lắp đặt mạng truyền thông cho khoảng 5–10 thiết bị hiện trường trên mỗi tuyến đường dây, bao gồm các bộ lặp sóng, bộ thu gom dữ liệu, bộ tập trung dữ liệu, bộ định tuyến và các thiết bị khác cần thiết để

STT	Tên hoạt động	Mô tả chi tiết	Loại lợi ích					Ước tính chi phí (USD/tuyến dây/năm)	Lợi ích dự kiến (USD/tuyến dây/năm)	Nhận xét
			Nâng cao hiệu quả	Giảm nhu cầu điện năng	Cải thiện độ tin cậy	Tích hợp NLTT	Khác			
										triển khai mạng truyền thông
2.1	Triển khai ứng dụng FLISR	Lắp đặt các thiết bị đóng cắt tự động, cảm biến sự cố hoặc thiết bị báo đường dây cùng với phần mềm để thực hiện chức năng FLISR					Giảm thiểu các thao tác đóng cắt thủ công và thời gian điều tra sự cố (tiết kiệm chi phí nhân công)	100.000 – 150.000 USD		Chi phí giả định bao gồm việc lắp đặt 2 - 3 thiết bị đóng cắt mới cho mỗi tuyến đường dây, kết nối với hệ thống thông tin liên lạc và cảm biến sự cố, cùng phần mềm FLISR cho trạm biến áp hoặc trạm trung tâm điều khiển chính (chi phí phần mềm được chia sẻ cho nhiều mạch phân phối dùng chung phần mềm) Thời gian mất điện giảm 50% đến 60% Chi phí này không bao gồm chi phí bổ sung nguồn điện dự phòng cho mạch hiện có
2.2	Chuyển đổi dự phòng thông minh giữa các thanh cái tại trạm biến áp	Mở rộng phạm vi điều khiển sang các thiết bị đóng cắt của tuyến đường dây vào					Tránh phải nâng cấp thêm công suất trạm biến áp để đảm bảo cấp điện	10.000 – 15.000 USD		Chi phí chỉ bao gồm phần mềm bổ sung Các thiết bị đóng cắt và hệ thống

STT	Tên hoạt động	Mô tả chi tiết	Loại lợi ích					Ước tính chi phí (USD/tuyến dây/năm)	Lợi ích dự kiến (USD/tuyến dây/năm)	Nhận xét
			Nâng cao hiệu quả	Giảm nhu cầu điện năng	Cải thiện độ tin cậy	Tích hợp NLTT	Khác			
		ứng dụng tự động chuyển đổi thanh cái thông minh Nếu mạch không thể chuyển sang máy biến áp còn hoạt động do giới hạn tải, hệ thống sẽ tự động chuyển sang các mạch lân cận bằng các thiết bị đóng cắt tự động phân phối (DA)					liên tục (trì hoãn chi phí đầu tư – CAPEX)			thông tin liên lạc cần thiết đã được tính trong chi phí chuyển đổi lên Cấp độ 2
2.3	Điều khiển điện áp volt/VAR phối hợp kèm theo CVR	Mở rộng khả năng điều khiển của thuật toán tối ưu hóa volt/VAR bằng cách bổ sung quyền điều khiển đối với các bộ tụ bù đóng cắt và bộ điều chỉnh điện áp dọc đường dây (các thiết bị này được lắp đặt bên ngoài trạm biến áp)					Cải thiện chất lượng điện áp			Chi phí bao gồm việc bổ sung giao diện truyền thông cho các thiết bị volt/VAR nằm trên đường dây (các tụ bù và bộ điều áp có thể điều khiển được đã được lắp đặt ở mục 0.2) Các lợi ích bao gồm khả năng điều khiển phối hợp/ đồng bộ các thiết bị volt/VAR ở cả trạm biến áp và trên đường dây
2.4	Cải thiện phần mềm tính toán	Nâng cao độ chính xác của kết quả tính toán trào					Đây là nền tảng hỗ trợ cho nhiều ứng dụng		Không mang lại lợi ích hữu hình trực tiếp, nhưng phần	Chi phí bao gồm nhân công để cập nhật mô hình

STT	Tên hoạt động	Mô tả chi tiết	Loại lợi ích					Ước tính chi phí (USD/tuyến dây/năm)	Lợi ích dự kiến (USD/tuyến dây/năm)	Nhận xét
			Nâng cao hiệu quả	Giảm nhu cầu điện năng	Cải thiện độ tin cậy	Tích hợp NLTT	Khác			
	trào lưu công suất trực tuyến	lưu công suất trực tuyến (thời gian thực) (như đã đề cập ở mục 1.7) bằng cách sử dụng số liệu đo lường từ các thiết bị và cảm biến phân tán trên đường dây					phân phối tiên tiến Cải thiện đáng kể khả năng hiển thị và giám sát các vị trí chưa lắp cảm biến		mềm này là điều kiện tiên quyết để triển khai các ứng dụng thông minh khác.	mạch điện sử dụng trong phần mềm trào lưu công suất thời gian thực.
2.5	Tái cấu hình mạng điện tối ưu	Bổ sung chức năng đóng cắt tự động vào ứng dụng tái cấu hình mạng điện (như đã đề cập ở mục 0.3) Điều này cho phép thay đổi cấu hình các mạch phân phối thường xuyên hơn để cân bằng phụ tải					Giảm các thao tác đóng cắt thủ công (tiết kiệm chi phí nhân công) bằng cách sử dụng thiết bị đóng cắt điều khiển từ xa để tái cấu hình mạch điện		.	Chi phí bao gồm chỉnh sửa, nâng cấp phần mềm Các thiết bị đóng cắt tự động và hạ tầng truyền thông đã được triển khai trong các hành động trước Lợi ích bao gồm giảm tổn thất điện năng và cải thiện cân bằng pha
2.6	Giám sát và ngắt kết nối khẩn cấp các nguồn phát điện phân tán	Sử dụng hệ thống thông tin liên lạc hai chiều để giám sát và điều khiển công suất từ các nguồn phát điện phân tán quy mô lớn do khách hàng tự sở hữu					Cải thiện độ chính xác của mô hình trào lưu công suất nhờ có số liệu đo chính xác từ các nguồn phát điện phân tán			Chi phí bao gồm các thiết bị giám sát, điều khiển và giao diện truyền thông cho các nguồn phát điện phân tán lớn kết nối vào mạch phân phối Các lợi ích bao gồm cải thiện khả

STT	Tên hoạt động	Mô tả chi tiết	Loại lợi ích					Ước tính chi phí (USD/tuyến dây/năm)	Lợi ích dự kiến (USD/tuyến dây/năm)	Nhận xét
			Nâng cao hiệu quả	Giảm nhu cầu điện năng	Cải thiện độ tin cậy	Tích hợp NLTT	Khác			
										năng tích hợp nhiều nguồn phát điện phân tán hơn vào mỗi mạch phân phối và vận hành các ứng dụng tự động phân phối tiên tiến ở mức tiệm cận giới hạn vận hành đã thiết lập mà vẫn đảm bảo an toàn
2.7	Chuyển đổi sang Mức độ số hóa lưới điện cấp 3	Triển khai các biện pháp điều khiển chủ động đối với các nguồn năng lượng phân tán (DG, DES, DR) nằm trên tuyến đường dây và tại các địa điểm khách hàng sử dụng điện cuối cùng (sau công tơ điện của khách hàng)						Những lợi ích cụ thể đạt được khi thực hiện các hoạt động số hóa lưới điện Cấp độ 3		Chi phí bao gồm việc triển khai các bộ điều khiển và giao diện truyền thông liên quan tại các DER Giả định rằng thông tin liên lạc sẽ được thực hiện qua Internet hoặc qua mạng truyền thông của hệ thống AMI (lưới RF hoặc phương tiện truyền thông khác)
3.1	Vận hành lưới điện siêu nhỏ (MG)	Triển khai hệ thống quản lý năng lượng cho lưới điện siêu nhỏ (MG EMS), có khả năng hỗ trợ chế					Tăng doanh thu thông qua việc tham gia thị trường điện	Chi phí các thành phần của hệ thống MG EMS (phần	Lợi ích về khả năng chống chịu cho phụ tải quan trọng là khó lượng hóa cụ thể	Chi phí bao gồm trạm điều khiển trung tâm để quản lý các nguồn DER hiện có nhằm đạt

STT	Tên hoạt động	Mô tả chi tiết	Loại lợi ích					Ước tính chi phí (USD/tuyến dây/năm)	Lợi ích dự kiến (USD/tuyến dây/năm)	Nhận xét
			Nâng cao hiệu quả	Giảm nhu cầu điện năng	Cải thiện độ tin cậy	Tích hợp NLTT	Khác			
		độ vận hành song song với lưới điện chính và chế độ vận hành tách đảo, nhằm đảm bảo cung cấp điện cho các phụ tải quan trọng nhất khi lưới điện chính mất điện Sử dụng hệ thống này để quản lý vận hành các nguồn DER hiện có						cứng và phần mềm) Cần bổ sung thiết bị chuyển mạch để cho phép chuyển sang chế độ vận hành tách đảo	Thị trường DR có thể đem lại lợi nhuận khoảng 40.000 USD/MW/năm	các mục tiêu kinh doanh cụ thể Lợi ích bao gồm DR trong thời gian phụ tải đỉnh và khả năng duy trì cấp điện cho các phụ tải quan trọng trong các tình huống mất điện toàn lưới (lợi ích vô hình, khó lượng hóa bằng tiền)
3.2	Tăng cường chức năng FLISR với sự hỗ trợ của hệ thống lưu trữ năng lượng phân tán	Triển khai phần mềm FLISR nâng cao có khả năng tận dụng các hệ thống lưu trữ năng lượng phân tán (DES) để giảm số lần chuyển tải bị chặn do hạn chế của các hệ thống FLISR tiêu chuẩn						Tăng cường tính năng phần mềm FLISR tiêu chuẩn (mục 2.1 ở trên)	Giảm số lần chuyển tải FLISR bị thất bại. (Ước tính: hệ thống FLISR tiêu chuẩn bị chặn khoảng 10% số lần chuyển tải, trong khi FLISR có hỗ trợ DES chỉ bị chặn khoảng 5%)	Chi phí bao gồm bổ sung phần mềm để tích hợp quản lý DES vào phần mềm FLISR Chi phí không bao gồm chi phí lắp đặt DES (giả định đã có sẵn hệ thống DES) Các lợi ích bao gồm giảm thiểu số lần chuyển tải bị thất bại trong quá trình vận hành FLISR
3.3	Tối ưu hóa điện áp và công suất phản kháng	Sử dụng các nguồn DER có biến tần thông					Cải thiện chất lượng điện áp và giảm hao	Lắp đặt thiết bị bù đồng bộ tĩnh phân phối (D-	Tích hợp thêm các nguồn phát điện phân tán (tăng	Chi phí bao gồm lắp đặt D-Statcom có khả năng phản

STT	Tên hoạt động	Mô tả chi tiết	Loại lợi ích					Ước tính chi phí (USD/tuyến dây/năm)	Lợi ích dự kiến (USD/tuyến dây/năm)	Nhận xét
			Nâng cao hiệu quả	Giảm nhu cầu điện năng	Cải thiện độ tin cậy	Tích hợp NLTT	Khác			
	nâng cao nhờ nguồn DER	minh để tăng cường tối ưu hóa điều chỉnh volt/VAR trên cùng một xuất tuyến					mòn các thiết bị đóng cắt cơ điện (bộ chuyển nấc điện áp, tụ bù đóng cắt)	Statcom) vào đường dây phân phối có mức độ thâm nhập các nguồn NLTT phân tán cao	hơn 20% công suất) trên cùng một xuất tuyến bằng cách xử lý các dao động điện áp và công suất	ứng nhanh với các dao động điện áp Không yêu cầu hệ thống truyền thông, vì các thiết bị này hoạt động độc lập (tự động) Các lợi ích bao gồm tăng cường khả năng tích hợp các nguồn NLTT phân tán (gió, mặt trời) trên cùng một xuất tuyến

2.3. Định nghĩa về Trí tuệ nhân tạo trong lĩnh vực điện năng

Đối với nhiều kỹ sư điện, “trí tuệ nhân tạo” có vẻ là một khái niệm xa vời, chỉ giới hạn trong những đoạn mã Python rời rạc và các kỹ thuật điều chỉnh tham số theo kinh nghiệm cho bộ điều khiển PID. Tuy nhiên, lịch sử cho thấy chúng ta nên thận trọng khi đánh giá quá sớm: động cơ hơi nước thời kỳ đầu cũng chỉ là một cỗ máy ồn ào gắn vào cối xay lúa trước khi mở đường cho cuộc cách mạng công nghiệp. Để có thể bàn luận một cách rõ ràng về vai trò của AI trong ngành điện, trước hết, chúng ta cần phải thoát khỏi vô số thuật toán hiện nay và xác lập lại một “kim chỉ nam” khái niệm - cụ thể, chúng ta cần phân biệt rõ giữa những lời quảng cáo tiếp thị với năng lực thực sự của các hệ thống AI, phân loại rõ ràng các loại bài toán phù hợp với từng nhóm kỹ thuật AI, và làm rõ ranh giới giữa các hệ thống AI "hẹp" hiện nay với viễn cảnh của AGI vẫn còn mang tính giả thuyết trong tương lai.

2.3.1. Bốn góc nhìn cổ điển về AI

Trong vài thập kỷ qua, lĩnh vực nghiên cứu và ứng dụng AI thường được diễn giải thông qua khung ma trận phân tích 2x2 của Russell & Norvig. Khung này phân loại hệ thống AI dựa trên hai trục: suy nghĩ với hành động, và theo cách như con người so với theo lý trí. Cách phân loại này giống như một lăng kính giúp ta nhìn nhận, đánh giá toàn cảnh bức tranh phát triển của AI và cũng vẫn rất hữu ích khi áp dụng cho các ứng dụng trong ngành điện. Các hệ thống AI hành động như con người thường cố gắng vượt qua bài kiểm tra Turing trong lĩnh vực lưới điện: liệu một hệ thống AI hỗ trợ vận hành, khi quan sát xu hướng dữ liệu SCADA lúc 2 giờ sáng có thể khiến một nhân viên vận hành tin rằng lời khuyên điều độ đến từ một đồng nghiệp nhiều kinh nghiệm chứ không phải từ một LLM hay không? Những hệ thống AI suy nghĩ như con người thường cố gắng mô phỏng cách suy luận của con người—lập luận nhân quả theo xác suất Bayes, mô phỏng trí óc—có thể rất hữu ích trong việc dự đoán sự ổn định của hệ thống điện dựa trên mô hình. Các hệ thống suy nghĩ theo lý trí thì tập trung vào suy luận logic một cách hợp lý (ví dụ, phân tích tình huống dự phòng theo phương pháp biểu tượng), trong khi các hệ thống hành động theo lý trí thường hướng tới hành động để đạt được mục tiêu trong điều kiện không chắc chắn—điển hình là các bộ điều khiển điện áp sử dụng học tăng cường. Mỗi hướng tiếp cận trong số này đều mang lại những hiểu biết sâu sắc và quan trọng, đồng thời cũng đặt ra các yêu cầu riêng biệt về khả năng giải thích, khối lượng dữ liệu và tài nguyên tính toán[6].

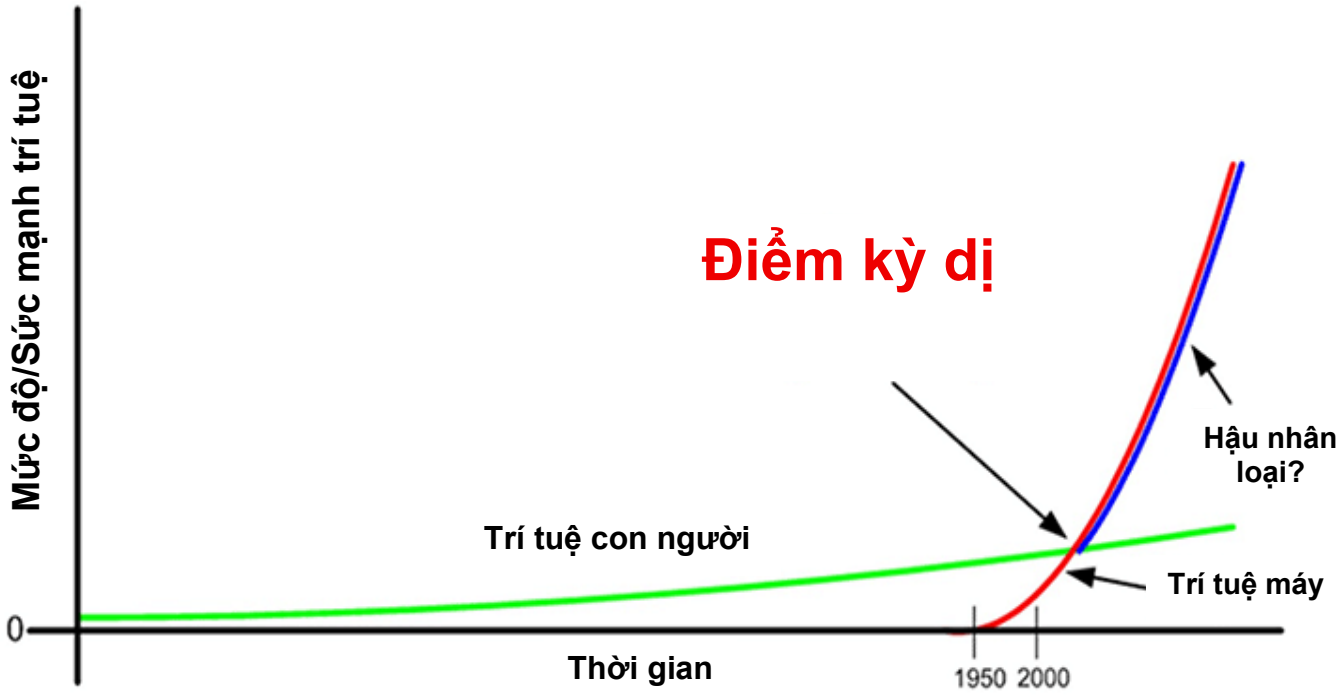
2.3.2. AI hẹp, AI tổng quát và giới hạn ứng dụng thực tế

Trong ngành điện hiện nay, hầu hết các ứng dụng AI đều thuộc loại **AI hẹp**—tức là các hệ thống được thiết kế chuyên biệt để thực hiện một nhiệm vụ cụ thể (ví dụ, phân loại lỗi cách điện trên ảnh chụp từ trên không hoặc dự báo cường độ bức xạ mặt trời trong 15 phút tới). Trong phạm vi nhiệm vụ cụ thể đó, các hệ thống này thường thực hiện nhiệm vụ nhanh và

[6] https://people.eecs.berkeley.edu/~russell/intro.html

ổn định hơn cả con người, nhưng sẽ trở nên vô dụng nếu điều kiện đầu vào thay đổi hoặc bài toán không còn đúng như thiết kế ban đầu. Ngược lại, **AGI** là một khái niệm mang tính lý thuyết, chỉ một hệ thống có khả năng thực hiện bất kỳ nhiệm vụ trí tuệ nào mang lại giá trị kinh tế với hiệu suất ngang hoặc vượt chuyên gia—ví dụ như giải bài toán trào lưu công suất tối ưu, tranh luận về các lựa chọn chính sách và soạn thảo các quy định về giá điện theo tiêu chuẩn ISO - tất cả chỉ trong một mô hình duy nhất[7]. **Siêu trí tuệ** bắt đầu khi AI đạt đến ngưỡng AGI, bởi vì sau đó AGI có thể tự học và phát triển mà không cần con người, thậm chí vượt xa trí tuệ của con người. Thời điểm mà AGI đạt đến trình độ đó thường được gọi là Điểm kỳ dị.

Khái niệm này được minh họa trong hình dưới đây.



Hình 3. Điểm kỳ dị (nguồn: https://beincrypto.com/singularity-ai-will-change-our-world/)

Việc xác định rõ ràng AI là gì đóng vai trò rất quan trọng, bởi vì kỳ vọng của con người sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến các quyết định đầu tư và mua sắm công nghệ. Nếu người lập kế hoạch hệ thống hiểu lầm rằng các ứng dụng AI hẹp hiện nay có thể "thần kỳ" như AGI thì có nguy cơ đầu tư quá nhiều vào những hệ thống “hộp đen” chưa được kiểm chứng. Ngược lại, nếu người quản lý quá lo sợ viễn cảnh AI thống trị thì có thể sẽ ngăn cản việc triển khai các mô hình AI hẹp vốn hoàn toàn có thể giúp giảm 5% tổn thất kỹ thuật trong hệ thống điện chỉ trong năm tài chính. Vì vậy, báo cáo này tập trung **trí tuệ trong khuôn khổ giới hạn** rõ ràng: mọi thuật toán được nêu ra chỉ hoạt động trong phạm vi dữ liệu cụ thể và có các giới hạn an toàn theo từng lĩnh vực cụ thể, và không có hệ thống nào tiến gần đến mức “tự học, tự cải tiến” như siêu trí tuệ. Tuy nhiên, cũng cần lưu ý rằng các kiến trúc hiện đại như

[7] https://www.ibm.com/think/topics/artificial-general-intelligence

Transformer hay mạng nơ-ron đồ thị có khả năng mở rộng rất nhanh khi tăng năng lực tính toán. Theo báo cáo *Năng lượng và AI (Energy and AI)* của IEA, nhu cầu năng lượng ngày càng tăng của các mô hình AI cho thấy rằng các công cụ AI hẹp có thể nhanh chóng phát triển thành hệ thống mạnh mẽ hơn nếu không được kiểm soát.

Chúng ta cũng nên nhớ rằng ChatGPT 3.5 chỉ mới được ra mắt vào ngày 30/11/2022, tức chưa đầy 3 năm trước. Đây là lần đầu tiên người dùng phổ thông được sử dụng miễn phí một mô hình ngôn ngữ lớn như vậy, và điều này được coi là bước ngoặt lớn mở ra kỷ nguyên AI. Chỉ trong khoảng thời gian ngắn ngủi đó, các nghiên cứu liên quan đến AI đã được triển khai với tốc độ ngày càng nhanh. Các hệ thống AI tiên tiến hiện đã thâm nhập vào nhiều lĩnh vực nghiên cứu khác nhau, đóng vai trò như một chất xúc tác giúp tăng năng suất làm việc một cách rõ rệt[8]. Ngoài ra, các nghiên cứu gần đây cho thấy các "nhân cách" số - tức là các tác nhân tự chủ được thiết kế để bắt chước hành vi con người trong môi trường ảo - có thể thiết lập mối quan hệ, phối hợp các nhiệm vụ phức tạp và phản ứng với các tình huống kích thích một cách rất chân thực[9]. Các nghiên cứu tiếp theo đã kiểm tra việc xây dựng các mô hình mô phỏng hành vi cá nhân hóa thông qua các cuộc phỏng vấn có cấu trúc kết hợp với các công cụ suy luận AI, kết quả đạt độ chính xác khoảng 85% khi dự đoán phản ứng của người tham gia[10]. Cùng lúc đó, các khung nghiên cứu hoàn toàn tự động—được xây dựng dựa trên các LLM hiện đại hoạt động theo cấu trúc đa tác nhân—đang dần được phát triển và tiếp tục hoàn thiện, cho phép tiến hành các nghiên cứu khoa học mở, tự định hướng mà không cần sự can thiệp của con người[11]. Dù các hệ thống này còn gặp nhiều thách thức[12], như công cụ AI có tên Sakana AI Scientist đã vượt qua quá trình phản biện của các chuyên gia tại một hội thảo chuyên đề trong khuôn khổ hội nghị AI quốc tế hàng đầu[13]. Không thể phủ nhận rằng các công cụ AI này giúp đẩy nhanh quá trình tạo ra tri thức, tuy nhiên các bằng chứng thực nghiệm cho thấy có một nghịch lý: các nhà nghiên cứu lại cảm thấy ít hài lòng hơn, dù số lượng bài báo công bố tăng lên—điều này cho thấy khó khăn trong việc tích hợp AI một cách hài hòa và hiệu quả vào quy trình làm việc hàng ngày trong nghiên cứu khoa học[14].

2.3.3. Các mô hình nền tảng và ứng dụng trong ngành điện

Việc tích hợp nhiều ngày càng nhiều nguồn NLTT biến đổi, nguồn DER, và dòng điện hai chiều đã khiến hệ thống điện hiện đại trở thành một hệ sinh thái cực kỳ phức tạp, tràn ngập dữ liệu. Mức độ phức tạp này đã vượt quá khả năng xử lý của các phương pháp tối ưu hóa

---

[8] Villalobos-Alva, J.; Ochoa-Toledo, L.; Villalobos-Alva, MJ; Alisida, A.; Pérez-Escamirosa, F.; Altamirano-Bustamante, N.F.; Ochoa-Fernández, F.; Zamora-Solís, R.; Villalobos-Alva, S.; Revilla-Monsalve, C.; và cộng sự. Khoa học Protein gặp gỡ Trí tuệ nhân tạo: Tổng quan hệ thống và phân tích tổng hợp sinh hóa một lĩnh vực liên ngành. *Tạp chí Front. Bioeng. Biotechnol.* 2022, *10*, 788300.
[9] Park, JS; O'Brien, J.; Cai, CJ; Morris, MR; Liang, P.; Bernstein, MS Các tác nhân tạo sinh: Mô phỏng tương tác hành vi con người. Trong Kỷ yếu Hội thảo chuyên đề thường niên lần thứ 36 của ACM về Phần mềm và Công nghệ Giao diện Người dùng, tổ chức tại San Francisco, CA, Mỹ, từ 29/10–1/11/2023; từ trang 1 đến 22.
[10] Park, JS; Zou, CQ; Shaw, A.; Hill, BM; Cai, C.; Morris, MR; Willer, R.; Liang, P.; Bernstein, MS Mô phỏng tác nhân tạo sinh của 1.000 người. *arXiv* 2024, arXiv:2411.10109.
[11] Lu, C.; Lu, C.; Lange, R.T.; Foerster, J.; Clune, J.; Ha, D. Nhà khoa học AI: Hướng tới việc khám phá khoa học mở hoàn toàn tự động. *arXiv* 2024, arXiv:2408.06292
[12] Beel, Joeran, Min-Yen Kan và Moritz Baumgart. Đánh giá Nhà khoa học AI của Sakana cho Nghiên cứu tự động: Liệu có phải là suy nghĩ hão huyền hay một thực tế đang hình thành hướng tới 'Trí tuệ Nghiên cứu Nhân tạo' (ARI)?." *arXiv preprint arXiv:2502.14297* (2025).
[13] Yamada, Yutaro và cộng sự "Nhà khoa học AI-v2: Khám phá khoa học tự động ở cấp độ hội thảo thông qua Tìm kiếm theo Cây của tác nhân. *arXiv preprint arXiv:2504.08066* (2025).
[14] Toner-Rodgers, A. Trí tuệ nhân tạo, khám phá khoa học và đổi mới sản phẩm. *arXiv* 2024, arXiv:2412.17866.

truyền thống hay những quy tắc điều hành theo kinh nghiệm[15]. Do đó, AI đang nổi lên như một giải pháp chủ chốt để hỗ trợ công tác lập kế hoạch chiến lược và vận hành lưới điện theo thời gian thực. Điều quan trọng là các mô hình AI chủ đạo hiện nay đều dựa trên những nền tảng toán học đã được kiểm chứng và phát triển qua nhiều thập kỷ như học máy, suy luận xác suất và Bayes, tối ưu hóa quy mô lớn, phối hợp đa tác tử, hệ thống chuyên gia dựa trên tri thức, và các kiến trúc kết hợp giữa mạng nơ-ron và logic biểu tượng. Từ sau 2018, sự phát triển mạnh mẽ của điện toán đám mây và các thiết bị số hóa tại biên đã giúp các mô hình AI trở nên chính xác hơn và dễ ứng dụng hơn vào thực tiễn.

Đối với các nhà hoạch định chính sách, có sáu mô hình AI nền tảng đóng vai trò như một bộ công cụ thiết thực để giải quyết các thách thức của ngành điện:

1. Học máy (học có giám sát, học không giám sát, học tăng cường)
2. Phương pháp xác suất và Bayes
3. Tối ưu hóa (siêu thuật toán tìm kiếm gần đúng đến các chương trình lồi)
4. Hệ thống đa tác tử
5. Hệ thống dựa trên tri thức và chuyên gia
6. Phương pháp tiếp cận kết hợp sức mạnh của mạng nơ-ron với logic biểu tượng hoặc đồ thị

Mỗi mô hình trên đều mang lại giá trị riêng trong việc thúc đẩy các mục tiêu như giảm phát thải carbon, đảm bảo độ tin cậy, nâng cao hiệu quả vận hành và khả năng chống chịu của hệ thống. Khi kết hợp lại, chúng tạo ra một nền tảng dữ liệu vững chắc cho quản lý, điều hành hệ thống điện theo hướng số hóa và dựa trên bằng chứng.

Ứng dụng học máy trong hệ thống điện

Học máy (ML) là tập hợp các thuật toán có khả năng tự động nhận diện các quy luật trong dữ liệu. Nhờ đó, nó có thể liên tục cập nhật và cải thiện kết quả mà không cần lập trình thủ công. Sự kết hợp giữa học có giám sát (dựa trên dữ liệu đã được gắn nhãn), học không giám sát (tự tìm kiếm nhóm dữ liệu chưa gắn nhãn) và học tăng cường (dựa trên phản hồi thưởng-phạt) tạo ra các hệ thống học máy linh hoạt - điều rất cần thiết trong môi trường lưới điện chịu ảnh hưởng bởi các yếu tố thời tiết bất định, nhu cầu điện thay đổi liên tục và cơ sở hạ tầng đã cũ. Từ các kỹ thuật hồi quy ban đầu thông qua các mạng nơ-ron nhiều lớp (perceptron) đến các mạng học sâu hiện đại, lĩnh vực học máy đã đạt đến mức độ trưởng thành về mặt khoa học và có khả năng xử lý khối lượng dữ liệu cảm biến khổng lồ lên đến hàng terabyte[16]. Một số ứng dụng chính bao gồm:

- Dự báo nhu cầu tiêu thụ và nguồn cung NLTT biến đổi
- Bảo trì dự đoán và đánh giá tình trạng tài sản
- Kiểm tra trực quan tự động
- Tối ưu hóa vận hành thông qua học tăng cường

[15] https://www.iea.org/commentaries/why-ai-and-energy-are-the-new-power-couple
[16] https://www.pacw.org/ai-in-electric-power-systems-protection-and-control

- Phân tích hành vi tiêu dùng và đảm bảo tính toàn vẹn, minh bạch của thị trường

Các ứng dụng học máy hiện đã xuất hiện trên toàn bộ chuỗi giá trị của ngành điện, từ dự báo sản lượng phát điện đến phân tích thị trường bán lẻ, cho thấy các ứng dụng AI không còn là những công nghệ của tương lai mà là công cụ đang được triển khai thực tế và ngày càng hoàn thiện, chính xác hơn. Đối với các cơ quan quản lý và hoạch định chính sách, một thông điệp chính sách rất rõ ràng là cần tích hợp các mô hình AI đã trưởng thành vào quy định vận hành lưới điện, kế hoạch đầu tư và các tiêu chuẩn đảm bảo độ tin cậy hệ thống.

Phương pháp xác suất và Bayes

Về bản chất, lưới điện là hệ thống ngẫu nhiên với nhiều yếu tố bất định (các nguồn NLTT biến đổi, sự cố bất ngờ của thiết bị và nhu cầu tiêu thụ điện thay đổi theo thời gian). Các phương pháp phân tích theo hướng xác suất và Bayes giúp xử lý tính bất định này bằng cách đưa ra phân phối xác suất của các tình huống, thay vì chỉ đưa ra một kết quả cố định. Ứng dụng thực tế của các phương pháp này bao gồm đánh giá độ tin cậy bằng mô phỏng Monte-Carlo truyền thống, mạng Bayes để suy luận mối liên hệ nguyên nhân - kết quả và tối ưu hóa theo phương pháp Bayes để ra quyết định trong điều kiện không chắc chắn. Về mặt vận hành, các nhà điều hành lưới điện chuyển từ câu hỏi "Sự kiện X có xảy ra không?" sang câu hỏi giàu thông tin hơn "Xác suất để sự kiện X xảy ra trong khoảng thời gian lập kế hoạch là bao nhiêu?" - đây là một sự thay đổi lớn về tư duy, giúp xây dựng các kế hoạch vận hành và phát triển lưới điện linh hoạt, bền vững hơn. Một số ứng dụng chính bao gồm:

- Dự báo xác suất
- Quy hoạch lưới điện dựa trên rủi ro và đảm bảo đủ công suất
- Quản lý vận hành thời gian thực và độ tin cậy của hệ thống
- Tối ưu hóa và tinh chỉnh mô hình AI dựa trên phương pháp Bayes

Các phương pháp xác suất và Bayes giúp cơ quan quản lý xác định các mục tiêu về khả năng đảm bảo cung ứng điện bằng cách thể hiện rõ xác suất bị thiếu điện, thay vì chỉ dùng các cách tính truyền thống như "giữ một tỷ lệ công suất dự phòng nhất định". Những quốc gia có tỷ trọng NLTT cao như Vương quốc Anh và Đức đã áp dụng các phương pháp dự báo và đánh giá đảm bảo cung cấp điện theo xác suất để có thể giảm dần các nhà máy điện hóa thạch mà vẫn duy trì độ tin cậy của hệ thống[17]. Đối với các hệ thống đang phát triển, phương pháp Bayes còn giúp kết hợp dữ liệu cục bộ còn hạn chế với kiến thức chuyên môn, từ đó dần dần cải thiện chất lượng quy hoạch khi khả năng thu thập dữ liệu được nâng cao. Dù việc xử lý tính toán phức tạp và nhu cầu đào tạo nhân lực vẫn là những thách thức lớn, nhưng chi phí tính toán đang ngày càng rẻ và sự tăng cường hợp tác giữa khối học thuật và khu vực doanh nghiệp đang giúp các phương pháp này trở nên dễ tiếp cận hơn.

[17] https://www.iea.org/articles/energy-transitions-require-innovation-in-power-system-planning

Tối ưu hóa

Tối ưu hóa là cách tiếp cận giúp giải quyết các bài toán phức tạp của ngành điện – từ việc phân bổ công suất kinh tế, nâng cấp mạng lưới, đến xác định vị trí lưu trữ điện – dưới dạng các bài toán toán học nhằm mục tiêu tìm ra phương án tốt nhất (chi phí thấp nhất, phát thải ít nhất hoặc tối đa hóa lợi ích xã hội, an ninh hệ thống) nhưng vẫn đảm bảo tuân thủ các ràng buộc vật lý và kỹ thuật. Có nhiều loại phương pháp tối ưu khác nhau, từ các công thức tuyến tính và số nguyên hỗn hợp, thông qua các biến thể phi tuyến và ngẫu nhiên, cho đến các thuật toán meta-heuristics (thông minh, bắt chước tự nhiên) như thuật toán di truyền và tối ưu hóa bầy đàn. Nhờ nhiều thập kỷ phát triển, các phần mềm giải bài toán tối ưu thương mại hiện nay đã cực kỳ mạnh mẽ. Và việc kết hợp với học máy đang tạo ra bước nhảy vọt về tốc độ và khả năng xử lý trên quy mô lớn. Các ứng dụng và trường hợp sử dụng chính bao gồm:

- Điều độ và huy động công suất tổ máy kinh tế
- Tối ưu hóa trào lưu công suất (OPF)
- Tối ưu hóa quy hoạch và đầu tư
- Tối ưu hóa điều khiển theo thời gian thực
- Tối ưu hóa đa mục tiêu và tối ưu hóa theo hướng kinh nghiệm (heuristic)

Tối ưu hóa là cầu nối trực tiếp nhất giữa AI và hiệu quả về chi phí. Nhờ đó, hệ thống điện có thể tận dụng tối đa tài sản hiện có, giải phóng nguồn vốn để tái đầu tư vào các công nghệ phát thải thấp. Công nghệ này cũng giúp giảm thiểu việc cắt giảm NLTT, điều độ tối ưu các hệ thống lưu trữ, và thực hiện điều độ, phân bổ công suất tối ưu nhưng vẫn đảm bảo an ninh hệ thống, từ đó đáp ứng đồng thời ba mục tiêu: giảm phát thải carbon, đảm bảo độ tin cậy và chi phí hợp lý. Một cuộc khảo sát gần đây chỉ ra rằng, trong bối cảnh các năng lượng phân tán ngày càng phổ biến, các kiến trúc tối ưu hóa phân tán và phân cấp là không thể thiếu[18]. Do đó, chính sách cần tập trung vào việc đưa các công cụ tối ưu hóa tiên tiến vào áp dụng rộng rãi, đặc biệt là ở những hệ thống còn vận hành theo cách thủ công hoặc mang tính cứng nhắc. Đồng thời, cần có các cơ chế khuyến khích, thưởng cho các công ty điện lực khi họ chứng minh được hiệu quả rõ rang từ việc tối ưu hóa trào lưu công suất.

Hệ thống đa tác tử (MAS) và Trí tuệ phân tán

Hệ thống đa tác tử là cách tiếp cận phân quyền, trong đó việc điều khiển lưới điện tập trung được chia nhỏ cho nhiều tác tử hoạt động độc lập nhưng vẫn liên kết và trao đổi thông tin với nhau. Mỗi tác tử đại diện cho một thiết bị điện, một lưới điện siêu nhỏ, một nhóm khách hàng tự sản tự tiêu hoặc thậm chí là một đơn vị tham gia thị trường điện. Lấy cảm hứng từ các hệ thống kinh tế và tự nhiên phi tập trung, các kiến trúc MAS có những ưu điểm vượt trội: khả năng mở rộng hiệu quả khi số lượng nguồn DER và phương tiện giao thông điện ngày càng tăng, tránh tình trạng một điểm điều khiển trung tâm gặp sự cố dẫn đến sụp đổ

[18] https://www.mdpi.com/1996-1073/18/7/1837

toàn hệ thống, và có thể dễ dàng tích hợp các mô hình sở hữu đa dạng và các cơ chế khuyến khích khác nhau. Một số ứng dụng chính bao gồm:

- Điều phối nguồn năng lượng phân tán
- Lưới điện siêu nhỏ và tự phục hồi
- Mô phỏng và phát triển các thị trường điện thông minh
- Điều khiển điện áp và tần số thông qua các tác tử phân tán

Việc áp dụng MAS và Trí tuệ phân tán mang lại những lợi ích rõ ràng cho lưới điện. Độ tin cậy của lưới điện được cải thiện nhờ cơ chế phản ứng sự cố phân tán: các bộ điều khiển cục bộ có thể phối hợp với nhau để ổn định điện áp hoặc tần số ngay khi xảy ra bất thường, mà không cần chờ đến sự can thiệp của trung tâm điều độ. Hiệu quả vận hành được nâng cao nhờ khả năng tối ưu hóa nhu cầu tiêu thụ điện ở cấp độ chi tiết. Đồng thời, MAS còn hỗ trợ quá trình giảm phát thải carbon bằng cách điều phối hiệu quả các hệ thống điện mặt trời mái nhà, xe điện và các hệ thống lưu trữ điện sau công tơ. Các dự án thí điểm thực tế, từ mô hình lưới điện siêu nhỏ ngang hàng tại châu Phi cho đến các mô hình cấp điện theo kiểu “bầy đàn” ở châu Á, cho thấy rằng việc điều khiển lưới điện bằng MAS là khả thi, kể cả trong điều kiện hạn chế nguồn lực, miễn là có các tiêu chuẩn kết nối tương thích và giao thức truyền thông an toàn.

Hệ thống dựa trên tri thức và chuyên gia

Từ trước khi các mạng nơ-ron hiện đại và yêu cầu dữ liệu lớn trở nên phổ biến, các kỹ sư điện lực đã mã hóa kiến thức, kinh nghiệm chuyên môn của mình thành các hệ thống dựa trên tri thức hoặc hệ thống chuyên gia. Các hệ thống này hoạt động dựa trên các quy tắc dạng “nếu - thì” (if-then) để đưa ra hướng dẫn vận hành có thể lặp lại. Cấu trúc của hệ thống này bao gồm một cơ sở tri thức chứa thông tin thực tế, bảng phân loại và các phương án xử lý tình huống cùng với bộ suy diễn có nhiệm vụ phân tích các quy tắc đó để đưa ra chẩn đoán hoặc khuyến nghị hành động. Những nguyên lý khoa học nền tảng, logic mệnh đề bậc nhất, cơ chế kích hoạt quy tắc và duy trì tính đúng đắn của thông tin đã được hiện thực hóa về mặt kỹ thuật từ những năm 1980. Điều này lý giải tại sao các công cụ hiện đại như bảng thông tin hỗ trợ ra quyết định và "biểu đồ tri thức" ngữ nghĩa của lưới điện vẫn tiếp tục phát triển dựa trên mô hình này. Các ứng dụng và trường hợp sử dụng chính bao gồm:

- Hướng dẫn chẩn đoán sự cố và khôi phục lưới điện
- Cấu hình thiết lập bảo vệ và điều khiển
- Quản lý bảo trì và tài sản
- Hệ thống đào tạo và tư vấn hỗ trợ cho nhân viên vận hành
- Xây dựng biểu đồ tri thức và tích hợp dữ liệu điện lực một cách có ý nghĩa

Có hai yếu tố giúp đảm bảo giá trị lâu dài cho hệ thống chuyên gia. Yếu tố thứ nhất là độ tin cậy, thông qua việc mã hóa kinh nghiệm vận hành lâu năm của cán bộ vận hành kỳ cựu, giúp bảo tồn các quy trình tốt nhất ngay cả khi nhân sự kỳ cựu nghỉ hưu hoặc khi các công ty điện lực ở các quốc gia đang phát triển muốn "nhập khẩu" chuyên môn dưới dạng phần mềm để nhanh chóng nâng cao năng lực ngành điện. Thứ hai là tính minh bạch, vì mọi

khuyến nghị được hệ thống đưa ra đều có thể truy vết đến từng quy tắc cụ thể. Điều này rất quan trọng đối với cơ quan quản lý khi cần giải trình các quyết định, chẳng hạn như lý do cắt điện luân phiên ở một khu vực nhất định. Tuy nhiên, các hệ thống chỉ dựa trên quy tắc lại gặp khó khăn khi phải xử lý các tình huống chưa từng xảy ra, và cần cập nhật thường xuyên khi cấu trúc lưới điện thay đổi. Vì vậy, ngành điện đang chuyển dần sang các mô hình "lai", kết hợp giữa phương pháp học máy với logic biểu tượng, vừa đảm bảo khả năng giải thích rõ ràng, vừa mở rộng phạm vi thích ứng của hệ thống. Dù vậy, việc ban hành khung chính sách khuyến khích việc thu thập và lưu trữ tri thức một cách có hệ thống ngay từ bây giờ (trước khi thế hệ kỹ sư giàu kinh nghiệm thời kỳ analog nghỉ hưu) sẽ mang lại lợi ích rất lớn trong việc đảm bảo an toàn vận hành, đào tạo nhân lực và duy trì kiến thức và kinh nghiệm của tổ chức.

Phương pháp tiếp cận kết hợp giữa giữa mạng nơ-ron với logic biểu tượng và mạng nơ-ron với đồ thị

AI nơ-ron - logic biểu tượng là sự kết hợp giữa các mạng nơ-ron có khả năng trích xuất, nhận dạng mẫu và khả năng suy luận theo quy tắc của logic biểu tượng, từ đó tích hợp khả năng khái quát hóa thống kê vào các ràng buộc miền được mã hóa. Mạng nơ-ron đồ thị (GNN) mở rộng sự kết hợp này bằng cách tích hợp toàn bộ cấu trúc tự nhiên của hệ thống điện gồm sơ đồ kết lưới, các nút, nhánh và dòng điện trực tiếp vào thuật toán, cho phép AI "suy nghĩ" bằng ngôn ngữ của định luật Kirchhoff thay vì chỉ học một cách “mù mờ” từ hình ảnh hay các dãy số. Các hệ thống kết hợp như vậy đang được ứng dụng để giải quyết những bài toán mà các công cụ AI chỉ dùng một mô hình đơn lẻ chưa làm được. Ví dụ trong bài toán phân tích tình huống sự cố theo thời gian thực: GNN có thể ngay lập tức phát hiện những căng thẳng về mặt cấu trúc lưới điện, trong khi một lớp suy luận logic biểu tượng được phủ chồng lên sẽ kiểm tra các giải pháp khắc phục mà AI đề xuất xem có vi phạm các quy tắc an toàn điện áp hay không, nhờ đó ngăn chặn tác nhân hộp đen đề xuất các phương án điều khiển không phù hợp. Tương tự như vậy, việc điều phối sạc xe điện quy mô lớn sẽ hiệu quả hơn khi một hệ thống học sâu nhận diện các mô hình nhu cầu sạc mới phát sinh, đồng thời bộ công cụ lập kế hoạch biểu tượng sẽ đảm bảo các giới hạn về dòng điện tối đa của các đường dây không bị vượt quá—nhờ đó đảm bảo tính linh hoạt không ảnh hưởng đến sự an toàn của hệ thống. Các ứng dụng và trường hợp sử dụng chính bao gồm:

- Mạng nơ-ron đồ thị để phân tích lưới điện
- Lý luận thần kinh - biểu tượng trong quản lý vận hành lưới điện
- Biểu đồ tri thức kết hợp học máy
- Công cụ lập kế hoạch nâng cao

Đối với các nhà quản lý còn e ngại các hệ thống AI *hộp đen*, công nghệ lai này lại là một giải pháp dung hòa giữa các thành phần mạng nơ-ron có thể tự động phát hiện các điểm bất thường và các lớp suy luận biểu tượng có thể giải thích lý do tại sao cảnh báo bất thường lại quan trọng ("điện áp thấp ở cụm nút X xảy ra đồng thời với quá tải trên tuyến-Y, dấu hiệu cho thấy đây là tình huống khẩn cấp loại Z"). Các chương trình như sáng kiến phát hiện sự kiện lưới điện của ARPA-E là minh chứng cho việc đầu tư công vào lĩnh vực này đang tăng mạnh. Các nghiên cứu ban đầu cũng cho thấy hoàn toàn có thể đánh giá rủi ro theo thời gian

thực với quy mô toàn lục địa[19]. Trong tương lai gần, các chính sách ngành điện sẽ cần tập trung vào việc xác minh kết quả đầu ra của GNN, yêu cầu bắt buộc về khả năng giải thích của AI trong phòng điều khiển, và đưa ra các hướng dẫn an ninh mạng nhằm bảo vệ cả phần mô-đun học tập và kho dữ liệu quy tắc đi kèm.

2.4. Sự kết hợp giữa AI và số hóa

Sự chuyển đổi nhanh chóng của ngành điện thành một hệ thống vật lý - ảo linh hoạt và phát thải carbon thấp, dựa trên sự kết hợp giữa quá trình số hóa và AI. Mặc dù hai lĩnh vực này thường được xem xét riêng rẽ, nhưng thực chất chúng bổ trợ lẫn nhau một cách chặt chẽ: số hóa tạo ra nền tảng dữ liệu phong phú thông qua các cảm biến, kết nối mạng và năng lực xử lý linh hoạt; còn AI khai thác nền tảng dữ liệu đó để đưa ra dự báo, tối ưu hóa và điều khiển tự động. Đối với các nhà hoạch định chính sách và lập quy hoạch hệ thống, việc hiểu rõ mối quan hệ tương hỗ và các giới hạn trong sự kết hợp này là điều thiết yếu để triển khai quá trình chuyển đổi năng lượng hiệu quả, an toàn và công bằng cho xã hội.

Số hóa, hiểu một cách rộng rãi là việc áp dụng các công nghệ số để thay đổi các quy trình vận hành doanh nghiệp và xã hội, tạo ra hạ tầng nền tảng cho phép thu thập, truyền tải, lưu trữ và xử lý khối lượng dữ liệu khổng lồ. Các ứng dụng AI, thông qua các phương pháp học thống kê, mô hình mạng nơ-ron sâu và tác nhân học tăng cường, sẽ chuyển đổi các tập dữ liệu này thành những dự báo chi tiết về nhu cầu phụ tải, cải thiện việc ước lượng trạng thái hệ thống và cảnh báo tình huống sự cố theo xác suất. Vòng phản hồi kết quả này giúp chuyển dữ liệu thô thành thông tin hữu ích có thể đưa vào hành động thực tiễn, từ đó nâng cao hiệu quả và độ tin cậy của hệ thống điện.

[19] https://arxiv.org/html/2405.07343v1

Mối liên kết giữa AI và số hóa vận hành như một cỗ máy phản hồi tích cực. Số hóa thu thập và cung cấp dữ liệu; dữ liệu tăng cường sức mạnh cho AI; và chính các kết quả từ AI lại thúc đẩy đầu tư nhiều hơn vào hạ tầng số. Một yếu tố quan trọng không kém là khả năng chống chịu trước các cuộc tấn công mạng. Khi kết nối trở nên phổ biến, nguy cơ bị tấn công mạng cũng tăng theo. Trong bối cảnh đó, AI đóng vai trò “người gác cổng”, các mô hình thống kê và đồ thị sẽ liên tục theo dõi luồng dữ liệu mạng để phát hiện sớm các dấu hiệu bất thường, xác định nguy cơ phần mềm độc hại hoặc nỗ lực xâm nhập với tốc độ nhanh hơn khả năng phản ứng của con người.

Mặc dù AI và số hóa mang lại nhiều tiềm năng đột phá, nhưng sự kết hợp này vẫn còn bị hạn chế bởi một số yếu tố, bao gồm chất lượng dữ liệu, năng lực tính toán và sự thiếu hụt về kỹ năng của đội ngũ nhân lực. Nếu dữ liệu quá ít hoặc có thiên lệch, thì ngay cả những thuật toán AI phức tạp nhất cũng sẽ cho kết quả sai. Do đó cần phải có cơ chế quản lý dữ liệu nghiêm ngặt và hiệu quả. Kiến trúc tính toán từ thiết bị biên đến đám mây phải được thiết kế đủ mạnh để xử lý khối lượng dữ liệu đo xa ở quy mô hàng petabyte mà vẫn đảm bảo các vòng điều khiển nhạy cảm với độ trễ không bị gián đoạn. Cuối cùng, đội ngũ nhân lực có khả năng thiết lập cấu hình, kiểm tra và nâng cấp liên tục các hệ thống AI cần được đào tạo bài bản thông qua các chương trình nâng cao kỹ năng chuyên sâu, có mục tiêu rõ ràng.

Để có thể khai thác tối đa tiềm năng của AI và số hóa trong ngành điện, chúng ta cần hiểu rõ và xử lý khéo léo một số điều kiện ràng buộc và thách thức nhất định. Các thách thức này có thể được chia thành 5 nhóm chính sau:

1. **Thiếu dữ liệu và dữ liệu bị nhiễu.** *Ở nhiều quốc gia đang phát triển, hạ tầng kỹ thuật số còn thiếu và yếu, thể hiện ở việc triển khai hệ thống đo đếm tiên tiến còn chậm và rời rạc, mạng kết nối thiết bị IoT không ổn định, và phủ sóng di động kém. Khi dữ liệu đo từ xa không đầy đủ hoặc bị lỗi, ngay cả các thuật toán tiên tiến, hiện đại nhất cũng chỉ có thể đưa ra dự đoán mang tính xác suất. Do đó, xây dựng hạ tầng số vững chắc, phủ rộng và toàn diện là điều kiện tiên quyết bắt buộc, không phải là lựa chọn thêm.*
2. **Thiếu khả năng kết nối, tương tác giữa các hệ thống.** *Các giao thức độc quyền và dữ liệu bị khóa bởi nhà cung cấp tạo ra "đảo dữ liệu”, khiến các ứng dụng AI khó kết nối và xử lý dữ liệu xuyên suốt giữa các nền tảng khác nhau. Chỉ khi có sự thống nhất về tiêu chuẩn kỹ thuật chung giữa các quốc gia mới có thể phá bỏ các "rào chắn dữ liệu" và tận dụng hiệu quả quy mô của công nghệ AI.*
3. **Bất bình đẳng số.** *Ở nhiều nơi, cáp quang và thiết bị hiện đại chủ yếu được triển khai tại các thành phố lớn, khiến lợi ích của AI tập trung vào các trung tâm đô thị giàu có, từ đó làm gia tăng khoảng cách kinh tế - xã hội giữa thành thị và nông thôn. Để quá trình chuyển đổi năng lượng số diễn ra công bằng và bền vững về mặt chính sách, cần triển khai đồng đều hạ tầng số và năng lực xử lý tại chỗ đến cả những khu vực ngoại thành, nông thôn.*
4. **Gia tăng nguy cơ tấn công mạng.** *Mỗi cảm biến, bộ biến tần hay API mới được kết nối vào hệ thống điện đều làm tăng nguy cơ bị tấn công mạng. Các hệ thống phát hiện*

xâm nhập dựa trên AI phải phát triển nhanh chóng, bắt kịp với các thủ đoạn tấn công mạng ngày càng tinh vi. Đồng thời, cơ quan quản lý cần siết chặt quy định bảo mật và khuyến khích cập nhật vá lỗi bảo mật thường xuyên.

5. **Khung quy định chưa theo kịp tốc độ phát triển.** *Các quy định pháp luật hiện hành thường không theo kịp với các thuật toán tự học và sự tham gia linh hoạt của các chủ thể thị trường. Cần xây dựng một cơ chế quản trị linh hoạt bao gồm các thử nghiệm có kiểm soát, chỉ tiêu đánh giá hiệu suất dựa trên kết quả và cấp phép linh hoạt nhằm bảo vệ quyền lợi người tiêu dùng và đảm bảo ổn định hệ thống điện, đồng thời không cản trở đổi mới sáng tạo.*

Để hiện thực hóa quá trình chuyển đổi số trong ngành điện, các cơ quan hoạch định chính sách cần tập trung vào các đòn bẩy chính sách chiến lược sau đây:

- **Đầu tư hạ tầng:** *Đẩy mạnh vốn đầu tư vào hạ tầng số mạnh mẽ, có băng thông cao để đảm bảo dòng dữ liệu ổn định, liên tục và có độ trễ thấp.*
- **Chuẩn hóa và khả năng tương tác:** *Thúc đẩy các tiêu chuẩn hài hòa cấp khu vực và quốc tế để xóa bỏ các "vùng chết" về khả năng kết nối, tương tác giữa các hệ thống.*
- **Nâng cao năng lực:** *Đào tạo kiến thức về AI và quản trị dữ liệu cho các đơn vị điện lực, cơ quan quản lý và nhà hoạch định chính sách thông qua các chương trình nâng cao năng lực toàn diện.*
- **Yêu cầu tăng cường an ninh mạng:** *Ban hành các quy định bắt buộc về an ninh mạng và hỗ trợ nghiên cứu, đổi mới sáng tạo các giải pháp bảo mật sử dụng AI nhằm bảo vệ hệ thống điện ngày càng số hóa khỏi các nguy cơ tấn công mạng.*
- **Linh hoạt trong quản lý:** *Thể chế hóa các cơ chế thử nghiệm có kiểm soát và điều chỉnh quy định theo từng giai đoạn để thử nghiệm và tối ưu các công cụ số mới trong môi trường kiểm soát rủi ro.*

Khi được tích hợp một cách đồng bộ, AI và số hóa có thể tạo ra những bước đột phá lớn trong việc nâng cao hiệu quả, độ tin cậy, tính bền vững và khả năng phục hồi của ngành điện. Mối liên hệ phụ thuộc lẫn nhau giữa hai yếu tố này chỉ ra một định hướng chính sách rõ ràng: cần đầu tư đồng thời vào cả hạ tầng số và năng lực AI. Việc giải quyết các điều kiện ràng buộc như khả năng thu thập dữ liệu, khả năng kết nối, tương tác hệ thống, bình đẳng số, an ninh mạng và quy định quản lý linh hoạt là rất quan trọng. Do đó, chỉ khi có khung chính sách chiến lược công nhận và hỗ trợ đúng mức mối quan hệ tương hỗ và phụ thuộc lẫn nhau này, chúng ta mới có thể hiện thực hóa một tương lai ngành điện bền vững, được hỗ trợ bởi số hóa và được tăng cường bởi AI.

CHƯƠNG 03

Bối cảnh toàn cầu và các xu hướng mới nổi

Chương 3: Bối cảnh toàn cầu và các xu hướng mới nổi

3.1. Giới thiệu

Quá trình số hóa hệ thống điện đã có bước tiến vượt bậc trong những năm gần đây nhờ chi phí cảm biến, điện toán và kết nối mạng giảm mạnh và nhanh chóng. Trong giai đoạn từ năm 2015 đến 2022, chi tiêu toàn cầu cho cơ sở hạ tầng điện kỹ thuật số đã tăng hơn 50%, hiện chiếm gần một phần năm tổng vốn đầu tư vào lưới điện. Trong đó, mạng lưới phân phối đã trở thành trọng tâm của làn sóng số hóa này—chiếm khoảng 75% tổng chi tiêu cho số hóa lưới điện—khi các công ty điện lực đẩy mạnh triển khai công tơ thông minh, thiết bị tự động hóa và hệ thống điều khiển tiên tiến trên quy mô lớn. Thực tế, tổng số công tơ thông minh được lắp đặt trên toàn cầu đã vượt mốc một tỷ thiết bị vào năm 2022—tăng gấp mười lần so với năm 2010—trong khi hàng tỷ cảm biến kết nối và điểm cuối IoT hiện cung cấp khả năng giám sát tình trạng lưới điện và mức tiêu thụ của người dùng cuối theo chu kỳ tính bằng giây. Lớp dữ liệu bao phủ toàn hệ thống này đóng vai trò như nền tảng cốt lõi, giúp ngành điện đạt được khả năng giám sát tình huống và điều hành hệ thống một cách toàn diện và chủ động hơn bao giờ hết[20].

Động lực thúc đẩy quá trình chuyển đổi số này gắn chặt với yêu cầu cấp thiết phải tích hợp năng lượng sạch nhằm hiện thực hóa quá trình chuyển dịch năng lượng. Sự gia tăng mạnh mẽ của các nguồn NLTT biến đổi—như điện mặt trời và điện gió trên bờ/ngoài khơi—đặt ra nhu cầu cấp bách về một hệ thống quản lý lưới điện linh hoạt và tinh vi hơn. Hiện nay, các nền tảng số tiên tiến cùng với các thuật toán AI có thể thực hiện dự báo xác suất và điều tiết cung cầu theo thời gian thực, giúp việc tích hợp NLTT diễn ra mượt mà mà vẫn đảm bảo độ tin cậy của hệ thống. Đồng thời, các công cụ này còn tối ưu hóa việc điều độ sản lượng điện, phân phối năng lượng trong mạng lưới, cũng như hiệu quả sử dụng ở phía người tiêu dùng, góp phần cắt giảm chi phí và lượng khí thải. Theo nhận định của IEA, công nghệ số trong hệ thống điện "mang lại tiềm năng to lớn trong việc dự báo và cân đối cung – cầu, từ đó giúp giảm chi phí, nâng cao hiệu quả và khả năng phục hồi của hệ thống, đồng thời cắt giảm phát thải"[21]. Chẳng hạn, các giải pháp phân tích dựa trên AI hiện có thể dự đoán sản lượng điện mặt trời và điện gió với độ chính xác cao hơn—cho phép lập lịch huy động và vận hành chặt chẽ hơn và giảm thiểu tổn thất do phải cắt giảm công suất[22]. Ở phía nhu cầu, các nền tảng dữ liệu lớn và mô hình học máy giúp phát hiện ra những cơ hội tiềm năng để điều chỉnh phụ tải và tiết kiệm năng lượng—từ hệ thống quản lý tòa nhà thông minh đến các giải pháp điều khiển linh hoạt trong quy trình công nghiệp[23].

[20] https://www.iea.org/energy-system/decarbonisation-enablers/digitalisation
[21] Ibid.
[22] https://www.energypolicy.columbia.edu/can-ai-transform-the-power-sector/
[23] https://iotworldmagazine.com/2024/10/10/2495/ai-in-the-energy-sector-emerging-market-trends-projects-and-forecasts-2024-and-2025-2030-in-uk-europe-asia-india-china-japan-and-brazil

Số hóa cũng đã trở thành một ưu tiên chiến lược tại nhiều quốc gia và khu vực pháp lý. Năm 2022, Liên minh Châu Âu đã chính thức ban hành Kế hoạch hành động "Số hóa hệ thống năng lượng"[24], nhằm thúc đẩy đầu tư vào kiến trúc lưới điện thông minh, tiêu chuẩn tương thích dữ liệu, khuôn khổ an ninh mạng và các dự án thí điểm đổi mới kỹ thuật số nhằm nâng cao hiệu quả hệ thống và tăng cường sự tham gia của người tiêu dùng. Tại Vương quốc Anh, cơ quan quản lý năng lượng Ofgem phối hợp cùng các đối tác trong ngành đã thành lập Nhóm công tác số hóa năng lượng (Energy Digitalisation Taskforce), với các khuyến nghị đưa ra năm 2022 đã thúc đẩy sáng kiến "xương sống số" (digital spine), một nền tảng hạ tầng số được thiết kế để cho phép trao đổi dữ liệu thời gian thực và phân tích nâng cao trên toàn bộ mạng lưới truyền tải và phân phối điện[25]. Bên kia bờ Đại Tây Dương, các công ty điện lực và đơn vị điều hành truyền tải khu vực tại Hoa Kỳ, dưới sự bảo trợ của Bộ Năng lượng, đang triển khai hàng loạt công cụ ứng dụng AI nhằm nâng cao khả năng phục hồi và tính linh hoạt trong vận hành lưới điện[26]. Đáng chú ý, Lệnh số 2222 của FERC (ban hành năm 2020) đã tháo gỡ các rào cản đối với việc tham gia của các tổ hợp tài nguyên năng lượng phân tán—hay còn gọi là các nhà máy điện ảo—vào các cơ chế thị trường điện bán buôn[27]. Tại Châu Á, Tập đoàn Lưới điện Nhà nước Trung Quốc ứng dụng các mô hình dự báo sử dụng AI để ước tính sản lượng NLTT dựa trên dữ liệu khí tượng, đồng thời điều chỉnh linh hoạt kế hoạch huy động nguồn trên hệ thống lưới điện trải dài 1,1 triệu km của mình. Các nhà phát triển NLTT hàng đầu tại Ấn Độ cũng đang tận dụng AI để tối ưu hóa hiệu suất vận hành của các trang trại điện mặt trời và điện gió[28]. Trong khi đó, các quốc gia thuộc Hội đồng Hợp tác vùng Vịnh (GCC), Nam Phi, Brazil và nhiều thị trường mới nổi khác đã bắt đầu triển khai lưới điện thông minh và ứng dụng AI như một phần trong các chương trình điện khí hóa và hiện đại hóa quy mô lớn[29]. Các nhà phân tích thị trường dự báo rằng chi tiêu toàn cầu cho các giải pháp quản lý năng lượng ứng dụng AI sẽ tăng từ khoảng 3,5 tỷ USD vào năm 2024 lên hơn 12 tỷ USD vào năm 2030, nhờ vào việc ứng dụng các giải pháp tích hợp NLTT vào lưới điện, dự báo NLTT và nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng trong ngành điện lực và công nghiệp[30]. Những khoản đầu tư này nằm trong định hướng của nhiều chiến lược khí hậu và năng lượng mang tính dài hạn—chẳng hạn như Thỏa thuận Xanh của Châu Âu và các chiến lược ứng dụng AI quốc gia—với mục tiêu thúc đẩy đổi mới số trong toàn bộ hệ sinh thái năng lượng.

Nhiều quốc gia đang phát triển ngày càng quan tâm đến số hóa và AI như một cơ hội để hiện đại hóa hệ thống điện lạc hậu, vốn không còn phù hợp với nhu cầu phát triển ngày nay. Trong khi đó, các nền kinh tế phát triển tiếp tục giữ vai trò dẫn dắt trong lĩnh vực này[31]. Tại các thị trường đang đối mặt với nhiều thách thức như tổn thất kỹ thuật cao, năng lực phân tích dữ liệu còn hạn chế và nhu cầu điện tăng nhanh, các công cụ ứng dụng AI đang mở ra hướng đi mới cho một hệ thống điện bền vững và linh hoạt hơn. Tuy vậy, khoảng cách giữa

[24] https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_22_6229
[25] https://www.gov.uk/government/publications/energy-system-digital-spine-feasibility-study
[26] https://www.governing.com/infrastructure/can-the-grid-keep-up-with-ai-and-data-demands
[27] https://www.ferc.gov/media/ferc-order-no-2222-fact-sheet
[28] https://iotworldmagazine.com/2024/10/10/2495/ai-in-the-energy-sector-emerging-market-trends-projects-and-forecasts-2024-and-2025-2030-in-uk-europe-asia-india-china-japan-and-brazil
[29] https://www.ifc.org/content/dam/ifc/doc/mgrt/emcompass-note-81-05-web.pdf
[30] https://iotworldmagazine.com/2024/10/10/2495/ai-in-the-energy-sector-emerging-market-trends-projects-and-forecasts-2024-and-2025-2030-in-uk-europe-asia-india-china-japan-and-brazil
[31] https://www.ifc.org/content/dam/ifc/doc/mgrt/emcompass-note-81-05-web.pdf

các quốc gia trong quá trình chuyển đổi số vẫn còn rất lớn. IEA cảnh báo rằng phần lớn các tiến bộ trong chuyển đổi số chủ yếu tập trung ở các quốc gia thu nhập cao. Để có thể khai thác trọn vẹn tiềm năng của số hóa, cần phải tăng cường đầu tư vốn và nâng cao năng lực cho các khu vực thu nhập thấp và trung bình. Bên cạnh đó, các chính sách và khung pháp lý liên quan cũng cần phát triển theo hướng toàn diện hơn để giải quyết các vấn đề về quyền riêng tư dữ liệu, an ninh mạng và khả năng tiếp cận công bằng với các giải pháp số[32]. Tuy nhiên, đây là một xu thế phát triển tất yếu và khó có thể đảo ngược: công nghệ số—đặc biệt là AI—đang dần trở thành một phần không thể thiếu trong công tác quy hoạch, vận hành và quản lý tài sản ngành điện trên toàn cầu. Một phân tích thậm chí còn cho thấy rằng, đến năm 2030, các ứng dụng dựa trên AI có thể giúp giảm 10 - 15% lượng khí thải của ngành điện toàn cầu nhờ vào các giải pháp nâng cao hiệu quả và tối ưu hóa có trọng điểm[33], qua đó củng cố vai trò then chốt của AI trong việc hiện thực hóa các mục tiêu của Thỏa thuận Paris.

Trong khi AI đang dần khẳng định vai trò là một công cụ quan trọng giúp tối ưu hóa vận hành lưới điện và tích hợp NLTT, những phân tích gần đây từ IEA cũng đồng thời chỉ ra một thách thức song hành: Chính các công nghệ AI đang nhanh chóng trở thành những nguồn tiêu thụ năng lượng đáng kể, với lượng điện tiêu thụ toàn cầu tại các trung tâm dữ liệu ứng dụng AI dự kiến sẽ tăng gấp bốn lần vào năm 2030[34]. Việc nhận thức đầy đủ vai trò kép của AI – vừa là công cụ tối ưu hóa, vừa là đối tượng tiêu thụ năng lượng – là yếu tố then chốt để xây dựng một chiến lược chuyển đổi năng lượng cân bằng và hiệu quả.

3.2. Sáng kiến của khu vực công và khung chính sách

Chính phủ và các cơ quan quản lý đóng vai trò chủ đạo trong quá trình chuyển đổi số của ngành điện, thông qua việc xây dựng khung chính sách, tài trợ cho hoạt động đổi mới sáng tạo và đảm bảo lợi ích xã hội. Dưới đây là một số ví dụ tiêu biểu thể hiện vai trò dẫn dắt của các chính phủ, tổ chức quốc tế và cơ quan quản lý.

3.2.1. Chiến lược và kế hoạch hành động của khu vực công

Kế hoạch hành động năm 2022 của EU về số hóa hệ thống năng lượng là một chính sách then chốt nhằm gắn kết quá trình số hóa với các mục tiêu năng lượng sạch của EU[35]. Kế hoạch này thiết lập các cơ chế truy cập dữ liệu mở, phát triển hạ tầng kết nối số vững chắc, điều phối đầu tư đồng bộ vào tài sản lưới điện thông minh, tăng cường vai trò của người tiêu dùng thông qua công cụ đo đếm thông minh và điều chỉnh nhu cầu tiêu thụ, đồng thời củng cố an ninh mạng và khả năng phục hồi kỹ thuật số cho hạ tầng năng lượng. Đặc biệt, kế hoạch đặt mục tiêu xây dựng một không gian dữ liệu năng lượng chung tại châu Âu, dựa trên các tiêu chuẩn tương tác, nhằm tạo điều kiện để cả doanh nghiệp truyền thống và các

[32] https://www.iea.org/energy-system/decarbonisation-enablers/digitalisation
[33] https://www.mdpi.com/1996-1073/17/24/6271
[34] https://www.iea.org/reports/energy-and-ai
[35] https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_22_6229

công ty khởi nghiệp cùng đổi mới sáng tạo trên một sân chơi bình đẳng. Song song đó, các quốc gia thành viên như Đức và Pháp cũng đã lồng ghép mục tiêu số hóa năng lượng vào chiến lược AI quốc gia và các chương trình phục hồi sau đại dịch[36].

Tại Vương quốc Anh, vai trò dẫn dắt của chính phủ—với sự hỗ trợ từ Nhóm công tác số hóa năng lượng do Ofgem thành lập—đã được cụ thể hóa trong Chiến lược AI quốc gia (2021)[37] và Kế hoạch Mười điểm nhằm thúc đẩy cuộc Cách mạng Công nghiệp Xanh[38]. Hai sáng kiến này cùng nhau đưa đổi mới sáng tạo trong lĩnh vực năng lượng ứng dụng AI trở thành một ưu tiên chiến lược. Một ví dụ cụ thể là khái niệm "xương sống số": một kiến trúc dữ liệu trung tâm được thiết kế để tiếp nhận hàng triệu điểm dữ liệu mới—từ trạm sạc xe điện, bộ biến tần năng lượng mặt trời cho đến các thiết bị điện thông minh trong nhà—và điều phối vận hành lưới điện theo thời gian thực nhờ phân tích dữ liệu bằng AI[39]. Sự chuyển đổi này phản ánh một tư duy quản lý mới, trong đó dữ liệu được xem như một loại hạ tầng thiết yếu.

3.2.2. Cải cách quy định cho lưới điện thông minh và các nguồn năng lượng phân tán

Các cơ quan quản lý trên toàn cầu đang điều chỉnh lại các quy tắc thị trường nhằm thích ứng với mô hình điều hành dựa trên trí tuệ phân tán. Tại Hoa Kỳ, Lệnh số 2222 của FERC (ban hành năm 2020) đã tháo gỡ các rào cản đối với các tổ hợp nguồn năng lượng phân tán—bao gồm điện mặt trời mái nhà, hệ thống pin lưu trữ, bộ điều nhiệt thông minh và xe điện—bằng cách cho phép các công ty dịch vụ điện năng (với vai trò tổng hợp các nguồn năng lượng phân tán thông qua một nhà máy điện ảo) được tham gia thị trường bán buôn với quyền lợi ngang bằng như các nhà phát điện truyền thống.[40]. Ở cấp tiểu bang, các chương trình thí điểm về cơ chế định giá dựa trên hiệu suất hiện đang khuyến khích các công ty điện lực đầu tư vào hiệu quả vận hành, độ tin cậy và đổi mới—thay vì chỉ được ưu đãi dựa trên chi phí đầu tư vốn—từ đó thúc đẩy việc ứng dụng phân tích dữ liệu và tự động hóa nhằm tối ưu hóa hiệu suất của lưới điện.

Trong khi đó, các quy định về xác định DLR đang dần được áp dụng rộng rãi. Tại Hoa Kỳ và châu Âu, các cơ quan quản lý đang xem xét yêu cầu triển khai DLR trên các tuyến truyền tải điện, nhằm khuyến khích các đơn vị vận hành tận dụng dữ liệu thời tiết và cảm biến thời gian thực—thường được phân tích bằng mô hình AI—để khai thác thêm tới 30% công suất truyền tải khi điều kiện cho phép[41].

3.2.3. Tài trợ công và các chương trình hỗ trợ

Các khoản đầu tư trực tiếp từ chính phủ đang đóng vai trò xúc tác cho hoạt động nghiên cứu, phát triển và triển khai các công nghệ lưới điện ứng dụng AI. Tại châu Âu, các khoản tài trợ từ chương trình Horizon Europe đang hỗ trợ thí điểm nhiều dự án lưới điện số, từ quản lý tắc nghẽn bằng AI tại Ý cho đến giao dịch điện năng ngang hàng sử dụng công nghệ

[36] https://www.iea.org/energy-system/decarbonisation-enablers/digitalisation
[37] https://www.gov.uk/government/publications/national-ai-strategy
[38] https://www.gov.uk/government/publications/the-ten-point-plan-for-a-green-industrial-revolution
[39] https://www.gov.uk/government/publications/energy-system-digital-spine-feasibility-study
[40] https://www.ferc.gov/media/ferc-order-no-2222-fact-sheet
[41] https://www.energypolicy.columbia.edu/can-ai-transform-the-power-sector

blockchain tại Tây Ban Nha. Tại Trung Quốc, sáng kiến "Internet vạn vật kết nối điện năng toàn diện" của Tập đoàn Lưới điện Nhà nước đã nhận được nhiều khoản trợ cấp lớn để xây dựng nền tảng dữ liệu lưới điện thông minh trên toàn quốc[42]. Chương trình nghiên cứu & phát triển của Nhật Bản cũng đầu tư mạnh vào các ứng dụng AI trong quản lý năng lượng thế hệ mới, hướng tới mục tiêu chuyển đổi hoàn toàn sang lưới điện số vào năm 2030[43].

Bộ Năng lượng Hoa Kỳ (DOE), thông qua Sáng kiến Hiện đại hóa Lưới điện và các chương trình của Cơ quan Dự án Nghiên cứu Tiên tiến – Năng lượng (ARPA-E), đã phân bổ ngân sách cho các dự án tăng cường độ tin cậy của lưới điện sử dụng AI, các mạng cảm biến tiên tiến và hệ thống điều khiển tự động[44,45]. Năm 2022, DOE đã khởi động Chương trình Đổi mới Kết nối lưới điện (i2X) nhằm áp dụng các phương pháp AI để tinh giản quy trình nghiên cứu kết nối lưới cho các nguồn NLTT[46]. Các dự án hợp tác—chẳng hạn như quan hệ đối tác giữa DOE, Google và PJM Interconnection—hiện đang ứng dụng học máy để tăng tốc phân tích kết nối phát điện và mô hình hóa mạng lưới[47].

Những khoản đầu tư công này không chỉ góp phần giảm thiểu rủi ro trong quá trình phát triển và triển khai các công nghệ mới nổi, mà còn thường tạo ra các công cụ mã nguồn mở và tập hợp các thực tiễn tốt nhất để phục vụ chung cho toàn ngành.

3.2.4. Hợp tác quốc tế và khu vực

Các tổ chức đa phương đóng vai trò thúc đẩy chia sẻ tri thức về số hóa vượt qua biên giới quốc gia. Các báo cáo về Bối cảnh đổi mới (Innovation Landscape) của IRENA cho thấy AI và phân tích dữ liệu lớn có thể góp phần tăng tốc tích hợp các nguồn NLTT biến đổi[48]. Trong khi đó, Chương trình chuyển đổi năng lượng sạch của IEA hợp tác với các nền kinh tế mới nổi để thử nghiệm lưới điện thông minh và các giải pháp số hóa phía nhu cầu[49]. Ở cấp khu vực, Kế hoạch hành động hợp tác năng lượng ASEAN (APAEC) giai đoạn 2016-2025 đã xác định rõ IoT, AI, dữ liệu lớn và điện toán đám mây là những nền tảng then chốt trong hiện đại hóa khâu phát điện, truyền tải và phân phối điện năng[50]. Theo APAEC, Hệ thống cơ sở dữ liệu năng lượng ASEAN (AEDS) là một nền tảng dữ liệu thống nhất trên nền web, hỗ trợ xây dựng chính sách và quyết định đầu tư dựa trên phân tích dữ liệu và AI[51]. Bên cạnh đó, các sáng kiến đào tạo và chương trình thí điểm do ASEAN, EU, Nhật Bản và WB phối hợp triển khai đang góp phần nâng cao năng lực triển khai và vận hành lưới điện thông minh trong khu vực Đông Nam Á.

3.2.5. An ninh mạng và tiêu chuẩn

[42] https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004873332100264X
[43] https://iotworldmagazine.com/2024/10/10/2495/ai-in-the-energy-sector-emerging-market-trends-projects-and-forecasts-2024-and-2025-2030-in-uk-europe-asia-india-china-japan-and-brazil
[44] https://energycommunities.gov/funding-opportunity/accelerating-interconnection-through-ai-ai4ax/
[45] https://www.nga.org/publications/advanced-grid-technologies-governor-leadership-to-spur-innovation-and-adoption/
[46] https://www.energy.gov/eere/i2x/interconnection-innovation-e-xchange
[47] https://blog.google/inside-google/infrastructure/electric-grid-ai
[48] https://www.irena.org/publications/2019/Sep/Artificial-Intelligence-and-Big-Data
[49] https://www.iea.org/programmes/clean-energy-transitions-programme
[50] https://asean.org/wp-content/uploads/2023/04/ASEAN-Plan-of-Action-for-Energy-Cooperation-APAEC-2016-2025-Phase-II-2021-2025.pdf
[51] https://aeds.aseanenergy.org/

Song song với việc khuyến khích đổi mới sáng tạo, các cơ quan quản lý đồng thời cũng phải giải quyết mối đe dọa ngày càng gia tăng từ các cuộc tấn công mạng. Kế hoạch hành động của EU yêu cầu triển khai các giao thức phòng thủ mạng nâng cao cho cơ sở hạ tầng năng lượng trọng yếu, đồng thời quy định các tiêu chuẩn bảo mật tối thiểu cho việc trao đổi dữ liệu[52]. Singapore và Hoa Kỳ đã gắn việc cấp vốn hiện đại hóa lưới điện với yêu cầu tuân thủ các tiêu chuẩn an ninh mạng nghiêm ngặt[53,54]. Các quy định bảo vệ quyền riêng tư dữ liệu—được thể hiện trong Quy định chung của Liên minh Châu Âu về Bảo vệ dữ liệu (GDPR) và các luật tương tự—kiểm soát việc thu thập và xử lý dữ liệu từ công tơ thông minh và dữ liệu người tiêu dùng, từ đó củng cố niềm tin của công chúng vào các dịch vụ số. Để tăng cường khả năng tương tác và tránh tình trạng bị phụ thuộc vào nhà cung cấp, các chính phủ và tổ chức xây dựng tiêu chuẩn (như IEC, IEEE, v.v.) đang thúc đẩy việc áp dụng các giao thức mở cho trao đổi thiết bị và dữ liệu. Ví dụ, Vương quốc Anh đã chuẩn hóa API dữ liệu của công tơ thông minh để chia sẻ với các bên thứ ba được ủy quyền[55] , trong khi Úc áp dụng các định dạng dữ liệu thống nhất cho việc tích hợp các nguồn năng lượng phân tán [56] . Đây là những ví dụ điển hình cho cách chính sách thúc đẩy sự tích hợp hiệu quả các thành phần đa dạng trong lưới điện.

Nhìn chung, các khuôn khổ chiến lược, cải cách thể chế, cơ chế tài trợ và nỗ lực chuẩn hóa này cùng nhau tạo nên một hệ sinh thái thuận lợi cho AI và các đổi mới kỹ thuật số phát triển — đồng thời đảm bảo gắn liền với các ưu tiên xã hội về phát triển bền vững, khả năng phục hồi và tiếp cận công bằng.

3.3. Đổi mới sáng tạo và kinh nghiệm thực tế của khu vực tư nhân

Từ các công ty điện lực truyền thống, đơn vị vận hành lưới điện đến các công ty khởi nghiệp linh hoạt và tập đoàn công nghệ nhanh nhẹn, khu vực tư nhân đã đóng vai trò nòng cốt trong việc chuyển đổi AI và số hóa thành các giải pháp vận hành thực tiễn trong ngành điện. Nhiều ứng dụng AI trong lĩnh vực này bắt nguồn từ các sáng kiến doanh nghiệp, thường được triển khai với sự hỗ trợ hoặc hợp tác từ khu vực công. Xu hướng này sẽ được minh họa thông qua bốn mô hình triển khai thực tế theo từng chủ đề dưới đây.

3.3.1. Phân tích dữ liệu ngành điện và triển khai lưới điện thông minh

Các công ty điện lực đang trở thành những đơn vị tiên phong trong việc ứng dụng phân tích dự đoán và giám sát thời gian thực nhằm ngăn ngừa sự cố thiết bị và nâng cao độ tin cậy

[52] https://solarquarter.com/2024/12/03/eu-action-plan-drives-digitalisation-in-energy-sector-with-new-strategic-initiatives
[53] https://dr.ntu.edu.sg/bitstream/10356/142915/2/Strengthening%20Cybersecurity%20in%20Singapore%20Challenges%20Responses%20and%20the%20Way%20Forward.pdf
[54] https://industrialcyber.co/utilities-energy-power-water-waste/new-us-cybersecurity-implementation-plan-for-energy-modernization-rolled-out/
[55] https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/591322/09022017_-_Smart_Meters__Data__Growth_DR_-_updated.pdf
[56] https://www.aemo.com.au/-/media/Files/Electricity/NEM/DER/2019/Technical-Integration/Technical-Integration-of-DER-Report.pdf

của dịch vụ. Tại Hoa Kỳ, Exelon đã hợp tác với các nhà cung cấp công nghệ để khai thác dữ liệu từ công tơ thông minh và cảm biến lưới điện nhằm phát hiện các dấu hiệu sớm của lỗi máy biến áp—thực hiện sửa chữa bảo dưỡng theo điều kiện thực tế, qua đó giảm đáng kể các sự cố mất điện ngoài kế hoạch[57]. Tại Singapore, bộ phận phân tích kỹ thuật số nội bộ của SP Group, phối hợp với các nhà nghiên cứu học thuật, đã phát triển "Bản sao kỹ thuật số lưới điện" (Grid Digital Twin) cho mạng lưới truyền tải và phân phối điện của quốc gia[58]. Mô hình ảo này sử dụng dữ liệu đo từ xa theo thời gian thực từ hàng nghìn tài sản để đánh giá tình trạng máy biến áp và lập kế hoạch sửa chữa bảo dưỡng tối ưu. Đến năm 2025, hệ thống dự kiến sẽ giám sát toàn bộ 18.000 máy biến áp phân phối do SP Group quản lý[59]. Một phân tích độc lập của McKinsey cho thấy các chương trình bảo trì dự đoán ứng dụng AI có thể tiết kiệm 10 - 25% chi phí vận hành, bảo trì và thay thế thiết bị[60]. Tương tự, công ty điện lực nhà nước UTE của Uruguay, phối hợp với các cơ quan chính phủ, đã thử nghiệm mô hình học máy để dự báo tình trạng hao mòn linh kiện trong các trang trại điện gió—giúp tăng hiệu suất tuabin và giảm thời gian ngừng hoạt động. Nhìn chung, những sáng kiến này cho thấy một mô hình tài chính khả thi, trong đó các khoản đầu tư ban đầu vào năng lực AI có thể được hoàn vốn thông qua việc nâng cao đáng kể độ tin cậy và giảm chi phí vận hành & bảo dưỡng[61].

3.3.2. Các công ty khởi nghiệp AI và công ty công nghệ trong lĩnh vực năng lượng

Một hệ sinh thái sôi động gồm các công ty công nghệ đang đưa các công cụ AI tiên tiến vào vận hành lưới điện và các chức năng thị trường. Công ty con DeepMind của Alphabet đã nâng giá trị kinh tế của các trang trại điện gió do Google vận hành lên 20% thông qua việc cải thiện dự báo sản lượng và tối ưu hóa lịch trình phân phối điện lên lưới[62]. Dựa trên thành công này, Google đã hợp tác với PJM Interconnection nhằm đẩy nhanh các nghiên cứu đấu nối nguồn phát điện và lập kế hoạch mạng lưới thông qua quy trình làm việc ứng dụng AI[63]. IBM, thông qua sáng kiến SunShot của Bộ Năng lượng Hoa Kỳ, đã triển khai các giải pháp dự báo điện mặt trời ứng dụng AI kết hợp (hybrid-AI), giúp nâng độ chính xác của dự báo lên khoảng 30%[64]. Trong số các công ty khởi nghiệp, AutoGrid, Stem và Next Kraftwerke là những đơn vị tiên phong phát triển nền tảng nhà máy điện ảo, tận dụng công nghệ học máy để tổng hợp các nguồn năng lượng phân tán — như pin lưu trữ, bộ sạc xe điện và bộ điều nhiệt lắp đặt tại cơ sở khách hàng — và điều phối chúng theo thời gian thực để cung cấp dịch vụ cho lưới điện. Đáng chú ý, nền tảng nhà máy điện ảo của Next Kraftwerke (Đức) điều phối hàng nghìn máy phát điện và tải nhỏ để tham gia đấu thầu các dịch vụ phụ trợ, cho thấy các nguồn năng lượng phân tán khi được tổng hợp lại sẽ có thể cung cấp dịch vụ điều tần một cách đáng tin cậy[65]. Thuật toán "Autobidder" của Tesla Energy tiếp tục cho thấy vai trò của khu vực tư nhân: hệ thống giao dịch và điều khiển ứng dụng AI này đã tối ưu hóa hiệu

[57] https://www.industryweek.com/technology-and-iiot/energy/article/22024617/exelon-teams-up-with-ge-for-big-data-to-benefit-utility-customers
[58] https://www.ema.gov.sg/news-events/news/media-releases/2023/leveraging-digital-solutions-to-future-proof-singapore-energy-grid
[59] Ibid.
[60] https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Sep/IRENA_AI_Big_Data_2019.pdf
[61] https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Sep/IRENA_AI_Big_Data_2019.pdf
[62] https://deepmind.google/discover/blog/machine-learning-can-boost-the-value-of-wind-energy
[63] Ibid.
[64] https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Sep/IRENA_AI_Big_Data_2019.pdf
[65] https://www.next-kraftwerke.com/

quả hoạt động của Khu dự trữ điện Hornsdale công suất 100 MW tại Úc, tạo ra doanh thu nhờ khả năng phản ứng nhanh với biến động tần số và tín hiệu giá[66]. Tesla sau đó đã mở rộng mô hình này sang các nhà máy điện ảo, minh chứng rằng các thuật toán AI do doanh nghiệp phát triển và sở hữu độc quyền có thể làm nền tảng cho các mô hình kinh doanh mới trên thị trường dịch vụ điều độ linh hoạt.

3.3.3. Tối ưu hóa dự án năng lượng tái tạo

Các nhà phát triển dự án điện mặt trời và điện gió quy mô lớn đang áp dụng AI vào mọi giai đoạn của vòng đời dự án. Tại Ấn Độ, ReNew Power sử dụng các thuật toán học máy để phân tích dự báo thời tiết có độ phân giải cao và điều chỉnh linh hoạt góc nghiêng của tấm quang năng hoặc góc cánh tuabin—qua đó nâng cao hệ số công suất và giảm sai số trong dự báo sản lượng điện[67]. Tại Nhật Bản, SoftBank Energy cũng triển khai các hệ thống điều khiển ứng dụng AI nhằm ổn định sản lượng từ các công viên năng lượng mặt trời, đáp ứng các yêu cầu cấp thiết về ổn định lưới điện của một nền kinh tế điện khí hóa sâu rộng[68]. Bên cạnh đó, các thuật toán điều phối tổ hợp tài sản đồng địa điểm như điện mặt trời, điện gió và hệ thống pin lưu trữ đang được thử nghiệm tại Úc và California. Các nền tảng này liên tục đánh giá tín hiệu giá điện theo thời gian thực và các chỉ số trạng thái sạc, từ đó quyết định thời điểm lưu trữ hay phát điện để tối ưu hóa doanh thu dự án và cung cấp công suất khả dụng ổn định cho lưới điện[69].

3.3.4. Ứng dụng tiêu dùng và mô hình kinh doanh mới

Các nhà đổi mới tư nhân đang biến các thiết bị tiêu thụ điện phía người tiêu dùng thành nguồn tài nguyên có thể điều độ cho lưới điện. Tại Vương quốc Anh, Octopus Energy đã triển khai một nền tảng bán lẻ ứng dụng AI dành cho khách hàng sử dụng công tơ thông minh: bằng cách phân tích xu hướng giá điện bán buôn và dự báo sản lượng điện tái tạo, hệ thống sẽ tự động lên lịch vận hành các thiết bị tiêu thụ điện trong gia đình—như bộ sạc xe điện và hệ thống sưởi—vào những thời điểm nguồn cung dồi dào, giúp khoảng 100.000 hộ gia đình sử dụng biểu giá điện linh hoạt theo thị trường (biểu giá "Agile") tiết kiệm chi phí và góp phần cân bằng lưới điện[70]. Tại Bắc Mỹ, các công ty dịch vụ điện năng như OhmConnect và Voltus sử dụng AI để dự đoán khả năng cắt giảm tiêu thụ điện của từng hộ gia đình và điều phối các sự kiện điều chỉnh phụ tải, qua đó kiếm lợi từ các "negawatt" (đơn vị điện tiết kiệm được) trên các thị trường công suất và dịch vụ phụ trợ[71]. Ngoài ra, hàng triệu bộ điều nhiệt thông minh—như Google Nest và Ecobee—hiện đang hoạt động kết hợp như một nhà máy điện ảo, với mạng lưới điều khiển HVAC dân dụng tạm thời cung cấp hơn 100 MW công suất làm mát trong đợt nắng nóng đỉnh điểm tại California vào năm 2022[72]. Các mô hình

[66] https://www.utilitydive.com/news/teslas-australian-virtual-power-plant-propped-up-grid-during-coal-outage/568812
[67] https://iotworldmagazine.com/2024/10/10/2495/ai-in-the-energy-sector-emerging-market-trends-projects-and-forecasts-2024-and-2025-2030-in-uk-europe-asia-india-china-japan-and-brazil
[68] Ibid.
[69] https://www.mdpi.com/1996-1073/17/17/4501
[70] https://iotworldmagazine.com/2024/10/10/2495/ai-in-the-energy-sector-emerging-market-trends-projects-and-forecasts-2024-and-2025-2030-in-uk-europe-asia-india-china-japan-and-brazil
[71] https://www.brattle.com/wp-content/uploads/2024/04/Californias-Virtual-Power-Potential-How-Five-Consumer-Technologies-Could-Improve-the-States-Energy-Affordability.pd
[72] https://x.com/teslaenergy/status/1849196315994931243

"negawatt kỹ thuật số" này[73] được tài trợ thông qua vốn đầu tư mạo hiểm và cơ chế phí dịch vụ, trong khuôn khổ pháp lý cho phép định giá linh hoạt và sự tham gia của các công ty dịch vụ điện năng bên thứ ba.

Trên các lĩnh vực như quản lý tài sản, tối ưu hóa lưới điện, thiết kế dự án NLTT và đổi mới phía nhu cầu, các doanh nghiệp tư nhân đã chứng minh rằng—khi có chính sách và khung pháp lý thuận lợi—các giải pháp ứng dụng AI có thể mở rộng nhanh chóng để giải quyết những thách thức phức tạp của ngành điện. Quan trọng hơn, những triển khai hiệu quả nhất thường kết hợp giữa năng lực công nghệ của khu vực tư nhân, đồng tài trợ từ khu vực công, và sự phối hợp chặt chẽ với các nhà vận hành lưới điện — qua đó đảm bảo rằng quá trình số hóa luôn gắn với các mục tiêu lớn hơn về độ tin cậy, khả năng chi trả, và giảm phát thải carbon.

3.4. Tập trung vào ASEAN

Trong bối cảnh ngành điện Đông Nam Á đang chuyển đổi mạnh mẽ, khu vực ASEAN đóng vai trò như một môi trường thử nghiệm điển hình cho việc tích hợp AI và công nghệ số. Với nhu cầu điện ở các quốc gia thành viên tăng ước tính khoảng 3 - 4% mỗi năm để phục vụ hơn 650 triệu dân, ASEAN ngày càng xem số hóa là một động lực thiết yếu thúc đẩy quá trình chuyển đổi năng lượng.

Theo APAEC giai đoạn 2016-2025, số hóa được công nhận là một yếu tố then chốt mang tính liên ngành, hỗ trợ việc tích hợp NLTT, quản lý nhu cầu điện và tăng cường khả năng phục hồi hệ thống. Như đã nêu trong Giai đoạn II của APAEC, xu hướng điện khí hóa và số hóa sẽ tạo ra những chuyển biến mang tính cách mạng thông qua lưới điện thông minh và nguồn điện phân tán. ASEAN cũng xác định rõ cơ hội đến từ cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ tư và IoT, cũng như việc tích hợp các công nghệ mới như AI và dữ liệu lớn vào hệ thống năng lượng.[74]. Để cụ thể hóa tầm nhìn này, Trung tâm Năng lượng ASEAN (ACE), phối hợp với Cơ quan Phát triển Quốc tế Hoa Kỳ (USAID) và Hội đồng Doanh nghiệp Hoa Kỳ-ASEAN, đã công bố báo cáo "Công nghệ số cho Năng lượng ASEAN" vào năm 2019. Báo cáo này lập bản đồ các thách thức ưu tiên của ngành điện—như tắc nghẽn lưới điện đô thị, cân bằng cung–cầu trên các đảo, tổn thất phi kỹ thuật gia tăng, và việc tích hợp năng lượng mặt trời gián đoạn tại Thái Lan và Việt Nam—đối chiếu với các giải pháp công nghệ số mục tiêu[75]. Các khuyến nghị bao gồm: sử dụng thuật toán lập kế hoạch truyền tải sử dụng AI cho Lưới điện ASEAN trong tương lai; và triển khai phân tích đo đếm tiên tiến tại các khu vực có tỷ lệ thất thoát điện cao. Sau khi được cấp bộ trưởng thông qua, báo cáo nhấn mạnh rằng những khuyến nghị này được kỳ vọng sẽ giúp ASEAN ứng phó hiệu quả hơn với những rủi ro và cơ hội do quá trình số hóa trong lĩnh vực năng lượng mang lại[76]. Các cơ quan ASEAN cũng đã tích hợp nội dung số hóa vào nhiều sáng kiến như Sáng kiến Lưới điện

[73] Một negawatt là đơn vị công suất thể hiện phần điện năng không cần tiêu thụ nhờ thực hiện các biện pháp tiết kiệm năng lượng.
[74] https://asean.org/wp-content/uploads/2023/04/ASEAN-Plan-of-Action-for-Energy-Cooperation-APAEC-2016-2025-Phase-II-2021-2025.pdf
[75] https://asean.org/wp-content/uploads/2023/04/ASEAN-Plan-of-Action-for-Energy-Cooperation-APAEC-2016-2025-Phase-II-2021-2025.pdf
[76] https://asean.org/wp-content/uploads/2021/08/AMEM37_JMS-Final.pdf

Thông minh ASEAN, nhằm thúc đẩy trao đổi kinh nghiệm giữa các quốc gia thành viên thông qua các chương trình thí điểm lưới điện thông minh[77].

Một thành tựu quan trọng là Hệ thống cơ sở dữ liệu năng lượng ASEAN (AEDS) do ACE vận hành và quản lý. AEDS liên tục tổng hợp dữ liệu hệ thống điện đã được chuẩn hóa và các loại dữ liệu năng lượng liên quan khác từ toàn bộ 10 quốc gia thành viên, từ đó cung cấp một tập dữ liệu toàn diện và tin cậy để phục vụ cho việc mô hình hóa và đánh giá chuẩn sử dụng AI[78]. Các chương trình hợp tác bổ trợ nhằm nâng cao năng lực—với IEA, IRENA, và Ngân hàng Phát triển Châu Á—đã mang lại nhiều hội thảo chuyên đề về bản sao kỹ thuật số lưới điện, lập kế hoạch sử dụng AI và vận hành hệ thống an toàn trước các mối đe dọa an ninh mạng[79]. Bên cạnh đó, Dự án Năng lượng và Biến đổi Khí hậu ASEAN (ACCEPT), hợp tác với Chính phủ Na Uy, tập trung nâng cao năng lực phân tích dữ liệu để bảo đảm sự phát triển ngành năng lượng phù hợp với các mục tiêu khí hậu của khu vực[80].

Tại cấp quốc gia, mỗi nước đang triển khai số hóa ở những giai đoạn khác nhau, thể hiện rõ mức độ áp dụng không đồng đều:

- **Chính phủ Việt Nam** đã phê duyệt Lộ trình phát triển Lưới điện Thông minh ở Việt Nam giai đoạn 2021–2030 do Bộ CT chủ trì thực hiện, trong đó nhấn mạnh việc nâng cấp lưới điện để tích hợp NLTT và triển khai rộng rãi công tơ thông minh. EVN đang triển khai thí điểm các loại công tơ thông minh tại các đô thị lớn, kết hợp với thử nghiệm tự động hóa phân phối. Ngoài ra, Tập đoàn này cũng phối hợp với Cơ quan Thương mại và Phát triển Hoa Kỳ (USTDA) để tổ chức các chuyến tham quan học tập tại Mỹ, nhằm trao đổi kinh nghiệm về lưới điện thông minh và an ninh mạng[81]. Nhu cầu đầu tư dự kiến khoảng 120 tỷ USD cho ngành năng lượng Việt Nam đến năm 2030 bao gồm các khoản phân bổ dự kiến cho quản lý lưới điện số hóa và an ninh mạng, cũng như kế hoạch xây dựng một trung tâm điều độ EMS/SCADA hiện đại, sẵn sàng tích hợp AI.

- **Singapore** đã thúc đẩy việc triển khai một chiến lược số hóa lưới điện toàn diện thông qua Cơ quan Điều tiết Quản lý Thị trường Năng lượng (EMA) và SP Group, triển khai "Bản sao kỹ thuật số lưới điện" đầu tiên trong khu vực cùng với dự án thí điểm Hệ thống quản lý tài nguyên năng lượng phân tán (DERMS)[82]. Các nền tảng này ứng dụng AI để cung cấp khả năng giám sát và điều khiển theo thời gian thực đối với các hệ thống điện mặt trời, hệ thống lưu trữ và xe điện, từ đó bảo đảm ổn định lưới điện ngay cả khi tỷ trọng NLTT ở mức cao. Tuần lễ Năng lượng Quốc tế Singapore thường niên tập trung vào các chủ đề về AI có trách nhiệm và tăng cường khả năng chống chịu của lưới điện, thể hiện cam kết chính sách mạnh mẽ của quốc gia này trong vai trò tiên phong phát triển lưới điện số.

[77] https://aseanenergy.org/publications/smart-grid-in-asean-overview-and-opportunities-to-support-the-asean-renewable-energy-aspirational-target/
[78] https://asean.org/wp-content/uploads/2021/08/AMEM37_JMS-Final.pdf
[79] https://asean.org/wp-content/uploads/2023/04/ASEAN-Plan-of-Action-for-Energy-Cooperation-APAEC-2016-2025-Phase-II-2021-2025.pdf
[80] https://accept.aseanenergy.org
[81] https://www.ustda.gov/ustda-supports-strengthening-securing-vietnams-power-sector
[82] https://www.ema.gov.sg/news-events/news/media-releases/2023/leveraging-digital-solutions-to-future-proof-singapore-energy-grid

- **Thái Lan** đã triển khai các dự án thí điểm lưới điện tự phục hồi tại Pattaya và Phuket, đồng thời đang mở rộng các mô hình tính chi phí sản xuất được tích hợp AI nhằm phục vụ công tác điều độ và quản lý hồ chứa trong các kịch bản có tỷ trọng NLTT cao[83]. Các Cơ chế thử nghiệm khung pháp lý (sandbox) dành cho giao dịch năng lượng ngang hàng — sử dụng hợp đồng thông minh dựa trên công nghệ blockchain và các thuật toán dự báo bằng AI — đang mở ra hướng đi mới cho đổi mới thị trường năng lượng ở cấp cộng đồng[84].

- **Malaysia** cho biết Tập đoàn Điện lực Quốc gia Malaysia Tenaga Nasional Berhad (TNB) đã lắp đặt hơn 1,8 triệu công tơ thông minh tính đến năm 2023 và đặt mục tiêu hoàn tất triển khai toàn quốc vào năm 2026. Hiện nay, TNB cũng đang đưa vào vận hành một hệ thống quản lý phân phối tiên tiến, được tích hợp AI chẩn đoán sự cố mất điện. Song song đó, các quy định mới về hiệu suất sử dụng năng lượng (PUE) của trung tâm dữ liệu đã tích hợp các giải pháp tối ưu hóa làm mát ứng dụng AI[85]; trong khi đó, liên minh chiến lược với Envision Digital đang tiên phong phát triển các giải pháp AI và số hóa phục vụ chuyển đổi năng lượng[86].

- Đối mặt với tình trạng lưới điện bị cô lập, **Indonesia** đã khởi động các chương trình thí điểm tự động hóa phân phối tại Java và thử nghiệm bộ điều khiển lưới điện siêu nhỏ (MG) tại khu vực phía Đông. Viện Nghiên cứu Kinh tế ASEAN và Đông Á (ERIA) sắp tới sẽ công bố lời mời nộp đề xuất giải pháp dự báo nhu cầu dựa trên AI nhằm hỗ trợ tinh chỉnh công tác quy hoạch phát điện trên toàn khu vực ASEAN. Mục tiêu là hướng tới một hệ thống Lưới điện ASEAN tương lai, trong đó AI đóng vai trò trung gian trong việc điều tiết dòng điện cho các hoạt động trao đổi điện xuyên biên giới[87].

Nhìn chung, lộ trình số hóa của ASEAN cho thấy các nền kinh tế hàng đầu đã gặt hái được những cải thiện rõ rệt về độ tin cậy và hiệu quả vận hành, trong khi các quốc gia còn lại đang được hưởng lợi từ các chương trình tăng cường năng lực phù hợp và các dự án thí điểm có sự hỗ trợ từ các nhà tài trợ. Các quan hệ đối tác quốc tế (USAID, GIZ, ADB) và hợp tác công – tư (như sách trắng iCooling giữa ACE và Huawei[88], hay Trung tâm Dữ liệu Năng lượng ASEAN) khẳng định tinh thần hợp tác khu vực nhằm tạo ra bước nhảy vọt về công nghệ. Đối với Việt Nam, việc tham gia tích cực vào các nền tảng của khu vực ASEAN, cũng như học hỏi mô hình "Bản sao kỹ thuật số lưới điện" của Singapore hay cách cơ chế sandbox của Thái Lan, sẽ đóng vai trò then chốt. Khi ASEAN từng bước xây dựng một hệ thống điện thông minh, được điều phối đồng bộ và phi tập trung, điều này càng củng cố niềm tin rằng AI và số hóa chính là chìa khóa dẫn dắt khu vực hướng đến một tương lai năng lượng bền vững, thông minh và linh hoạt hơn.

[83] https://en.imsilkroad.com/p/311090.html
[84] https://www.mdpi.com/1996-1073/15/3/1229
[85] https://aseanenergy.org/post/harnessing-artificial-intelligence-for-a-greener-data-center
[86] https://www.prnewswire.com/in/news-releases/envision-digital-forms-industry-first-partnership-with-malaysian-government-agency-to-accelerate-carbon-neutrality-goals-825117463.html
[87] https://www.eria.org/research/call-for-proposals--asean-power-grid-integrates-new-technologies--enhancing-flexibility-and-resilience-for-low-carbon-energy-transition
[88] https://aseanenergy.org/post/the-asean-centre-for-energy-and-huawei-release-a-white-paper-to-shape-the-future-of-data-center-sustainability/

CHƯƠNG 04

Các ứng dụng AI chính và một số nghiên cứu điển hình

Chương 4: Các ứng dụng AI chính và một số nghiên cứu điển hình

Ngày nay, nhiều nền kinh tế trên thế giới đã đưa AI và các nền tảng số từ chỗ chỉ là những thử nghiệm nhỏ lẻ trở thành các công cụ hỗ trợ không thể thiếu trong năm lĩnh vực quan trọng: tích hợp và quy hoạch NLTT; tối ưu hóa lưới điện và quản lý mạng lưới; quản lý nhu cầu điện, bao gồm cả nhà máy điện ảo; bảo trì dự đoán và quản lý tài sản, và lưu trữ năng lượng kết hợp với tích hợp xe điện. Trong mỗi lĩnh vực, các đột phá về thuật toán từ mô hình học máy truyền thống cho đến các hệ thống ngôn ngữ lớn hiện đại đang giúp cải thiện hiệu quả vận hành, nâng cao khả năng chống chịu của hệ thống điện và giảm chi phí. Phần tiếp theo sẽ tổng hợp các phương pháp luận, ví dụ triển khai thực tế và các bài học quan trọng dành cho các nhà hoạch định chính sách.

4.1. Tích hợp năng lượng tái tạo và quy hoạch lưới điện

Một trong những ứng dụng quan trọng nhất của AI trong hệ thống điện hiện đại là hỗ trợ tích hợp các nguồn NLTT biến đổi vào lưới điện một cách hiệu quả. AI có thể hỗ trợ ở mọi giai đoạn của vòng đời dự án - từ đánh giá tiềm năng nguồn lực và xin cấp phép cho tới dự báo vận hành và điều độ nguồn phát điện.

- **Quy hoạch nguồn lực thông minh.** Các thuật toán học máy hiện có khả năng xử lý lượng dữ liệu khổng lồ từ nhiều nguồn khác nhau như: dữ liệu khí tượng trong quá khứ, địa hình, năng lực truyền tải của lưới điện, và các hạn chế về quy hoạch đất đai, từ đó AI xác định được vị trí tối ưu và công suất phù hợp cho các dự án điện gió và điện mặt trời mới. Một nghiên cứu cho thấy công cụ lập quy hoạch dựa trên AI cho kết quả vượt trội hơn các phương pháp phân tích khả thi truyền thống, cả về hiệu quả

tính toán lẫn ước tính sản lượng điện hàng năm.[89]. Ví dụ, Tập đoàn Lưới điện Nhà nước Trung Quốc (SGCC) đang sử dụng phần mềm AI độc quyền để mô phỏng hàng nghìn kịch bản tích hợp các hệ thống NLTT mới ở cấp tỉnh, từ đó xác định danh mục dự án giúp giảm thiểu tối đa tình trạng cắt giảm công suất[90].

- **Đơn giản hóa quy trình, thủ tục pháp lý nhờ các mô hình ngôn ngữ lớn (LLM).** Nhận thấy các đánh giá về môi trường đang gây ra tình trạng ách tắc và làm chậm trễ triển khai các dự án, Bộ Năng lượng Hoa Kỳ đã thử nghiệm sử dụng trợ lý AI dựa trên LLM để phân tích các báo cáo tác động môi trường và hồ sơ xin phép trước đây, từ đó tạo ra bản dự thảo hồ sơ mới, giúp rút ngắn đáng kể thời gian xử lý thủ tục hành chính. Các thử nghiệm ban đầu cho thấy việc sử dụng các trợ lý AI dựa trên LLM này có thể giúp giảm đáng kể thời gian và chi phí xin giấy phép nhờ khả năng tự động hóa việc đánh giá và chuẩn bị hồ sơ[91].
- **Dự báo vận hành và lập lịch điều độ.** Sau khi nhà máy điện tái tạo được đưa vào vận hành, việc dự báo chính xác sản lượng điện trong ngắn hạn là yếu tố quan trọng để đảm bảo điều độ hệ thống ổn định. Các mô hình AI lai, kết hợp mạng nơ-ron với các mô hình thời tiết vật lý sử dụng nguồn cấp dữ liệu từ cảm biến trực tiếp, hình ảnh vệ tinh và dự báo tổ hợp để tăng độ chính xác dự báo điện gió và điện mặt trời thêm 20–30%[92]. Tại Đức, các đơn vị vận hành hệ thống truyền tải điện (TSO) thường xuyên sử dụng dự báo AI này trong tính toán dự trữ công suất ngày tới, giúp giảm chi phí nhờ hạn chế số lần can thiệp cân bằng phụ tải[93]. Tại Hoa Kỳ, chương trình SunShot do Bộ Năng lượng Hoa Kỳ tài trợ đã chứng minh việc ứng dụng AI có thể tăng độ chính xác dự báo điện mặt trời lên 30%, cho phép tăng tỷ trọng NLTT hơn mà không ảnh hưởng đến sự ổn định của lưới điện[94]. Các lợi ích này mang lại hiệu quả kinh tế rõ rệt: Hệ thống dự báo gió được điều chỉnh bằng AI học máy của DeepMind đã giúp tăng doanh thu từ các trang trại điện gió của Google thêm khoảng 20% nhờ tối ưu hóa chiến lược chào giá trên thị trường điện[95]. Tương tự như vậy, Hệ thống điện bang Texas (ERCOT) cũng đã ứng dụng dự báo điện gió bằng AI, giảm đáng kể sự phụ thuộc vào các nhà máy điện khí điều chỉnh tăng, giảm công suất nhanh[96].

- **Điều độ cắt giảm và lưu trữ điện năng phối hợp.** Các hệ thống AI tiên tiến có thể ra quyết định theo thời gian thực, chẳng hạn như cân nhắc lựa chọn giữa việc cắt giảm công suất điện gió hay tích điện vào các pin lưu trữ đặt cạnh nhà máy, bằng cách đánh giá hàng triệu điểm dữ liệu mỗi giây - điều mà con người không thể làm được. Tại Tây Ban Nha, nền tảng AI của công ty Acciona tổng hợp dữ liệu thời tiết, tín hiệu giá và lịch bảo dưỡng để tối ưu hóa điều độ cho toàn bộ danh mục dự án điện tái tạo, giúp tăng tổng sản lượng điện và giảm số lần phải bán điện với giá âm[97]. Ở phạm vi khu vực, các nước ASEAN đang hướng đến việc sử dụng AI trong dự báo cung - cầu điện nhằm phối hợp điều tiết dòng điện xuyên biên giới và giảm tối đa tình trạng cắt

[89] https://www.energypolicy.columbia.edu/can-ai-transform-the-power-sector
[90] https://iotworldmagazine.com/2024/10/10/2495/ai-in-the-energy-sector-emerging-market-trends-projects-and-forecasts-2024-and-2025-2030-in-uk-europe-asia-india-china-japan-and-brazil
[91] https://www.energypolicy.columbia.edu/can-ai-transform-the-power-sector
[92] https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Sep/IRENA_AI_Big_Data_2019.pdf
[93] https://www.enlit.world/digitalisation/how-elia-is-using-ai-to-optimise-its-operations/
[94] https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Sep/IRENA_AI_Big_Data_2019.pdf
[95] https://deepmind.google/discover/blog/machine-learning-can-boost-the-value-of-wind-energy
[96] https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3307772.3331024
[97] https://www.sevensquaretech.com/smart-energy-platforms-spain-acciona-energy/

giảm công suất điện tái tạo trong lưới điện chung ASEAN đang hình thành[98].

Kết quả và các kinh nghiệm thực tiễn tốt nhất

Việc ứng dụng AI vào hệ thống điện đã chứng minh hiệu quả rõ rệt trong việc duy trì vận hành lưới điện ổn định và tin cậy, ngay cả khi tỷ trọng điện tái tạo biến đổi tức thời chiếm tới 50–70% (đặc biệt là ở một số khu vực tại châu Âu và Úc). Ví dụ, đơn vị điều hành lưới truyền tải của Ireland cho biết chính nhờ các dự báo tiên tiến dựa trên AI và các chương trình điều khiển tự động đã giúp duy trì sự ổn định cho lưới điện ngay cả khi điện gió chiếm tới 75% tổng công suất nguồn phát lên lưới - một ngưỡng trước đây từng bị coi là không thể vượt qua. Hiện Ireland còn thậm chí đặt mục tiêu đạt 95% điện tái tạo vào năm 2030 [99]. Ngoài ra, việc ứng dụng AI trong việc xác định vị trí đặt nhà máy và dự báo sản lượng điện cũng giúp trì hoãn hoặc tránh phải đầu tư thêm vào hạ tầng truyền tải hoặc lưu trữ, nhờ khả năng đồng bộ giữa nơi phát điện và khả năng tiếp nhận của hệ thống mạng lưới hiện có. Để tối đa hóa lợi ích của AI, các quốc gia đi đầu đã áp dụng những thực tiễn sau:

1. **Minh bạch dữ liệu:** Tại Đan Mạch và Tây Ban Nha, các nền tảng công khai dữ liệu cho phép công bố thông tin thời tiết và dữ liệu vận hành lưới điện theo thời gian thực, từ đó thúc đẩy sự phát triển thị trường cạnh tranh cho các công ty dự báo năng lượng sử dụng AI[100].

2. **Dự báo gắn với cơ chế thị trường:** Việc quy định bắt buộc cung cấp dự báo NLTT trước một ngày—tốt nhất là dự báo bằng AI—và trao thưởng cho các dự báo chính xác sẽ khuyến khích các công ty liên tục cải tiến thuật toán và tăng cường chia sẻ dữ liệu với các đơn vị điều hành lưới điện[101].

3. **Triển khai tích hợp AI vào phòng điều khiển:** Tích hợp kết quả dự báo của AI vào các hệ thống SCADA và EMS đảm bảo rằng dự báo tốt hơn sẽ được chuyển hóa trực tiếp thành các quyết định vận hành thực tế[102].

Tóm lại, AI đã vượt qua giai đoạn nghiên cứu thử nghiệm để trở thành công cụ không thể thiếu trong hệ thống điện có tỷ trọng NLTT cao. Các thực tiễn quốc tế tiêu biểu đều cho thấy tầm quan trọng của việc công khai dữ liệu, tích hợp liền mạch AI vào vận hành thực tế, và thiết lập mối liên kết rõ ràng giữa độ chính xác của dự báo với tín hiệu thị trường điện.

4.2. Tối ưu hóa lưới điện và Quản lý mạng lưới

Các mạng lưới truyền tải và phân phối hiện đại trải dài hàng ngàn kilomet và bao gồm nhiều loại thiết bị khác nhau, khiến việc vận hành trở nên hết sức phức tạp, đòi hỏi phải đảm bảo cân bằng cung và cầu điện ở cấp độ tính bằng mili-giây. Tuy nhiên, sự xuất hiện của công nghệ số và AI đang làm thay đổi căn bản cách chúng ta giám sát, điều khiển và tối ưu hóa

[98] https://www.eria.org/research/call-for-proposals--asean-power-grid-integrates-new-technologies--enhancing-flexibility-and-resilience-for-low-carbon-energy-transition
[99] https://www.eirgrid.ie/about-us/our-strategy-2020-2025
[100] https://investindk.com/insights/free-data-initiative-companies-can-now-apply-ai-to-danish-meteorological-data
[101] https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jul/IRENA_Advanced_weather_forecasting_2020.pdf?la=en&hash=8384431B56569C0D8786C9A4FDD56864443D10AF
[102] https://helendarmi-hd.medium.com/scada-and-smart-energy-grid-control-automation-1f319a179be2

hệ thống truyền tải và phân phối, với ba mục tiêu chính: nâng cao độ tin cậy, tối đa hóa khả năng khai thác hạ tầng hiện có và tăng cường tính linh hoạt trong vận hành. Những đổi mới này là rất cần thiết để hệ thống điện có thể ứng phó hiệu quả với tính biến thiên lớn từ các nguồn NLTT quy mô lớn, cũng như đáp ứng nhu cầu điện ngày càng linh hoạt và không ổn định từ phía khách hàng, mà không làm ảnh hưởng đến tính ổn định và an toàn của hệ thống.

- **Giám sát diện rộng, điều khiển linh hoạt và tối ưu hóa trào lưu công suất (OPF).**

Trước đây, việc giám sát toàn bộ mạng lưới điện quy mô lớn chủ yếu dựa vào hệ thống SCADA và kinh nghiệm của người vận hành. Ngày nay, các công cụ tính toán dựa trên AI đã có thể giải quyết tối ưu hóa trào lưu công suất, vốn là một bài toán phi tuyến phức tạp, giúp xác định các điểm đặt của từng máy phát điện và các dòng công suất trong lưới để giảm thiểu tổn thất hoặc tắc nghẽn lưới điện nhưng vẫn tuân thủ các ràng buộc kỹ thuật hiện hành. Bằng cách huấn luyện các mạng nơ-ron dựa trên kho dữ liệu khổng lồ về trạng thái vận hành lịch sử của hệ thống điện, các nhà nghiên cứu tại RTE (Pháp) và NREL (Hoa Kỳ) đã chứng minh khả năng tìm ra lời giải OPF gần như tối ưu chỉ trong vài phần nghìn giây, cho phép cấu hình lại ngay lập tức vị trí tiếp điểm của máy biến áp và bộ thay đổi góc pha để giảm tắc nghẽn điện tại những khu vực có nhiều nguồn NLTT. Việc triển khai thí nghiệm tại Anh và Ý cho thấy hiệu quả rõ rệt: hiệu suất sử dụng hệ thống truyền tải tăng lên và giảm đáng kể việc phải cắt giảm công suất của các nhà máy điện gió[103].

Ngoài những tiến bộ về OPF, công nghệ đánh giá DLR thay thế các giới hạn tĩnh được đặt ở mức quá an toàn bằng các ước tính khả năng tải điện (ampacity) theo thời gian thực dựa trên dữ liệu từ các cảm biến độ võng của đường dây và thông tin thời tiết tại chỗ. Các mô hình AI xử lý luồng dữ liệu này để dự đoán mức tải an toàn của dây dẫn. Trong điều kiện thuận lợi (ví dụ: thời tiết mát mẻ, gió mạnh), công suất truyền tải có thể tăng thêm khoảng 30%[104],cho phép truyền nhiều điện gió hơn vào lưới. Các công ty điện lực tại Bỉ và bang Texas (Mỹ, công ty Oncor) đã triển khai DLR, giúp trì hoãn việc phải đầu tư xây dựng đường dây mới và đẩy nhanh quá trình tích hợp NLTT vào lưới điện[105].

- **Phát hiện sự cố, quản lý mất điện và lưới điện tự phục hồi.**

Việc xác định nhanh vị trí sự cố và khắc phục kịp thời là yếu tố then chốt để đảm bảo ổn định cho hệ thống điện. Các dàn thiết bị PMU tốc độ cao có thể lấy mẫu 30 lần mỗi giây, hiện cung cấp dữ liệu cho các thuật toán AI. Nhờ đó, AI có thể phát hiện nhiễu loạn và xác định vị trí sự cố trong vòng vài phút thay vì mất hàng giờ phân tích thủ công như trước đây. Sự hợp tác giữa Manitoba Hydro (Canada) với một nhà cung cấp AI đã giúp rút ngắn thời gian xác định vị trí sự cố một cách rõ rệt, từ đó tăng tốc độ điều động đội sửa chữa và giảm đáng kể thời gian mất điện[106]. Ở cấp độ lưới phân phối, các mô hình học máy phân tích dữ liệu sụt áp từ công tơ thông minh để xác định chính xác đoạn dây bị đứt, giúp đội sửa chữa đến thẳng vị trí sự cố.

Trên cơ sở đó, các kiến trúc "tự phục hồi" tự động đang dần xuất hiện: các hệ thống quản lý lưới phân phối thông minh có thể tách biệt khu vực bị sự cố và tự động chuyển hướng cấp điện chỉ trong vài giây, đảm bảo cung cấp liên tục cho các phụ tải quan trọng mà không

[103] https://www.energypolicy.columbia.edu/can-ai-transform-the-power-sector/
[104]Như trên.
[105] https://www.energy.gov/sites/prod/files/2016/12/f34/Oncor_DLR_Case_Study_05-20-14_FINAL.pdf
[106] https://www.ifc.org/content/dam/ifc/doc/mgrt/emcompass-note-81-05-web.pdf

cần sự can thiệp của nhân viên vận hành hệ thống. Trong cơn bão Idalia (2021), lưới điện được hỗ trợ AI tại bang Florida đã tự động chia tách các đường dây bị hỏng, duy trì cấp điện cho bệnh viện và trung tâm ứng cứu khẩn cấp, ngăn chặn hơn 17.000 trường hợp mất điện[107]. Tương tự như vậy, các tác nhân điều khiển điện áp - phối hợp vận hành các dàn tụ điện, bộ điều chỉnh điện áp và các điểm đặt của bộ biến tần – đã giúp một dự án thử nghiệm 1 MW tại Phần Lan đạt khả năng "cân bằng lưới gần như tức thời". Điều này minh họa rõ năng lực của AI trong việc giữ ổn định lưới điện khi công suất điện mặt trời và điện gió biến động nhanh.[108].

- **Phối hợp xuyên biên giới và giám sát quản lý ngành điện.**

Ở các khu vực lưới điện kết nối rộng lớn như lưới điện lục địa châu Âu hay mạng lưới điện ASEAN trong tương lai, AI hỗ trợ tối ưu hóa dòng điện xuyên biên giới giữa các quốc gia. Lộ trình phát triển năng lượng của ASEAN đã nêu rõ việc khuyến khích áp dụng phân tích dự báo để dự đoán nhu cầu điện, phát hiện sự cố và điều chỉnh vận hành thời gian thực nhằm đồng bộ hóa trao đổi điện xuyên biên giới[109]. Không chỉ dừng ở khâu vận hành, AI còn đang thay đổi cách giám sát quản lý ngành điện. Nền tảng "ARIS" của Cơ quan Hợp tác các Cơ quan Điều tiết Năng lượng châu Âu (ACER) xử lý hàng tỷ giao dịch trên thị trường điện, sử dụng thuật toán phát hiện bất thường để xác định khả năng thao túng thị trường và nâng cao tính minh bạch[110]. Điều này cho thấy một xu hướng rộng hơn: AI không chỉ hỗ trợ nâng cao hiệu quả vận hành lưới điện mà còn trao thêm công cụ cho các cơ quan quản lý để duy trì thị trường điện công bằng, đáng tin cậy trong bối cảnh hệ thống ngày càng phức tạp.

Kết quả chính và các kinh nghiệm thực tiễn tốt nhất

Các công ty điện lực đang triển khai các giải pháp OPF, DLR và xác định vị trí sự cố dựa trên AI thường xuyên ghi nhận một số lợi ích rõ rệt như giảm tổn thất kỹ thuật trên lưới điện, nâng cao hệ số tải của các đường dây hiện có và rút ngắn thời gian khôi phục sau sự cố mất điện. Ví dụ, quá trình triển khai các giải pháp sử dụng AI của Tập đoàn Enel đã giúp tăng độ tin cậy, khả năng linh hoạt và khả năng chống chịu của lưới điện. Điều quan trọng là các đổi mới số này giúp khai thác "công suất ảo", giúp trì hoãn các dự án mở rộng lưới điện với chi phí đầu tư lớn. Đây là lợi ích đặc biệt giá trị ở các thị trường hạn chế về vốn đầu tư. Để đạt được những lợi ích này, cần thực hiện theo một số thông lệ tốt nhất như sau:

1. **Triển khai tích hợp:** Tích hợp các kết quả đầu ra của hệ thống AI vào quy trình vận hành hiện có như hệ thống SCADA hoặc EMS, giúp nhân viên vận hành tin tưởng và có thể ra quyết định nhanh chóng.
2. **Hợp tác giữa con người và máy:** Duy trì sự giám sát của con người đối với các quyết định tự động của AI, qua đó vừa bảo tồn kiến thức vận hành tích lũy, vừa tạo dựng niềm tin vào khuyến nghị của AI.
3. **Đảm bảo chất lượng dữ liệu:** Đầu tư vào việc hiệu chuẩn cảm biến, đồng bộ thời gian và xây dựng các quy trình quản trị dữ liệu nhằm đảm bảo thuật toán hoạt động chính xác và ổn định.

[107] https://eepower.com/tech-insights/self-healing-grids-and-the-future-of-power-distribution
[108] https://www.powermag.com/ai-optimized-grid-balancing-pilot-launched-in-finland/
[109] https://www.eria.org/research/call-for-proposals--asean-power-grid-integrates-new-technologies--enhancing-flexibility-and-resilience-for-low-carbon-energy-transition
[110] https://www.emissions-euets.com/internal-electricity-market-glossary/655-aris

Khi những việc này được thực hiện trong một chiến lược tổng thể – kết nối các công cụ AI với mục tiêu vận hành và khung pháp lý – thì việc tối ưu hóa lưới điện bằng công nghệ số sẽ trở thành nền tảng cốt lõi để xây dựng một hệ thống điện bền vững, hiệu quả và thân thiện với NLTT.

4.3. Điều chỉnh phụ tải và Nhà máy điện ảo (VPP)

AI và số hóa đang mở ra những khả năng linh hoạt mới ở phía nhu cầu tiêu thụ điện – điều bắt buộc để cân bằng lưới điện khi tỷ lệ NLTT biến đổi cao. Có hai mô hình chính, liên kết chặt chẽ với nhau: Điều chỉnh phụ tải (DR), trong đó khách hàng tiêu thụ điều chỉnh mức tiêu thụ điện dựa trên các tín hiệu bên ngoài; và Nhà máy điện ảo (VPP), tập hợp các nguồn DER điều phối hoạt động cùng nhau như một nhà máy điện thống nhất. Trong cả hai trường hợp, nền tảng AI sẽ dự báo nhu cầu phụ tải, tự động điều khiển thiết bị và tối ưu hóa việc điều độ, huy động tổng thể các nguồn năng lượng này.

1. Điều chỉnh phụ tải sử dụng AI

Các chương trình DR truyền thống thường dựa vào việc cắt giảm thủ công từ các khách hàng công nghiệp hoặc điều khiển thiết bị/phụ tải trực tiếp như điều hòa không khí. Ngày nay, cách triển khai hiện đại tinh vi hơn và dựa nhiều vào dữ liệu: các mô hình học máy sẽ thu thập dự báo thời tiết, biểu đồ phụ tải lịch sử và thậm chí cả các dữ liệu xã hội (ví dụ: sự kiện công cộng) để dự đoán thời điểm và quy mô của các sự kiện phụ tải đỉnh Các đơn vị tổng hợp phụ tải sẽ chuyển các dự báo này thành tín hiệu điều khiển — có thể là tín hiệu giá hoặc lệnh điều khiển trực tiếp — đến bộ điều nhiệt thông minh, hệ thống quản lý tòa nhà và bộ sạc xe điện, từ đó các thiết bị sẽ tự điều chỉnh điểm đặt một cách linh hoạt để giảm tải đúng mức cần thiết mà hầu như không gây bất tiện cho người dùng.

Một ví dụ tiêu biểu là Dự án OptiWatt tại Singapore, trong đó một ứng dụng di động sẽ gửi thông báo khuyến khích các hộ gia đình hoãn sử dụng điện vào thời điểm cao điểm; khoảng 50% số hộ tham gia đã hưởng ứng thực hiện, giúp giảm rõ rệt mức tiêu thụ vào giờ cao điểm.[111]. Ở quy mô quốc gia, Tập đoàn National Grid ESO (Anh) đã triển khai dịch vụ DR linh hoạt có sự hỗ trợ của AI đầu tiên trên thế giới vào năm 2022. Đây là chương trình DR lớn nhất từ trước tới nay được triển khai tại Anh, với sự tham gia của 1,6 triệu hộ gia đình và doanh nghiệp. *Kết quả: "Tổng cộng, người tham gia đã giảm được 3.300 MWh điện tại các thời điểm then chốt – tương đương lượng điện mà 9,9 triệu hộ gia đình sẽ sử dụng trong một giờ cao điểm".*[112]

2. Nhà máy điện ảo

Các nhà máy điện ảo là một bước phát triển nâng cao của giải pháp DR. Không chỉ dừng lại ở việc điều chỉnh linh hoạt nhu cầu sử dụng điện, VPP còn kết hợp cả các nguồn năng lượng phân tán như pin lưu trữ năng lượng, hệ thống điện mặt trời mái nhà và máy phát điện dự phòng, tạo thành một hệ thống tổng thể có thể điều khiển được. AI đảm nhận vai trò quan trọng, dự đoán trước khả năng cung ứng điện (ví dụ: tình trạng dung lượng của 10.000 pin

[111] https://www.straitstimes.com/singapore/around-500-households-reduced-energy-usage-in-september-when-prompted-under-ema-pilot
[112] https://smarter.energynetworks.org/media/dvrblqk2/national-grid-eso-annual-nia-summary-202324.pdf

gia đình và 500 bộ sạc xe điện) và dự báo nhu cầu của hệ thống (chẳng hạn như khi sắp xảy ra đỉnh phụ tải hoặc biến động giá điện), sau đó đưa ra lệnh chính xác cho từng nguồn điện hoặc thiết bị để cung cấp thêm điện hoặc giảm tiêu thụ[113].

Dự án Nhà máy điện ảo của Tesla tại Nam Úc là ví dụ điển hình cho mô hình này. Ban đầu, họ kết nối một phần nhỏ trong số 50.000 hộ gia đình có lắp pin lưu trữ Powerwall. Khi một nhà máy nhiệt điện than gặp sự cố và dừng đột ngột, hệ thống đã tự động xả hàng trăm pin chỉ trong vài giây, giúp ngăn chặn sự sụt giảm tần số điện lưới. Cơ quan Điều hành Thị trường Năng lượng Úc (AEMO) đã ghi nhận đóng góp mang tính quyết định của VPP trong việc khôi phục ổn định hệ thống điện.[114]. Tại California và Vermont, các VPP của Tesla cũng tận dụng pin tại hộ gia đình để cung cấp điện dự phòng khi khẩn cấp – ví dụ như hệ thống đã cung cấp hơn 20 MW điện trong đợt nắng nóng năm 2022[115], và đến năm 2023, tổng công suất tích hợp từ các hộ gia đình đã vượt 125 MW[116]. Những kết quả thực tế này đã thúc đẩy các cơ quan quản lý xây dựng và ban hành cơ chế chính thức về mua điện và chi trả cho các nhà máy điện ảo.

3. Lợi ích và Chính sách hỗ trợ

Các nền tảng AI hỗ trợ quản lý nhu cầu điện mang lại lợi ích cho tất cả các bên liên quan. Người tiêu dùng được hưởng lợi về tài chính, ví dụ: giảm giá điện khi chuyển thời gian sử dụng sang giờ thấp điểm, hoặc nhận tiền trực tiếp khi tham gia chương trình. Ngoài ra, nhờ hệ thống pin dự phòng, họ còn được đảm bảo cấp điện ổn định hơn. Các đơn vị dịch vụ năng lượng (Aggregator) có thể bán khả năng linh hoạt này trên thị trường công suất, sau đó chia lợi nhuận cho người tham gia. Như Nhóm nghiên cứu Brattle nhận định: “VPP có thể đóng góp đáng kể để giữ cho hệ thống điện luôn hoạt động, đồng thời đưa tiền trực tiếp vào túi của các hộ gia đình tham gia”[117]. Các đơn vị vận hành lưới điện có thêm một nguồn cung cấp điện đáng tin cậy, có thể điều khiển được khi cần, giúp trì hoãn việc phải đầu tư mới vào lưới điện và nhà máy phát điện (mỗi MW giảm phụ tải đỉnh tương đương với việc không cần xây thêm 1 MW công suất phát mới). Ngoài ra, nguồn này còn giúp lưới điện hoạt động ổn định hơn trong các tình huống khẩn cấp.

Những đổi mới này dựa trên các yếu tố nền tảng như: mạng lưới công tơ thông minh gần như phủ khắp (đến năm 2022, toàn cầu đã lắp hơn 1 tỷ công tơ)[118]; mô hình giá điện linh hoạt hoặc theo biểu giá theo thời gian sử dụng[119]; các tiêu chuẩn kết nối tương tác như OpenADR; và các mã kết nối (ví dụ: Quy tắc 21 của bang California) cùng với các cải cách thị trường như Lệnh 2222 của FERC[120]. Các cơ chế thử nghiệm chính sách có kiểm soát - ví dụ như các chương trình ở Singapore và Vương quốc Anh - tiếp tục đẩy nhanh việc thử nghiệm các mô hình mới bằng cách cho phép tạm thời miễn trừ một số quy định trong thời gian thử nghiệm[121].

Kết quả chính và kinh nghiệm thực tiễn tốt nhất

[113] https://www.energypolicy.columbia.edu/can-ai-transform-the-power-sector/
[114] https://www.utilitydive.com/news/teslas-australian-virtual-power-plant-propped-up-grid-during-coal-outage/568812
[115] https://www.teslarati.com/tesla-california-vpp-virtual-power-plant-california-heat-wave
[116] https://x.com/teslaenergy/status/1849196315994931243
[117] https://www.brattle.com/wp-content/uploads/2024/04/Californias-Virtual-Power-Potential-How-Five-Consumer-Technologies-Could-Improve-the-States-Energy-Affordability.pdf
[118] https://www.iea.org/energy-system/decarbonisation-enablers/digitalisation
[119] https://plexigrid.com/singapore-is-unlocking-demand-response-for-big-energy-users
[120] https://www.ferc.gov/media/ferc-order-no-2222-fact-sheet
[121] https://plexigrid.com/singapore-is-unlocking-demand-response-for-big-energy-users

Kinh nghiệm thực tiễn trong ngành cho thấy, các giải pháp DR và Nhà máy điện ảo được vận hành nhờ AI đã góp phần rõ rệt trong việc nâng cao tính linh hoạt và hiệu quả kinh tế của lưới điện. Một số kết quả cụ thể đã được ghi nhận bao gồm: giảm phụ tải vào giờ cao điểm lên đến hàng trăm megawatt, tránh được việc đầu tư xây mới các nhà máy phát điện phủ đỉnh và nâng cấp lưới truyền tải, cũng như nâng cao khả năng chống chịu của hệ thống điện thông qua sự hỗ trợ từ các nguồn phân tán khi xảy ra sự cố. Dưới đây là một số thông lệ tốt nhất được đúc kết từ kinh nghiệm triển khai trên toàn cầu:

1. **Lấy người tiêu dùng làm trung tâm:** Đơn giản hóa quy trình tham gia bằng giao diện dễ sử dụng và cơ chế trả thù lao minh bạch, nhằm tối đa hóa tỷ lệ đăng ký và mức độ phản hồi của khách hàng.
2. **Kiến trúc số tích hợp:** Tích hợp liền mạch các dự báo và tín hiệu điều khiển do AI tạo ra vào các nền tảng quản lý năng lượng và hệ thống điều khiển hiện có của ngành điện, nhằm đảm bảo độ tin cậy và niềm tin cho đơn vị vận hành hệ thống điện.
3. **Quản trị dữ liệu và khả năng tương tác:** Duy trì các luồng dữ liệu chất lượng cao, đồng bộ thời gian và áp dụng các tiêu chuẩn mở để hệ thống có thể kết nối được với nhiều loại thiết bị và các nhà cung cấp dịch vụ khác nhau.
4. **Thiết kế đồng bộ với khung pháp lý:** Tận dụng các cơ chế thử nghiệm có kiểm soát và tham vấn các bên liên quan để điều chỉnh cấu trúc thị trường, biểu giá điện và quy chuẩn kỹ thuật sao cho phù hợp với các mô hình quản lý phụ tải đổi mới sáng tạo.

Bằng cách tuân thủ các nguyên tắc này, các công ty điện lực và cơ quan quản lý có thể khai thác tối đa trí tuệ từ phía phụ tải như một trụ cột quan trọng của hệ thống điện giàu NLTT và có khả năng chống chịu cao - biến các phụ tải thụ động thành các thiết bị chủ động hỗ trợ của lưới điện, đồng thời mở ra những lợi ích kinh tế và môi trường đáng kể[122].

4.4. Bảo trì dự đoán và quản lý tài sản

Đảm bảo độ tin cậy cho hạ tầng ngành điện—từ các tổ máy phát điện, máy biến áp cho tới đường dây truyền tải và máy cắt điện—trước đây thường đòi hỏi các đợt đại tu tốn kém, thực hiện theo lịch định kỳ Tuy nhiên, với sự xuất hiện của AI và cảm biến số phổ biến, ngành điện đang chuyển dịch sang mô hình bảo trì dự đoán dựa trên tình trạng thực tế của thiết bị, do đó giúp giảm thiểu sự cố mất điện bất ngờ, tối ưu hóa chi phí và kéo dài tuổi thọ thiết bị - đây là những yếu tố cốt lõi để xây dựng một lưới điện vững chắc, có khả năng thích ứng với sự biến động của NLTT.

1. Triển khai cảm biến và giám sát liên tục

Nền tảng của bảo trì dự đoán là các cảm biến giá rẻ, phổ biến và các điểm kết nối IoT thu thập dữ liệu về tình trạng thiết bị (như nhiệt độ, độ rung, độ axit của dầu, v.v.) và truyền về các nền tảng dữ liệu tập trung[123]. Ví dụ, các tua-bin khí hiện đại có thể có hàng trăm kênh đo dữ liệu tại các bộ phận như ổ bi, buồng đốt và hệ thống xả; các cảm biến phát hiện bất thường được hỗ trợ bởi AI liên tục xử lý các luồng dữ liệu này để phát hiện sớm những dấu hiệu bất thường dựa trên các mẫu sự cố trong quá khứ. Các hãng sản xuất thiết bị hàng đầu

[122] https://aseanenergy.org/aeds-categories/energy-digitalization
[123] https://www.ifc.org/content/dam/ifc/doc/mgrt/emcompass-note-81-05-web.pdf

như GE và Siemens hiện đã cung cấp dịch vụ giám sát bằng AI kèm hợp đồng bảo đảm hiệu suất, qua đó thay đổi cách mua dịch vụ bảo dưỡng: từ lịch sửa chữa bảo dưỡng cố định sang mô hình can thiệp dựa trên dữ liệu thực tế.

2. Phát hiện bất thường và dự đoán sự cố

Các cụm tua-bin gió - vốn thường được lắp đặt ở những khu vực xa xôi, điều kiện khắc nghiệt — có thể hưởng lợi rất lớn từ các kế hoạch bảo dưỡng được tối ưu nhờ AI. Bằng cách kết hợp dữ liệu từ hệ thống SCADA, dự báo thời tiết và phân tích âm thanh phát ra từ thiết bị, các mô hình học máy có thể dự đoán sớm các vấn đề như: hộp số xuống cấp, cánh quạt bị đóng băng hoặc máy phát điện bị quá nhiệt - trước khi các sự cố này trở nên rõ rệt. Một dự án thử nghiệm ở Uruguay, được đồng tài trợ bởi các cơ quan chính phủ, đã chứng minh khả năng lập lịch bảo dưỡng tua-bin "đúng thời điểm", giúp loại bỏ cả việc kiểm tra không cần thiết và ngăn chặn các hỏng hóc gây gián đoạn vận hành (theo irena.org). Tương tự, các nhà máy nhiệt điện cũng áp dụng AI để dự đoán rò rỉ ống lò hơi hoặc sự cố kẹt máy nghiền than, từ đó lên kế hoạch sửa chữa trùng với thời gian dừng máy theo kế hoạch, tránh phải dừng đột xuất. Phân tích của McKinsey cho thấy các phương pháp dự đoán này giúp tiết kiệm 10–25% chi phí bảo trì và giảm đáng kể tỷ lệ sự cố buộc phải dừng máy ngoài kế hoạch.[124].

AI cũng hỗ trợ việc ra quyết định thay thế thiết bị nhờ việc ước tính thời gian sử dụng còn lại (RUL) của thiết bị. Các công ty phân phối điện tính toán các chỉ số sức khỏe máy biến áp—dựa trên dữ liệu lịch sử tải điện, kết quả kiểm tra chất lượng dầu cách điện và mức biến động nhiệt độ—để ưu tiên thay thế những thiết bị có rủi ro hỏng hóc cao nhất. Sáng kiến Bản sao số tài sản (Digital Asset Twin) của Singapore mở rộng khái niệm này: tạo ra các bản sao kỹ thuật số theo thời gian thực của các thiết bị trong lưới điện, gửi dữ liệu vào hệ thống AI để đề xuất thời điểm thay thế tối ưu, đảm bảo việc can thiệp vừa kịp thời vừa tiết kiệm chi phí[125]. Đáng chú ý, việc SP Group triển khai hệ thống phân tích dữ liệu do chính họ phát triển cho thấy xu hướng các công ty điện lực tự xây dựng năng lực AI riêng, thay vì chỉ phụ thuộc vào giải pháp của nhà cung cấp bên ngoài [126].

3. Máy bay không người lái, robot & thị giác máy tính

Việc kiểm tra bằng tuần tra bộ hoặc trực thăng đang dần được thay thế bởi các đội máy bay không người lái gắn camera độ phân giải cao và camera hồng ngoại, có thể quét các đường dây truyền tải và trạm biến áp một cách có hệ thống để phát hiện các vấn đề như: dây dẫn bị mỏi, cây cối xâm lấn khoảng cách an toàn, hay các điểm nhiệt bất thường. Sau đó, các thuật toán thị giác máy tính ứng dụng AI sẽ tự động nhận diện các bất thường - như sứ cách điện bị nứt, khớp nối lỏng hoặc cây cối mọc quá gần đường dây - từ khối lượng dữ liệu hình ảnh khổng lồ hàng terabyte. Tập đoàn Lưới điện Quốc gia Trung Quốc áp dụng quy trình này để giám sát hàng triệu cột điện, giúp rút ngắn đáng kể thời gian kiểm tra[127]. Tại California, các hệ thống tương tự được sử dụng để ngăn ngừa nguy cơ cháy rừng bằng cách phát hiện và đánh dấu những khu vực cây cối có nguy cơ gây cháy, nhằm tiến hành cắt tỉa có chọn lọc[128]. Các công ty điện lực Nhật Bản tiên phong trong việc tăng cường kiểm tra trạm biến áp bằng robot leo trèo, được tích hợp mô hình thị giác máy tính để phát hiện hiện tượng ăn

[124] https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Sep/IRENA_AI_Big_Data_2019.pdf
[125] https://www.ema.gov.sg/news-events/news/media-releases/2023/leveraging-digital-solutions-to-future-proof-singapore-energy-grid
[126]Như trên.
[127] https://www.frontiersin.org/journals/energy-research/articles/10.3389/fenrg.2024.1441540/full
[128] https://www.renewableenergyworld.com/news/another-california-utility-adopts-an-ai-enabled-wildfire-prevention-system/

mòn, rò rỉ dầu và các bất thường ở đồng hồ đo, qua đó giảm rủi ro cho nhân viên khi tiếp xúc với môi trường điện áp cao. Mô hình này cũng sẽ được áp dụng tại Ý bởi công ty Terna[129].

Kết quả chính và kinh nghiệm thực tiễn tốt nhất

Các sáng kiến bảo trì dự đoán đã mang lại những cải thiện rõ rệt, có thể đo lường được, đối với độ tin cậy của lưới điện và hiệu quả chi phí vận hành. Các công ty điện lực ghi nhận giảm đáng kể số lượng sự cố mất điện ngoài kế hoạch, giảm chi phí sửa chữa bảo dưỡng và kéo dài thời gian trung bình giữa các lần hỏng hóc (MTBF). Các chỉ số về an toàn lao động cũng được cải thiện, vì AI có thể phát hiện trước các tình huống nguy hiểm - ví dụ, ở Canada, hệ thống AI đã cảnh báo khi mực nước tại một số đập thủy điện dâng quá cao - giúp nhân viên vận hành có thể xử lý trước khi rủi ro xảy ra, giảm nguy cơ cho đội ngũ làm việc tại hiện trường. Về mặt kinh tế, nhờ trì hoãn việc phải thay thế tài sản và giảm lượng tồn kho linh kiện dự phòng, các công ty điện lực có thêm ngân sách để đầu tư vào các dự án hiện đại hóa hệ thống.

Những thông lệ tốt nhất rút ra từ các đơn vị dẫn đầu trên thế giới bao gồm:

1. **Kiến trúc dữ liệu vững chắc, mạnh mẽ:** Xây dựng hệ thống hồ dữ liệu tập trung, trong đó kết hợp đồng bộ các luồng dữ liệu từ cảm biến, nhật ký bảo trì và hồ sơ tài sản nhằm củng cố độ chính xác của mô hình.
2. **Mô hình kết hợp để tăng khả năng giải thích, minh bạch:** Kết hợp mô phỏng dựa trên nguyên lý vật lý với AI để đưa ra chẩn đoán rõ ràng, dễ hiểu, giúp đội ngũ kỹ thuật tin tưởng và dễ dàng ứng dụng.
3. **Vòng phản hồi liên tục:** Tích hợp kết quả mô hình với các sự kiện bảo trì thực tế để liên tục cập nhật và đưa lại vào quá trình huấn luyện, giúp hệ thống có khả năng tự cải thiện theo thời gian.
4. **Kết hợp con người và máy móc:** Truyền tải các cảnh báo từ AI thông qua các nền tảng quản lý tài sản sẵn có, đồng thời đào tạo nhân viên vận hành cách hiểu và phản ứng nhanh với các cảnh báo.
5. **Lãnh đạo chiến lược và chỉ số đo lường hiệu suất (KPI):** Đảm bảo có sự ủng hộ từ ban lãnh đạo cấp cao và đặt ra các mục tiêu cụ thể, có thể đo lường, ví dụ như tỷ lệ giảm sự cố ngoài kế hoạch, để thúc đẩy việc triển khai và tạo trách nhiệm rõ ràng.

Việc tuân thủ các hướng dẫn trên sẽ giúp ngành điện lực chuyển đổi dữ liệu vận hành thô thành thông tin có thể hành động, từ đó nâng cấp chiến lược quản lý tài sản từ bị động (phản ứng sau sự cố) sang chủ động (dự đoán trước sự cố) - một bước chuyển quan trọng để xây dựng lưới điện đáng tin cậy và sẵn sàng cho tương lai.

4.5. Lưu trữ năng lượng và Tích hợp xe điện

Khi tỷ trọng NLTT trong hệ thống điện ngày càng tăng, các hệ thống lưu trữ năng lượng và xe điện đã trở thành những công cụ linh hoạt không thể thiếu. Việc vận hành tối ưu các công

[129] https://lightbox.terna.it/en/challenges/hibot-asset-maintenance

cụ này - từ điều phối chu kỳ sạc/xả, giảm tải cục bộ cho lưới điện, đến thúc đẩy đổi mới công nghệ vật liệu - phụ thuộc rất lớn vào các nền tảng số và AI.

1. Tối ưu hóa vận hành pin lưu trữ

Các loại pin quy mô lớn, đập thủy điện tích năng và các công nghệ lưu trữ mới nổi như pin dòng hay lưu trữ khí nén[130] giúp cân bằng biến động của NLTT bằng cách hấp thụ lượng điện dư và phát lại vào những thời điểm nhu cầu cao. Các thuật toán AI đặc biệt hiệu quả trong việc tối ưu hóa nhiều yếu tố cùng lúc, chẳng hạn như phân tích tín hiệu giá điện theo thời gian thực, dự báo nhu cầu tiêu thụ và sản lượng điện tái tạo để đưa ra kế hoạch sạc/xả giúp tối đa hóa doanh thu và cung cấp các dịch vụ phụ trợ cho lưới điện. Ví dụ, dự án Hornsdale Power Reserve tại Nam Úc (có dung lượng lưu trữ 129 MWh) sử dụng hệ thống AI Autobidder của Tesla để tự động tham gia đấu giá điện trên thị trường và thực hiện đáp ứng tần số nhanh khi tần số lưới điện biến động[131]. Trong năm đầu vận hành, hệ thống này đã tiết kiệm khoảng 40 triệu AUD cho các dịch vụ phụ trợ và đạt thời gian đáp ứng tần số dưới 100 mili-giây.[132]. Tương tự, AI dự báo việc cắt giảm công suất NLTT - ví dụ dự đoán trước các thời điểm dư thừa điện mặt trời buổi trưa - cho phép sạc pin trước khi dư thừa xảy ra, nhờ đó giảm lãng phí năng lượng ở các khu vực như California và Trung Quốc[133]. Đặc biệt, để kéo dài tuổi thọ của pin lưu trữ, các thuật toán AI cũng được thiết kế để tối ưu hóa chu kỳ sạc/xả, giảm tình trạng suy giảm hiệu suất, nhờ đó giúp duy trì giá trị và độ bền của pin.

2. Xe điện nối lưới (V2G) & sạc thông minh

Sự gia tăng nhanh chóng của số lượng phương tiện giao thông chạy điện vừa mang lại thách thức, vừa mở ra cơ hội cho ngành điện. Nếu không có sự điều phối hợp lý, việc sạc điện một cách tùy tiện và không kiểm soát có thể gây quá tải cục bộ ở lưới điện tại những khu vực nhất định. Ngược lại, khi áp dụng AI để điều khiển sạc thông minh kết hợp với giải pháp V2G, những chiếc xe điện đang đỗ có thể trở thành một mạng lưới lưu trữ điện phân tán. Các nền tảng công nghệ của các công ty như Nuvve (Hoa Kỳ)[134] và Kaluza (Anh)[135] có khả năng dự đoán thời điểm xe sẽ cắm sạc và nhu cầu di chuyển của tài xế dựa trên dữ liệu sử dụng lịch sử và dữ liệu từ lịch cá nhân, từ đó lên kế hoạch cho việc sạc và xả pin sao cho phù hợp với khả năng tải của lưới điện và biểu giá điện. Kết quả từ các thử nghiệm thực tế cho thấy người dùng hầu như không cảm thấy bị ảnh hưởng hay bất tiện khi sạc theo cơ chế này, đồng thời còn được hưởng lợi từ chi phí sạc thấp hơn. Tại Đan Mạch, chương trình thử nghiệm V2G với xe Nissan Leaf đã tập hợp hàng chục chiếc xe để cung cấp dịch vụ điều chỉnh tần số lưới điện - mỗi xe chỉ cần sạc hoặc xả điện trong vài phút dưới sự điều phối tập trung của AI và chủ xe được trả tiền cho phần điện mà xe cung cấp.[136]. Tại Vương quốc Anh, nhóm công tác về năng lượng xe điện (EV Energy Taskforce) đã khuyến nghị triển khai sạc thông minh trên toàn quốc vào năm 2025, với dự báo có thể tiết kiệm hàng tỷ bảng Anh nhờ giảm nhu cầu nâng cấp lưới điện[137]. Khung pháp lý cũng đang được điều chỉnh song song: Lộ trình tích hợp xe điện vào lưới điện năm 2022 của bang California đã công nhận việc sử

[130] https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128197233000986
[131] https://hornsdalepowerreserve.com.au/
[132] https://www.utilitydive.com/news/teslas-australian-virtual-power-plant-propped-up-grid-during-coal-outage/568812
[133] https://www.energypolicy.columbia.edu/can-ai-transform-the-power-sector
[134] https://nuvve.com/
[135] https://www.kaluza.com/
[136] https://europe.nissannews.com/en-GB/releases/nissan-enel-and-nuvve-operate-world-s-first-fully-commercial-vehicle-to-grid-hub-in-denmark
[137] https://www.gov.uk/government/news/new-plan-for-smart-electric-vehicle-ev-charging-could-save-consumers-up-to-1000-a-year

dụng tín hiệu giá điện tự động và các tiêu chuẩn cho V2G. Đồng thời, tiêu chuẩn ISO 15118-20 đã thống nhất cách thức giao tiếp giữa xe điện và trạm sạc, giúp việc sạc thông minh diễn ra mượt mà[138].

3. Thúc đẩy đổi mới sáng tạo trong công nghệ lưu trữ

Không chỉ dừng lại ở việc tối ưu hóa vận hành, AI còn đang thúc đẩy các bước đột phá trong bản thân công nghệ lưu trữ năng lượng. Các mô hình học máy hiện có khả năng phân tích, sàng lọc hàng nghìn chất điện phân và hợp chất điện cực tiềm năng – những công việc trước đây phải mất nhiều năm thử nghiệm – nay chỉ cần vài tháng. Nhờ đó, quá trình nghiên cứu và phát triển pin thế hệ mới được rút ngắn đáng kể[139]. Các chương trình nghiên cứu tại Hoa Kỳ (JCESR) và châu Âu (Horizon Europe) cũng đang áp dụng các phương pháp dựa trên dữ liệu để phát triển siêu tụ điện, chất mang hydro và hệ thống lưu trữ nhiệt, phản ánh tầm quan trọng chiến lược của việc phát triển các giải pháp lưu trữ điện mạnh mẽ, tiết kiệm chi phí nhằm phục vụ quá trình chuyển dịch sang hệ thống điện phát thải thấp.

Kết quả chính và kinh nghiệm thực tiễn tốt nhất

Việc ứng dụng AI để quản lý đội xe điện và hệ thống lưu trữ đã mang lại nhiều lợi ích đáng kể cho lưới điện, bao gồm: giảm áp lực vào giờ cao điểm, cải thiện độ ổn định tần số và tăng khả năng tận dụng nguồn NLTT. Các mô hình lưu trữ ảo đã ghi nhận nguồn thu từ các dịch vụ phụ trợ cho lưới điện, giúp bù đắp chi phí đầu tư thiết bị. Trong khi đó, các dự án thử nghiệm sạc thông minh cho thấy khả năng giảm tải cao vào giờ cao điểm, vượt trội hơn so với các hình thức sạc xe không kiểm soát. Các thông lệ tốt nhất bao gồm:

1. **Dự báo dựa trên dữ liệu:** Tích hợp các dự báo chi tiết về giá điện, nhu cầu và nguồn cung để hỗ trợ các thuật toán điều phối sạc/xả hiệu quả.
2. **Lấy người dùng làm trung tâm:** Đảm bảo người dùng có trải nghiệm liền mạch, với chính sách khuyến khích minh bạch và không làm ảnh hưởng đến thói quen sinh hoạt, từ đó thúc đẩy họ tham gia nhiều hơn.
3. **Tối ưu vòng đời thiết bị:** Áp dụng mô hình theo dõi tình trạng thiết bị để cân bằng giữa doanh thu và mức độ hao mòn, kéo dài thời gian sử dụng của hệ thống lưu trữ.
4. **Tiêu chuẩn và khả năng tương thích:** Áp dụng các giao thức mở (ví dụ: ISO 15118-20, OpenADR) và điều chỉnh các quy định thị trường (Lệnh 2222 của FERC, lộ trình VGI) nhằm đảm bảo các thiết bị và hệ thống có thể phối hợp với nhau bất kể nhà sản xuất.
5. **Cơ chế thử nghiệm có kiểm soát:** Tận dụng việc được miễn trừ tạm thời một số quy định để thử nghiệm các chương trình lưu trữ và V2G mới trước khi mở rộng quy mô.

Khi tuân thủ những nguyên tắc nêu trên, các bên liên quan có thể tận dụng các đội xe điện và hệ thống lưu trữ phân tán như những tài sản linh hoạt và đáng tin cậy của lưới điện – từ đó nâng cao khả năng chống chịu và đẩy nhanh quá trình chuyển dịch sang một hệ thống điện chủ yếu sử dụng NLTT.

[138] https://www.energy.ca.gov/programs-and-topics/programs/vehicle-grid-integration-program
[139] https://www.energypolicy.columbia.edu/can-ai-transform-the-power-sector

4.6. Kết luận: Lợi ích, thách thức và hướng đi tiếp theo

Khảo sát các kinh nghiệm quốc tế hàng đầu được trình bày trong Chương 3 cho thấy rằng AI—cùng với các công cụ số hóa khác—đóng vai trò như một "đòn bẩy" then chốt giúp tăng tốc quá trình chuyển đổi ngành điện, cụ thể là giúp tăng cường khả năng quan sát và giám sát hệ thống điện, giảm chi phí vận hành và thúc đẩy khả năng tích hợp NLTT biến đổi trên quy mô lớn. Trên toàn cầu, từ các quốc gia thuộc OECD đến các nước ASEAN đang công nghiệp hóa nhanh, các công cụ dự báo và tối ưu hóa bằng thuật toán đang giúp đơn vị vận hành lưới điện dự đoán trước được cân bằng giữa phụ tải và công suất phát điện với độ chính xác và khung thời gian chưa từng có trước đây; nhờ đó có thể chủ động điều chỉnh lại dòng điện truyền tải trước khi xảy ra sự mất cân bằng, mang lại hiệu quả và độ tin cậy của hệ thống được cải thiện rõ rệt.

Cụ thể, các công ty điện lực áp dụng phân tích tình trạng thiết bị bằng AI đã ghi nhận tiết kiệm đáng kể chi phí bảo dưỡng, đồng thời giảm thời gian dừng thiết bị và kéo dài tuổi thọ của thiết bị. Song song đó, những tiến bộ trong dự báo xác suất công suất điện gió và điện mặt trời giúp đơn vị điều độ hệ thống có thể tích hợp ngày càng nhiều nguồn phát điện không đồng bộ mà vẫn giữ được độ ổn định tần số của lưới điện. Về phía nhu cầu sử dụng điện, các mô hình nhà máy điện ảo hiện đại có khả năng điều phối các nguồn điện phân tán và trả tiền cho khách hàng khi họ cung cấp khả năng điều chỉnh nhu cầu tiêu thụ điện linh hoạt theo thời gian thực. Cách làm này giúp biến thói quen tiêu thụ điện tiềm ẩn của người dùng thành các dịch vụ lưới điện có thể tạo ra doanh thu. Tổng thể, các ứng dụng AI và số hóa đã góp phần đạt được ba mục tiêu lớn về chính sách ngành điện: giảm phát thải carbon sâu hơn, tăng khả năng chi trả nhờ tránh được các khoản đầu tư lớn và hạ tầng và chi phí vận hành, và tăng cường an ninh cung cấp điện nhờ các hệ thống dự phòng giúp tăng khả năng chống chịu, phục hồi hệ thống.

Tuy nhiên, việc tận dụng tối đa giá trị của AI cho ngành điện vẫn phụ thuộc vào một số điều kiện quan trọng, không thể xem nhẹ. Trong đó, quan trọng nhất là tính toàn vẹn của dữ liệu - bao gồm khả năng truy cập, tiêu chuẩn hóa và quản trị dữ liệu – bởi kết quả của các thuật toán chỉ chính xác khi dữ liệu đầu vào có chất lượng. Nhiều đơn vị vận hành lưới điện vẫn đang gặp khó khăn với hệ thống dữ liệu phân mảnh, có định dạng và độ chi tiết khác nhau về thời gian, và không tương thích với nhau – điều này cản trở việc phân tích tổng thể và toàn diện. Do đó, thông lệ tốt nhất hiện nay là xây dựng các nền tảng dữ liệu thống nhất được thiết kế dựa trên hệ thống phân loại và định dạng chung; Nền tảng minh bạch dữ liệu của châu Âu (European Transparency Platform) yêu cầu các công ty điện bắt buộc nộp dữ liệu theo định dạng tiêu chuẩn, qua đó xóa bỏ sự chênh lệch thông tin và tạo điều kiện cho phân tích liên thông giữa các hệ thống (theo irena.org). Bên cạnh đó, việc cơ quan quản lý thúc đẩy cơ chế dữ liệu mở – trong đó bắt buộc công bố những thông tin không nhạy cảm như biểu đồ phụ tải tổng hợp hoặc cấu trúc mạng lưới điện – có thể tạo điều kiện cho các bên thứ ba phát triển các giải pháp đổi mới sáng tạo.

Hơn nữa, khi số hóa phát triển, bề mặt dễ bị tấn công mạng cũng mở rộng, khiến an ninh mạng trở thành yêu cầu chiến lược bắt buộc. Một số vụ tấn công nghiêm trọng gần đây, ví dụ như tấn công mã độc tống tiền (ransomware) nhắm vào hệ thống SCADA tại trung tâm điều khiển, đã cho thấy mức độ dễ tổn thương của các lưới điện số hóa. Do đó, các khung

chính sách hiện nay – từ Kế hoạch hành động của Liên minh châu Âu đến Lộ trình phát triển lưới điện thông minh của Việt Nam – đều dành ngân sách cụ thể cho các biện pháp đảm bảo an ninh mạng. Điều quan trọng là bản thân các biện pháp phòng vệ cũng đang dùng AI, cụ thể như các thuật toán phát hiện bất thường hiện giám sát lưu lượng mạng theo thời gian thực, phát hiện và cô lập các dấu hiệu tấn công độc hại trước khi các chức năng quan trọng bị ảnh hưởng.

Một thách thức riêng biệt trong quá trình chuyển đổi sang công nghệ số và AI nằm ở yếu tố con người và văn hóa tổ chức. Ngành kỹ thuật hệ thống điện từ lâu đã gắn liền với phong cách làm việc thận trọng, tránh rủi ro. Chính vì vậy, trong nội bộ ngành, các cấp quản lý thường có tâm lý nghi ngờ, dè dặt, và lực lượng nhân sự hiện tại cũng thường thiếu kỹ năng phù hợp để ứng dụng các giải pháp dựa trên thuật toán dẫn đến quá trình triển khai công nghệ mới bị chậm lại. Vì vậy, việc xây dựng năng lực cho nguồn nhân lực trong ngành trở thành yếu tố đặc biệt quan trọng. Bồi dưỡng, nâng cao kỹ năng về khoa học dữ liệu cho đội ngũ nhân viên hiện tại, tuyển dụng những nhân sự có kiến thức kết hợp giữa kỹ thuật điện và CNTT (điện-tin) và quan trọng nhất là xây dựng một văn hóa đổi mới sáng tạo trong nội bộ tổ chức, trong đó khuyến khích việc thử nghiệm có kiểm soát đối với các công nghệ mới. Những doanh nghiệp tiên phong như Enel (Ý) và SP Group (Singapore) hiện đã thành lập bộ phận đổi mới sáng tạo số chuyên trách, có nhiệm vụ kết nối giữa các kỹ sư ngành điện với các nhà khoa học dữ liệu, từ đó phá vỡ các rào cản giữa các chuyên ngành và đẩy nhanh quá trình từ khâu thử nghiệm nguyên mẫu đến khi triển khai thực tế. Các cơ quan nhà nước có thể hỗ trợ các nỗ lực này thông qua việc hỗ trợ phát triển các chương trình đào tạo chuyên sâu, ban hành các tiêu chuẩn năng lực mới cho toàn bộ lực lượng lao động ngành năng lượng. Thực tế, nhu cầu này đã được nhiều quốc gia công nhận một cách chính thức. Ngoài ra, các hình thức như hội thảo chuyên đề hoặc mô hình thử nghiệm thực tế (living lab) – ví dụ như các chương trình khu vực của ASEAN – đã cho thấy hiệu quả trong việc nâng cao nhận thức về AI cho cả cấp lãnh đạo, từ đó thúc đẩy niềm tin và năng lực quản trị có hiểu biết hơn về công nghệ mới.

Nhóm thách thức thứ hai liên quan đến cấu trúc thị trường và sự phù hợp của cơ chế khuyến khích. Tại nhiều quốc gia, cơ chế điều tiết thị trường điện vẫn chủ yếu trả công cho các doanh nghiệp điện lực dựa trên mức đầu tư tài sản chứ chưa thực sự khuyến khích việc tối ưu vận hành hệ thống. Điều này khiến lợi ích kinh tế của AI, vốn giúp tối ưu hóa hiệu suất vận hành tài sản, trở nên kém hấp dẫn. Để khuyến khích các đơn vị điều hành lưới điện tận dụng mọi công cụ tối ưu sẵn có, bao gồm cả AI, cần chuyển sang cơ chế điều tiết dựa trên kết quả đầu ra, trong đó doanh nghiệp điện lực được thưởng cho các kết quả cụ thể như giảm số phút mất điện của khách hàng hoặc tăng khả năng tiếp nhận NLTT trên lưới điện. Một số cơ quan quản lý còn đi xa hơn khi trích riêng một phần ngân sách “hỗ trợ đổi mới sáng tạo” trong cơ chế quản lý doanh thu. Đây là khoản ngân sách nhỏ, dành cho các dự án thử nghiệm và đã thúc đẩy đáng kể hoạt động thử nghiệm AI trong ngành.

Việc thiếu thống nhất về mặt quy định pháp lý làm tình trạng mâu thuẫn lợi ích trở nên trầm trọng hơn. Sự không đồng bộ về quy định và tiêu chuẩn kỹ thuật giữa các thị trường lân cận làm tăng chi phí tuân thủ và khiến các nhà cung cấp ngần ngại triển khai giải pháp ở quy mô lớn. Vì vậy, các nỗ lực hiện nay nhằm thúc đẩy hài hòa hóa khung pháp lý trong các khối khu vực như ASEAN được kỳ vọng giúp giảm chi phí giao dịch và tăng cạnh tranh giữa các nhà cung cấp giải pháp.

Mặc dù hầu hết các giải pháp số đều có lợi về mặt chi phí trong cả vòng đời, nhưng yêu cầu vốn đầu tư ban đầu vẫn là một rào cản đáng kể. Chi phí ban đầu này bao gồm các cảm biến có độ phân giải cao, mạng lưới viễn thông và hạ tầng CNTT an toàn. Các phương thức tài trợ cũng đa dạng hơn; các khoản vay ưu đãi và viện trợ từ các tổ chức tài chính quốc tế (ví dụ: WB), mô hình hợp tác công-tư với cơ chế thanh toán theo kiểu "phần mềm dưới dạng dịch vụ" để giảm gánh nặng chi phí đầu tư ban đầu và các hợp đồng dựa trên kết quả đầu ra, trong đó nhà cung cấp và doanh nghiệp điện lực chia sẻ phần tiết kiệm chi phí đạt được sau khi triển khai giải pháp. Một số đơn vị vận hành tại Malaysia và Singapore còn lập quỹ đầu tư mạo hiểm, nhằm chuyển rủi ro nghiên cứu & phát triển giai đoạn đầu ra bên ngoài nhưng vẫn giữ quyền triển khai nếu công nghệ được chứng minh là hiệu quả.

Đồng thời, các yếu tố về đạo đức và tính công bằng phải được đặt lên hàng đầu. Nếu không được kiểm soát cẩn thận, các chương trình ứng dụng AI có thể làm gia tăng sự bất bình đẳng trong xã hội. Ví dụ, trong các chương trình DR, có nguy cơ các hộ gia đình ở thành thị am hiểu về công nghệ số sẽ được tham gia nhiều hơn, trong khi các hộ ở vùng nông thôn hoặc có thu nhập thấp lại bị bỏ ngoài lề. Các nhà hoạch định chính sách có thể chủ động ngăn ngừa các tác động tiêu cực đó bằng cách yêu cầu thiết kế chương trình mang tính bao trùm, ví dụ như: hỗ trợ chi phí cho thiết bị điện thông minh, áp dụng các ngưỡng tham gia phân tầng phù hợp cho các nhóm dân cư khác nhau, và xây dựng các quy định nghiêm ngặt về bảo mật dữ liệu cá nhân. Tính minh bạch cũng là yếu tố không thể thiếu trong một ngành có ảnh hưởng sâu rộng đến xã hội như ngành điện. Các cơ quan quản lý ngày càng yêu cầu các thuật toán có ảnh hưởng đến việc xây dựng biểu giá điện hay cân bằng thị trường phải có khả năng giải thích rõ ràng. Một ví dụ điển hình là Cơ quan Hợp tác các Cơ quan điều tiết năng lượng châu Âu (ACER), đơn vị này đã triển khai AI để phát hiện bất thường trên thị trường điện bán buôn, nhưng vẫn giữ vai trò quyết định cuối cùng cho các chuyên gia con người. Đây là một mô hình quản trị dung hòa giữa năng lực giám sát của máy tính và trách nhiệm giải trình theo nguyên tắc dân chủ.

Dự đoán trong thập kỷ tới, có thể thấy rõ rằng các xu hướng như yêu cầu cắt giảm mạnh phát thải carbon, đẩy nhanh quá trình phân tán và điện khí hóa toàn bộ ngành giao thông vận tải và sưởi ấm sẽ làm cho hệ thống vận hành ngành điện trở nên cực kỳ phức tạp – đến mức các phương pháp lập kế hoạch và điều độ truyền thống sẽ không còn đáp ứng được. Trong bối cảnh phức tạp đó, AI sẽ không còn chỉ là một công cụ thử nghiệm nhỏ lẻ mà sẽ trở thành một trụ cột thường xuyên trong vận hành hệ thống, tương tự như cách hệ thống SCADA đã từng trở nên phổ biến và không thể thiếu trong các phòng điều khiển điện vào thế kỷ 20.

Sự trưởng thành của các kiến trúc học máy phân tán và hợp tác (ví dụ: học liên kết giữa nhiều công ty điện lực) sẽ cho phép huấn luyện mô hình AI dựa trên dữ liệu phong phú mà vẫn đảm bảo không làm lộ thông tin độc quyền của từng đơn vị. Đồng thời, các tác nhân học tăng cường được kỳ vọng sẽ chuyển từ vai trò tư vấn sang điều khiển khép kín, tức là trực tiếp điều chỉnh các thông số vận hành trong thời gian thực, giúp ổn định lưới điện có tỷ lệ tỷ trọng cao nguồn NLTT dựa trên biến tần. Ở cấp độ quy hoạch cao hơn, các nền tảng AI tạo sinh đã có thể xử lý khối lượng lớn tài liệu kỹ thuật để tự động soạn thảo các quy chuẩn lưới điện hoặc đưa ra các kịch bản mở rộng hệ thống ít rủi ro nhất. Nhờ đó, những công việc vốn phải mất hàng tháng để phân tích thủ công, nay có thể được rút ngắn chỉ còn trong vài giờ.

Trong tương lai, đơn vị vận hành lưới điện số tự động sẽ dần hình thành rõ nét, đóng vai trò như một đơn vị giám sát tổng thể. Trong mô hình này, các bộ máy thuật toán sẽ đảm nhiệm phần lớn các công việc tối ưu hóa vận hành thường ngày, còn những tình huống đặc biệt, phức tạp hoặc liên quan đến yếu tố đạo đức vẫn sẽ do con người đưa ra quyết định. Để đạt được mức tự động hóa như vậy, hệ thống cần có dữ liệu rộng và đa dạng. Do đó, hợp tác quốc tế là điều không thể thiếu, dù là để cùng xây dựng một hệ thống dự báo bức xạ mặt trời dùng chung cho tất cả các quốc gia, hay đơn giản chỉ là chia sẻ bài học kinh nghiệm từ những dự án thử nghiệm thất bại, nhằm tránh lặp lại sai lầm. Cộng đồng ASEAN, với truyền thống hợp tác lâu đời, có vị thế thuận lợi để đóng vai trò quản lý và phát triển kho tri thức chung này.

Đối với Việt Nam và các hệ thống điện có điều kiện tương tự, cần xây dựng một lộ trình triển khai theo từng bước rõ ràng nhưng vẫn có tầm nhìn tiến bộ, đón đầu xu hướng. Bước đầu nên tập trung vào những hạng mục “chắc chắn không sai” khi đầu tư, như nâng cấp hệ thống cảm biến và truyền thông: triển khai AMI, hiện đại hóa hệ thống SCADA, xây dựng các kho dữ liệu an toàn. Song song đó, cần thực hiện các chương trình đào tạo để nâng cao hiểu biết về khoa học dữ liệu cho cả nhân viên ngành điện và cơ quan quản lý. Sau đó, có thể triển khai các dự án thí điểm quy mô nhỏ ở đô thị, ví dụ như lưới điện thông minh cấp thành phố, ứng dụng AI để xác định vị trí sự cố hoặc điều phối nhu cầu điện. Việc này giúp kiểm chứng thuật toán trong phạm vi rủi ro được kiểm soát trước khi nhân rộng trên toàn quốc theo một khuôn khổ pháp lý có cơ chế khuyến khích phù hợp. Việc tham gia tích cực vào các liên minh tài chính và kỹ thuật trong khu vực sẽ giúp chia sẻ chi phí và giảm rủi ro khi áp dụng các công nghệ mới.

Tóm lại, AI và các công nghệ số đi kèm không phải là giải pháp hoàn hảo để giải quyết mọi vấn đề. Tuy nhiên, đây lại là những công cụ then chốt để tiến tới xây dựng lưới điện thông minh tiên tiến, phát thải carbon thấp. Thực tiễn cho thấy từ các chính sách đi trước của châu Âu, những bước đột phá công nghệ của Trung Quốc và Hoa Kỳ, cho đến các sáng kiến hợp tác đa phương của ASEAN, tất cả đều dẫn tới một kết luận chung: khi dữ liệu chi tiết và thuật toán thông minh được kết hợp với chính sách quản lý hợp lý, cởi mở và sự giám sát của đội ngũ nhân lực có kỹ năng, hệ thống điện đạt hiệu quả cao hơn, khả năng chống chịu tốt hơn và bền vững hơn. Vì vậy, chính phủ và các bên trong ngành điện cần đóng vai trò quản trị chủ động, tích cực, thiết lập những nguyên tắc rõ ràng về minh bạch, đạo đức và tính bao trùm nhằm bảo đảm quá trình số hóa ngành điện dựa trên AI đang diễn ra nhanh chóng sẽ mang lại lợi ích công bằng cho người tiêu dùng, tạo lợi thế cạnh tranh cho thị trường, và góp phần quan trọng vào mục tiêu ổn định khí hậu.

CHƯƠNG 05

Hiện trạng ứng dụng AI và công nghệ số trong ngành điện tại Việt Nam

Chương 5: Hiện trạng ứng dụng AI và công nghệ số trong ngành điện tại Việt Nam

5.1. Tổng quan về lưới điện Việt Nam

Hệ thống điện Việt Nam được tổ chức thành năm thành phần chức năng chính, mỗi thành phần do các đơn vị trực thuộc EVN hoặc các đơn vị độc lập quản lý. Cấu trúc tổ chức được tóm lược như sau:

- **Sản xuất:** *Điện năng được sản xuất từ nhiều nguồn, bao gồm thủy điện, nhiệt điện (than và khí), với các nguồn NLTT như điện mặt trời và điện gió có tỷ trọng ngày càng tăng. Lĩnh vực này do ba Tổng công ty Phát điện thuộc EVN (EVNGENCO 1, 2 và 3) quản lý, cùng với các nhà sản xuất điện độc lập (IPP) thuộc khu vực tư nhân và có vốn đầu tư nước ngoài.*
- **Truyền tải:** *Lưới truyền tải điện cao áp, chủ yếu vận hành ở cấp điện áp 220kV và 500kV, có nhiệm vụ truyền tải điện năng từ các nhà máy phát điện đến các mạng phân phối khu vực và địa phương. Hệ thống này do Tổng công ty Truyền tải điện Quốc gia (EVNNPT) – đơn vị thành viên của EVN – vận hành và bảo trì.*

- **Phân phối:** *Điện năng được cung cấp đến người sử dụng cuối thông qua các lưới điện trung áp và hạ áp. Dịch vụ phân phối điện do năm Tổng công ty Điện lực khu vực trực thuộc EVN đảm nhiệm, bao gồm: EVNHANOI, EVNHCMC, Tổng công ty Điện lực miền Bắc (EVNNPC), Tổng công ty Điện lực miền Trung (EVNCPC), và Tổng công ty Điện lực miền Nam (EVNSPC).*
- **Vận hành hệ thống điện (Điều độ):** *Các trung tâm điều độ hệ thống điện quốc gia và khu vực (A0, A1, A2 và A3), nay thuộc đơn vị Vận hành Hệ thống điện và Thị trường điện Quốc gia (NSMO), chịu trách nhiệm vận hành hệ thống điện theo thời gian thực và đảm bảo cân bằng cung – cầu, duy trì ổn định, độ tin cậy và hiệu quả tối ưu cho hệ thống điện.*
- **Bán lẻ và Dịch vụ khách hàng:** *Chức năng này bao gồm quản lý hệ thống công tơ, lập hóa đơn và chăm sóc khách hàng. Các công ty điện lực địa phương thực hiện nhiệm vụ này dưới sự quản lý của các Tổng công ty Điện lực khu vực tương ứng.*

Tính đến năm 2024, hệ thống điện Việt Nam đã đạt quy mô đáng kể với các số liệu chính như sau:

- **Tổng công suất lắp đặt:** *khoảng 80.000 MW.*
- **Tỷ lệ tiếp cận điện:** *hơn 99,7% hộ gia đình trên toàn quốc được kết nối với lưới điện.*
- **Tỷ trọng NLTT:** *hơn 20% tổng sản lượng điện được tạo ra từ các nguồn NLTT.*
- **Chiều dài đường dây truyền tải 500kV:** khoảng 7.800 km, đóng vai trò là trục xương sống của lưới điện quốc gia.

Mặc dù đã đạt được nhiều tiến bộ trong việc mở rộng hạ tầng điện lực và đa dạng hóa các nguồn năng lượng, ngành điện Việt Nam hiện đang đối mặt với một số thách thức quan trọng sau:

- **Tích hợp NLTT:** *Sự phát triển nhanh chóng của các nguồn NLTT biến đổi như điện mặt trời và điện gió đang đặt ra những thách thức mới đối với sự ổn định lưới điện và công tác điều độ hệ thống, đặc biệt trong các khung giờ cao điểm phát điện.*
- **Cơ sở hạ tầng phân phối đã cũ:** *Tại nhiều khu vực, hệ thống lưới điện phân phối vẫn còn lạc hậu và thiếu tự động hóa, làm hạn chế khả năng ứng phó kịp thời với các sự cố vận hành và gia tăng tổn thất kỹ thuật.*
- **Nhu cầu nâng cao độ tin cậy cung cấp điện:** *Nhu cầu tiêu thụ tăng đòi hỏi độ tin cậy cung cấp điện ngày càng cao, đồng thời phải giảm thiểu tổn thất kỹ thuật và phi kỹ thuật.*
- **Thiếu hụt nguồn nhân lực có kỹ năng số:** *Nhu cầu về đội ngũ nhân lực có chuyên môn trong các lĩnh vực chuyển đổi số, AI và phân tích dữ liệu nâng cao ngày càng tăng, nhằm phục vụ phát triển lưới điện thông minh và hiện đại hóa công tác quản lý vận hành hệ thống điện.*

5.2. Tổng quan về các dự án ứng dụng Trí tuệ nhân tạo và Công nghệ số trong ngành điện Việt Nam

Trong những năm gần đây, ngành điện Việt Nam đã đạt được những bước tiến đáng kể trong việc ứng dụng AI và công nghệ số trên nhiều lĩnh vực hoạt động khác nhau. Các đơn vị điện lực chủ chốt—bao gồm EVNNPT, EVNHCMC, EVNHANOI, EVNSPC, EVNCPC và Trung tâm Điều độ hệ thống điện quốc gia EVNNLDC (nay là NSMO)—đã triển khai nhiều sáng kiến nhằm hiện đại hóa hạ tầng, nâng cao hiệu quả vận hành và cải thiện chất lượng dịch vụ khách hàng. Các lĩnh vực ứng dụng chính được trình bày trong Bảng dưới đây:

Bảng 2. Các lĩnh vực ứng dụng chính của AI và công nghệ số trong ngành điện Việt Nam

Lĩnh vực ứng dụng	Sáng kiến & Chi tiết
Đo xa và AMI	- Hệ thống Quản lý Dữ liệu Đo đếm (MDMS) (Phạm vi đo đếm truyền tải của EVNNPT); Thu thập dữ liệu đo đếm và quản lý sản lượng/tổn thất điện. - Tính đến năm 2024, EVNHCMC, EVNHANOI và EVNSPC đã lắp đặt hơn 12 triệu công tơ đo xa. - Triển khai hệ thống MDMS nhằm thu thập dữ liệu tự động, tích hợp với phân tích AI để phát hiện hành vi tiêu thụ bất thường. - EVNHCMC triển khai quản lý thiết bị đo xa dựa trên hệ thống thông tin địa lý (GIS), với 99% công tơ thông minh được giám sát kỹ thuật số. - EVNHANOI đang nghiên cứu, xây dựng và thử nghiệm AMI, sử dụng công tơ điện tử thông minh, được tích hợp với các hệ thống nền như CMIS, MDMS, cổng thanh toán trực tuyến, cổng thông báo chăm sóc khách hàng, hệ thống CRM, ứng dụng/chăm sóc khách hàng trên web... Sáng kiến này nhằm hiện đại hóa hệ thống đo đếm và mang đến trải nghiệm mới cho khách hàng, đảm bảo cung cấp điện an toàn, liên tục, tin cậy và chất lượng cao. EVNHANOI nghiên cứu ứng dụng các công nghệ của cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ tư như IoT, AI, Học máy (Machine Learning), Dữ liệu lớn (Big Data) nhằm hiện đại hóa hệ thống đo đếm điện năng.
Giám sát và vận hành thiết bị thông minh	- Phân tích hình ảnh bằng AI từ Phương tiện bay không người lái/Camera (Công ty Truyền tải Điện 2 (PTC 2), EVNNPT): Kiểm tra tự động, phát hiện hư hỏng, sứ cách điện bị vỡ, vật thể lạ trên đường dây truyền tải và thiết bị trạm biến áp; tối ưu hóa lộ trình bay kiểm tra. - Giám sát bằng camera AI (Hình ảnh nhiệt/quang học) (Công ty Truyền tải Điện 3 (PTC 3), trạm 500kV Duyên Hải, Thường Tín–giai đoạn thử nghiệm): Theo dõi tình trạng thiết bị, tự động phát hiện các điểm nóng tại trạm biến áp. - Hệ thống/Cảm biến giám sát nhiệt độ (EVNNPT): Giám sát nhiệt độ mối nối và thiết bị trong thời gian thực để đánh giá và cảnh báo nguy cơ sự cố tiềm ẩn.

Lĩnh vực ứng dụng	Sáng kiến & Chi tiết
	- Bảo trì theo điều kiện vận hành (CBM) có hỗ trợ từ AI (EVNNPT): Phân tích dữ liệu vận hành để tính toán chỉ số sức khỏe thiết bị, dự báo hư hỏng và tối ưu hóa kế hoạch bảo trì. - Robot kiểm tra tích hợp AI (GENCOs, các trạm của EVNNPT): Tự động hóa công tác giám sát vận hành, kiểm tra thiết bị tại các nhà máy điện (ví dụ: Nhà máy Thủy điện Sơn La). - EVNHCMC triển khai bảo trì theo điều kiện vận hành (CBM) cho lưới điện trung áp và cao áp, sử dụng cảm biến IoT kết hợp với phân tích dữ liệu bằng AI. - Máy bay không người lái tích hợp công nghệ xử lý hình ảnh bằng AI được sử dụng để kiểm tra đường dây truyền tải và phát hiện sự cố[140]. - Công ty Truyền tải Điện 2 (PTC2) triển khai ứng dụng AI vào hệ thống camera giám sát gắn trên đỉnh các cột đường dây 500kV – 220kV nhằm nâng cao tính năng, hiệu quả trong công tác giám sát và quản lý vận hành đường dây truyền tải[141]. - Lắp đặt camera thông minh tại các trạm biến áp (ví dụ: 220kV Tân Cảng, 110kV Phước Long) để giám sát thời gian thực, nhận diện khuôn mặt và quản lý ra vào.
Ứng dụng AI trong Dự báo Phụ tải và Tích hợp NLTT	- Ứng dụng AI trong tối ưu hóa vận hành nhà máy điện (EVN–triển khai tại các nhà máy điện, ví dụ: Thủy điện Sơn La): Sử dụng các thuật toán AI để nâng cao độ chính xác, tối ưu hóa việc sử dụng nguồn nước và sản lượng phát điện. - EVNNLDC (nay là NSMO) ứng dụng mạng nơ-ron học sâu (deep learning) trong dự báo phụ tải ngắn hạn. - Triển khai các hệ thống AI để dự báo sản lượng điện mặt trời và điện gió, sử dụng dữ liệu thời tiết vệ tinh (áp dụng tại EVNSPC, EVNCPC). - Sử dụng dữ liệu lớn và AI để làm sạch và chuyển đổi dữ liệu vận hành (SCADA) phục vụ cho thị trường điện.
Dịch vụ khách hàng và Tự động hóa nội bộ	- Tổng hợp nội dung cuộc họp bằng AI (Trụ sở EVN/EVNNPT): Tự động tóm tắt và phân tích nội dung các cuộc họp trực tuyến (giúp giảm sai sót và rút ngắn thời gian tổng hợp nội dung). - Ứng dụng AI trong công tác truyền thông (Công ty Truyền tải Điện 1 (PTC1)): Ứng dụng AI để sản xuất nội dung truyền thông đa phương tiện (ví dụ: Podcast của PTC1). - Số hóa quy trình/hồ sơ (PMIS) (EVNNPT): Số hóa toàn bộ hồ sơ thiết bị, quy trình vận hành và bảo dưỡng (như quản lý lệnh công tác, theo dõi khiếm khuyết, v.v.) nhằm quản lý tập trung trên phần mềm PMIS. - EVNHANOI, EVNSPC và EVNHCMC triển khai chatbot AI hỗ trợ khách hàng 24/7. - Ứng dụng RPA (Tự động hóa quy trình bằng robot) để tự động hóa các quy trình tài chính, thanh toán và nhân sự. - EVNHCMC cung cấp 100% dịch vụ khách hàng trực tuyến thông qua website, ứng dụng và Cổng Dịch vụ công Quốc gia.

[140]https://tapchicongthuong.vn/hieu-qua-quan-ly-luoi-truyen-tai-tu-ung-dung-uav-va-cong-nghe-lidar-129807.htm
[141]https://baochinhphu.vn/ung-dung-tri-tue-nhan-tao-vao-he-thong-camera-quan-sat-tren-duong-day-102300928.htm

Lĩnh vực ứng dụng	Sáng kiến & Chi tiết
	- Triển khai ứng dụng di động SmartEVN phục vụ quản lý và trao đổi công việc cho cán bộ công nhân viên. - Triển khai hệ thống BI (Business Intelligence) để xây dựng bảng điều hành và hỗ trợ ra quyết định cấp điều hành. - EVNHCMC và EVNNLDC (nay là NSMO) áp dụng hoàn toàn chữ ký số trong quản lý văn bản nội bộ nhằm đảm bảo tính bảo mật và hiệu quả. - EVNNLDC (nay là NSMO) sử dụng hệ thống văn phòng điện tử (E-Office) và tổ chức dữ liệu vận hành cho cả lưới điện và thị trường điện.
Vận hành lưới điện và Quản lý kỹ thuật	- Hệ thống quản lý đường dây truyền tải (AI) (PTC2–phát triển mô-đun/PTC1, 3, 4–triển khai mở rộng): Số hóa hồ sơ, quản lý thông tin trực tuyến dựa trên hệ thống thông tin địa lý (GIS), tự động chỉnh sửa dữ liệu và hỗ trợ công tác bảo dưỡng, xử lý sự cố trên các tuyến đường dây truyền tải. - Trạm biến áp kỹ thuật số / Vận hành không người trực (EVNNPT–các trạm mới và trạm được nâng cấp): Chuyển đổi các trạm 220kV/500kV sang chế độ điều khiển từ xa; áp dụng công nghệ trạm biến áp số để tự động hóa vận hành. - Hệ thống thu thập cảnh báo sét (EVNNPT): Phân tích dữ liệu sét bằng AI nhằm hỗ trợ xác định nhanh vị trí sự cố và thiết kế hệ thống chống sét. - Phân tích dữ liệu tua-bin (AI) (GENCOs): Sử dụng thuật toán AI để nâng cao độ chính xác, tối ưu hóa sử dụng nguồn nước và sản lượng phát điện (áp dụng tại các nhà máy thủy điện). - Số hóa 100% quy trình quản lý kỹ thuật trên các nền tảng PMIS và GIS. - Tự động hóa hoàn toàn lưới điện trung áp, tích hợp khả năng điều khiển từ xa và trung tâm SCADA/DMS. - Quản lý thời gian thực các chỉ số SAIFI/SAIDI và tổn thất điện năng bằng dữ liệu từ hệ thống SCADA và đo xa. - 6/15 Công ty điện lực trực thuộc EVNHCMC đã triển khai đầy đủ chức năng DMS từ năm 2017. - Triển khai trạm biến áp kỹ thuật số đầu tiên cấp 110kV tại huyện Củ Chi. - Phát triển các ứng dụng di động cho hiện trường (ví dụ: kiểm tra thiết bị theo GIS, ứng dụng CRM, livestream an ninh). - EVNNLDC (nay là NSMO) sử dụng các hệ thống EMS và DIM-AGC để mô phỏng lưới điện và điều khiển phát điện. - Đã tiến hành nghiên cứu và phát triển Hệ thống Đo lường và Giám sát Trạm biến áp và Lưới điện hạ thế (S3M-SGMV) nhằm giải quyết bài toán chưa tự động hóa trong giám sát, cảnh báo và thu thập dữ liệu tại các trạm biến áp và lưới điện hạ thế. Hệ thống này đã được thử nghiệm thực tế và đóng góp tích cực vào chuyển đổi số, phát triển lưới điện thông minh. - Nghiên cứu ứng dụng công nghệ robot camera để giám sát vận hành trạm biến áp không người trực, khắc phục các hạn chế của phương pháp kiểm tra truyền thống.
Quản lý đầu tư và xây dựng	- Triển khai nền tảng quản lý đầu tư IMIS 2.0. - Ứng dụng công nghệ mô hình thông tin công trình (BIM) trong các dự án Trung tâm Dữ liệu, với mô hình 3D và khả năng trực quan hóa thực tế ảo.

Lĩnh vực ứng dụng	Sáng kiến & Chi tiết
	- Nghiên cứu ứng dụng công nghệ Thực tế ảo (VR), Thực tế tăng cường (AR) và BIM trong thiết kế, thi công và vận hành các dự án điện lực. Việc kết hợp giữa mô hình AR và BIM giúp kết nối thông tin số với dự án thực tế một cách trực quan và hiệu quả.
Viễn thông & Hạ tầng CNTT	- Công ty An ninh mạng Quốc gia (NCS): Hệ sinh thái sản phẩm an ninh mạng ứng dụng AI (Tường lửa thế hệ mới, NCS TI, NCS SOC/SIEM/SOAR). Tăng cường năng lực nhận diện mối đe dọa, giảm thao tác thủ công và giảm phụ thuộc vào các giải pháp đến từ nước ngoài. - Phòng thủ đa lớp (Tường lửa + EDR + TI): Triển khai tường lửa thế hệ mới (NGFW), giải pháp phát hiện và ứng phó với mối đe dọa tại điểm cuối (EDR) dựa trên AI, và nền tảng tình báo mối đe dọa (TI) để bảo vệ hệ thống. Ngăn chặn các mối đe dọa tinh vi và tạo ra lớp phòng thủ sớm. - Phân tích hành vi (Hệ thống SIEM tích hợp AI): Ứng dụng Hệ thống quản lý sự kiện và thông tin bảo mật (SIEM) tích hợp AI để xử lý lượng lớn dữ liệu nhật ký và phát hiện bất thường trong thời gian thực. Giúp phát hiện rò rỉ thông tin và phát hiện tấn công vào hệ thống OT thông qua việc nhận diện các hành vi sai lệch so với hoạt động bình thường. - Điều phối bảo mật, tự động hóa và ứng phó (SOAR): Tích hợp AI vào nền tảng SOAR giúp tự động hóa phản ứng sự cố (ví dụ: cô lập máy chủ, chặn địa chỉ IP độc hại) theo quy trình hành động đã được định sẵn (playbooks). Giảm khối lượng công việc cho nhân sự an ninh mạng, rút ngắn thời gian phản ứng (từ hàng giờ xuống còn vài phút) và đảm bảo giám sát liên tục 24/7. - Mô hình Nhà cung cấp dịch vụ bảo mật được quản lý (MSSP): Doanh nghiệp sử dụng dịch vụ MSSP từ các đối tác ứng dụng công nghệ AI trong giám sát và xử lý sự cố an ninh mạng. - Số hóa hồ sơ quản lý: Chuyển đổi số toàn bộ hồ sơ thiết bị, quy trình vận hành và tài liệu liên quan trên các hệ thống như PMIS. - Giám sát và quản lý thiết bị IoT: Triển khai hệ thống quản lý mạnh mẽ cho các thiết bị IoT (cảm biến, camera AI, phương tiện bay không người lái) với quy trình kiểm soát nghiêm ngặt nhằm đảm bảo an toàn thông tin và vận hành ổn định. - Vận hành các Trung tâm Dữ liệu đạt chuẩn Tier-3 theo tiêu chuẩn ANSI/TIA-942-B:2017. - Hạ tầng truyền dẫn tiên tiến cho phép giám sát và tự động hóa lưới điện theo thời gian thực. - Thành lập Trung tâm Điều hành An ninh mạng (SOC) để giám sát an ninh mạng CNTT và CNVH. - Triển khai các thiết bị cổng kết nối IoT nhằm thu thập tín hiệu sự cố lưới điện ngầm. - Ứng dụng các công nghệ tiên tiến như điện toán đám mây, ảo hóa, hạ tầng siêu hội tụ (HCI), và tích hợp ESB. - Nâng cấp hệ thống mạng và máy chủ với các giao thức an ninh mạng nâng cao nhằm đảm bảo an toàn thông tin.

5.3. Dữ liệu minh chứng hiệu quả của công nghệ số và trí tuệ nhân tạo

Việc tích hợp các công nghệ số và AI đã mang lại những cải thiện rõ rệt, có thể đo lường được trên nhiều lĩnh vực trong ngành điện Việt Nam. Kết quả đạt được trong các lĩnh vực trọng yếu như đo đếm thông minh, bảo trì, dự báo phụ tải, chăm sóc khách hàng và quản trị nội bộ được trình bày trong bảng dưới đây, thể hiện những lợi ích cụ thể từ các nỗ lực chuyển đổi số do các tổng công ty điện lực chủ chốt triển khai.

Bảng 3. Kết quả nổi bật của ứng dụng công nghệ số và AI trong ngành điện Việt Nam

Lĩnh vực tác động	Kết quả chính
Công tơ thông minh và AMI	- Tỷ lệ thu thập dữ liệu từ xa vượt 97% vào năm 2024, giúp giảm chi phí vận hành. - Phân tích tiêu thụ dựa trên AI giúp tăng 25% hiệu quả phát hiện gian lận điện năng.
Bảo trì và Hiệu quả vận hành	- EVNHANOI giảm thời gian mất điện trung bình hàng năm từ hơn 500 phút (2017) xuống còn khoảng 170 phút (2023). - EVNHCMC đạt SAIDI ở mức 35 phút vào năm 2022. - Số sự cố do quá tải giảm từ 15% xuống còn 6–8%. - Công tác kiểm tra đường dây truyền tải bằng phương pháp thủ công giảm 35% nhờ ứng dụng drone. - Việc khôi phục cấp điện thông qua FLISR diễn ra trong chưa đầy 1 phút. - Đạt tỷ lệ 100% trạm biến áp 110kV không người trực và tự động hóa hoàn toàn lưới điện trung áp.
Dự báo phụ tải và NLTT chính xác	- Độ chính xác dự báo phụ tải ngắn hạn tăng từ 88% lên hơn 95%. - Tỷ lệ huy động NLTT tăng từ 75–80% lên trên 90%.
Nâng cao dịch vụ khách hàng	- Hơn 90% yêu cầu khách hàng được giải quyết trong ngày. - Chỉ số hài lòng khách hàng đạt 8,8/10 (EVNHANOI, 2023) và 9/10 (EVNHCMC). - Trên 99% giao dịch của EVNHCMC được thực hiện điện tử. - 100% dịch vụ khách hàng được cung cấp trực tuyến qua website/ứng dụng di động của EVNHCMC.
Quản lý nội bộ và quản trị CNTT	- Toàn bộ chỉ tiêu quản lý (KPI) của EVNHCMC được thể hiện trên bảng điều hành BI. - 100% cán bộ phụ trách sử dụng chữ ký số một cách an toàn. - EVNHCMC là doanh nghiệp đầu tiên tại Việt Nam được Bộ Thông tin và Truyền thông chứng nhận đạt mức 3/5 trong chuyển đổi số. - Chỉ số Lưới điện Thông minh (Smart Grid Index) tăng 3,6 điểm từ năm 2021 đến 2022 (đạt 71,4/100), xếp hạng 47/94 toàn cầu và đứng thứ 2 trong khu vực ASEAN.

5.4. Kết luận

Việc triển khai AI và các công nghệ số đã góp phần nâng cao rõ rệt hiệu quả vận hành, chất lượng dịch vụ, cũng như khả năng tích hợp các nguồn NLTT vào lưới điện. Những tiến bộ này khẳng định vai trò then chốt của chuyển đổi số trong hiện đại hóa hạ tầng lưới điện và nâng cao trải nghiệm khách hàng.

Để duy trì xu hướng tích cực này, ngành điện cần tiếp tục đầu tư vào các lĩnh vực trọng yếu như nâng cấp hạ tầng số, phát triển nguồn nhân lực có trình độ chuyên môn cao về công nghệ số, và thúc đẩy hợp tác quốc tế để tiếp cận công nghệ và kinh nghiệm tiên tiến.

EVNHCMC đã đặt mục tiêu đạt mức độ trưởng thành chuyển đổi số cấp 4/5 vào năm 2025. Đơn vị cũng hướng đến việc nâng cao chỉ số Lưới điện Thông minh (Smart Grid Index) để tiệm cận hoặc vượt các tiêu chuẩn toàn cầu, qua đó thể hiện cam kết mạnh mẽ đối với đổi mới sáng tạo và phát triển năng lượng bền vững.

CHƯƠNG 06

Nghiên cứu tổng quan về chính sách, quy định pháp luật và cơ chế tài chính

Chương 6: Nghiên cứu tổng quan về chính sách, quy định pháp luật và cơ chế tài chính

Khung chính sách và pháp lý của Việt Nam đang thay đổi nhanh chóng nhằm hỗ trợ hai mục tiêu song song: chuyển dịch năng lượng và hiện đại hóa kỹ thuật số. Việt Nam đã ban hành một hệ thống các chiến lược quốc gia, tiêu chuẩn kỹ thuật và các văn bản quy phạm pháp luật khá đầy đủ, nhằm thúc đẩy việc xây dựng một hệ thống điện thông minh, tin cậy và giảm phát thải carbon. Những yếu tố quan trọng nhất của bức tranh đang thay đổi này, bao gồm quy hoạch quốc gia, quy định vận hành hệ thống điện, cùng khung pháp lý và đầu tư, được trình bày dưới đây.

6.1. Chiến lược quốc gia và quy hoạch dài hạn

Ngành điện Việt Nam hiện đang trải qua quá trình chuyển đổi cơ bản, được định hướng bởi một loạt các chiến lược quốc gia và các văn bản quy hoạch dài hạn với trọng tâm ưu tiên hiện đại hóa, số hóa và ứng dụng các công nghệ tiên tiến. Những chiến lược này thể hiện rõ cam kết của chính phủ trong việc xây dựng hạ tầng năng lượng thông minh, hiệu quả và bền vững, có khả năng kết nối và tích hợp NLTT và đáp ứng nhu cầu trong tương lai

Nghị quyết số 55-NQ/TW (2020) về định hướng chiến lược phát triển năng lượng quốc gia của Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045 đặt ra mục tiêu tổng quát là phát triển ngành năng lượng hài hòa giữa các phân ngành với hạ tầng đồng bộ và thông minh; nâng cấp, xây dựng lưới điện truyền tải, phân phối điện tiên tiến, hiện đại. Nghị quyết đặt mục tiêu cụ thể là xây dựng hệ thống lưới điện thông minh, hiệu quả, có khả năng kết nối khu vực. Đến năm 2045, Việt Nam sẽ có hệ thống chạ tầng năng lượng phát triển đồng bộ, hiện đại, khả năng kết nối khu vực và quốc tế được nâng cao. Nghị quyết cũng nhấn mạnh việc đẩy mạnh chuyển đổi số trong ngành năng lượng, xây dựng và triển khai Chương trình quốc gia về phát triển hạ tầng năng lượng thông minh, hiện đại hóa hệ thống điều độ điện, từng bước triển khai áp dụng những công nghệ giám sát kỹ thuật tự động, thông minh; nghiên cứu ứng dụng truyền tải siêu cao áp, truyền tải một chiều trong ngành điện; hoàn thiện cơ chế, xây dựng cơ sở dữ liệu, thực hiện thống kê năng lượng quốc gia phục vụ công tác quản lý, điều hành hiệu quả ngành năng lượng.

Nghị quyết số 29-NQ/TW (2022) về việc tiếp tục đẩy mạnh công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045, nêu rõ định hướng chiến lược phát triển và ứng dụng công nghệ thông minh và AI là động lực cốt lõi để nâng cao năng lực cạnh tranh quốc gia. Nghị quyết nhấn mạnh nhu cầu đẩy nhanh nghiên cứu, phát triển và ứng dụng rộng rãi các công nghệ tiên tiến như trí tuệ nhân tạo, IoT, dữ liệu lớn, chuỗi khối và tự động hóa trong các lĩnh vực trọng yếu như năng lượng, sản xuất, nông nghiệp, giao thông vận tải, tài chính - ngân hàng, và đô thị thông minh. Nghị quyết cũng đồng thời đề ra mục tiêu phát triển

và cải thiện hệ sinh thái đổi mới sáng tạo, thực hiện chuyển đổi số toàn diện, tăng cường hạ tầng số và nguồn nhân lực chất lượng cao để đáp ứng yêu cầu công nghiệp hóa và hiện đại hóa bền vững và hiệu quả trong bối cảnh cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ 4.

Nghị quyết số 57-NQ/TW (2024) đánh dấu một cột mốc quan trọng trong chiến lược quốc gia của Việt Nam về phát triển khoa học, công nghệ, đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số. Nghị quyết nhấn mạnh việc thúc đẩy nghiên cứu và ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong các ngành và lĩnh vực trọng điểm (như y tế, giáo dục, hành chính công, tài chính - ngân hàng, giao thông vận tải, môi trường, năng lượng, các ngành công nghiệp chế biến và sản xuất chế tạo công nghệ cao). Trong lĩnh vực năng lượng, AI được định hướng ứng dụng để tối ưu hóa vận hành hệ thống điện, quản lý hiệu quả việc tiêu thụ năng lượng, phát triển lưới điện thông minh và tích hợp các nguồn NLTT. Mục tiêu đến năm 2030, Việt Nam thuộc nhóm 3 nước dẫn đầu khu vực Đông Nam Á về nghiên cứu và phát triển trí tuệ nhân tạo. Tầm nhìn đến năm 2045, Việt Nam trở thành một trong các trung tâm công nghiệp công nghệ số của khu vực, đóng góp đáng kể cho phát triển kinh tế - xã hội bền vững.

Nghị quyết số 68-NQ/TW (2025) – Thúc đẩy phát triển kinh tế tư nhân xác định vai trò của khu vực kinh tế tư nhân là động lực chính thúc đẩy tăng trưởng kinh tế quốc gia và là lực lượng quan trọng để đẩy mạnh khoa học, công nghệ, đổi mới sán tạo và chuyển đổi số, góp phần thực hiện thắng lợi mục tiêu của Nghị quyết số 57-NQ/TW (ngày 22 tháng 12 năm 2024) về phát triển số của Việt Nam. Trọng tâm của Nghị quyết 68 là hiện đại hóa quản trị công thông qua các công nghệ như trí tuệ nhân tạo (AI) và dữ liệu lớn, đặc biệt là trong quy trình phê duyệt và cấp phép. Việc thúc đẩy số hóa các thủ tục quản lý hành chính theo nghị quyết này giúp tăng cường tính minh bạch, rút ngắn thời gian cấp phép, đồng thời cải thiện sự phối hợp giữa các cơ quan trong việc triển khai các dự án năng lượng và hạ tầng. Ngoài ra, Nghị quyết còn tăng cường hỗ trợ thể chế để ứng dụng AI trong toàn ngành năng lượng, từ khâu xây dựng chính sách cho đến vận hành thực tế, phù hợp chặt chẽ với chiến lược số quốc gia của Việt Nam.

Luật Điện lực sửa đổi năm 2024 cùng với **Nghị định số 58/2024/NĐ-CP** và **Nghị định 56/2024/NĐ-CP** đã đưa ra những định hướng rõ ràng và cụ thể nhằm thúc đẩy hiện đại hóa toàn diện ngành điện, trọng tâm là phát triển lưới điện thông minh và thực hiện chuyển đổi số. Các văn bản luật và nghị định kèm theo này quy định việc áp dụng các công nghệ tiên tiến, tự động hóa và giải pháp số trong tất cả các khâu của chuỗi cung ứng điện - từ phát điện, truyền tải và phân phối cho đến vận hành hệ thống và quản lý thị trường điện. Việc phát triển hệ thống lưới điện thông minh được khuyến khích để tăng khả năng tích hợp các nguồn NLTT, tối ưu hóa vận hành hệ thống điện và nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng. Quy định cũng yêu cầu xây dựng hệ thống dữ liệu điện tập trung và khuyến khích ứng dụng trí tuệ nhân tạo, dữ liệu lớn, công nghệ chuỗi khối, mạng 5G cũng như các giải pháp số trong các hoạt động quản lý kỹ thuật, dự báo phụ tải và dịch vụ khách hàng.

Quy hoạch phát triển điện lực quốc gia thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050 điều chỉnh (QHĐ VIII điều chỉnh) ban hành ngày 15 tháng 4 năm 2025 (**tại Quyết định số 768/QĐ-TTg**) xác định phát triển và ứng dụng lưới điện thông minh là định hướng chiến lược

then chốt để hiện đại hóa hệ thống điện quốc gia, đảm bảo vận hành an toàn, ổn định và hiệu quả. Phát triển lưới điện truyền tải đồng bộ với tiến độ xây dựng các nguồn điện và nhu cầu điện ngày càng tăng của các địa phương, sử dụng công nghệ hiện đại, đạt tiêu chuẩn quốc tế và sẵn sàng kết nối điện khu vực. Chi tiết về công suất nguồn điện và khối lượng lưới truyền tải theo quy hoạch được thể hiện ở Bảng A1 và A2 của Phụ lục. Lưới điện thông minh được định hướng tích hợp hiệu quả các nguồn NLTT quy mô lớn thông qua nghiên cứu và áp dụng các công nghệ tiên tiến như HVDC (truyền tải điện cao áp một chiều), SVC (thiết bị bù công suất phản kháng tĩnh), SVG (thiết bị bù công suất phản kháng chủ động), FACTS (thiết bị truyền tải điện xoay chiều linh hoạt), BESS (hệ thống pin lưu trữ năng lượng) và DLR để nâng cao hiệu quả vận hành và tính linh hoạt của hệ thống. Quy hoạch cũng đề ra các giải pháp khoa học công nghệ như cải tạo, nâng cấp hệ thống truyền tải và phân phối, hiện đại hóa hệ thống dữ liệu, tự động hóa và điều khiển để hỗ trợ công tác điều độ điều độ và vận hành thị trường điện. QHĐ VIII khuyến khích áp dụng các công nghệ tiên tiến như trí tuệ nhân tạo, internet kết nối vạn vật và thúc đẩy chuyển đổi số trong ngành điện. Ngoài ra, quy hoạch cũng đề xuất triển khai dần các biện pháp khuyến khích và bắt buộc để đổi mới công nghệ và thiết bị trong các ngành công nghiệp tiêu thụ năng lượng trọng điểm nhằm xây dựng một hệ thống điện hiện đại, thông minh và bền vững.

Từ năm 2012, chính phủ Việt Nam đã cụ thể hóa mục tiêu hiện đại hóa hệ thống điện quốc gia, nâng cao hiệu quả vận hành, cải thiện độ tin cậy cung cấp điện và tăng cường tích hợp NLTT thông qua việc phê duyệt Lộ trình phát triển lưới điện thông minh tại Việt Nam (**Quyết định số 1670/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ** ngày 8 tháng 11 năm 2012). Lộ trình được chia thành ba giai đoạn: Giai đoạn 1 (2012–2016) tập trung vào việc xây dựng khung pháp lý và triển khai các chương trình thí điểm; Giai đoạn 2 (2017–2022) phát triển mở rộng ứng dụng công nghệ lưới điện thông minh trên toàn bộ hệ thống điện; và Giai đoạn 3 (từ sau năm 2022) đặt mục tiêu phát triển lưới điện thông minh tiên tiến, tích hợp sâu rộng các công nghệ số và tự động hóa. Bộ CT đã cụ thể hóa các mục tiêu của lộ trình thông qua Đề án tổng thể phát triển lưới điện thông minh tại Việt Nam (**Quyết định số 4602/QĐ-BCT của Bộ CT** ngày 25 tháng 11 năm 2016), bao gồm ba đề án thành phần tập trung vào việc ứng dụng các công nghệ hiện đại như hệ thống điều khiển tự động, công tơ thông minh, quản lý năng lượng tiên tiến và các giải pháp CNTT. Năm 2023, trên cơ sở đánh giá kết quả 10 năm triển khai thực hiện Quyết định số 1670, Bộ CT đã có **Tờ trình số 6068/Ttr-BCT** lên Thủ tướng Chính phủ về việc xây dựng Đề án phát triển lưới điện thông minh giai đoạn 2023-2030, tầm nhìn đến năm 2045. Tờ trình đề xuất tiếp tục phát triển lưới điện thông minh hiện đại nhằm hỗ trợ quá trình chuyển đổi năng lượng và đảm bảo an ninh năng lượng quốc gia, đồng thời từng bước ứng dụng trí tuệ nhân tạo, dữ liệu lớn và IoT trong việc giám sát và dự báo mức tiêu thụ năng lượng, phụ tải, phát hiện sự cố thiết bị và hệ thống, đánh giá tình trạng thiết bị, vận hành hệ thống điện, quản lý tài sản, dịch vụ khách hàng và an ninh mạng. Tuy nhiên, Chính phủ đã yêu cầu Bộ CT rà soát và đánh giá lại đề án, xây dựng các nhiệm vụ cần thiết và phê duyệt theo thẩm quyền để triển khai thực hiện, đảm bảo hoàn thành các mục tiêu của Quyết định số 1670.

Phần tóm tắt về chính sách và các công nghệ AI, công nghệ số liên quan được trình bày trong Bảng 4.

Bảng 4. Chính sách và các công nghệ AI, công nghệ số liên quan

	Chính sách / Quy định	Năm	Mục tiêu và định hướng chính	Các công nghệ AI và công nghệ số liên quan
1	Lộ trình phát triển lưới điện thông minh (Quyết định số 1670/QĐ-TTg)	2012	Đặt ra các mục tiêu phát triển lưới điện thông minh theo từng giai đoạn cho các khâu phát điện, truyền tải, phân phối và bán lẻ điện	Cung cấp khung định hướng quốc gia để áp dụng các công nghệ số và công nghệ thông minh trong hiện đại hóa hệ thống điện
2	Đề án tổng thể phát triển lưới điện thông minh (Quyết định số 4602/QĐ-BCT)	2016	Triển khai công nghệ lưới điện thông minh trong lưới điện phân phối và các dịch vụ bán lẻ điện	Cho phép triển khai AMI, DR, giám sát hệ thống và điều khiển lưới điện dựa trên AI
3	Nghị quyết số 55-NQ/TW	2020	Hiện đại hóa và số hóa ngành năng lượng; thúc đẩy tự động hóa	Hỗ trợ ứng dụng AI, SCADA, IoT, dữ liệu năng lượng tập trung phục vụ vận hành lưới điện thông minh
4	Nghị quyết số 29-NQ/TW	2022	Thúc đẩy công nghiệp hóa gắn với AI, dữ liệu lớn, IoT và tự động hóa	Xây dựng hạ tầng số liên ngành, bao gồm chuyển đổi hạ tầng lưới điện
5	Đề xuất gia hạn Lộ trình phát triển lưới điện thông minh (Tờ trình số 6068/TTr-BCT của Bộ CT)	2023	Gia hạn lộ trình đến năm 2045; ứng dụng AI, IoT và Dữ liệu lớn để giám sát, dự báo, quản lý tài sản, an ninh hệ thống điện	Khuyến khích tích hợp sâu hơn các giải pháp số và phân tích nâng cao để hỗ trợ quá trình chuyển đổi năng lượng và tăng cường khả năng chống chịu, phục hồi của lưới điện
6	Nghị quyết số 57-NQ/TW	2024	Thúc đẩy chương trình khoa học và đổi mới sáng tạo số quốc gia	Ưu tiên ứng dụng AI cho quản lý hệ thống điện, vận hành thị trường điện, và tối ưu hóa lưới điện
7	Nghị quyết số 68-NQ/TW	2025	Hiện đại hóa quản trị công theo chiến lược số hóa quốc gia	Ứng dụng AI và dữ liệu lớn trong quy trình phê duyệt và cấp phép; thúc đẩy số hóa công tác quản trị ngành năng lượng
8	Quy hoạch phát triển điện lực quốc gia thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050 (QHĐ VIII) điều chỉnh	2025	Đảm bảo hệ thống lưới điện hiệu quả, hiện đại và phù hợp với NLTT	Tích hợp các công nghệ HVDC, BESS, công nghệ thông minh và mở rộng hạ tầng số

6.2. Khung pháp lý cho đầu tư

Hệ thống pháp luật của Việt Nam cũng đang được hoàn thiện để hỗ trợ đầu tư cả vào hạ tầng năng lượng truyền thống và hạ tầng năng lượng số. Các văn bản pháp luật này nhằm nâng cao tính minh bạch, giảm thiểu rủi ro đầu tư, và khuyến khích khu vực tư nhân tham gia vào cả đầu tư hạ tầng lưới điện và cung cấp dịch vụ năng lượng số. Một số văn bản quy phạm pháp luật quan trọng bao gồm:

Luật Điện lực số 61/2024/QH15 (2024)

Luật này đóng vai trò là nền tảng pháp lý chủ đạo cho ngành điện Việt Nam, đặt ra khung pháp lý phục vụ quá trình chuyển dịch năng lượng, bao gồm cả việc tích hợp các nguồn

NLTT như điện gió ngoài khơi. Luật yêu cầu phải có quy hoạch tổng thể về phát triển nguồn điện và hạ tầng truyền tải, từ đó xác định phạm vi và điều kiện để các giải pháp số và AI có thể triển khai. Luật cũng quy định rõ các yêu cầu về công nghệ khi thực hiện dự án, yêu cầu đảm bảo an toàn thông tin và bảo mật dữ liệu – đây là những điều kiện pháp lý quan trọng đối với việc triển khai các hệ thống số. Bên cạnh đó, luật đưa ra khung pháp lý cho các hợp đồng mua bán điện (PPA), vốn phụ thuộc nhiều vào khả năng dự báo chính xác và độ tin cậy của lưới điện, đây là những lĩnh vực mà AI có thể mang lại giá trị lớn. Nhìn chung, Luật Điện lực 61/2024/QH15 tạo ra môi trường pháp lý thuận lợi cho việc ứng dụng các công nghệ số và AI trong quá trình đổi mới, phát triển ngành điện Việt Nam.

Ngoài Luật Điện lực, còn có một số luật quan trọng khác quy định việc đầu tư và triển khai các dự án điện tại Việt Nam:

- **Luật Đầu tư (61/2020/QH14)** *quy định khung pháp lý cho hoạt động đầu tư trong nước và nước ngoài, bao gồm các điều kiện, ưu đãi và thủ tục đầu tư vào lĩnh vực năng lượng. Luật này cũng quy định cách thức triển khai và huy động vốn cho các dự án ứng dụng AI và công nghệ số, đặc biệt là các dự án hợp tác với khu vực tư nhân hoặc đối tác quốc tế.*
- **Luật Đầu tư theo phương thức đối tác công tư (Luật số 64/2020/QH14)** *đặt nền tảng pháp lý cho các mô hình hợp tác giữa Nhà nước và tư nhân (công – tư) trong phát triển hạ tầng, bao gồm cả các dự án phát điện và truyền tải điện. Luật này đặc biệt quan trọng đối với việc triển khai các dự án hạ tầng số quy mô lớn và các giải pháp lưới điện thông minh, những lĩnh vực mà sự phối hợp giữa Nhà nước và doanh nghiệp tư nhân đóng vai trò quyết định.*
- **Luật Xây dựng (số 50/2014/QH13, sửa đổi bổ sung bởi Luật số 62/2020/QH14)** *quản lý các hoạt động xây dựng công trình điện, bao gồm việc cấp phép, tiêu chuẩn an toàn và chất lượng. Luật này đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo việc tích hợp các hệ thống thông minh và ứng dụng AI vào cơ sở hạ tầng điện phải đáp ứng đúng các tiêu chuẩn kỹ thuật và quy định pháp luật.*
- **Luật Quy hoạch (số 21/2017/QH14)** *đặt nền tảng cho công tác quy hoạch ở cấp quốc gia, vùng và ngành, trong đó có Quy hoạch phát triển điện lực quốc gia. Luật này giúp đảm bảo các công nghệ số và AI phải phù hợp với chiến lược phát triển hạ tầng dài hạn và đồng bộ với mục tiêu phát triển kinh tế - xã hội của Việt Nam.*

Nhìn chung, các luật này tạo nên một môi trường pháp lý và quản lý toàn diện cho việc triển khai công nghệ số và AI trong các dự án điện, từ khâu đầu tư, quy hoạch, xây dựng cho đến vận hành.

Nghị định 56/2025/NĐ-CP (2025) – Quy định chi tiết thi hành Luật Điện lực về phát triển và đầu tư ngành điện

Nghị định này quy định chi tiết các nội dung về quy hoạch điện, phát triển lưới điện và cơ chế đầu tư theo Luật Điện lực. Điểm mới đáng chú ý là Nghị định bổ sung hẳn một chương riêng

về chuyển đổi số và quản lý hệ thống dữ liệu ngành điện. Nghị định khuyến khích áp dụng các công nghệ tiên tiến như trí tuệ nhân tạo, dữ liệu lớn, chuỗi khối, điện toán đám mây và 5G trong công tác quy hoạch và quản lý ngành điện. Nghị định cũng quy định cấu trúc của hệ thống thông tin năng lượng quốc gia và xác định các loại dữ liệu cần thu thập, như thông số kỹ thuật, số liệu sản xuất và dữ liệu về các nguồn năng lượng sơ cấp. Ngoài ra, nghị định ưu tiên đầu tư vào các dự án NLTT và năng lượng mới phù hợp với mục tiêu chuyển dịch năng lượng của Việt Nam, gắn chặt đổi mới số với mục tiêu giảm phát thải.

Nghị định 58/2025/NĐ-CP (2025) – Quy định chi tiết thi hành Luật Điện lực về phát triển năng lượng tái tạo và năng lượng mới

Nghị định này đưa ra khung pháp lý chi tiết để thúc đẩy phát triển các nguồn NLTT và năng lượng mới, đồng thời quy định các cơ chế ưu đãi và quy định để khuyến khích đầu tư vào các công nghệ như điện gió ngoài khơi và các dạng NLTT biến đổi khác. Trách nhiệm ttriển khai được phân công rõ ràng cho các Bộ ngành, Ủy ban nhân dân cấp tỉnh và EVN. Đáng chú ý, EVN được giao nhiệm vụ xây dựng và triển khai các hệ thống giám sát và điều khiển số để quản lý các nguồn NLTT có sản lượng biến động. Nghị định này nhấn mạnh vai trò then chốt của giải pháp số trong việc bảo đảm độ tin cậy và linh hoạt của hệ thống điện khi tỷ trọng NLTT cao, đồng thời củng cố cơ sở pháp lý để ứng dụng chuyển đổi số nhằm đạt mục tiêu năng lượng sạch của Việt Nam.

Bảng 5 tóm tắt khung pháp lý và đầu tư chính cũng như công nghệ AI và số hóa liên quan.

Bảng 5. Khung pháp lý và đầu tư chính & công nghệ AI và số hóa liên quan

	Chính sách	Năm	Mục tiêu	Các công nghệ AI và công nghệ số liên quan
1	Luật Điện lực – 61/2024/QH 15	2024	Đặt nền tảng pháp lý cho ngành điện và quá trình chuyển dịch năng lượng	Đặt ra các yêu cầu về bảo mật dữ liệu, quy hoạch, hợp đồng mua bán điện (PPA), tạo điều kiện cho dự báo bằng AI và quản lý lưới điện số
2	Nghị định 56/2025/NĐ-CP	2025	Quy định chi tiết về đầu tư và quy hoạch theo Luật Điện lực	Bổ sung chương về chuyển đổi số; bắt buộc áp dụng AI, Dữ liệu lớn, 5G cho hệ thống dữ liệu và quy hoạch ngành điện
3	Nghị định 58/2025/NĐ-CP	2025	Thúc đẩy các công nghệ NLTT và công nghệ mới	Yêu cầu EVN áp dụng các công cụ số để tích hợp NLTT biến đổi; củng cố hạ tầng số để đảm bảo ổn định lưới điện

6.3. Quy định kỹ thuật và vận hành

Để thực hiện các chiến lược quốc gia, Việt Nam đã ban hành nhiều quy định kỹ thuật thông qua các Thông tư của Bộ CT và Quyết định của Cục ĐTĐL (nay là Cục ĐL) nhằm hướng dẫn chi tiết việc vận hành và điều khiển hạ tầng lưới điện.

Thông tư 05/2025/TT-BCT (2025) *quy định các tiêu chuẩn kỹ thuật áp dụng cho hệ thống truyền tải, phân phối và đo đếm điện tại Việt Nam, trong đó có các yêu cầu cụ thể đối với các hạ tầng quan trọng như Bộ điều khiển ổn định hệ thống công suất (PSS) và Hệ thống pin lưu trữ năng lượng (BESS) – những thành phần đóng vai trò then chốt trong việc đảm bảo sự ổn định của lưới điện. Thông tư yêu cầu bắt buộc triển khai các Bộ thu thập dữ liệu tập trung (DCU) và các hệ thống liên quan để thu thập và quản lý dữ liệu đo đếm, bao gồm cả dữ liệu từ các cơ sở lưu trữ năng lượng; đồng thời quy định các mức điện áp tiêu chuẩn áp dụng cho toàn bộ hệ thống truyền tải và phân phối điện. Những yêu cầu kỹ thuật này tạo nền tảng cho việc tích hợp các công nghệ số và trí tuệ nhân tạo vào công tác giám sát, điều khiển và phân tích dữ liệu hệ thống điện. Nắm vững các quy định này là yếu tố then chốt để ứng dụng hiệu quả AI và các giải pháp số nhằm tuân thủ các yêu cầu pháp lý, khai thác tối đa hiệu suất sử dụng thiết bị, đồng thời tăng khả năng chống chịu và nâng cao hiệu quả vận hành của lưới điện.*

Thông tư 06/2025/TT-BCT (2025) *đưa ra các quy định toàn diện về vận hành, điều độ, xử lý sự cố, khởi động đen và khôi phục hệ thống điện quốc gia, bao gồm cả các quy trình quản lý lưới điện và dự báo. Thông tư yêu cầu bắt buộc sử dụng các nền tảng SCADA/EMS và SCADA/DMS làm hạ tầng số cốt lõi để giám sát, điều khiển và trao đổi dữ liệu hệ thống, đồng thời là giao diện bắt buộc để các ứng dụng AI có thể vận hành. Quy định cũng nêu rõ yêu cầu dự báo ở các mốc thời gian hàng ngày, hàng tháng và hàng năm, mở ra cơ hội rõ ràng để AI cải thiện độ chính xác của dự báo và hỗ trợ ra quyết định. Bên cạnh đó, các quy trình quản lý tình trạng thiết bị và ứng phó sự cố theo quy định cũng tạo điều kiện cho việc ứng dụng AI để thực hiện bảo trì dự đoán và hỗ trợ vận hành tự động. Việc đưa yêu cầu đào tạo nhân sự vào quy định càng nhấn mạnh tầm quan trọng của các công cụ mô phỏng số và mô phỏng dựa trên AI nhằm nâng cao năng lực sẵn sàng của lực lượng vận hành và độ tin cậy của hệ thống điện.*

Quyết định số 55/QĐ-ĐTĐL (2017) *quy định các yêu cầu kỹ thuật và quản lý vận hành hệ thống SCADA trong hệ thống điện quốc gia, đóng vai trò là quy định nền tảng cho việc giám sát và điều khiển lưới điện theo thời gian thực. Quyết định này đưa ra các tiêu chuẩn chi tiết cho Thiết bị đầu cuối từ xa (RTU), bao gồm các giao thức thu thập dữ liệu, truyền tải dữ liệu và đảm bảo độ tin cậy của hệ thống. Quy định cũng xác định các yêu cầu kết nối và kiến trúc cần thiết giữa hệ thống SCADA trung tâm với các nền tảng SCADA/EMS và SCADA/DMS liên quan, nhằm đảm bảo khả năng tương tác và tính toàn vẹn của hệ thống. Những tiêu chuẩn kỹ thuật này tạo nên hạ tầng số cốt lõi, cho phép vận hành lưới điện một cách an toàn và hiệu quả Việc nắm vững các tiêu chuẩn này là cực kỳ quan trọng, bởi hệ thống SCADA cung cấp các luồng dữ liệu và giao diện điều khiển thiết yếu – nền tảng để phát triển các giải pháp AI và công nghệ số tiên tiến phục vụ tối ưu hóa lưới điện, phân tích dự đoán và ra quyết định tự động.*

Quyết định số 105/QĐ-ĐTĐL (2018) *quy định mô hình hệ thống thu thập số liệu đo đếm và hệ thống quản lý dữ liệu đo đếm trong thị trường điện Việt Nam, tạo nền tảng quan trọng cho hoạt động vận hành lưới điện, thanh toán thị trường điện và các hoạt động phân tích dữ liệu. Quyết định này xác định kiến trúc của Hệ thống thu thập dữ liệu đo đếm (MDCS) và Hệ thống quản lý dữ liệu đo đếm (MDMS), qua đó khẳng định Việt Nam đã có một hạ tầng số có tổ chức để xử lý dữ liệu đo đếm điện. Ngoài ra, quyết định cũng cũng mô tả các quy trình ước tính và nội suy dữ liệu bị thiếu bằng cách sử dụng hệ thống SCADA và nhật ký điều độ, cho thấy tiềm năng ứng dụng AI để nâng cao độ chính xác, đầy đủ và độ tin cậy của dữ liệu. Việc có được dữ liệu chi tiết về tiêu thụ và phát điện, như được đề cập trong quyết định, sẽ cung cấp nguồn dữ liệu phong phú cho các ứng dụng AI như dự báo phụ tải, quản lý nhu cầu điện và phân tích hành vi thị trường. Bằng việc chuẩn hóa quy trình dữ liệu và đảm bảo tính nhất quán, quy định này mở đường cho việc tích hợp các giải pháp AI dựa trên dữ liệu vào một môi trường pháp lý tuân thủ và minh bạch.*

Quyết định 175/QĐ-BCT (2019) *phê duyệt lộ trình và kế hoạch triển khai thực hiện Chương trình DR điện, coi đây là một chương trình trọng tâm, chiến lược trong tổng thể Chương trình quốc gia về Quản lý nhu cầu điện (DSM) nhằm nâng cao hiệu quả vận hành hệ thống điện và cải thiện hệ số phụ tải. Quyết định này nhấn mạnh việc triển khai các công nghệ hỗ trợ như AMI, điều khiển phụ tải trực tiếp (DLC) và hệ thống DR tự động để đảm bảo thực hiện chương trình DR hiệu quả. Quyết định cũng phân định rõ trách nhiệm của các cơ quan quản lý nhà nước và EVN trong việc xây dựng khung pháp lý hỗ trợ, tổ chức đào tạo và giám sát việc thực hiện chương trình. Quyết định này tạo nền tảng chính sách vững chắc cho việc tích hợp các công cụ số, cho phép khách hàng điện tham gia chủ động và điều chỉnh nhu cầu sử dụng điện theo thời gian thực. Đây cũng là lĩnh vực có tiềm năng cao để ứng dụng trí tuệ nhân tạo, đặc biệt trong dự báo phụ tải, mô phỏng hành vi sử dụng điện của khách hàng và chiến lược điều khiển DR tự động nhằm tối ưu hóa khả năng điều chỉnh linh hoạt nhu cầu điện và nâng cao độ tin cậy của toàn hệ thống.*

Quyết định 41/QĐ-ĐTĐL (2020) *ban hành quy trình quản lý vận hành các hệ thống CNTT điều hành thị trường điện cạnh tranh tại Việt Nam. Quyết định này quy định rõ hạ tầng số chuyên dụng cho các hoạt động điều hành thị trường, tách biệt với các hệ thống CNTT phục vụ quản lý lưới điện. Quy định này yêu cầu sử dụng tài khoản người dùng và báo cáo theo định dạng chuẩn, cho thấy hệ thống dữ liệu thị trường đã được tổ chức bài bản, bao gồm thông tin về các đơn vị tham gia thị trường, hoạt động đấu thầu và giao dịch điện. Kho dữ liệu thị trường phong phú này mở ra tiềm năng lớn cho ứng dụng AI trong các lĩnh vực như dự báo giá điện, tối ưu hóa chiến lược giao dịch và phát hiện bất thường. Quyết định này cũng thể hiện xu hướng số hóa ngày càng sâu rộng trong toàn bộ chuỗi giá trị của ngành điện, đồng thời khẳng định vai trò của công nghệ số và AI tiên tiến trong việc nâng cao tính minh bạch, hiệu quả và khả năng phản ứng của thị trường*

Quyết định 67/QĐ-ĐTĐL (2021) *ban hành quy trình dự báo công suất, điện năng phát của các nguồn NLTT, thiết lập khung pháp lý quan trọng để hỗ trợ tích hợp các nguồn phát điện có công suất biến động vào hệ thống điện Việt Nam. Quyết định yêu cầu thực hiện dự báo ở nhiều khoảng thời gian khác nhau – hàng ngày, hàng tuần, hàng tháng và hàng năm – đồng*

thời quy định rõ việc đánh giá độ chính xác của dự báo. Quy định này nhấn mạnh một lĩnh vực ứng dụng quan trọng rất phù hợp cho AI và học máy để nâng cao độ chính xác và độ tin cậy trong dự báo NLTT. Bằng cách xác định rõ cả nhu cầu vận hành và tiêu chí đánh giá hiệu quả, quyết định này tạo nền tảng pháp lý vững chắc cho việc triển khai các công cụ dự báo tiên tiến ứng dụng AI. Các công cụ này rất cần thiết để đảm bảo sự ổn định và hiệu quả vận hành của lưới điện trong bối cảnh tỷ trọng NLTT trong hệ thống ngày càng cao.

Tóm tắt các quy định kỹ thuật và công nghệ AI và số hóa liên quan được trình bày trong Bảng 6.

Bảng 6. Quy định kỹ thuật và công nghệ AI và số hóa liên quan

	Văn bản	Năm	Mục tiêu	Các công nghệ AI và số hóa liên quan
1	Quyết định số 55/QĐ-ĐTĐL	2017	Tiêu chuẩn hệ thống SCADA và khả năng kết nối	Hạ tầng thiết yếu cho giám sát, điều khiển và tự động hóa dựa trên AI
2	Quyết định số 105/QĐ-ĐTĐL	2018	Kiến trúc và quản lý hệ thống dữ liệu đo đếm điện	Tạo điều kiện cung cấp dữ liệu chi tiết cho phân tích, dự báo và DSM dựa trên AI
3	Quyết định số 175/QĐ-BCT	2019	Lộ trình chương trình DR điện và các công nghệ hỗ trợ	Hỗ trợ AMI, DLC, tự động hóa và AI cho dự báo phụ tải và điều chỉnh nhu cầu linh hoạt
4	Quyết định số 41/QĐ-ĐTĐL	2020	Hệ thống CNTT cho thị trường điện cạnh tranh	Cung cấp dữ liệu thị trường cho ứng dụng AI như dự báo giá và tối ưu hóa chiến lược
5	Quyết định số 67/QĐ-ĐTĐL	2021	Quy trình dự báo nguồn NLTT	Xác định tiêu chuẩn và khung thời gian cho dự báo NLTT sử dụng AI
6	Thông tư 05/2025/TT-BCT	2025	Tiêu chuẩn kỹ thuật lưới điện và đo đếm	Ban hành các tiêu chuẩn cho BESS, PSS, DCU; tạo nền tảng số cho phân tích lưới điện thông minh
7	Thông tư 06/2025/TT-BCT	2025	Quy trình vận hành và khôi phục lưới điện	Yêu cầu sử dụng SCADA/EMS, dự báo, và mở cơ hội cho AI trong xử lý sự cố và đào tạo

6.4. Huy động vốn cho AI và số hóa trong ngành điện tại Việt Nam

Việc triển khai các khoản đầu tư quy mô lớn vào trí tuệ nhân tạo và số hóa trong ngành điện tại Việt Nam sẽ đòi hỏi một lượng vốn đáng kể cùng với một khuôn khổ chính sách vững chắc. Hiện nay, Việt Nam đang gặp hạn chế về các kênh huy động vốn dài hạn và thiết kế các cơ chế thiết kế thị trường cần thiết để triển khai hạ tầng số[142]. Các phần tiếp theo sẽ phân tích một cách có hệ thống các công cụ tài chính tiềm năng, giới thiệu các sáng kiến trong nước và quốc tế, và rút ra các bài học từ kinh nghiệm toàn cầu nhằm giúp các nhà hoạch định chính sách và cơ quan quản lý của Việt Nam huy động nguồn vốn và xây dựng một hệ sinh thái thuận lợi cho việc ứng dụng AI và công nghệ số trong ngành điện.

6.4.1. Cơ chế và công cụ huy động vốn

Sự kết hợp giữa các cơ chế tài chính quốc tế, khu vực và trong nước sẽ đóng vai trò quan trọng trong việc hỗ trợ quá trình số hóa ngành điện tại Việt Nam. Các công cụ tài chính quan trọng bao gồm:

[142] https://caseforsea.org/vietnam

Các khoản vay ưu đãi từ Ngân hàng Phát triển Đa phương

Nguồn vốn vay ưu đãi từ các ngân hàng phát triển đa phương (MDB) là các khoản vay có lãi suất thấp, thời gian vay dài và thời gian ân hạn trước khi phải trả nợ gốc. Nhờ vậy, chúng giúp giảm chi phí vốn và thúc đẩy đầu tư vào các dự án hiện đại hóa lưới điện như lắp đặt hệ thống AMI, tự động hóa lưới điện và nâng cấp hệ thống SCADA. Ví dụ, Dự án Hiệu quả truyền tải trị giá 500 triệu USD của WB (năm 2014) đã tài trợ xây dựng 1.000 km đường dây cao áp và triển khai các công nghệ Lưới điện thông minh nhằm nâng cao độ tin cậy và chất lượng cung cấp điện ở Việt Nam[143]. Tương tự, Ngân hàng Phát triển Châu Á (ADB) đã cung cấp khoản vay 600 triệu USD theo hình thức "kết quả làm căn cứ giải ngân" cho Tập đoàn Điện lực Quốc gia Indonesia (PLN), nhằm nâng cao khả năng chống chịu và hiệu quả vận hành của lưới điện phân phối[144]. Việc gắn các khoản giải ngân với các chỉ số hiệu suất giúp đảm bảo các dự án hạ tầng số mang lại kết quả tăng độ tin cậy rõ ràng, đồng thời tạo tiền lệ để Việt Nam có thể nhận được sự hỗ trợ tương tự từ MDB cho phát triển lưới điện thông minh.

Các khoản tài trợ và quỹ khí hậu

Các nguồn viện trợ và quỹ khí hậu giúp tài trợ cho các dự án thí điểm và hoạt động nâng cao năng lực, nhằm giảm rủi ro khi thử nghiệm các công nghệ mới. Ví dụ, Dự án "Lưới điện thông minh cho NLTT và hiệu quả năng lượng" (SGREEE, 2017–2022) do GIZ hỗ trợ đã cung cấp hỗ trợ kỹ thuật cho Cục ĐTĐL (nay là Cục ĐL), hỗ trợ hiệu quả cho việc xây dựng chính sách và triển khai các dự án thí điểm theo Lộ trình Lưới điện thông minh. Song song đó, các cơ quan của Hoa Kỳ như USAID và USTDA đã thực hiện các chương trình chuyển giao công nghệ. Điển hình là chương trình năm 2024 của USTDA đưa đoàn cán bộ Việt Nam sang Hoa Kỳ để tìm hiểu các công nghệ tiên tiến về an ninh mạng lưới điện và tích hợp NLTT.[145]. Trên phạm vi toàn cầu, các cơ chế như Quỹ Khí hậu xanh (GCF) và Quỹ Môi trường toàn cầu (GEF) có thể tài trợ cho các ứng dụng AI giai đoạn đầu, chẳng hạn như để ổn định lưới điện hoặc hệ thống quản lý pin lưu trữ, qua đó gắn kết mục tiêu giảm phát thải với đầu tư vào hệ thống số. Những nguồn tài trợ này đóng vai trò "chất xúc tác" – giúp bù đắp chi phí ban đầu của các dự án tiên phong, đồng thời thể hiện cam kết của chính phủ đối với việc chuyển đổi số và đổi mới sáng tạo.

Tài chính kết hợp và các công cụ giảm thiểu rủi ro

Mô hình tài chính kết hợp sử dụng vốn công và vốn từ các tổ chức phi lợi nhuận để thu hút đầu tư tư nhân, thông qua các công cụ như bảo lãnh, sản phẩm bảo hiểm và cơ chế thanh toán dựa trên kết quả nhằm cải thiện tỷ suất lợi nhuận so với rủi ro. JETP dành cho Việt Nam do các nước G7 khởi xướng đã cam kết cung cấp 15,5 tỷ USD từ nguồn tài chính công và tư để thúc đẩy chuyển dịch sang năng lượng xanh, trong đó có tích hợp các giải pháp lưới điện số[146]. Khoảng một nửa số vốn này là từ các khoản vay của MDB và bảo lãnh của các cơ quan tín dụng xuất khẩu, phần còn lại là từ quỹ đầu tư tư nhân và nhà đầu tư tổ chức.

[143] https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2014/11/12/wb-vietnam-sign-500-million-loan-to-improve-energy-efficiency
[144] https://www.adb.org/news/adb-provide-indonesias-energy-sector-over-1-billion-loans
[145] https://www.ustda.gov/ustda-supports-strengthening-securing-vietnams-power-sector
[146] https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_7671

Một ví dụ khác là, vào năm 2022, GuarantCo đã cung cấp bảo lãnh tín dụng một phần trị giá 50 triệu USD cho EVNFinance, giúp đơn vị này phát hành trái phiếu xanh đầu tiên của Việt Nam, trị giá 1.725 tỷ đồng (khoảng 75 triệu USD), để tài trợ cho các dự án hạ tầng xanh[147]. Bằng cách giảm thiểu rủi ro tín dụng quốc gia hoặc các của ngành điện, các công cụ này giúp huy động vốn tư nhân cho các dự án như triển khai công tơ thông minh, hệ thống lưu trữ điện tại điểm tiêu thụ (phân tán) và nền tảng VPP, đồng thời tạo tiền lệ cho các mô hình tài chính kết hợp có thể nhân rộng.

Các mô hình hợp tác công-tư (PPP)

PPP là hình thức huy động nguồn lực tài chính và kinh nghiệm quản lý hiệu quả của khu vực tư nhân để thực hiện các dự án hạ tầng số. Mô hình này đặc biệt hữu ích trong bối cảnh ngân sách nhà nước còn hạn chế. Luật Điện lực sửa đổi của Việt Nam (2024) đã cho phép khu vực tư nhân đầu tư vào các tài sản truyền tải và phân phối điện dưới 220 kV – một lĩnh vực trước đây do nhà nước độc quyền. Quy định mới này mở ra cơ hội triển khai các dự án PPP trong các dự án như lắp đặt công tơ điện thông minh, xây dựng mạng lưới trạm sạc xe điện, và phát triển trung tâm dữ liệu phục vụ quản lý lưới điện[148]. Theo mô hình hợp đồng xây dựng – vận hành – chuyển giao (BOT) hoặc nhượng quyền khai thác, doanh nghiệp tư nhân có thể thu hồi vốn đầu tư thông qua khoản thanh toán định kỳ của chính phủ để đảm bảo sẵn sàng cung cấp dịch vụ hoặc phí dịch vụ từ người dùng, với điều kiện phải có khung hợp đồng rõ ràng và cơ chế pháp lý bảo đảm. Ví dụ, chương trình công tơ thông minh quốc gia của Ấn Độ áp dụng mô hình PPP "mua sắm tập trung và cho thuê lại" do Công ty Dịch vụ Hiệu quả Năng lượng (Energy Efficiency Services Ltd.) triển khai, tài trợ hơn 250 triệu công tơ và thu hồi chi phí thông qua giá điện[149]. Việt Nam có thể thí điểm các mô hình tương tự - chẳng hạn như thuê đơn vị vận hành công tơ thông minh bên thứ ba hoặc các đơn vị tổng hợp điều phối nhà máy điện ảo - qua đó đa dạng hóa nguồn vốn, đồng thời đảm bảo chất lượng dịch vụ lâu dài.

Tài chính công trong nước: EVN và các ngân hàng trong nước

EVN vẫn là đơn vị tài trợ chủ lực cho việc hiện đại hóa lưới điện, sử dụng doanh thu, lợi nhuận giữ lại và các khoản vay được chính phủ bảo lãnh để đầu tư nâng cấp số hóa – bao gồm nâng cấp hệ thống SCADA, triển khai AMI và tích hợp hệ thống CNTT và CNVH. Tuy nhiên, nguồn vốn của EVN rất hạn chế: giai đoạn 2021–2025, ngân sách nhà nước chỉ hỗ trợ 4,38 nghìn tỷ đồng (~187 triệu USD), trong khi nhu cầu đầu tư lưới điện hàng năm ước tính lên tới 94,9 nghìn tỷ đồng (~4 tỷ USD)[150]. Do đó, EVN và các công ty thành viên cần tăng cường hợp tác với các ngân hàng trong nước và thị trường trái phiếu. Việc EVNFinance phát hành trái phiếu xanh có bảo lãnh một phần đã cho thấy tiềm năng của các khoản vay "xanh". Ngân hàng Phát triển Việt Nam (VDB) và các ngân hàng thương mại có thể thiết lập các gói tín dụng chuyên biệt cho các dự án lưới điện thông minh, kèm theo hỗ trợ như trợ

[147] https://guarantco.com/news/guarantco-provides-evnfinance-a-vnd-1150-billion-c-usd-50-million-partial-credit-guarantee-to-support-the-issuance-of-vietnams-inaugural-internationally-verified-green-bond/
[148] https://reglobal.org/vietnams-new-electricity-law-paves-the-way-for-accelerated-energy-transformation/
[149] https://sarepenergy.net/wp-content/uploads/2025/01/Case-Study-on-Smart-Metering-Market-Transformation-in-India.pdf
[150] https://vepg.vn/wp-content/uploads/2023/08/Options-for-private-sector-investment-into-Vietnams-grid-24042023-ENG.pdf

cấp lãi suất hoặc ưu tiên cho vay theo lĩnh vực. Những biện pháp này sẽ giúp chuyển nguồn tiết kiệm trong nước thành vốn đầu tư cho hạ tầng lưới điện ứng dụng AI.

Chiến lược huy động vốn tư nhân

Ngoài mô hình PPP, Việt Nam có thể huy động vốn tư nhân thông qua phát hành trái phiếu xanh và trái phiếu gắn với tiêu chí bền vững, quỹ đầu tư mạo hiểm, hoặc vốn cổ phần từ các quỹ hạ tầng. Các tổ chức phát hành – từ doanh nghiệp điện lực đến chính quyền địa phương – cần xây dựng bộ tiêu chuẩn phân loại rõ ràng và có xác nhận độc lập từ bên thứ ba (như chứng nhận quốc tế cho trái phiếu của EVNFinance) để thu hút nhà đầu tư ESG toàn cầu[151]. Các công ty khởi nghiệp trong nước, chẳng hạn như SmartSolar, đã huy động thành công 1,85 triệu USD vốn mồi cho các giải pháp điện mặt trời mái nhà và ứng dụng AI trong năng lượng[152], là những mục tiêu tăng trưởng cao cho các quỹ đầu tư công nghệ khí hậu. Nhà nước có thể hỗ trợ kết nối giữa doanh nghiệp đổi mới sáng tạo trong nước với nhà đầu tư tác động thông qua các nền tảng kết nối đầu tư, giúp tăng tốc thương mại hóa các ứng dụng số hóa trong ngành điện. Một hướng huy động vốn khác là tái cơ cấu tài sản - tức bán hoặc cho thuê các tài sản không cốt lõi (ví dụ: hạ tầng cáp quang dọc hành lang truyền tải) để có thêm nguồn vốn đầu tư nâng cấp số hóa lưới điện thành lưới điện thông minh.

Quỹ đổi mới sáng tạo và chương trình tăng tốc đổi mới sáng tạo

Các quỹ đổi mới sáng tạo đóng vai trò quan trọng trong việc ươm tạo và thử nghiệm các giải pháp AI và số hóa. Việt Nam có thể tận dụng các nguồn tài trợ từ ADB hoặc WB – như Quỹ Chuyển đổi số châu Á – hoặc hợp tác với Mạng lưới Đổi mới ASEAN để triển khai các dự án thí điểm về phát hiện sự cố bằng AI hoặc giao dịch năng lượng dựa trên công nghệ chuỗi khối (blockchain). Các chương trình tăng tốc công tư, tiêu biểu là New Energy Nexus Vietnam (thành lập năm 2019), đã nhỗ trợ hàng trăm startup năng lượng sạch, bao gồm các giải pháp phần mềm quản lý năng lượng và phân tích dữ liệu pin lưu trữ.[153]. Việc tổ chức "Cuộc thi số hóa năng lượng Việt Nam" với tài trợ từ nhiều nhà tài trợ quốc tế có thể giúp vinh danh các giải pháp thí điểm xuất sắc trong nước và thu hút thêm nguồn vốn. Dù quy mô các khoản tài trợ ban đầu thường không lớn, nhưng chúng có tác dụng kích thích, giúp giảm rủi ro cho các ý tưởng giai đoạn đầu và chứng minh mô hình kinh doanh để sau đó thu hút vốn đầu tư lớn hơn.

Không có công cụ tài chính đơn lẻ nào có thể đáp ứng toàn bộ nhu cầu vốn cho mục tiêu số hóa lưới điện của Việt Nam. Cần một danh mục giải pháp kết hợp – bao gồm các khoản vay ưu đãi, tài trợ không hoàn lại, mô hình tài chính hỗn hợp, mô hình PPP, tín dụng trong nước và vốn cổ phần tư nhân – để huy động đủ nguồn lực. Việc thiết kế các gói đầu tư theo lộ trình rõ ràng – chẳng hạn như dùng khoản tài trợ khí hậu để thử nghiệm dự án AI, sau đó vay vốn từ ngân hàng phát triển đa phương để mở rộng, và cuối cùng thu hút thêm vốn đầu tư tư nhân – sẽ giúp đảm bảo tính khả thi cả về tài chính và vận hành. Điều quan trọng là

[151] https://www.cardanodevelopment.com/2022/guarantco-provides-evnfinance-a-vnd-1150-billion-c-usd-50-million-partial-credit-guarantee-to-support-the-issuance-of-vietnams-inaugural-internationally-verified-green-bond/
[152] https://vir.com.vn/smartsolar-bags-185-million-in-seed-funding-123943.html
[153] https://www.newenergynexus.com/chapter/vietnam/

phải triển khai nguồn vốn này trong môi trường chính sách thuận lợi, với cơ chế khuyến khích hợp lý, giảm rủi ro pháp lý, và tạo điều kiện để cả khu vực công và tư cùng đổi mới sáng tạo.

6.4.2. Kinh nghiệm quốc tế và bài học cho Việt Nam

Các quốc gia đang phát triển và mới nổi trên thế giới đã có nhiều bài học quý báu trong việc huy động vốn và triển khai hạ tầng năng lượng số. Bốn nghiên cứu tình huống từ châu Á và châu Phi cho thấy rằng những khung chính sách phù hợp kết hợp cùng các mô hình tài chính sáng tạo có thể giúp huy động cả nguồn vốn công lẫn tư nhân để triển khai các chương trình quy mô lớn về lưới điện thông minh, đo đếm điện thông minh và lưới điện siêu nhỏ. Mỗi ví dụ đều rút ra một nguyên tắc quan trọng có thể áp dụng trực tiếp vào bối cảnh Việt Nam.

Ấn Độ – Đo đếm điện thông minh thông qua mô hình hợp tác đối tác công-tư

Chương trình đo đếm điện thông minh quốc gia của Ấn Độ là chương trình lớn nhất thế giới trong lĩnh vực này. Chương trình này đã tiến hành thay thế 250 triệu công tơ điện cơ học bằng công tơ điện tử thông minh, triển khai theo mô hình BOOT do Công ty Dịch vụ Hiệu quả Năng lượng (EESL) thuộc sở hữu nhà nước tổ chức và điều phối. Trong mô hình này, EESL đóng vai trò một công ty dịch vụ năng lượng thuộc sở hữu nhà nước, gom nhu cầu, mua sắm công tơ và triển khai lắp đặt. Nguồn vốn đầu tư ban đầu được huy động thông qua phát hành trái phiếu và vay thương mại. Các công ty phân phối điện không phải trả chi phí mua công tơ ngay lập tức mà sẽ thanh toán dần trong 8–10 năm thông qua phí dịch vụ. Khoản phí này dựa trên kết quả cụ thể như giảm tổn thất điện năng và tăng doanh thu[154]. Các dự án thử nghiệm ban đầu từ năm 2013 đã chứng minh tính khả thi về kỹ thuật và hiệu quả tài chính, mở đường cho việc mở rộng chương trình nhanh chóng.

Bài học rút ra: *Một mô hình PPP được thiết kế tốt có thể huy động vốn và kinh nghiệm kỹ thuật từ khu vực tư nhân, đồng thời giải quyết vấn đề thiếu vốn của ngành điện. Bằng cách giãn thời gian thanh toán và gắn việc thanh toán với hiệu quả thực tế (như tăng tỷ lệ thu tiền điện, giảm thất thoát điện năng), mô hình BOOT của Ấn Độ đã giúp vượt qua rào cản chi phí đầu tư ban đầu. Việt Nam có thể áp dụng cách làm này thông qua chương trình "Sáng kiến tăng tốc lưới điện thông minh", tập hợp các nhà tài trợ, nhà đầu tư tư nhân và EVN để lắp đặt công tơ thông minh, thiết bị phân phối tự động hoặc trạm sạc xe điện, với nguồn vốn có thể đến từ các khoản tiết kiệm do tăng hiệu quả hoặc phí dịch vụ. Sự ủng hộ mạnh mẽ từ phía chính phủ – tương tự như Ấn Độ đã làm với Chương trình lưới điện thông minh quốc gia của Ấn Độ – cùng với hệ thống tiêu chuẩn kỹ thuật thống nhất sẽ tạo niềm tin cho các nhà đầu tư và đơn vị triển khai.*

Nigeria – Nhà cung cấp tài sản công tơ độc lập

Đối mặt với tình trạng thất thoát điện năng và doanh thu kéo dài, Ủy ban Điều tiết Điện lực Nigeria (NERC) đã giới thiệu chương trình Nhà cung cấp công tơ điện (Meter Asset Provider – MAP) vào năm 2018. Theo đó, các doanh nghiệp tư nhân được chứng nhận có quyền đầu

[154] https://sarepenergy.net/wp-content/uploads/2025/01/Case-Study-on-Smart-Metering-Market-Transformation-in-India.pdf

tư, lắp đặt và bảo trì công tơ điện. Khách hàng có thể lựa chọn giữa hình thức thanh toán trả một lần hoặc trả góp hàng tháng thông qua hóa đơn. Ban đầu, cách tiếp cận tư nhân hóa một phần hệ thống đo đếm này đã thu hút nhiều nhà cung cấp và lắp đặt hàng triệu công tơ[155]. Tuy nhiên, do thiếu ngoại tệ vì phần cứng công tơ chủ yếu phải nhập khẩu và một số chậm trễ về chính sách, tiến độ chương trình bị ảnh hưởng, buộc chính phủ phải can thiệp bằng chương trình mua sắm công tơ quốc gia có trợ giá vào năm 2020[156].

Bài học rút ra: *Sự tham gia của khu vực tư nhân có thể thúc đẩy đầu tư vào hạ tầng đo đếm số quan trọng, nhưng thiết kế chính sách cần tính đến các rủi ro kinh tế vĩ mô và vận hành – chẳng hạn như biến động tỷ giá đối với thiết bị nhập khẩu – và đảm bảo thực thi chính sách nhất quán. Với Việt Nam, khi cho phép các doanh nghiệp tư nhân triển khai hệ thống pin lưu trữ hoặc trạm sạc xe điện, các cơ quan quản lý cần đưa vào hợp đồng các điều khoản bảo đảm thanh toán, xây dựng cơ chế phòng ngừa rủi ro tỷ giá, và thiết lập các tiêu chí đánh giá hiệu quả rõ ràng, đồng thời áp dụng các biện pháp bảo vệ người tiêu dùng - như quy định trần phí ban đầu và bảo đảm chất lượng dịch vụ – để duy trì niềm tin của người dân và đảm bảo việc áp dụng rộng rãi, bền vững.*

Kenya – Thanh toán theo mức sử dụng và Lưới điện thông minh cục bộ

Mô hình điện khí hóa của Kenya đã thay đổi mạnh mẽ nhờ sự kết hợp giữa thanh toán điện tử qua điện thoại di động và công nghệ năng lượng mặt trời. Các doanh nghiệp ngoài lưới điện như M-KOPA đã tích hợp dịch vụ thanh toán qua M-Pesa với hình thức cho thuê hệ thống điện mặt trời hộ gia đình, cho phép các hộ có thu nhập thấp tiếp cận các dịch vụ điện năng thông qua những khoản trả góp nhỏ[157]. Với lưới điện quốc gia, Công ty Điện lực Kenya đã triển khai công tơ trả trước thông minh từ đầu thập niên 2010, được tài trợ bằng nguồn vốn tự có kết hợp với các khoản vay ưu đãi, nhằm giảm tình trạng trộm cắp điện, tăng doanh thu và tạo sự chủ động cho khách hàng[158]. Tại vùng sâu vùng xa, các khoản viện trợ ưu đãi và vốn vay từ các ngân hàng phát triển đa phương cho Dự án tiếp cận điện mặt trời ngoài lưới Kenya đã giúp xây dựng lưới điện mini điều khiển số, tích hợp điện mặt trời, hệ thống lưu trữ và máy phát diesel dự phòng với bộ điều khiển tự động thông minh[159].

Bài học rút ra: *Việc tích hợp các hệ thống thanh toán số vào dịch vụ năng lượng không chỉ mở rộng khả năng tiếp cận điện cho người dân, mà còn giúp củng cố dòng tiền – yếu tố sống còn để đảm bảo tính bền vững tài chính. Việt Nam có thể tận dụng tỷ lệ sử dụng điện thoại di động cao và sự phát triển nhanh của công nghệ tài chính để triển khai hệ thống công tơ điện trả trước và nền tảng nạp tiền qua di động, qua đó tăng tỷ lệ tuân thủ thanh toán hóa đơn và nâng cao sự gắn kết của khách hàng. Đối với quá trình điện khí hóa nông thôn, việc xây dựng các lưới điện cục bộ thông minh với sự hỗ trợ từ các nguồn vốn khí hậu ưu đãi có*

[155] https://brooksandknights.com/wp-content/uploads/2021/09/UNDERSTANDING-THE-NEW-METER-ASSET-PROVIDER-AND-NATIONAL-MASS-METERING-REGULATIONS.pdf
[156] https://fij.ng/article/fg-has-spent-over-155m-to-close-metering-gap-since-2020-but-more-nigerians-now-lack-meters
[157] https://www.forbes.com/sites/tobyshapshak/2016/01/28/how-kenyas-m-kopa-brings-prepaid-solar-power-to-rural-africa/
[158] https://www.smart-energy.com/regional-news/africa-middle-east/smart-meters-africa-kenya-power-starts-pilot-for-high-end-consumers
[159] https://projects.worldbank.org/en/projects-operations/project-detail/P160009

thể cung cấp điện đáng tin cậy cho các đảo và vùng sâu vùng xa, đồng thời tạo mô hình kinh doanh mẫu để thu hút thêm vốn đầu tư tư nhân trong tương lai.

Malaysia – Mô hình cơ sở tài sản được quản lý cho lưới điện thông minh

Tập đoàn Điện lực Quốc gia Malaysia (Tenaga Nasional Berhad – TNB), doanh nghiệp nhà nước trong lĩnh vực điện lực, đã triển khai một chiến lược lưới điện thông minh tổng thể theo khung cơ chế cơ sở tài sản được quản lý (RAB) trong nhiều năm. TNB đặt mục tiêu lắp đặt hơn 9 triệu công tơ thông minh tại bang Melaka và khu vực Klang Valley vào năm 2026. Để thực hiện, TNB đầu tư khoảng 9 tỷ RM mỗi năm (tương đương khoảng 2,1 tỷ USD) cho chương trình hiện đại hóa lưới điện, trong đó, các hạng mục số hóa chiếm một phần đáng kể. Nhờ chính sách ổn định, Ủy ban Năng lượng đã đưa khấu hao tài sản và mức lợi nhuận được chấp thuận đối với các khoản đầu tư này vào trong cơ chế tính giá điện[160,161], giúp TNB có thể yên tâm đầu tư. Điều này tạo điều kiện thuận lợi cho TNB huy động vốn từ thị trường trái phiếu và từ quỹ dự trữ nội bộ, duy trì được các chương trình đầu tư dài hạn.

Bài học rút ra: *Một cơ chế RAB ổn định và minh bạch, bảo đảm khả năng thu hồi chi phí và lợi nhuận hợp lý, sẽ khuyến khích các công ty điện lực đầu tư mạnh mẽ vào việc số hóa quy mô lớn. Cục ĐL có thể áp dụng mô hình này bằng cách đưa các hạng mục như hệ thống quản lý lưới điện phân phối ứng dụng AI, cảm biến tiên tiến, và hệ thống đo đếm tiên tiến vào hệ thống tài sản cơ sở được quản lý, qua đó hợp pháp hóa việc điều chỉnh giá điện để tài trợ cho quá trình số hóa. Việc triển khai các dự án thí điểm – tương tự như Malaysia đã làm khi thí điểm lắp đặt công tơ thông minh theo từng giai đoạn – có thể giúp giảm rủi ro khi áp dụng công nghệ mới, đồng thời tạo sự đồng thuận của các bên liên quan trước khi triển khai trên phạm vi toàn quốc.*

6.4.3. Các sáng kiến hiện tại và cơ hội huy động vốn tại Việt Nam

Việt Nam đã bắt đầu triển khai nhiều hoạt động để huy động vốn cho quá trình số hóa ngành điện, nhưng vẫn còn nhiều cơ hội có thể tận dụng thêm.

Sáng kiến của Ngân hàng Phát triển Đa phương

Việt Nam đã có quan hệ hợp tác lâu dài với WB và ADB. Các chương trình hợp tác này luôn lồng ghép các yếu tố lưới điện thông minh và tự động hóa bên cạnh việc nâng cấp mạng lưới truyền thống. Dự án Nâng cao Hiệu quả Truyền tải điện (TEP, 2014-2020) của WB trị giá 500 triệu USD đã xây dựng 1.000 km đường dây mới và hỗ trợ các công nghệ lưới điện thông minh dùng cho giám sát, điều khiển và bảo vệ thiết bị nhằm tăng độ tin cậy và giảm mất điện[162]. Dự án này đã đặt nền móng cho việc nâng cấp hệ thống SCADA và trang bị các công cụ hiện đại cho trung tâm điều độ hệ thống điện của Việt Nam. Gần đây, các khoản vay hỗ trợ cải cách ngành điện của WB được thiết kế để khuyến khích triển khai thị trường bán buôn điện và thử nghiệm đo đếm tiên tiến, kết hợp giữa điều kiện chính sách và đầu tư vốn. Trong khi đó, ADB đã tài trợ cho việc tăng cường mạng lưới điện đô thị ở Hà Nội và TP. Hồ

[160] https://www.smart-energy.com/regional-news/asia/tnb-resumes-smart-meter-installations
[161] https://policy.thinkbluedata.com/sites/default/files/Electricity%20tariff%20regulatory%20implementation%20guidelines_0.pdf
[162] https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2014/11/12/wb-vietnam-sign-500-million-loan-to-improve-energy-efficiency

Chí Minh, đồng thời lồng ghép hỗ trợ kỹ thuật để xây dựng lộ trình lưới điện thông minh trong các dự án mở rộng này. ADB cũng dự kiến phân bổ một phần nguồn vốn từ JETP - trong gói 15,5 tỷ USD của Việt Nam - cho các hạng mục số hóa lưới điện và triển khai hệ thống lưu trữ điện[163]. Những chương trình kết hợp như vậy cho thấy nguồn tài chính từ các Ngân hàng Phát triển Đa phương có thể vừa cung cấp vốn ưu đãi, vừa đi kèm hỗ trợ chính sách. Việt Nam có thể nhân rộng mô hình này thông qua các cơ chế cho vay dựa trên kết quả, tức là giải ngân vốn khi EVN đạt được các mục tiêu cụ thể, ví dụ: triển khai công tơ thông minh hoặc cải thiện độ chính xác trong dự báo NLTT.

Các chương trình tài trợ song phương và dự án thí điểm

GIZ đã hỗ trợ xây dựng Lộ trình Lưới điện thông minh (2012–2022) thông qua dự án SGREEE, bao gồm cập nhật khung chính sách, các chương trình thí điểm DR và nâng cao năng lực cho Cục ĐTĐL (nay là Cục ĐL)[164]. USAID, thông qua Dự án An ninh năng lượng đô thị Việt Nam, đã thí điểm các nền tảng quản lý năng lượng cho tòa nhà và DR tiên tiến tại Đà Nẵng và TP. Hồ Chí Minh, đồng thời tài trợ các dự án dự báo điện mặt trời và điện gió nhằm hỗ trợ các hoạt động của EVNNLDC (nay là NSMO)[165]. JICA đã hỗ trợ hiện đại hóa các trung tâm điều khiển và đưa vào ứng dụng hệ thống giám sát dựa trên IoT[166], trong khi Quỹ Thịnh vượng Vương quốc Anh (2019–2021) tài trợ cho các nghiên cứu khả thi về lưu trữ điện bằng pin và chính sách lưới điện thông minh[167]. Mặc dù các chương trình tài trợ song phương này thường không huy động vốn đầu tư quy mô lớn, nhưng lại đóng vai trò như bước thử nghiệm công nghệ, từ đó giúp các công ty điện lực có cơ sở đề xuất các khoản vay lớn từ MDB hoặc khu vực tư nhân. Ví dụ, một dự án thử nghiệm tự động điều khiển điện áp do GIZ hỗ trợ tại một tỉnh miền Trung nếu thành công, có thể được tích hợp vào khoản vay tiếp theo của WB để triển khai trên toàn quốc.

Đối tác chuyển đổi năng lượng công bằng (JETP)

Được công bố vào cuối năm 2022, chương trình JETP của Việt Nam cam kết đầu tư 15,5 tỷ USD trong vòng 3 đến 5 năm để giảm phát thải khí nhà kính trong ngành điện. Mặc dù JETP ưu tiên mở rộng nguồn NLTT và từng bước giảm phụ thuộc vào than, gói tài chính công trị giá khoảng 7,75 tỷ USD được định hướng hỗ trợ một loạt nhu cầu chuyển dịch, bao gồm nâng cấp lưới điện, phát triển giải pháp lưu trữ năng lượng và các nền tảng kỹ thuật - số hỗ trợ khác. Kế hoạch huy động nguồn lực (2024–2025) sắp công bố sẽ nêu chi tiết cách phân bổ vốn, tạo cơ hội quan trọng để Việt Nam lựa chọn triển khai các dự án trọng điểm như chương trình lắp đặt công tơ thông minh trên toàn quốc hoặc thí điểm các hệ thống quản lý năng lượng ứng dụng AI. Nguồn vốn công, được giải ngân dưới hình thức khoản vay ưu đãi hoặc viện trợ không hoàn lại thông qua các tổ chức như KfW, AFD, có thể giúp giảm rủi ro cho các khoản đầu tư giai đoạn đầu. Trong khi đó, nguồn vốn tư nhân (khoảng 7,75 tỷ USD) sẽ cần các cơ chế bảo lãnh hoặc hỗ trợ tài chính bù đắp thiếu hụt hiệu quả kinh tế để bảo đảm khả năng triển khai các giải pháp số ở quy mô thương mại. Vì vậy, các cơ quan quản

[163] https://www.pv-tech.org/vietnam-to-accelerate-renewables-deployment-with-us15-5-billion-deal
[164] https://www.giz.de/en/downloads_els/Smart%20Grids_ENG_25-6.pdf
[165] https://news.tuoitre.vn/usaid-assists-da-nang-in-promoting-urban-energy-security-as-part-of-14mn-project-10361825.htm
[166] https://vietnamnews.vn/society/1694458/jica-project-provides-electricity-to-300-households-in-northern-province-yen-bai.html
[167] https://www.iisd.org/projects/sustainable-finance-advice-asean-low-carbon-energy-program

lý của Việt Nam cần xây dựng danh mục các dự án "thông minh" khả thi về tài chính - bao gồm các dự án về công tơ thông minh, lưu trữ năng lượng, hạ tầng sạc xe điện, hoặc điều phối nhà máy điện ảo - nhằm đảm bảo nguồn vốn từ JETP sẽ thúc đẩy mạnh mẽ việc ứng dụng AI và tự động hóa, chứ không chỉ tập trung vào tăng công suất phát điện.[168].

Quỹ Khí hậu: GCF và GEF

Việt Nam đủ điều kiện tiếp cận GCF và GEF. Cả hai quỹ này đều ưu tiên tài trợ các dự án thí điểm mang tính đổi mới và chuyển đổi mạnh mẽ. Nguồn vốn từ GCF trong khu vực Đông Nam Á do ADB quản lý cho các lĩnh vực giao thông điện và lưu trữ pin có thể được tận dụng để hỗ trợ tài chính cho hạ tầng sạc thông minh tại TP. Hồ Chí Minh. Hạ tầng này có thể kết hợp với điện mặt trời mái nhà và hệ thống lưu trữ năng lượng sau công tơ để giảm phát thải khí nhà kính ở đô thị. Tương tự, các khoản tài trợ từ GEF - dù quy mô không lớn - vẫn có thể dùng để tài trợ cho các dự án trình diễn về ứng dụng AI để đảm bảo ổn định lưới điện, phù hợp với chương trình giảm thiểu phát thải của GEF. Việc tiếp cận các nguồn tài trợ này đòi hỏi xây dựng hồ sơ đề xuất thật chặt chẽ và phối hợp liên bộ/ngành. Tuy nhiên, để nộp hồ sơ thành công không chỉ cần nguồn vốn mà còn cần uy tín quốc tế của dự án, giúp thu hút nguồn vốn bổ sung từ các nhà tài trợ song phương và khu vực tư nhân.

Sáng kiến trong nước: Lộ trình chuyển đổi số của EVN

Tập đoàn Điện lực Việt Nam đã tự khởi xướng chương trình chuyển đổi số, đặt mục tiêu trở thành "doanh nghiệp số" toàn diện vào năm 2025. Đây là một nỗ lực đầu tư tài chính lớn từ nguồn lực nội bộ của EVN[169]. Các dự án thí điểm bao gồm ứng dụng IoT và AI trong mạng lưới phân phối, hợp tác với Tập đoàn FPT, và triển khai hệ thống hoạch định nguồn lực doanh nghiệp[170]. Những chương trình này được tài trợ từ nguồn lợi nhuận giữ lại của EVN và vay vốn từ các ngân hàng thương mại, thể hiện rõ cam kết của EVN đối với hiện đại hóa ngành điện. Các nhà hoạch định chính sách có thể hỗ trợ EVN bằng cách cho phép tăng giá điện tạm thời hoặc áp dụng khấu hao nhanh đối với các khoản đầu tư số hóa, giúp giảm áp lực tài chính. Ngân hàng Phát triển Việt Nam (VDB) cũng có thể mở các gói tín dụng chuyên biệt cho hiện đại hóa lưới điện, với các điều kiện ưu đãi dành cho EVN và các đối tác tư nhân đủ điều kiện. Ở cấp địa phương, các Quỹ phát triển "thành phố thông minh" – vốn đang tài trợ cho những dự án như chiếu sáng công cộng thông minh, điện mặt trời mái nhà tối ưu bằng AI tại Đà Nẵng[171] và TP. Hồ Chí Minh[172]- cũng có thể được kết nối với chương trình số hóa của EVN thông qua các khoản ngân sách trung ương trong Chương trình Chuyển đổi số quốc gia đến năm 2025.

Hợp tác khu vực và quan hệ đối tác Nam-Nam

Việc Việt Nam trở thành thành viên ASEAN mở ra cơ hội tiếp cận các nguồn vốn khu vực, ví dụ như Quỹ Hạ tầng ASEAN (AIF). Quỹ này đồng tài trợ cho các dự án lưới điện bền vững

[168] https://www.pv-tech.org/vietnam-to-accelerate-renewables-deployment-with-us15-5-billion-deal
[169] https://en.vietnamplus.vn/evn-contributes-to-realising-national-digital-transformation-goals-post238953.vnp
[170] https://fpt.com/en/news/press-media/fpt-to-enter-into-a-partnership-with-evnspc-on-digital-transformation
[171] https://kalaharijournals.com/resources/FebV7_I2_197.pdf
[172] https://en.vietnamplus.vn/hcm-city-over-25-mln-usd-to-be-spent-on-rooftop-solar-systems-post313198.vnp

và có thể hỗ trợ tài chính cho các hệ thống điều khiển kết nối lưới điện ASEAN. Mạng lưới Thành phố Thông minh ASEAN cũng cung cấp hỗ trợ tài chính dạng viện trợ cho các ứng dụng năng lượng thông minh trong đô thị. Ngoài phạm vi ASEAN, Việt Nam có thể mở rộng hợp tác với Viện Tăng trưởng Xanh Toàn cầu của Hàn Quốc - tổ chức đang hỗ trợ phát hành trái phiếu xanh[173] và Israel - quốc gia có thế mạnh về an ninh mạng nhằm giúp tăng cường chuyển giao kiến thức và hợp tác đầu tư chung[174]. Việt Nam cũng có thể tham gia các chương trình trao đổi học tập Nam–Nam – ví dụ: học hỏi kinh nghiệm triển khai lắp đặt công tơ thông minh của Ấn Độ, hoặc tự động hóa phân phối điện tại Brazil. Các chuyến đi này có thể được hỗ trợ bởi các tổ chức đa phương, giúp các nhà thiết kế dự án tại Việt Nam tiếp cận kinh nghiệm thực tiễn tốt nhất toàn cầu và mở rộng cơ hội hợp tác với những nhà tài trợ phi truyền thống như ngân hàng hạ tầng của Ấn Độ hay các quỹ phát triển của Trung Quốc quan tâm đến công nghệ lưới điện thông minh.

6.4.4. Tổng hợp & Phân tích sơ bộ

Hệ thống chính sách, pháp luật và quy định của Việt Nam đang có sự thay đổi mạnh mẽ để hỗ trợ việc tích hợp trí tuệ nhân tạo (AI) và các công nghệ số trong ngành điện. Các chính sách, luật lệ và quy định mới đều truyền tải một thông điệp rõ ràng: phát triển NLTT phải đi kèm với lưới điện thông minh, hệ thống dữ liệu và AI. Cụ thể, Luật Điện lực sửa đổi (61/2024/QH15), QHĐ VIII điều chỉnh và một số quy chuẩn kỹ thuật đã xác định rõ cần xây dựng những gì, cách thức vận hành ra sao và công nghệ số tham gia ở khâu nào.

Các định hướng chính trong chính sách:

- **Mục tiêu cơ cấu nguồn điện:** *QHĐ VIII điều chỉnh đặt ra các mục tiêu rất cao cho điện mặt trời, điện gió trên bờ và ngoài khơi vào năm 2030 và 2050. Điều này đòi hỏi hệ thống lưới điện có khả năng số hóa cao nhằm quản lý hiệu quả tỷ trọng NLTT ngày càng lớn và các công nghệ mới.*

- **Chương trình chuyển đổi số quốc gia**: *Các Nghị quyết 55-NQ/TW (2020), 29-NQ/TW (2022) và 57-NQ/TW (2024) thúc đẩy mạnh mẽ việc ứng dụng AI, dữ liệu lớn và IoT trong nhiều lĩnh vực, trong đó năng lượng là trọng tâm để hiện đại hóa và đổi mới sáng tạo.*

- **Định hướng lưới điện thông minh:** *Quyết định 1670/QĐ-TTg đưa ra lộ trình cụ thể để xây dựng "lưới điện thông minh", bao gồm các nhiệm vụ: hoàn thiện khung pháp lý, ban hành tiêu chuẩn công nghệ, và triển khai hạ tầng CNTT – viễn thông cần thiết*

- **Thúc đẩy công nghệ:** *Cả QHĐ VIII điều chỉnh và Nghị định 56/2025 đều yêu cầu ứng dụng AI, IoT, công cụ dữ liệu lớn, điện toán đám mây và mạng 5G để hiện thực hóa các mục tiêu trên.*

[173] https://www.cardanodevelopment.com/2022/guarantco-provides-evnfinance-a-vnd-1150-billion-c-usd-50-million-partial-credit-guarantee-to-support-the-issuance-of-vietnams-inaugural-internationally-verified-green-bond
[174] https://en.evn.com.vn/d6/news/Exchanging-experiences-on-cyber-security-between-EVN-and-Israeli-businesses-6-12-3480.aspx

Về hạ tầng số cốt lõi, có các yêu cầu nổi bật sau đây:

- **Bắt buộc triển khai SCADA/EMS, SCADA/DMS và AMI:** *Đây là các hệ thống hạ tầng lõi cho phép giám sát, điều khiển và xử lý sự cố lưới điện theo thời gian thực. Các hệ thống này truyền dữ liệu trực tiếp từ nhà máy điện, đường dây và công tơ đến trung tâm điều khiển - chính là "nguyên liệu" để AI phân tích và vận hành.*

- **Quy định về dữ liệu đo đếm:** *Quyết định 105/QĐ-ĐTĐL quy định cách thu thập, phân tích và lưu trữ dữ liệu đo đếm, phục vụ cho dự báo nhu cầu phụ tải và các hoạt động thị trường điện.*

- **Cơ sở dữ liệu tập trung cho toàn ngành:** *QHĐ VIII điều chỉnh đặt mục tiêu xây dựng một cơ sở dữ liệu thống nhất bao gồm dữ liệu kỹ thuật và dữ liệu thị trường, tạo nền tảng cho các phân tích trong tương lai.*

Bảng dưới đây trình bày các ứng dụng AI có thể triển khai ngay lập tức.

Bảng 7. Các ứng dụng của AI

Lĩnh vực	Quy định hiện hành	AI hỗ trợ như thế nào
Dự báo NLTT	Quyết định số 67/QĐ-ĐTĐL quy định bắt buộc dự báo công suất, điện năng phát của các nguồn điện NLTT trước một giờ cho đến trước một ngày.	Học máy giúp giảm thiểu hoặc loại bỏ sai số, tối ưu hóa việc điều độ, huy động nguồn điện.
Pin lưu trữ và thiết bị lưới điện	QHĐ VIII điều chỉnh đưa ra yêu cầu triển khai hệ thống lưu trữ năng lượng bằng pin (BESS), kết nối đồng bộ và nâng cấp SCADA.	AI có thể tối ưu hóa và tự động điều khiển việc sạc/xả pin và điều khiển volt-VAR.
Điều chỉnh phụ tải	Quyết định 175/QĐ-BCT xây dựng lộ trình DR sử dụng AMI và tự động hóa.	AI kết nối với người dùng, đưa ra giá chào và thời điểm thực hiện DR.
Chào giá & định giá thị trường	Quyết định số 41/QĐ-ĐTĐL về hệ thống CNTT điều hành thị trường điện cạnh tranh.	AI dự báo giá điện và tối ưu hóa việc chào giá.
Sức khỏe thiết bị	Thông tư 06/2025/TT-BCT quy định về điều độ, xử lý sự cố và giám sát tình trạng thiết bị.	Các mô hình dự đoán cảnh báo sớm sự cố, cải thiện SAIDI/SAIFI.

Một số khuyến nghị chính để triển khai AI an toàn và hiệu quả dựa trên phân tích này:

- **Tương thích hệ thống:** Giới hạn điện áp, thông số kỹ thuật của Thiết bị đầu cuối từ xa (RTU), quy định an ninh mạng và định dạng dữ liệu đều được quy định; mọi giải pháp AI phải tích hợp trực tiếp vào hệ thống mà không cần chỉnh sửa "lách luật".

- **Các quy định về an ninh mạng:** Các ứng dụng số hóa mới làm tăng nguy cơ tấn công mạng, do đó Luật Điện lực mới yêu cầu bắt buộc kiểm tra an ninh mạng trong mọi dự án.

- **Bình đẳng trong tiếp cận:** Các kế hoạch triển khai AMI và lưới điện thông minh cần bao phủ cả thành thị lẫn nông thôn, đảm bảo người dân ở mọi khu vực đều được hưởng lợi từ chuyển đổi số

Hệ thống chính sách của Việt Nam không chỉ cho phép mà còn kỳ vọng việc ứng dụng AI và công cụ số. Các mục tiêu pháp lý, lộ trình lưới điện thông minh, quy định về dữ liệu đo đếm và tiêu chuẩn CNTT thị trường đều tạo ra dòng dữ liệu và điểm điều khiển rõ ràng để AI có thể triển khai hiệu quả.

Việc xây dựng lưới điện thông minh ứng dụng AI đòi hỏi một chiến lược tài chính bài bản. Nhu cầu đầu tư hằng năm ước tính khoảng 95 nghìn tỷ đồng (~4 tỷ USD) — vượt xa khả năng ngân sách nhà nước và ngành điện. Do đó, việc huy động tối đa cam kết 15 tỷ USD theo JETP sẽ phụ thuộc vào việc xây dựng một cơ cấu nguồn vốn đa dạng, triển khai các công cụ giảm thiểu rủi ro sáng tạo và điều chỉnh cơ chế khuyến khích phù hợp với kỳ vọng của nhà đầu tư. Để tận dụng tối đa cam kết 15 tỷ USD từ JETP và thu hút đầu tư tư nhân, có thể thực hiện các giải pháp sau:

1. **Kiến trúc danh mục đầu tư kết hợp:** *Bắt đầu từ các dự án thí điểm được tài trợ bằng viện trợ không hoàn lại, sau đó mở rộng quy mô bằng vốn vay ưu đãi từ MDB và cuối cùng là thu hút vốn tư nhân có mục tiêu - qua đó tối ưu hóa rủi ro và lợi nhuận.*

2. **Các dự án thí điểm PPP tăng tốc:** *Triển khai "Sáng kiến lưới điện thông minh tăng tốc" theo mô hình BOOT của Ấn Độ để đẩy nhanh việc triển khai lắp đặt công tơ thông minh và hạ tầng sạc xe điện.*

3. **Điều chỉnh cơ chế RAB:** *Đưa các tài sản AI/AMI vào cơ chế RAB để tạo sự chắc chắn về pháp lý và lợi nhuận ổn định cho EVN và các đơn vị điều hành tư nhân.*

4. **Đơn vị tài chính năng lượng thông minh:** *Thành lập một cơ quan chuyên trách để xây dựng các dự án có khả năng huy động vốn, điều phối các hoạt động của MDB và các nhà tài trợ, đồng thời thiết kế các gói sản phẩm đầu tư hấp dẫn cho các nhà đầu tư ESG.*

5. **Hài hòa quy định:** *Điều chỉnh biểu giá điện, ưu đãi thuế (ví dụ khấu hao nhanh), và cơ chế cho vay theo lĩnh vực ưu tiên để thúc đẩy nhanh việc áp dụng lưới điện số mà không gây áp lực ngân sách.*

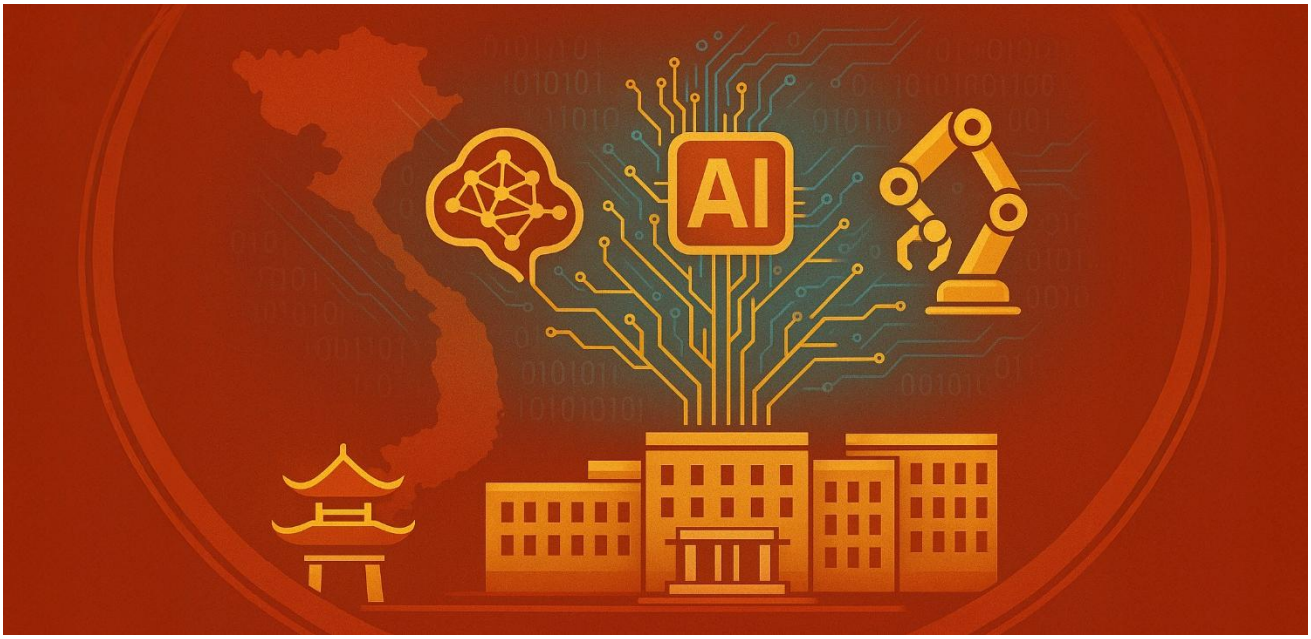
6. **Triển khai toàn diện và bao trùm:** *Đảm bảo triển khai hạ tầng AMI ở cả vùng nông thôn, tăng cường các biện pháp bảo vệ người tiêu dùng trong các chương trình kiểu MAP, và các phương thức thanh toán qua fintech để tránh tình trạng bỏ sót nhóm dân cư.*

CHƯƠNG 07

Khung thể chế tại Việt Nam

Chương 7: Khung thể chế tại Việt Nam

Chương này trình bày phân tích sơ bộ về khuôn khổ thể chế tại Việt Nam và đề xuất cách thức tương tác với các bên liên quan trong dự án. Hệ sinh thái ngành điện của Việt Nam bao gồm các bộ, cơ quan quản lý nhà nước, doanh nghiệp điện lực nhà nước, các tổ chức học thuật và các nhóm cộng đồng, các đối tác phát triển và các bên liên quan từ khu vực tư nhân. Mỗi nhóm này đều sở hữu các tập dữ liệu độc quyền, chuyên môn kỹ thuật hoặc quan điểm chuyên sâu – những yếu tố rất quan trọng để đánh giá và xếp hạng các hoạt động AI/số hóa được đề xuất, cũng như để xác nhận các biện pháp can thiệp ưu tiên. Kế hoạch tương tác sau đây sẽ xác định rõ các bên liên quan chính, loại thông tin đầu vào họ có thể cung cấp, và đề xuất các phương thức tương tác phù hợp (phỏng vấn, khảo sát, hội thảo, v.v.). Việc này nhằm mục đích thu thập thông tin toàn diện và có giá trị trong khung thời gian ban đầu của dự án.



7.1. Chiến lược và Cơ cấu AI Quốc gia

Khung thể chế về phát triển AI tại Việt Nam được xây dựng dựa trên Chiến lược Quốc gia về Nghiên cứu, Phát triển và Ứng dụng Trí tuệ Nhân tạo đến năm 2030, ban hành tại Quyết định số 127/QĐ-TTg ngày 26 tháng 01 năm 2021 của Thủ tướng Chính phủ và Nghị quyết số 68-NQ/TW ngày 04 tháng 05 năm 2025. Khung chiến lược này đặt mục tiêu đưa Việt Nam trở thành trung tâm đổi mới AI trong khu vực và phân công trách nhiệm cụ thể cho mười lăm bộ và cơ quan chính phủ. Chiến lược này áp dụng phương pháp tiếp cận triển khai theo từng giai đoạn: nghiên cứu và phát triển (2021-2025), mở rộng ứng dụng (2025-2028) và triển khai toàn diện (2028-2030). Lộ trình này mang lại sự linh hoạt trong việc thực hiện, đồng thời vẫn đảm bảo sự thống nhất về mặt chiến lược giữa nhiều cơ quan chính phủ.

Các cơ quan điều phối chính:

- **Văn phòng Chính phủ:** *Cung cấp định hướng chiến lược tổng thể và phối hợp liên bộ thông qua Ủy ban Quốc gia về Chuyển đổi số.*

- **Bộ Khoa học và Công nghệ:** *Dẫn dắt công tác phối hợp nghiên cứu AI và phát triển các tiêu chuẩn kỹ thuật. Bộ đã ban hành Quyết định 1290/QĐ-BKHCN để thiết lập chín nguyên tắc cho việc phát triển AI có trách nhiệm.*

- **Bộ Thông tin và Truyền thông (hiện đã được sáp nhập vào Bộ Khoa học và Công nghệ):** *Phát triển các khuôn khổ pháp lý, cơ chế chia sẻ dữ liệu và cơ chế thử nghiệm quy định cho các dự án thử nghiệm AI.*

- **Bộ Kế hoạch và Đầu tư (hiện đã được sáp nhập vào Bộ Tài chính):** *Vận hành Trung tâm Đổi mới Sáng tạo Quốc gia Việt Nam (NIC), quản lý các chương trình hợp tác công tư và tăng tốc khởi nghiệp.*

7.2. Cơ cấu quản trị ngành điện (Bộ Công Thương)

Cơ cấu quản lý ngành điện của Việt Nam hoạt động dưới sự quản lý của Bộ CT với vai trò là cơ quan quản lý chính. Cấu trúc tập trung này tạo điều kiện thuận lợi cho việc phối hợp giữa các sáng kiến chính sách AI và việc triển khai những sáng kiến này trong ngành điện. Ở cấp độ chính sách và quy định, Chính phủ Việt Nam đóng vai trò trung tâm trong việc định hướng chiến lược và tạo ra khuôn khổ pháp lý và thể chế cho quá trình chuyển đổi số và tích hợp AI trong ngành điện. Các cơ quan chính phủ chủ chốt và trách nhiệm của họ bao gồm các tổ chức chuyên môn sau:

Cục Điện lực (Cục ĐL): *Trong Bộ CT, Cục ĐL, cơ quan mới được thành lập sau sự sáp nhập của Cục Điện lực và Năng lượng tái tạo và Cục Điều tiết điện lực, là cơ quan quản lý nhà nước về ngành điện và cố vấn chính sách của chính phủ về các vấn đề như Quy hoạch tổng thể phát triển điện lực quốc gia (QHĐ), lộ trình chuyển đổi số (như Kế hoạch chuyển đổi số của Bộ CT cho ngành năng lượng) và các lộ trình quy định. Cục ĐL có thể làm rõ ưu tiên chiến lược dành cho các chương trình điều chỉnh phụ tải, triển khai lưới điện thông minh và ngân sách tài trợ. Cục ĐL cũng duy trì các số liệu hiệu suất thị trường chi tiết như cơ cấu giá điện, các thỏa thuận dịch vụ phụ trợ, chỉ số độ tin cậy (SAIDI/SAIFI) và kết quả thử nghiệm điều chỉnh phụ tải, cũng như báo cáo tiến độ về lộ trình lưới điện thông minh quốc gia. Đánh giá của Cục ĐL về tính khả thi của quy định và rủi ro tuân thủ là rất quan trọng.*

Trung tâm Điều độ Hệ thống điện và thị trường điện Quốc gia (NSMO): *Trước đây là EVNNLDC, gần đây NSMO đã được chuyển về trực thuộc Bộ CT. NSMO vận hành nền tảng SCADA/EMS Quốc gia và quản lý các hoạt động lưới điện theo thời gian thực. NSMO đóng vai trò là xương sống kỹ thuật cho việc tích hợp AI, lưu trữ các nền tảng phân tích dữ liệu và các hệ thống dự báo NLTT.*

7.3. EVN và các đơn vị trực thuộc

Tập đoàn Điện lực Việt Nam (EVN) *là đơn vị cung cấp dịch vụ tích hợp theo chiều dọc, từ sản xuất, truyền tải đến phân phối. Các đơn vị trực thuộc EVN (EVNNPT cho truyền tải; năm Tổng công ty Điện lực thành viên chịu trách nhiệm phân phối điện trên phạm vi cả nước; các GENCO cho phát điện) nắm giữ nhiều dữ liệu quan trọng như hồ sơ phụ tải, nhật ký sự cố, số liệu tổn thất, chi phí mua sắm và đánh giá các dự án kỹ thuật số (ví dụ: AI trong các trạm biến áp[175]). Lộ trình chuyển đổi số chiến lược của EVN sẽ cung cấp thông tin cho việc đánh giá mức độ sẵn sàng. Tập đoàn triển khai ứng dụng AI toàn diện thông qua Chương trình hành động số 40, thiết lập các cơ sở dữ liệu và trung tâm dữ liệu chuyên biệt hỗ trợ nền tảng AI để tối ưu hóa phát điện, truyền tải và phân phối điện.*

Tổng công ty Truyền tải điện Quốc gia (EVNNPT) *chịu trách nhiệm triển khai tự động hóa và hạ tầng số cho lưới truyền tải. Với 78,8% trạm biến áp 220kV đã tự động hóa theo tiêu chí vận hành không người trực, EVNNPT đang tạo nền tảng vững chắc cho việc quản lý lưới điện ứng dụng AI.*

Công ty Viễn thông Điện lực và Công nghệ thông tin (EVNICT) *là đơn vị chuyên trách quản lý chuyển đổi số nội bộ, an ninh mạng và hiện đại hóa hệ thống dữ liệu của EVN. Đơn vị này dẫn đầu việc thiết kế và triển khai các nền tảng doanh nghiệp, hệ thống dữ liệu thị trường và các công cụ phân tích ứng dụng AI trên toàn Tập đoàn.*

Các Công ty Điện lực tỉnh và thành phố *(như PC Hà Nội, PC Đà Nẵng) và Sở Công Thương các tỉnh, thành phố có thể cung cấp dữ liệu về mô hình nhu cầu tiêu thụ điện theo khu vực, mức độ sử dụng điện mặt trời phân tán và các hạn chế về lưới điện cục bộ như tắc nghẽn hoặc trộm cắp điện.*

175 https://en.evn.com.vn/d/en-US/news/EVN-is-one-of-State-owned-corporations-and-groups-performing-best-in-digital-transformation-60-163-500514

7.4. Các bên hỗ trợ: Viện nghiên cứu, Khu vực tư nhân, Đối tác phát triển

Các khách hàng tiêu thụ điện lớn (Đại diện các ngành): *Thông qua các hiệp hội như Hiệp hội các Khu công nghiệp Việt Nam hoặc Phòng thương mại, thu hút những khách hàng thương mại và công nghiệp lớn để tìm hiểu được mức độ sẵn sàng tham gia các chương trình điều chỉnh phụ tải, các rào cản khi sử dụng hệ thống EMS và những kinh nghiệm thực tế về tiết kiệm chi phí.*

Các trường đại học và Viện nghiên cứu: *Các tổ chức như Viện Khoa học Năng lượng (ISTEE) của Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam (VAST), Đại học Bách khoa Hà Nội (HUST) và Đại học Bách khoa TP.Hồ Chí Minh có thể cung cấp các đánh giá độc lập — thử nghiệm mô hình dự báo, nghiên cứu mô hình sạc xe điện — và hướng dẫn phương pháp luận.*

Các nhóm cộng đồng: *Các tổ chức như các nhóm khách hàng và các tổ chức bảo vệ người tiêu dùng có thể cung cấp những hiểu biết định tính về mức độ chấp nhận của công chúng, lợi ích chung về môi trường và các mối quan ngại về quyền riêng tư (ví dụ: phản ứng đối với hệ thống đo lường thông minh).*

Các nhà tài trợ và Đối tác phát triển quốc tế: *Các tổ chức (WB, ADB, GIZ, USAID, JICA, DEA) có thể cung cấp các chuẩn mực trong khu vực, đánh giá các dự án thí điểm và các nghiên cứu điển hình về tài chính (ví dụ: nghiên cứu điều chỉnh phụ tải của DEA[176]).*

Các nhà cung cấp công nghệ tư nhân: *Các nhà sản xuất thiết bị đo lường, ESCO và nhà cung cấp phần mềm (ví dụ: EVNCPC EMEC, ATS, Hitachi, Siemens, AMI Tech, Alena Energy, Signergy, Schneider Việt Nam, v.v.) có thể cung cấp ước tính chi phí thực tế, thời gian triển khai và các hạn chế kỹ thuật của dự án.*

7.5. Kế hoạch đóng góp và tham gia của các bên liên quan

Để đảm bảo các sáng kiến về AI và chuyển đổi số được đề xuất có tính phù hợp, khả thi và hiệu quả, phần này trình bày những thông tin đầu vào quan trọng cần thu thập từ các bên liên quan khác nhau và chiến lược phối hợp tương ứng. Phương pháp này được xây dựng để cân bằng giữa tính toàn diện và hiệu quả - tận dụng cả các mối quan hệ hiện có và hoạt động tiếp cận có mục tiêu để thu thập dữ liệu và quan điểm quan trọng trong một khung thời gian giới hạn. Những tương tác này sẽ giúp định hình và xác thực các tiêu chí ưu tiên, xác định những hạn chế thực tế và thúc đẩy sự liên kết giữa các ngành.

176 https://ens.dk/media/5394/download

Bảng 8. Kế hoạch hợp tác của các bên liên quan

Nhóm các bên liên quan	Đầu vào dự kiến	Đề xuất tham gia
Bộ CT (Cục ĐL)	Mục tiêu nâng cao năng lực chính thức; chiến lược chuyển đổi số; dự thảo quy định	Họp tham vấn ban đầu với lãnh đạo Cục ĐL; hội thảo thẩm định cuối cùng với Bộ CT
	Các chỉ số hiệu suất thị trường; kết quả thí điểm DSM; tiến độ triển khai lưới điện thông minh	Họp tham vấn kỹ thuật với nhân viên quản lý
NSMO	Nền tảng SCADA/EMS quốc gia quản lý hoạt động lưới điện theo thời gian thực cho hệ thống điện. Kế hoạch tích hợp AI, lưu trữ nền tảng phân tích dữ liệu cho hệ thống và hoạt động thị trường	Họp tham vấn thu thập dữ liệu và xác nhận tính phù hợp của dự án
EVN và các đơn vị trực thuộc (EVNNPT, EVNHANOI, EVNNPC, EVNCPC, EVNSPC, EVNHCMC)	Hồ sơ phụ tải; dữ liệu sự cố; số liệu SCADA/DMS; triển khai đồng hồ đo thông minh; dữ liệu đánh giá thí điểm	Họp tham vấn thu thập dữ liệu và xác nhận tính phù hợp của dự án
EVNICT	Kiến trúc CNTT; chính sách an ninh mạng; giao thức truy cập dữ liệu/API	
Các Công ty Điện lực cấp tỉnh/ DOIT	Đường cong phụ tải cục bộ; độ thâm nhập của điện mặt trời; hạn chế lưới điện; thống kê trộm cắp	Khảo sát trực tuyến có mục tiêu hoặc hội nghị từ xa với các nhóm kỹ sư tại hai tỉnh được chọn
Các khách hàng công nghiệp lớn	Điều chỉnh phụ tải chủ động; rào cản khi sử dụng hệ thống EMS; kinh nghiệm tiết kiệm chi phí	Bảng hỏi ngắn qua email và tham gia hội thảo với các bên liên quan
Các Viện nghiên cứu	Các nghiên cứu đã công bố/chưa công bố; đánh giá của chuyên gia về các tiêu chí	Bao gồm 2–3 chuyên gia trong hội đồng đánh giá; hội nghị bàn tròn trực tuyến (Giai đoạn 2)
Các nhóm cộng đồng	Phản hồi của cộng đồng; dữ liệu môi trường và xã hội	Phiên tham vấn các bên liên quan nhằm xác nhận các khía cạnh xã hội và môi trường (Giai đoạn 2)
Các đối tác phát triển	Các nghiên cứu điển hình toàn cầu; cơ sở dữ liệu chi phí công nghệ; kết quả dự án	Các yêu cầu chia sẻ dữ liệu và bài thuyết trình tại hội thảo đa bên liên quan (Giai đoạn 2)
Các nhà cung cấp khu vực tư nhân	Thông số kỹ thuật; báo giá; dữ liệu nghiên cứu điển hình	Yêu cầu tài liệu quảng cáo/đề xuất; mời 1–2 nhà cung cấp để xác nhận chi phí/hiệu suất (Giai đoạn 2)

CHƯƠNG 08

Các biện pháp can thiệp AI / số hóa cho Việt Nam

Chương 8: Các biện pháp can thiệp AI / số hóa cho Việt Nam

8.1. Danh sách sơ bộ các biện pháp can thiệp AI / số hóa

Dưới đây là danh sách sơ bộ các hoạt động được đề xuất. Các hoạt động này được lựa chọn dựa trên những tiêu chí sau:

- **Phù hợp với các công nghệ AI và số hóa đã xác định:** Các hoạt động được đề xuất dựa trên các ứng dụng AI và công nghệ số đã được thảo luận ở các chương trước.
- **Hiệu quả cao và chi phí thấp:** Nhóm tư vấn khuyến nghị triển khai các hoạt động này vì có khả năng mang lại kết quả đáng kể với chi phí tương đối thấp.
- **Thiết kế tập trung vào kết quả:** Thay vì chỉ định các mô hình hoặc phương pháp AI cụ thể (ví dụ: để dự báo), các hoạt động được xây dựng dựa trên các kết quả mong muốn, cho phép sự linh hoạt trong việc lựa chọn các phương pháp tiếp cận kỹ thuật khi triển khai thực tế.
- Nhóm tư vấn xem xét và trình bày hai loại hoạt động theo hai danh sách riêng biệt: một danh sách các dự án kỹ thuật và một danh sách các hoạt động chính sách/quy định được đề xuất.
- Sau khi xác định các danh sách ban đầu, các hoạt động tiềm năng nhất sẽ được ưu tiên và sắp xếp theo các mốc phát triển đã nêu trong QHĐ VIII. Kết quả là, quá trình này sẽ tạo ra một Lộ trình các biện pháp can thiệp AI và số hóa theo từng giai đoạn, phù hợp với trình độ phát triển và lộ trình đầu tư của ngành điện.

Các hoạt động kỹ thuật được đề xuất (trong bản gốc tiếng Anh, sắp xếp các hoạt động này theo thứ tự bảng chữ cái):

- AMI và phân tích dữ liệu
- Khung an ninh mạng sử dụng AI
- Ứng dụng AI cho quá trình giảm phát thải carbon và giám sát phát thải
- Ứng dụng AI để ổn định lưới điện và tối ưu hóa truyền tải
- Ứng dụng AI trong công tác vận hành lưới điện tại các trung tâm điều khiển
- Ứng dụng AI vào kết nối lưới điện với các nước láng giềng

- Ứng dụng AI trong dự báo phụ tải và NLTT
- Ứng dụng AI để tăng cường khả năng phục hồi lưới điện và phát hiện bất thường
- Trí tuệ phía người tiêu dùng
- DR thông qua các nền tảng số
- Điều phối tài nguyên năng lượng phân tán (DER)
- Tự động hóa lưới điện phân phối và giảm tổn thất
- Hệ thống quản lý năng lượng cho khách hàng lớn
- Thông tin thị trường năng lượng
- Ứng dụng AI trong quản lý hệ thống lưu trữ năng lượng
- Vận hành lưới điện tự động
- Bảo trì dự đoán cho các nhà máy điện và các tài sản lưới điện
- Quản lý sạc xe điện thông minh
- Lưới điện thông minh quy mô nhỏ cho vùng sâu vùng xa và tăng khả năng phục hồi lưới điện
- Nhà máy điện ảo & tổng hợp tài nguyên năng lượng phân tán

Những hoạt động này tạo thành một tập hợp toàn diện các sáng kiến số hóa nhằm giải quyết các nhu cầu cụ thể của Việt Nam. Nhiều giải pháp trong danh sách trên có thể được triển khai độc lập (ví dụ: dự báo phụ tải), trong khi một số khác đóng vai trò hỗ trợ cho các hoạt động còn lại (ví dụ: hệ thống AMI là nền tảng cho triển khai DR).

Các hoạt động chính sách / quy định được đề xuất (trong bản gốc tiếng Anh, sắp xếp các hoạt động này theo thứ tự bảng chữ cái)

- Xây dựng năng lực thể chế và kỹ năng ứng dụng công nghệ số
- Tạo cơ chế thị trường thúc đẩy tính linh hoạt và dịch vụ mới
- Triển khai cơ chế thử nghiệm khung pháp lý (sandbox) để tạo điều kiện cho các mô hình đổi mới trong ngành năng lượng
- Ban hành biểu giá điện theo thời gian sử dụng (TOU)
- Thúc đẩy quan hệ đối tác công-tư và hợp tác quốc tế để đẩy nhanh quá trình

chuyển đổi số

- Cung cấp các ưu đãi tài chính để thúc đẩy đầu tư vào lưới điện thông minh
- Tăng cường, hoàn thiện các quy định an ninh mạng và khả năng phục hồi lưới điện
- Cập nhật các quy định hệ thống truyền tải, phân phối và các quy định kỹ thuật để tích hợp AI/DER.

8.2. Phương pháp xếp hạng ưu tiên

Để xếp hạng thứ tự ưu tiên cho các sáng kiến đổi mới về lưới điện số và AI tại Việt Nam, nhóm tư vấn đã áp dụng một phương pháp xếp hạng đơn giản, minh bạch dựa trên nhiều tiêu chí. Việc xếp hạng các hoạt động này dựa trên đánh giá đa tiêu chí về giá trị chiến lược, bao gồm: tính khả thi kỹ thuật, chi phí-lợi ích, tác động đến hệ thống năng lượng và phát thải, lợi ích đồng thời về môi trường và xã hội, cùng với sự phù hợp với chính sách. Điểm số từ kết quả xếp hạng giúp xác định những sáng kiến có tác động lớn nhất. Mỗi hoạt động được chấm điểm dựa trên năm tiêu chí có trọng số ngang nhau, theo thang điểm ba cấp độ (Thấp—Trung bình—Cao):

1. **Tính khả thi và mức độ sẵn sàng về kỹ thuật**
   • Cao = Đã có các dự án thí điểm được chứng minh hoặc đã triển khai thành công trên thế giới;
   • Trung bình = Các dự án thí điểm đang phát triển, ở mức độ sẵn sàng công nghệ (TRL) từ 3–6;
   • Thấp = Vẫn còn là ý tưởng hoặc đang trong giai đoạn nghiên cứu & phát triển chuyên biệt.

2. **Chi phí-lợi ích kinh tế**
   • Cao = Thời gian hoàn vốn nhanh (dưới 3 năm) hoặc mang lại khoản tiết kiệm lớn;
   • Trung bình = Hiệu quả chi phí vừa phải (thời gian hoàn vốn từ 3–7 năm);
   • Thấp = Chi phí đầu tư ban đầu (CAPEX) cao hoặc lợi tức đầu tư (ROI) không rõ ràng.

3. **Tác động đến hệ thống năng lượng và phát thải**
   • Cao = Trực tiếp giúp tăng đáng kể tỷ trọng NLTT hoặc giảm đáng kể lượng CO_2;
   • Trung bình = Mang lại lợi ích vừa phải về hiệu quả hệ thống hoặc phát thải;
   • Thấp = Tác động không đáng kể.

4. **Lợi ích đồng thời về môi trường và xã hội**
   • Cao = Khả năng tiếp cận các nhóm khách hàng đa dạng, tạo việc làm, tăng khả năng phục hồi của hệ thống;

• Trung bình = Mang lại lợi ích vừa phải cho cộng đồng hoặc môi trường;
• Thấp = Ít có lợi ích đồng thời.

5. **Sự phù hợp với chính sách và triển khai dễ dàng**
• Cao = Được ủng hộ rõ ràng trong QHĐ VIII, các lộ trình lưới điện thông minh hoặc quy định, và có thể triển khai nhanh chóng;
• Trung bình = Được hỗ trợ một cách gián tiếp hoặc đòi hỏi phải thay đổi quy định ở mức độ vừa phải;
• Thấp = Cần xây dựng khung pháp lý mới hoặc quy trình ban hành quy tắc kéo dài.

Chấm điểm và xếp hạng:

- Mỗi hoạt động sẽ nhận được một đánh giá Thấp/Trung bình/Cao cho từng tiêu chí.
- Các đánh giá định tính này được quy đổi sang giá trị số để dễ tính toán:
  - Thấp = 0
  - Trung bình = 0,5
  - Cao = 1
- Tất cả các tiêu chí đều có giá trị như nhau. Tổng điểm của mỗi hoạt động được cộng lại và sắp xếp từ cao nhất đến thấp nhất để có được danh sách xếp hạng cuối cùng.

8.3. Kết quả xếp hạng

Bảng đầu tiên trình bày các dự án kỹ thuật và bảng thứ hai trình bày các biện pháp chính sách/quy định.

Bảng 9. Danh sách xếp hạng các dự án kỹ thuật

Hoạt động	Tính khả thi	Chi phí-lợi ích	Hệ thống & phát thải	Lợi ích đồng thời	Phù hợp chính sách	Tổng điểm	Hạng
1. Ứng dụng AI trong dự báo phụ tải và NLTT	1	1	1	0,5	1	4,5	1 (đồng hạng)
2. Ứng dụng AI trong công tác vận hành lưới điện tại các trung tâm điều khiển	1	0,5	1	1	1	4,5	1 (đồng hạng)

3. DR thông qua các nền tảng số	0,5	1	1	1	1	4,5	1 (đồng hạng)
4. Nhà máy điện ảo & tổng hợp tài nguyên năng lượng phân tán	0,5	1	1	0,5	1	4	4
5. AMI và phân tích dữ liệu	0,5	0,5	0,5	1	1	3,5	5 (đồng hạng)
6. Khung an ninh mạng sử dụng AI	0,5	0,5	1	1	0,5	3,5	5 (đồng hạng)
7. Vận hành lưới điện tự động	0,5	0,5	1	1	0,5	3,5	5 (đồng hạng)
8. Ứng dụng AI để tăng cường khả năng phục hồi lưới điện và phát hiện bất thường	0,5	0,5	1	1	0,5	3,5	5 (đồng hạng)
9. Điều phối tài nguyên năng lượng phân tán (DER)	0,5	0,5	1	1	0,5	3,5	5 (đồng hạng)
10. Thông tin thị trường năng lượng	0,5	0,5	1	1	0,5	3,5	5 (đồng hạng)
11. Ứng dụng AI cho quá trình giảm phát thải carbon và giám sát phát thải	0,5	0,5	1	1	0,5	3,5	5 (đồng hạng)
12. Ứng dụng AI trong quản lý hệ thống lưu trữ năng lượng	0,5	0,5	1	1	0,5	3,5	5 (đồng hạng)
13. Ứng dụng AI vào kết nối lưới điện với các nước láng giềng	0,5	0,5	1	0,5	0,5	3	13 (đồng hạng)
14. Tự động hóa lưới điện phân phối và giảm tổn thất	0,5	1	0,5	0,5	0,5	3	13 (đồng hạng)
15. Ứng dụng AI để ổn định lưới điện và tối ưu hóa truyền tải	0,5	0,5	1	0,5	0,5	3	13 (đồng hạng)
16. Hệ thống quản lý năng lượng cho khách hàng lớn	1	0,5	0,5	0,5	0,5	3	13 (đồng hạng)
17. Bảo trì dự đoán cho các nhà máy điện và các tài sản lưới điện	0,5	0,5	0,5	1	0,5	3	13 (đồng hạng)

18. Trí tuệ phía người tiêu dùng	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	2,5	18 (đồng hạng)
19. Quản lý sạc xe điện thông minh	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	2,5	18 (đồng hạng)
20. Lưới điện thông minh quy mô nhỏ cho vùng sâu vùng xa và tăng khả năng phục hồi lưới điện	0,5	0	0,5	1	0,5	2,5	18 (đồng hạng)

Bảng 10. Xếp hạng các hoạt động chính sách / quy định

Biện pháp quy định	Tính khả thi	Chi phí-lợi ích	Hệ thống & phát thải	Lợi ích đồng thời	Phù hợp chính sách	Tổng điểm	Hạng
1. Ban hành biểu giá điện theo thời gian sử dụng (TOU)	1	1	1	1	1	5	1 (đồng hạng)
2. Xây dựng năng lực thể chế và kỹ năng ứng dụng công nghệ số	1	1	1	1	1	5	1 (đồng hạng)
3. Tăng cường, hoàn thiện các quy định an ninh mạng và khả năng phục hồi lưới điện	1	1	0,5	1	1	4,5	3
4. Triển khai cơ chế thử nghiệm khung pháp lý (sandbox) để tạo điều kiện cho các mô hình đổi mới trong ngành năng lượng	1	1	0,5	1	0,5	4	4
5. Tạo cơ chế thị trường thúc đẩy tính linh hoạt và dịch vụ mới	0,5	1	1	0,5	0,5	3,5	5 (đồng hạng)
6. Cung cấp các ưu đãi tài chính để thúc đẩy đầu tư vào lưới điện thông minh	1	0,5	0,5	0,5	1	3,5	5 (đồng hạng)
7. Thúc đẩy quan hệ đối tác công-tư và hợp tác quốc tế để đẩy nhanh quá trình chuyển đổi số	1	0,5	0,5	0,5	1	3,5	5 (đồng hạng)
8. Cập nhật các quy định hệ thống truyền tải, phân phối và các quy định kỹ thuật để tích hợp AI/DER	0,5	0,5	1	0,5	1	3,5	5 (đồng hạng)

8.4. Tích hợp với lộ trình phát triển QHĐ VIII điều chỉnh

Kết quả của quá trình xếp hạng sẽ là nền tảng để xây dựng một lộ trình toàn diện bao gồm các biện pháp can thiệp AI và số hóa. Lộ trình này được thiết kế theo từng giai đoạn, đảm bảo việc triển khai phối hợp nhịp nhàng và phù hợp với các mốc chiến lược đã được đề ra trong QHĐ VIII. Lộ trình này sẽ cung cấp cho các bên liên quan một khuôn khổ rõ ràng và dễ thực hiện để điều chỉnh các sáng kiến kỹ thuật và các biện pháp chính sách. Nhờ đó, Việt Nam có thể thúc đẩy quá trình hiện đại hóa và chuyển đổi số hệ thống điện một cách hiệu quả.

- **2025–2030 (Ưu tiên ngắn hạn):** Giai đoạn này tập trung vào việc thiết lập nền tảng số và AI thông qua việc triển khai các dự án thí điểm tập trung vào dự báo dựa trên AI, xây dựng hạ tầng lưới điện số và thí điểm bảo trì dự đoán. Song song đó, giai đoạn này cũng sẽ thiết lập cơ sở pháp lý cần thiết để tạo điều kiện cho những đổi mới này, nhằm chuẩn bị cho các nỗ lực trên quy mô lớn hơn trong các giai đoạn tiếp theo.

- **2030–2035 (Ưu tiên trung hạn):** Giai đoạn này sẽ mở rộng các hệ thống thông minh và năng lực điều khiển lưới điện thông minh. Các hoạt động chính bao gồm quản lý năng lượng diện rộng theo thời gian thực, ứng dụng AI để tăng cường khả năng phục hồi lưới điện, và điều phối kết nối lưới điện hiệu quả hơn. Về chính sách, các khung pháp lý sẽ được kiện toàn để hỗ trợ hạ tầng dữ liệu mở rộng, các chương trình DR tiên tiến và việc tích hợp thị trường năng lượng xuyên biên giới.

- **2035–2050 (Ưu tiên dài hạn):** Đây là giai đoạn hướng đến việc tích hợp AI trên toàn bộ hệ thống điện, với các mục tiêu như vận hành lưới điện tự động hoàn toàn, quản lý lưu trữ năng lượng tiên tiến và điều phối các nguồn năng lượng phân tán. Giai đoạn này sẽ đặt trọng tâm vào việc phát triển thông tin tình báo thị trường tinh vi, đẩy mạnh nỗ lực giảm phát thải carbon, và xây dựng các khung an ninh mạng mạnh mẽ dựa trên AI để hỗ trợ một lưới điện lấy NLTT làm trung tâm và có khả năng phục hồi cao. Chiến lược dài hạn này cần được điều chỉnh và cập nhật định kỳ để phản ánh những tiến bộ công nghệ và các xu hướng mới nổi trong ngành năng lượng.

Điều quan trọng cần lưu ý là mặc dù các bảng xếp hạng đánh giá từng hoạt động dựa trên các tiêu chí chiến lược như tính khả thi kỹ thuật, vấn đề chi phí-lợi ích và tác động, thì việc sắp xếp các mốc thời gian (2025–2030, 2030–2035, 2035–2050) lại phản ánh những yếu tố thực tế và đặc thù của hệ thống. Do đó, một hoạt động có điểm số cao hơn không nhất thiết được triển khai sớm hơn, và ngược lại.

Cuối cùng, mỗi hoạt động trong giai đoạn ngắn hạn và trung hạn sẽ được trình bày chi tiết hơn ở Chương tiếp theo.

Bảng 11. Khung thời gian và lộ trình AI/Số hóa đến năm 2050

Khung thời gian	Mục tiêu phát triển điện lực chính	Công nghệ AI & số hóa Chiến lược ứng dụng
2025–2030 Thiết lập nền tảng số và AI.	Tổng công suất: 183–236 GW • Gia tăng mạnh mẽ điện mặt trời, điện gió (trên bờ/ngoài khơi) và hệ thống lưu trữ Bắt đầu đưa điện hạt nhân vào hệ thống Tập trung vào LNG, khí nội địa và xuất/nhập khẩu năng lượng	***Hoạt động kỹ thuật:*** Ứng dụng AI để tăng cường hoạt động dự báo phụ tải và NLTT Các chương trình DR thông qua nền tảng kỹ thuật số Cơ sở hạ tầng đo lường tiên tiến (công tơ thông minh) và phân tích dữ liệu EMS cho khách hàng lớn (Hiệu quả năng lượng Công nghiệp 4.0) Bảo trì dự đoán cho các tài sản phát điện và lưới điện ***Hoạt động chính sách / quy định:*** Ban hành biểu giá điện theo thời gian sử dụng dựa trên các quy định hiện hành về DR Xây dựng năng lực thể chế và kỹ năng ứng dụng công nghệ số Tăng cường, hoàn thiện các quy định an ninh mạng và khả năng phục hồi lưới điện Triển khai cơ chế thử nghiệm khung pháp lý (sandbox) để tạo điều kiện cho các mô hình đổi mới trong ngành năng lượng Cung cấp các ưu đãi tài chính và hỗ trợ đầu tư vào lưới điện thông minh Cập nhật các quy định hệ thống truyền tải, phân phối và các quy định kỹ thuật để tích hợp AI/DER

Khung thời gian	Mục tiêu phát triển điện lực chính	Công nghệ AI & số hóa Chiến lược ứng dụng
2030–2035 Mở rộng hệ thống điện thông minh & điều khiển lưới điện thông minh.	Điện gió ngoài khơi: 17 GW Điện mặt trời: 73 GW Bắt đầu triển khai điện hạt nhân (4–6,4 GW) Lưu trữ năng lượng quy mô lớn (10–16,3 GW pin, 6 GW thủy điện tích năng) Mở rộng hệ thống xuất/nhập khẩu điện	***Hoạt động kỹ thuật:*** Nhà máy điện ảo và tổng hợp tài nguyên năng lượng phân tán do AI điều khiển Ứng dụng AI để tăng cường khả năng phục hồi lưới điện và phát hiện bất thường Tự động hóa lưới điện phân phối và giảm tổn thất Ứng dụng AI để ổn định lưới điện và tối ưu hóa truyền tải Trí tuệ phía người tiêu dùng Quản lý sạc xe điện thông minh Ứng dụng AI để tối ưu hóa công tác điều độ dịch vụ phụ trợ ***Hoạt động chính sách / quy định:*** Tạo cơ chế thị trường thúc đẩy tính linh hoạt và dịch vụ mới Thúc đẩy quan hệ đối tác công-tư và hợp tác quốc tế để đẩy nhanh quá trình chuyển đổi số

Khung thời gian	Mục tiêu phát triển điện lực chính	Công nghệ AI & số hóa Chiến lược ứng dụng
2035–2050 Tích hợp AI vào lưới điện thông minh & hệ thống điện lấy NLTT làm trung tâm.	Tổng công suất: 774–838 GW Điện mặt trời: ~295 GW Điện gió ngoài khơi: ~139 GW Điện gió trên bờ: ~91 GW Pin lưu trữ: 96 GW Chuyển đổi các nhà máy đốt hydrogen, amoniac, sinh khối Điện hạt nhân: 14 GW	***Hoạt động kỹ thuật:*** Khung an ninh mạng AI (an ninh số cấp quốc gia ứng dụng AI để phát hiện mối đe dọa dựa trên hành vi) Vận hành lưới điện tự động (các tác nhân AI tối ưu hóa điều độ đa mục tiêu, định giá carbon, giảm tắc nghẽn lưới điện) Điều phối tài nguyên năng lượng phân tán (ứng dụng AI vào hệ thống DERMS) Thông tin thị trường năng lượng (AI hỗ trợ thị trường bán buôn/bán lẻ, tối ưu hóa DPPA, và phân tích thị trường giao ngay) Ứng dụng AI cho quá trình giảm phát thải carbon và giám sát phát thải AI quản lý lưu trữ năng lượng (dự báo cân bằng sạc/xả pin theo mùa và theo nhu cầu giờ cao điểm) Ứng dụng AI vào kết nối lưới điện với các nước láng giềng ***Hoạt động chính sách / quy định:*** Tiếp tục triển khai và hoàn thiện tất cả các chính sách hiện hành dựa trên các khung pháp lý hoàn thiện và thích ứng linh hoạt, hỗ trợ lưới điện và thị trường tích hợp AI.

8.5. Rủi ro trong quá trình triển khai

Bảng dưới đây trình bày phân tích rủi ro khi thực hiện các biện pháp can thiệp về AI và số hóa tại Việt Nam.

Bảng 12. Phân tích rủi ro

Rủi ro	Tác động	Khả năng xảy ra	Biện pháp giảm thiểu
1. Chất lượng dữ liệu và quản trị kém Dữ liệu không chính xác hoặc không đầy đủ làm sai lệch kết quả của AI.	Cao	Trung bình	Xây dựng một khuôn khổ quản trị dữ liệu tập trung với các tiêu chuẩn, quy tắc xác thực và hệ thống kiểm tra rõ ràng, đặt ra các chỉ số hiệu suất (KPI) tối thiểu về chất lượng dữ liệu cho tất cả các dự án thí điểm.
2. Vi phạm an ninh mạng Số hóa lưới điện làm tăng nguy cơ bị tấn công.	Cao	Cao	Áp dụng các tiêu chuẩn an ninh nghiêm ngặt (ví dụ: IEC 62443), liên tục sử dụng AI để phát hiện bất thường, kiểm tra thâm nhập định kỳ và diễn tập ứng phó sự cố.
3. Sự không chắc chắn và chậm trễ trong quá trình ban hành quy định Việc ban hành quy định chậm trễ sẽ gây cản trở cho công tác triển khai.	Cao	Trung bình	Xây dựng các lộ trình rõ ràng, có thời hạn cho các quy định chính (ví dụ: biểu giá TOU, thiết kế thị trường), thành lập các nhóm công tác liên bộ để đẩy nhanh quá trình soạn thảo và phê duyệt các quy định liên quan.
4. Thiếu hụt kỹ năng và năng lực Thiếu chuyên gia AI/số hóa trong các công ty điện lực và cơ quan quản lý.	Cao	Cao	Phối hợp với các trường đại học và doanh nghiệp để khởi động, triển khai các chương trình nâng cao kỹ năng trên toàn quốc, xây dựng và cung cấp các chứng chỉ "AI trong ngành năng lượng", và thành lập các đơn vị đổi mới số trong EVN.
5. Phụ thuộc vào nhà cung cấp và khả năng tương thích kém Các hệ thống độc quyền gây khó khăn cho việc mở rộng quy mô.	Trung bình	Trung bình	Bắt buộc áp dụng các tiêu chuẩn API mở và trao đổi dữ liệu (ví dụ: OpenADR), yêu cầu các thầu mua sắm công phải quy định tính tương thích đa nhà cung cấp, và triển khai thí điểm các kiến trúc tham chiếu.
6. Thiếu hụt nguồn lực tài chính và vượt chi dự án Thiếu vốn hoặc chi phí tăng cao khiến dự án bị đình trệ.	Cao	Trung bình	Cấu trúc các gói tài chính hỗn hợp (bao gồm tài trợ không hoàn lại + vay ưu đãi + vốn tư nhân), đưa điều khoản vượt chi vào hợp đồng PPP, và xây dựng quỹ dự phòng rủi ro.
7. Thiên lệch thuật toán và rủi ro "hộp đen" Các quyết định dựa trên AI không minh bạch làm giảm lòng tin và tuân thủ pháp luật.	Trung bình	Trung bình	Yêu cầu tiêu chuẩn giải thích được cho tất cả mô-đun AI, thực hiện kiểm toán mô hình bởi bên thứ ba, và tích hợp các điểm kiểm tra có sự tham gia của con người trong quá trình hình thành các quyết định quan trọng.
8. Quản lý thay đổi và kháng cự tổ chức Nhân viên phản đối làm chậm quá trình áp dụng công nghệ.	Trung bình	Cao	Tích hợp các hoạt động thực hành quản lý thay đổi: hội thảo cho các bên liên quan, chuỗi sự kiện từ thí điểm đến mở rộng ứng dụng công nghệ, sự tài trợ từ cấp lãnh đạo, và các động lực rõ ràng gắn với KPI số hóa.
9. Khoảng cách số hóa và quan ngại về sự công bằng Khu vực nông thôn hoặc thu nhập thấp bị tụt hậu về khả năng tiếp cận công nghệ.	Trung bình	Trung bình	Phân bổ nguồn tài chính chuyên biệt và mô hình PPP cho AMI nông thôn và lưới điện siêu nhỏ, thiết kế giao diện người dùng đơn giản và trợ cấp phí kết nối cho các cộng đồng khó khăn.

Rủi ro	Tác động	Khả năng xảy ra	Biện pháp giảm thiểu
10. Công nghệ lạc hậu Những tiến bộ nhanh chóng của AI khiến các hoạt động triển khai ban đầu trở nên lỗi thời.	Trung bình	Thấp	Áp dụng kiến trúc mô-đun có thể nâng cấp, ưu tiên các giải pháp đám mây/biên với chức năng quản lý phiên bản, và đưa các phương án gia hạn vào hợp đồng mua sắm.
11. Gián đoạn chuỗi cung ứng Thiếu hụt phần cứng dẫn đến triển khai chậm trễ.	Trung bình	Trung bình	Đa dạng hóa danh mục nhà cung cấp, xác định và đánh giá trước nhiều nhà cung cấp cho các thiết bị quan trọng, duy trì kho dự trữ hàng hóa quan trọng ở một mức nhất định, và đàm phán với các nhà cung cấp để đảm bảo cung cấp ưu tiên trong trường hợp nguồn cung khan hiếm.
12. Rủi ro khí hậu vật lý Thời tiết khắc nghiệt làm hỏng tài sản số.	Cao	Trung bình	Tăng cường khả năng chống chịu cho cơ sở hạ tầng trọng yếu (ví dụ: trạm biến áp chống lũ), triển khai các đường truyền mạng dự phòng, và tích hợp các tiêu chí chống chịu khí hậu vào các kế hoạch quản lý tài sản.

CHƯƠNG 09

Trình bày các hoạt động

Chương 9. Trình bày các hoạt động

9.1. Giới thiệu

Chương này trình bày các “Thẻ hoạt động” cho từng hoạt động ngắn hạn và trung hạn trong lộ trình. Các Thẻ hoạt động tổng hợp các kết quả đầu ra của Giai đoạn 1 thành một định dạng ngắn gọn, chuẩn hóa nhằm hỗ trợ quá trình tham vấn với các bên liên quan và định hướng cho bước tiếp theo là Giai đoạn 2 của nhiệm vụ. Các Thẻ hoạt động này không đi sâu vào đánh giá mức độ sẵn sàng chi tiết của Giai đoạn 2, mà tập trung vào việc xác định phạm vi và định hình các hành động ban đầu nhằm tạo nền tảng vững chắc cho việc lập kế hoạch chi tiết cho các giai đoạn tiếp theo.

Trong quá trình xây dựng nội dung này, nhóm tư vấn đã gặp phải hai thách thức chính về mặt phương pháp luận:

- **Sự phát triển nhanh chóng của các mô hình AI**

Việc thương mại hóa các công cụ AI hẹp đã diễn ra trong nhiều thập kỷ, nhưng thời điểm ra đời của AGI vẫn còn là một ẩn số. Sự ra mắt của ChatGPT 3.5 vào ngày 30 tháng 11 năm 2022 đã chứng minh khả năng của AI có thể tiến xa nhanh chóng như thế nào. Tuy nhiên, chúng ta vẫn không thể dự đoán chắc chắn về thời điểm xuất hiện, nhu cầu quản lý hay tác động xã hội của AGI hoặc một “siêu trí tuệ” tiềm năng. Do đó, cách xây dựng lộ trình truyền thống với tầm nhìn dài hạn (ví dụ: đến năm 2050) không còn phù hợp với lĩnh vực số hóa và AI. Rất có thể, chỉ trong vòng năm năm tới, những kiến trúc hoặc trường hợp ứng dụng hoàn toàn mới sẽ khiến các dự báo ngày nay trở nên lỗi thời.

- **Tập trung vào các yếu tố nền tảng**

Để giải quyết tình trạng khó lường này, nhóm tư vấn đã tập trung vào các hoạt động nhằm thiết lập cơ sở hạ tầng và cơ chế quản trị lâu dài: đó là việc số hóa phần cứng (như AMI, SCADA, và hạ tầng truyền thông), xây dựng các khung an ninh mạng, hướng dẫn đạo đức và cơ chế quản trị dữ liệu. Những yếu tố nền tảng này có thể tồn tại và phát triển qua nhiều thế hệ công nghệ, tạo điều kiện cho các ứng dụng AI mới, dù hiện đại đến đâu, cũng có thể dễ dàng tích hợp vào một hệ sinh thái đã có sẵn.

Đồng thời, nhóm tư vấn cũng phải đối mặt với những hạn chế không thể tránh khỏi trong quá trình thực hiện nghiên cứu.

- **Sự không chắc chắn trong ước tính chi phí**

Do tính chất tiên phong của các dự án thí điểm ứng dụng AI trong ngành điện và việc thiếu dữ liệu ngân sách công khai nên nhóm tư vấn không có con số cụ thể về chi phí đầu tư và chi phí vận hành. Mặc dù chúng tôi có đưa ra các khoản chi phí minh họa từ những chương

trình tương tự ở nước ngoài, nhưng việc lập mô hình ngân sách chi tiết nằm ngoài phạm vi của Giai đoạn 1 của nhiệm vụ này.

- **Những hạn chế về dữ liệu và báo cáo**

Hiện tại, nhiều dự án thí điểm còn thiếu các chỉ số hiệu suất rõ ràng hoặc báo cáo chuẩn hóa được công bố rộng rãi. Vì vậy, các lợi ích định lượng và phương pháp giảm thiểu rủi ro mà chúng ta có được chỉ mang tính chất ước tính, không phải là con số chính xác. Các lợi ích kỳ vọng được trình bày trong tài liệu này cũng tương tự, đây là những đánh giá dựa trên ước tính của nhóm tư vấn.

Nội dung của các Thẻ hoạt động trong chương này được chắt lọc từ những kinh nghiệm và phân tích tiên tiến nhất trên thế giới. Tuy nhiên, đây chỉ là những thông tin mang tính nền tảng, là điểm khởi đầu cho nhiệm vụ này. Giai đoạn 2 sẽ tập trung vào việc tinh chỉnh các mô hình chi phí, đánh giá mức độ sẵn sàng và lập lịch trình triển khai cụ thể. Tất cả sẽ được thực hiện với sự hợp tác chặt chẽ cùng các bên liên quan, nhằm đảm bảo quá trình số hóa và tích hợp AI tại Việt Nam diễn ra trên một nền tảng vững chắc và có khả năng chống chịu trong tương lai.

9.2. Các hoạt động kỹ thuật

Phần này trình bày nội dung các "Thẻ hoạt động" cho từng hoạt động kỹ thuật.

Bảng 13. Hoạt động T-1. Ứng dụng AI để tăng cường hoạt động dự báo phụ tải và NLTT

Mục	Chi tiết
Tiêu đề	Ứng dụng AI để tăng cường hoạt động dự báo phụ tải và NLTT
Mô tả ngắn gọn	Triển khai các mô hình dự báo sử dụng học máy và phương pháp xác suất để tạo ra dự báo ngắn hạn và trung hạn với độ chi tiết cao về phụ tải hệ thống và sản lượng NLTT biến đổi. Điều này giúp giảm chi phí cân bằng và tạo điều kiện để tích hợp tỉ lệ NLTT biến đổi cao hơn vào lưới điện
Phương pháp tiếp cận kỹ thuật	Sử dụng các mô hình lai giữa Học máy và vật lý (kết hợp mạng nơ-ron và các mô phỏng nhiều kịch bản thời tiết), áp dụng phương pháp Bayesian để đánh giá mức độ không chắc chắn, và sử dụng mô hình dự báo mạng nơ-ron đồ thị để tinh chỉnh các dự đoán, có tính đến các ràng buộc của lưới điện.
Tình hình hiện tại ở Việt Nam	• EVNNLDC (nay là NSMO) sử dụng học sâu (deep learning) để dự báo phụ tải ngắn hạn • EVNSPC và EVNCPC ứng dụng AI và dữ liệu thời tiết từ vệ tinh để dự báo sản lượng điện mặt trời và điện gió. • NSMO (trước đây là NLDC/EVN) đã hợp tác với Solargis để dự báo sản lượng từ khoảng 7GW công suất điện mặt trời và điện gió (gồm 140 nhà máy điện mặt trời và 40 trang trại điện gió). Việc dự báo này sử dụng dữ liệu vệ tinh và khí tượng, giúp cân bằng lưới điện hiệu quả hơn và giảm thiểu các vấn đề do tính không ổn định của các nguồn năng lượng này.

	• Điện mặt trời mái nhà (được giám sát tại các trạm biến áp 100kV trên toàn quốc) được dự báo với độ phân giải 15 phút trong tối đa 14 ngày tới bằng cách sử dụng AI. • ATS JSC cung cấp các dịch vụ phần mềm dưới dạng dịch vụ AI SaaS: SmartLF™ để dự báo phụ tải đa điểm. SmartRGF™ dùng để dự báo sản lượng NLTT theo giờ đến theo tuần nhờ sử dụng công nghệ học sâu, kết nối với hệ thống SCADA. • Các nền tảng như GridSense AI và EnergyOptimizer được triển khai tại Việt Nam để quản lý lưới điện, bảo trì dự đoán, dự báo sản lượng NLTT dựa trên dữ liệu thời tiết siêu cục bộ và tối ưu hóa hệ thống lưu trữ
Ví dụ thực tế	• Các TSO của Đức đạt được hiệu quả dự báo điện mặt trời và điện gió tăng 20–30% nhờ sử dụng các mô hình AI lai[177]. • Các dự án thí điểm của Bộ Năng lượng Hoa Kỳ thuộc chương trình SunShot đã cải thiện khả năng dự báo điện mặt trời lên 30%, từ đó giúp việc điều độ các nguồn NLTT diễn ra hiệu quả hơn[178]. • Dự báo điện gió của DeepMind đã thúc đẩy doanh thu của các trang trại điện gió của Google tăng khoảng 20% thông qua việc tối ưu hóa đấu thầu trên thị trường điện[179]. • TSO của Ireland duy trì sự ổn định của hệ thống ngay cả khi tỉ lệ điện gió đạt 75% nhờ sử dụng các mô hình dự báo xác suất tiên tiến[180].
Lợi ích kỳ vọng	• Tăng độ chính xác dự báo phụ tải ngắn hạn lên trên 95%. • Tăng tỉ lệ sử dụng NLTT biến đổi để trì hoãn việc nâng cấp mạng lưới và cắt giảm lượng khí thải CO_2. • Giảm chi phí mua dự phòng cân bằng và chi phí phạt, đồng thời cải thiện hiệu quả đấu thầu trên thị trường điện.
Thời gian dự kiến cho từng giai đoạn	Dựa trên thời gian trung bình của một dự án thí điểm lưới điện thông minh khoảng 2 năm, các giai đoạn được phân bổ như sau[181]: • Xác định phạm vi và thiết kế: 2 tháng • Thu thập và xử lý dữ liệu ban đầu: 4 tháng • Phát triển và thẩm định mô hình: 6 tháng • Triển khai thí điểm: 8 tháng • Đánh giá và hiệu chỉnh: 3 tháng • Lập kế hoạch mở rộng quy mô: 2 tháng
Đơn vị chủ trì	Các trung tâm điều độ của EVN
Các bên liên quan chính	Bộ CT; các đơn vị thành viên của EVN; các khách hàng tham gia chương trình quản lý nhu cầu phụ tải cấp tỉnh; và các đối tác phát triển (ví dụ: GIZ)

[177] https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Sep/IRENA_AI_Big_Data_2019.pdf
[178] Ibid.
[179] https://deepmind.google/discover/blog/machine-learning-can-boost-the-value-of-wind-energy
[180] https://www.eirgrid.ie/about-us/our-strategy-2020-2025
[181] https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421516303639

Yêu cầu về dữ liệu và nguồn dữ liệu	Dữ liệu phụ tải có độ phân giải cao từ hệ thống AMI; dữ liệu khí tượng từ Tổng cục Khí tượng Thủy văn (VMGD); dữ liệu bức xạ vệ tinh từ ESA hoặc NASA; dữ liệu lịch sử điều độ hệ thống.
Nguồn vốn tiềm năng	CAPEX cho dự án thí điểm ước tính khoảng 6 triệu Euro (dựa trên ngân sách trung bình của một dự án lưới điện thông minh) (sciencedirect.com)[182]; nguồn tài chính có thể đến từ các gói hỗ trợ của JETP, WB, ADB.
Ba rủi ro hàng đầu và biện pháp giảm thiểu	1. **Lỗi chất lượng dữ liệu** → Để giải quyết, cần thiết lập một khung quản trị dữ liệu tập trung, có quy tắc xác thực rõ ràng và kiểm toán các chỉ số hiệu suất (KPI) thường xuyên. 2. **Lệch mô hình** → Để khắc phục, cần có các vòng lặp huấn luyện lại mô hình liên tục và có sự kiểm tra của con người trong các quyết định quan trọng. 3. **Sự chậm trễ trong ban hành quy định** → Để xử lý, cần thành lập các nhóm công tác liên bộ để đẩy nhanh việc soạn thảo và phê duyệt quy định.
Các chỉ số hiệu suất chính (KPI)	• MAE của dự báo nhỏ hơn 5% • Tỷ lệ (%) cắt giảm NLTT biến đổi • Tiết kiệm chi phí dự phòng và chi phí phạt • Tần suất huấn luyện lại mô hình • Điểm số hài lòng của các bên liên quan
Giám sát và báo cáo	• Sử dụng bảng điều khiển EMS theo thời gian thực • Báo cáo hiệu suất hàng tháng • Đánh giá hàng quý với các bên liên quan • Hệ thống cảnh báo khi có sai lệch lớn hơn 10%.
Nhu cầu xây dựng năng lực	• Tổ chức các buổi hội thảo về học máy và phương pháp Bayesian cho EVN • Báo cáo tóm tắt cho cơ quan quản lý về năng lực của AI • Chương trình trao đổi với các tổ chức quốc tế.
Đạo đức và quản trị dữ liệu	• Tuân thủ các quy định về bảo mật dữ liệu • Ẩn danh hóa dữ liệu • Áp dụng các giao thức giải thích mô hình minh bạch
Các yêu cầu pháp lý tiên quyết	• Cập nhật các quy tắc điều độ của QHĐ VIII để chấp nhận dự báo xác suất • Sửa đổi lệnh điều độ của Bộ CT • Ký kết thỏa thuận chia sẻ dữ liệu giữa các công ty điện lực và cơ quan khí tượng thủy văn

[182] https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421516303639

Bảng 14. Hoạt động T-2. Các chương trình DR thông qua nền tảng kỹ thuật số

Mục	Chi tiết
Tiêu đề	Các chương trình DR thông qua nền tảng kỹ thuật số
Mô tả ngắn gọn	Các chương trình này triển khai nền tảng DR kỹ thuật số (dưới dạng trang web hoặc ứng dụng di động) để người dùng có thể tham gia tự động hoặc thủ công. Nền tảng này sử dụng các thiết bị IoT và giao thức OpenADR 2.0b để gửi các tín hiệu giá hoặc sự kiện động (ví dụ: giá điện tăng cao, có sự cố lưới điện). Người dùng sẽ dựa vào đó để giảm hoặc dịch chuyển việc sử dụng điện của họ. Mục tiêu là cung cấp sự linh hoạt cho hệ thống điện, từ đó tạo điều kiện để tích hợp nhiều nguồn NLTT biến đổi hơn vào lưới điện.
Phương pháp tiếp cận kỹ thuật	Sử dụng Hệ thống quản lý DR (DRMS), tích hợp với hệ thống EMS/NMS của lưới điện thông qua giao thức OpenADR. Sử dụng các thiết bị điều khiển phụ tải có kết nối IoT, như ổ cắm thông minh hoặc bộ điều nhiệt thông minh. Gửi các tín hiệu giá động (như biểu giá TOU, RTP, CPP). Hệ thống đăng ký khách hàng thông qua bên thứ ba (công ty dịch vụ điện năng tổng hợp và quản lý nhiều khách hàng nhỏ lẻ để tham gia vào chương trình). Hệ thống đo lường từ xa theo thời gian thực giúp kiểm tra và xác minh lượng điện đã được giảm khi thực hiện chương trình.
Tình hình hiện tại ở Việt Nam	• Các văn bản pháp lý hiện hành, như Quyết định 17/QĐ-BCT (ngày 28 tháng 1 năm 2019) và Quyết định 54/QĐ-ĐTĐL (ngày 12 tháng 6 năm 2019), đã có hướng dẫn về quy trình thực hiện các sự kiện DR. Tuy nhiên, những văn bản này chưa quy định các ưu đãi tài chính rõ ràng để khuyến khích các bên tham gia. • EVNHCMC đã triển khai một dự án thí điểm vào năm 2015 (Chương trình cắt giảm phụ tải và chương trình cắt giảm phụ tải khẩn cấp tự nguyện), được tài trợ bởi Quỹ Khoa học và Công nghệ của công ty[183]. • Các mức chênh lệch giá điện theo thời gian sử dụng (TOU) hiện tại vẫn có thể được cải thiện để thu hút nhiều khách hàng tham gia hơn vào các chương trình DR. • Tính đến năm 2024, có khoảng 13.334 khách hàng công nghiệp lớn đã ký cam kết tự nguyện tham gia DR dựa trên các lịch trình cắt giảm phụ tải đã được xác định trước. Tổng cộng có 18.961 khách hàng đang tham gia vào các chương trình DR phi thương mại, với tiềm năng DR ước tính đạt 2.843 MW[184] • Các chương trình thí điểm có ưu đãi tài chính đã được triển khai từ năm 2023. Những chương trình này tập trung vào việc cắt giảm phụ tải đỉnh của các khách hàng sử dụng điện lớn vào những tháng cao điểm (ví dụ: tháng 5–6). Điều này phù hợp với Quyết định số 175/QĐ-BCT (2019) của Bộ CT.
Ví dụ thực tế	• Thái Lan: Ủy ban Điều tiết Năng lượng Thái Lan (ERC) đã chạy dự án thí điểm CPTR và EDRP vào năm 2014 thông qua mô hình Tổng hợp phụ tải (Load Aggregator). Khoản bồi thường cho khách hàng được tính toán dựa trên chi phí tránh được của các nhà máy điện chạy đỉnh[185]. • Hoa Kỳ: Nền tảng Voltus C&I được triển khai tại các thị trường điện lớn như PJM, CAISO, ERCOT, v.v., cho phép các doanh nghiệp kiếm tiền từ việc giảm phụ tải thông qua các bảng điều khiển theo thời gian thực[186].

[183] https://energypedia.info/images/b/b4/011_SGREEE-AA1_Promoting_Implementation_of_Demand_Response_Programs_in_Vietnam.pdf
[184] https://en.evn.com.vn/d/vi-VN/news/EVNs-business-and-customer-service-in-2024-achieve-many-positive-outcomes-60-204-500388
[185] https://www.mdpi.com/1996-1073/16/8/3606
[186] https://www.voltus.co/demand-response/pjm

	• Vương quốc Anh: Cổng thông tin Enel X Demand Side Response trả tiền cho các doanh nghiệp khi họ tham gia giảm phụ tải trong các sự kiện cao điểm[187]. • Vương quốc Anh: Biểu giá điện Agile của Octopus Energy (giá điện thay đổi theo từng nửa giờ) được tích hợp với các thiết bị thông minh để thực hiện DR một cách tự động[188].
Lợi ích kỳ vọng	• Giảm 2-5% phụ tải đỉnh trong mỗi sự kiện, giúp trì hoãn việc đầu tư vào các nhà máy điện khí chu trình hỗn hợp (CCGT) cũng như hệ thống truyền tải và phân phối. • Giảm chi phí cho các dịch vụ phụ trợ và chi phí cân bằng hệ thống. • Cải thiện độ tin cậy của lưới điện và tăng khả năng tích hợp NLTT biến đổi.
Thời gian dự kiến cho từng giai đoạn	• Xác định phạm vi và thiết kế: 2 tháng • Phát triển nền tảng: 4 tháng • Tích hợp và thử nghiệm: 3 tháng • Thực hiện thí điểm: 6 tháng • Đánh giá và hiệu chỉnh: 3 tháng • Lập kế hoạch mở rộng quy mô: 2 tháng
Đơn vị chủ trì	Các Tổng công ty Điện lực thuộc EVN (ví dụ: EVNHCMC) và Đơn vị triển khai DR của EVN.
Các bên liên quan chính	Cục ĐL/Bộ CT; các đơn vị thuộc EVN; các khách hàng công nghiệp/thương mại lớn, các công ty dịch vụ tổng hợp phụ tải; và các nhà cung cấp dịch vụ viễn thông.
Yêu cầu về dữ liệu và nguồn dữ liệu	• Dữ liệu tiêu thụ điện theo chu kỳ 15–60 phút từ hệ thống AMI • Tình trạng lưới điện theo thời gian thực qua hệ thống EMS • Lịch trình giá điện động từ hệ thống Hệ thống quản lý dữ liệu đo đếm (MDMS) • Dữ liệu thời tiết/nhiệt độ để điều chỉnh đường cơ sở cho phù hợp
Ước tính đầu tư và nguồn vốn	• Dự án thí điểm năm 2015 do Quỹ Khoa học và Công nghệ của EVN tài trợ thực hiện. Hiện cần xem xét có nên thực hiện một dự án thí điểm mới hay không. • Có thể sử dụng các khoản tài trợ ưu đãi từ WB, ADB và GIZ.
Ba rủi ro hàng đầu và biện pháp giảm thiểu	1. **Ưu đãi tài chính thấp** → Để giải quyết, cần áp dụng các mô hình chia sẻ lợi ích/điều chỉnh biểu giá điện. 2. **Khung pháp lý chưa hoàn thiện** → Để khắc phục, cần đẩy nhanh việc phối hợp giữa Cục ĐL/Bộ CT để công nhận DR là một dịch vụ phụ trợ.

[187] https://www.enelx.com/uk/en/demand-response
[188] https://octopus.energy/smart/agile/

	3. **Sự chán nản của khách hàng** → Để giải quyết, cần để các công ty dịch vụ tổng hợp phụ tải chịu trách nhiệm đăng ký khách hàng, tiếp thị có mục tiêu và truyền thông rõ ràng về lợi ích mà khách hàng nhận được.
Các chỉ số hiệu suất chính (KPI)	• Số lượng khách hàng tham gia; tỷ lệ tham gia (%) • Công suất (MW) được cắt giảm trong mỗi sự kiện • Tỷ lệ phụ tải được dịch chuyển (%) • Chỉ số hài lòng của khách hàng • Tỷ lệ tuân thủ sự kiện

Giám sát và báo cáo	• Sử dụng bảng điều khiển theo thời gian thực hiển thị tổng phụ tải dịch chuyển, so sánh giữa mức tiêu thụ thực tế với đường cơ sở, tỷ lệ tham gia sự kiện và hiệu ứng phục hồi
	• Hệ thống cảnh báo tự động cho các sự kiện không được kích hoạt hoặc các mẫu phụ tải bất thường
	• Bảng điểm KPI gửi hàng tháng cho ban chỉ đạo, bao gồm:
	  o Giảm đỉnh (%)
	  o Tỷ lệ tham gia/rút lui của khách hàng
	  o Độ chính xác của việc tính toán
	• Báo cáo tác động hàng quý, so sánh hiệu suất với các mục tiêu đã đề ra và với các thông lệ quốc tế tốt nhất

Nhu cầu xây dựng năng lực	• Tập huấn cho các công ty điện lực và công ty dịch vụ tổng hợp phụ tải về cách cấu hình nền tảng, lên lịch sự kiện và quy trình tính toán chi phí • Hội thảo cho các nhà quản lý về giám sát chương trình, kiểm toán tuân thủ và phương pháp xác minh hiệu suất • Bộ công cụ phổ biến kiến thức cho khách hàng (seminar trực tuyến, các khóa học điện tử) để người tiêu dùng hiểu rõ hơn về cơ chế và lợi ích của DR • Các chương trình "Đào tạo giảng viên" cho các chuyên gia tư vấn tại địa phương để nhân rộng kỹ năng ra các tỉnh thành
Đạo đức và quản trị dữ liệu	• Áp dụng các giao thức "đồng ý có hiểu biết" và cơ chế tham gia/rút lui minh bạch cho người dùng cuối • Kiểm soát quyền truy cập dựa trên vai trò để phân tách các chức năng của nền tảng (điều phối, thanh toán, phân tích) • Ẩn danh hóa dữ liệu cho các báo cáo tổng hợp và nghiên cứu, bảo vệ quyền riêng tư của từng người tiêu dùng • Tuân thủ Luật 86/2015/QH13 về an ninh dữ liệu hạ tầng trọng yếu và các tiêu chuẩn bảo mật quốc tế (ví dụ: các nguyên tắc xuất phát từ Quy định chung về bảo vệ dữ liệu (GDPR) của EU

Các yêu cầu pháp lý tiên quyết	• Cập nhật thông tư để chính thức công nhận các nền tảng DR số và xác định các loại sự kiện đủ điều kiện • Tiêu chuẩn hóa việc đo lường và đo từ xa (ví dụ: yêu cầu AMI có chu kỳ đo ≥ 5 phút) trong các quy định về DR • Xây dựng khung pháp lý đăng ký cho công ty dịch vụ tổng hợp phụ tải bao gồm phí cấp phép, yêu cầu về bảo lãnh thực hiện và quy trình giải quyết tranh chấp • Sửa đổi quy định tính toán thanh toán, xác định rõ phương pháp xác định đường cơ sở, giao thức xác minh và các điều khoản phạt/trách nhiệm pháp lý khi không thực hiện đúng cam kết

Bảng 15. Hoạt động T-3. Cơ sở hạ tầng đo lường tiên tiến (công tơ thông minh) và phân tích dữ liệu

Mục	Chi tiết
Tiêu đề	Cơ sở hạ tầng đo lường tiên tiến (công tơ thông minh) và phân tích dữ liệu
Mô tả ngắn gọn	Triển khai một hệ thống AMI từ đầu đến cuối. Hệ thống này bao gồm công tơ thông minh, các kênh truyền thông (như PLC/RF/mạng di động), Hệ thống Đầu cuối (HES) và Hệ thống quản lý dữ liệu đo đếm (MDMS). Kết hợp với các nền tảng phân tích (ví dụ: phân tích biểu đồ phụ tải, phát hiện bất thường, DR), hệ thống này sẽ cho phép truyền thông hai chiều giữa công ty điện lực và người tiêu dùng, đồng thời tối ưu hóa lưới điện dựa trên dữ liệu.
Phương pháp tiếp cận kỹ thuật	Tích hợp các công tơ thông minh đo dữ liệu theo chu kỳ với hệ thống HES và MDMS; áp dụng các thuật toán học máy để phân nhóm khách hàng và phát hiện các trường hợp bất thường; sử dụng phân tích chuỗi thời gian để dự báo phụ tải theo thời gian thực và phát hiện các sự cố bất thường về điện áp.
Tình hình hiện tại ở Việt Nam	• Tính đến tháng 12/2022, EVN đã lắp đặt 24.667.754 công tơ điện tử (chiếm khoảng 81% tổng số) và 23.292.310 công tơ điện tử đo xa (chiếm khoảng 76,8%)[189]. • Dự án thí điểm AMI tại TP.HCM dành cho khách hàng lớn tại TP.HCM vào năm 2017 không được nhân rộng. Hệ thống thu thập dữ liệu đo đếm từ xa (AMR) vẫn là phương pháp phổ biến.[190]. • EVNHANOI đã thay thế 100% công tơ cơ bằng công tơ điện tử có chức năng đọc dữ liệu đo đếm từ xa vào cuối năm 2021.[191] • EVNHCMC đã đạt tỉ lệ phủ sóng hệ thống AMR lên tới 98–99%. Họ đã tích hợp các đồng hồ thông minh với Hệ thống thông tin địa lý (GIS) và các ứng dụng dành cho khách hàng để giám sát dữ liệu và theo dõi sự cố mất điện một cách hiệu quả.[192] • EVN đã phát triển EVNHES - một hệ thống thu thập dữ liệu từ xa có khả năng tích hợp nhiều loại thiết bị đo lường khác nhau, tạo nền tảng cho việc quản lý dữ liệu AMR một cách tập trung. • Các hệ thống SCADA, DAS và GIS đã được triển khai rộng rãi để giám sát lưới điện, hỗ trợ vận hành và quản lý tài sản số.

[189] https://www.energytransitionpartnership.org/wp-content/uploads/2024/04/D2-Current-status-1.pdf
[190] Ibid.
[191] https://en.evn.com.vn/d6/news/Smart-grid-development-in-Hanoi-66-163-2467.aspx
[192] https://en.evn.com.vn/d6/news/Hiệu-quả-từ-công-nghệ-đọc-đồng-số-tự-động-trên-lưới-phân-phối-điện-Thành-phố-Hồ-Minh-66-163-3108.aspx

	• Các nền tảng dành cho khách hàng (các ứng dụng như EVNHANOI, EVNHCMC, CMIS/CIS) hỗ trợ phân tích thói quen sử dụng điện, đưa ra cảnh báo sớm và cung cấp các dịch vụ năng lượng tương tác.
Ví dụ thực tế	• Công ty Trilliant và SAMART đã cung cấp hệ thống AMI (bao gồm HES UnitySuite® và công tơ sử dụng công nghệ RF/mạng di động) cho Cơ quan Điện lực Tỉnh của Thái Lan (PEA). Hệ thống này thu thập dữ liệu theo chu kỳ 15 phút và hiển thị trên các bảng điều khiển tập trung[193] • Dự án thí điểm AMI của Itron tại Pattaya (PEA) đánh dấu lần đầu tiên hệ thống này được triển khai ở cấp thành phố của Thái Lan[194]. • Công ty điện lực Meralco (Philippines) đã triển khai thí điểm 40.000 công tơ thông minh/trả trước trong khuôn khổ chương trình GRID+ của mình[195].
Lợi ích kỳ vọng	• Độ chính xác khi đọc chỉ số công tơ cao hơn 99% và giảm tổn thất phi kỹ thuật[196] • Kích hoạt biểu giá điện theo thời gian sử dụng và quản lý nhu cầu phụ tải (DSM), từ đó giúp dịch chuyển phụ tải đỉnh. • Phát hiện sự cố mất điện nhanh hơn (giảm chỉ số SAIDI lên đến 50%), cải thiện dịch vụ khách hàng, và tạo nền tảng cho việc tích hợp các nguồn năng lượng phân tán trong tương lai[197].
Thời gian dự kiến cho từng giai đoạn	• Xác định phạm vi và thiết kế: 2 tháng • Mua sắm và đấu thầu: 3 tháng • Triển khai công tơ và thiết lập hệ thống truyền thông: 6 tháng • Triển khai HES và MDMS: 4 tháng • Phát triển hệ thống phân tích: 6 tháng • Đánh giá thử nghiệm và hiệu chỉnh: 3 tháng • Lập kế hoạch mở rộng quy mô: 2 tháng
Đơn vị chủ trì	Các trung tâm điều độ của EVN (ví dụ: EVNHANOI, EVNHCMC, EVNCPC).
Các bên liên quan chính	Cục ĐL/Bộ CT; các công ty thanh viên của EVN, các khách hàng tham gia chương trình quản lý nhu cầu phụ tải cấp tỉnh, và các đối tác phát triển (WB, JETP)
Yêu cầu về dữ liệu và nguồn dữ liệu	• Dữ liệu theo chu kỳ từ hệ thống AMI (dữ liệu được thu thập từ công tơ thông minh với khoảng thời gian từ 15–60 phút) • Nhật ký truyền thông (ghi lại các thông tin truyền tải qua các kênh RF/PLC/mạng di động) • Dữ liệu xuất từ hệ thống MDMS cung cấp thông tin cần thiết cho việc xác thực, ước tính và chỉnh sửa dữ liệu (VEE), lập hóa đơn và tổng hợp • Tích hợp với SCADA/EMS để cung cấp bối cảnh về tình trạng hoạt động của lưới điện

[193] https://trilliant.com/partnership-between-trilliant-and-samart-telcoms-reaches-first-milestone-with-the-successful-delivery-of-advanced-metering-infrastructure-for-provincial-electricity-authority-in-thailand/
[194] https://www.smart-energy.com/news/thai-utility-itron-ami-solution/
[195] https://www.smart-energy.com/regional-news/asia/smart-prepaid-meters-meralco-secures-regulatory-green-light-for-40k-rollout/
[196] https://www.mdpi.com/1996-1073/14/7/1852
[197] https://netl.doe.gov/sites/default/files/Smartgrid/Results-from-DOE-ARRA.pdf

Ước tính đầu tư và nguồn vốn	• CAPEX cho dự án thí điểm ước tính khoảng 15 triệu USD. Khoản này nằm trong tổng ngân sách 53 triệu USD dành cho dự án "Nâng cao hiệu quả phân phối" (bao gồm AMI/SCADA) [198]; • Nguồn vốn đồng tài trợ tiềm năng có thể đến từ: WB, ADB, Quỹ nội bộ của EVN
Ba rủi ro hàng đầu và biện pháp giảm thiểu	1. **Chi phí ban đầu cao** → Để giải quyết, cần triển khai theo từng giai đoạn và áp dụng các mô hình chia sẻ chi phí. 2. **Thách thức về khả năng tương tác** → Để khắc phục, cần áp dụng các tiêu chuẩn mở (ví dụ: IEEE 2030.5) và sử dụng hệ thống HES không phụ thuộc vào nhà cung cấp. 3. **Bảo mật/quyền riêng tư dữ liệu** → Để xử lý, cần mã hóa dữ liệu từ đầu đến cuối, và có các chính sách quản trị dữ liệu tuân thủ thông lệ quốc tế tốt nhất.
Các chỉ số hiệu suất chính (KPI)	• Phần trăm công tơ đo thành công từ xa (%) • Giảm tổn thất phi kỹ thuật (%) • Thời gian phát hiện sự cố mất điện (phút) • Chỉ số hài lòng của khách hàng • Thời gian hoạt động của mô hình phân tích (%)
Giám sát và báo cáo	• Sử dụng bảng điều khiển HES theo thời gian thực • Báo cáo chất lượng dữ liệu được tạo ra hàng tháng từ hệ thống MDMS • Đánh giá hàng quý với các bên liên quan • Hệ thống cảnh báo tự động khi có sự can thiệp vào công tơ đo hoặc lỗi truyền thông
Nhu cầu xây dựng năng lực	• Đào tạo cho đội ngũ kỹ thuật viên của EVN về cách lắp đặt công tơ thông minh • Tổ chức các buổi hội thảo cho người vận hành hệ thống MDMS/HES • Nâng cao kỹ năng về khoa học dữ liệu cho các nhóm phân tích • Báo cáo tóm tắt cho các cơ quan quản lý về những lợi ích của AMI
Đạo đức và quản trị dữ liệu	• Có các biện pháp bảo vệ quyền riêng tư dữ liệu • Chia sẻ dữ liệu khách hàng chỉ khi có sự đồng ý • Sử dụng các giao thức giải thích mô hình minh bạch • Tuân thủ Luật An ninh mạng của Việt Nam và các tiêu chuẩn quốc tế
Các yêu cầu pháp lý tiên quyết	• Sửa đổi quy định về đo lường để công nhận biểu giá dựa trên dữ liệu theo chu kỳ • Bộ CT cập nhật lệnh điều độ để chấp nhận dữ liệu đo lường hai chiều • Thiết lập các thỏa thuận chia sẻ dữ liệu từ hệ thống MDMS giữa EVN và Cục ĐL

Bảng 16. Hoạt động T-4. Hệ thống EMS cho khách hàng lớn (Hiệu quả năng lượng Công nghiệp 4.0)

[198] https://documents1.worldbank.org/curated/en/896941579623652622/txt/Vietnam-VN-Distribution-Efficiency-Project.txt

Mục	Chi tiết
Tiêu đề	Hệ thống EMS cho khách hàng lớn (Hiệu quả năng lượng Công nghiệp 4.0)
Mô tả ngắn gọn	Triển khai một hệ thống EMS tích hợp bao gồm phần mềm tuân thủ tiêu chuẩn ISO 50001, cảm biến IoT, bảng điều khiển theo thời gian thực và các công cụ phân tích nâng cao. Hệ thống này giúp tối ưu hóa việc sử dụng năng lượng tại các cơ sở công nghiệp và thương mại tiêu thụ nhiều điện. Nó cho phép điều khiển tự động, DR và cải thiện hiệu suất liên tục.
Phương pháp tiếp cận kỹ thuật	Tích hợp các công tơ phụ và cảm biến IIoT (IoT công nghiệp) trên toàn bộ cơ sở vào nền tảng EMS thông qua các giao thức như OPC-UA/Modbus TCP. Sử dụng học máy để phân tích biểu đồ phụ tải và phát hiện bất thường, mô phỏng kỹ thuật số để tối ưu hóa quy trình sản xuất, và các quy tắc điều khiển tự động cho các hệ thống như HVAC (điều hòa không khí), khí nén, và hệ thống gia nhiệt/làm mát.
Tình hình hiện tại ở Việt Nam	• Theo Nghị định 21/2011/NĐ-CP, các cơ sở tiêu thụ năng lượng trọng điểm (từ 1.000 tấn dầu tương đương/năm trở lên) bắt buộc phải xây dựng kế hoạch quản lý năng lượng cũng như các mục tiêu hàng năm và 5 năm. • Các dự án thí điểm tại các doanh nghiệp Việt Nam (ví dụ: hệ thống giám sát năng lượng theo thời gian thực tại một nhà máy sản xuất) đã đạt được mức tiết kiệm 191.923 kWh trong 6 tháng, tương đương khoảng 19.992 USD[199].
Ví dụ thực tế	• PT Pupuk Kalimantan Timur (Indonesia): Hệ thống EMS tuân thủ tiêu chuẩn ISO 50001 đã giúp công ty này tiết kiệm được 866.262 GJ và 3,9 triệu USD chi phí năng lượng. Thành công này có được nhờ các cải tiến hiệu quả năng lượng nội bộ đã được cấp bằng sáng chế[200]. • Penske Turnersville Auto Mall (USA): Dự án nâng cấp hệ thống EMS trên 10 cơ sở đã giúp giảm 20% lượng năng lượng tiêu thụ chỉ trong 11 tháng[201].
Lợi ích kỳ vọng	• Giảm 5–15% lượng tiêu thụ năng lượng. • Tiết kiệm chi phí năng lượng • Giảm lượng khí thải CO_2 tương ứng với lượng điện (kWh) tiết kiệm được. • Tăng cường khả năng tuân thủ các yêu cầu báo cáo và sẵn sàng để đạt chứng nhận ISO 50001.
Thời gian dự kiến cho từng giai đoạn	• Xác định phạm vi và thiết kế: 2 tháng • Mua sắm và lắp đặt cảm biến: 3 tháng • Tích hợp và vận hành nền tảng EMS: 4 tháng • Phát triển hệ thống phân tích và bảng điều khiển: 4 tháng • Vận hành và đánh giá thí điểm: 3 tháng • Hiệu chỉnh và lập kế hoạch mở rộng quy mô: 2 tháng
Đơn vị chủ trì	Các doanh nghiệp tiêu thụ năng lượng trọng điểm, hợp tác với Trung tâm Sản xuất sạch Việt Nam (VNCPC) thuộc Bộ CT.

[199] https://www.mdpi.com/1996-1073/16/13/5214
[200] https://www.cleanenergyministerial.org/content/uploads/2022/03/cem-em-casestudy-pt-pupuk-indonesia.pdf
[201] https://shellenergy.com/why-shell/case-studies/national-automotive-consolidator

Các bên liên quan chính	Cục ĐL/Bộ CT; các khách hàng tham gia chương trình quản lý nhu cầu phụ tải cấp tỉnh; Ban Kinh doanh và Mua bán điện của EVN; đội ngũ vận hành cơ sở và các đối tác phát triển.
Yêu cầu về dữ liệu và nguồn dữ liệu	• Dữ liệu từ các công tơ phụ trong cơ sở, với chu kỳ từ 15 đến 60 phút, và dữ liệu từ các cảm biến IIoT (về nhiệt độ, lưu lượng, áp suất). • Dữ liệu từ hệ thống SCADA/PLC để nắm bắt bối cảnh của các quy trình sản xuất. • Hóa đơn điện từ công ty điện lực. • Lịch trình sản xuất và dữ liệu thời tiết, dùng để xây dựng các mô hình so sánh và đánh giá hiệu quả.
Ước tính đầu tư và nguồn vốn	• CAPEX cho dự án thí điểm ước tính từ 250.000 đến 500.000 USD cho mỗi cơ sở (bao gồm chi phí bản quyền phần mềm, phần cứng và tích hợp hệ thống)[202]. • Nguồn vốn đồng tài trợ tiềm năng có thể đến từ: WB, ADB, các chương trình song phương (JETP, GIZ).
Ba rủi ro hàng đầu và biện pháp giảm thiểu	1. Sự phức tạp trong tích hợp **dữ liệu** → Để giải quyết, cần áp dụng các tiêu chuẩn mở (như OPC-UA) và sử dụng phần mềm trung gian (middleware) để kết nối các hệ thống khác nhau. 2. **Tỷ lệ người dùng chấp nhận thấp** → Để khắc phục, cần tổ chức các buổi hội thảo với các bên liên quan và cung cấp sự hỗ trợ trong quá trình quản lý thay đổi. 3. **Các mối đe dọa an ninh mạng** → Để xử lý, cần áp dụng mã hóa đầu cuối và tuân thủ các biện pháp kiểm soát theo tiêu chuẩn ISO 27001.
Các chỉ số hiệu suất chính (KPI)	• Tỷ lệ giảm năng lượng so với mức cơ sở (%) • Số kWh tiết kiệm được mỗi tháng • Chi phí năng lượng tiết kiệm được • Thời gian hoạt động của hệ thống (%) và chỉ số chất lượng dữ liệu
Giám sát và báo cáo	• Bảng điều khiển của hệ thống EMS với các cảnh báo theo thời gian thực. • Báo cáo hiệu suất năng lượng hàng tháng. • Các cuộc họp đánh giá của ban quản lý hàng quý. • Kiểm toán nội bộ ISO 50001 hàng năm.
Nhu cầu xây dựng năng lực	• Đào tạo về vận hành hệ thống EMS và khung tiêu chuẩn ISO 50001 • Tổ chức các buổi hội thảo về phân tích dữ liệu cho đội ngũ kỹ sư nội bộ và các buổi đào tạo về quản lý thay đổi cho nhân viên tại cơ sở.
Đạo đức và quản trị dữ liệu	• Tuân thủ Luật An ninh mạng của Việt Nam • Ẩn danh hóa các dữ liệu hoạt động nhạy cảm • Xây dựng các quy tắc rõ ràng về quyền truy cập dữ liệu • Sử dụng các thuật toán minh bạch để xây dựng lòng tin với các bên liên quan

[202] https://www.imarcgroup.com/vietnam-energy-management-system-market

Các yêu cầu pháp lý tiên quyết	• Thực hiện đầy đủ các quy định của Nghị định 21/2011 và các thông tư của Bộ CT về tiêu chuẩn EMS. • Có các quy định cập nhật để công nhận kết quả từ hệ thống EMS số trong các báo cáo kiểm toán năng lượng.

Bảng 17. Hoạt động T-5. Bảo trì dự đoán cho các nhà máy điện và các tài sản lưới điện

Mục	Chi tiết
Tiêu đề	Bảo trì dự đoán cho các tài sản phát điện và lưới điện
Mô tả ngắn gọn	Triển khai các cảm biến giám sát tình trạng có kết nối IoT và các thuật toán học máy để dự đoán các lỗi hỏng hóc của thiết bị. Những cảm biến và thuật toán này sẽ được lắp đặt trên các thiết bị phát điện (như tuabin, thủy điện, điện khí) và tài sản lưới điện (như máy biến áp, thiết bị đóng cắt). Mục tiêu là dự báo được các sự cố trước hàng tuần hoặc thậm chí hàng tháng, từ đó giúp giảm sự cố mất điện đột xuất và tiết kiệm chi phí bảo trì.
Phương pháp tiếp cận kỹ thuật	Sử dụng các cảm biến để đo độ rung, nhiệt độ, hóa tính dầu và phóng điện cục bộ. Các cảm biến này được kết nối qua mạng IIoT. Dữ liệu từ các cảm biến sẽ được đưa vào các mô hình học máy/học sâu (ví dụ: các mô hình dự đoán lỗi dựa trên thuật toán LSTM) và các mô phỏng kỹ thuật số. Mục đích của việc này là phát hiện các bất thường và dự đoán thời gian còn lại hữu ích của thiết bị trước khi chúng bị hỏng.
Tình hình hiện tại ở Việt Nam	• Từ năm 2020, các nhà máy thủy điện của EVN đang trong quá trình chuyển đổi số với việc nâng cấp hệ thống DCS/PMIS, đồng thời áp dụng phương pháp Bảo trì tập trung vào độ tin cậy (RCM II)[203] • Tổng công ty Phát điện của EVN 2 (EVN GENCO2) đã ký một Biên bản ghi nhớ (MoU) với GE Digital để triển khai bảo trì dự đoán trên toàn bộ đội thủy điện có tổng công suất 4,4 GW [204] • EVNHCMC bắt đầu triển khai thí điểm Bảo trì theo tình trạng (CBM) từ tháng 10/2019, hợp tác với Tập đoàn điện lực TNB (Malaysia). Dự án khởi đầu tại 4 trạm biến áp cấp điện áp 110 kV. Cách tiếp cận này giúp phát hiện sớm rủi ro của thiết bị và thực hiện bảo trì dựa trên tình trạng thực tế, thay vì theo lịch trình cố định (ví dụ: 3 năm một lần).[205] • Đến năm 2020, đã có 22 trạm biến áp 110 kV áp dụng phương pháp CBM tại EVNHCMC và các công ty điện lực miền Bắc/Trung/Nam. Tổng công ty Truyền tải điện Quốc gia (EVNNPT) cũng đang xây dựng hướng dẫn áp dụng phương pháp CBM cho các máy cắt và máy biến áp 220 kV.[206] • Trong một hội nghị kỹ thuật tổ chức vào tháng 3 năm 2024, EVN đã nhấn mạnh CBM là một hình thức bảo trì dự đoán, giúp cải thiện độ tin cậy của tài sản và cho phép phát hiện lỗi sớm.[207] • EVN đã áp dụng phương pháp RCM tại nhiều nhà máy nhiệt điện và thủy điện khác nhau. Tổng công ty Phát điện 3 (EVN GENCO3) bắt đầu áp dụng phương pháp RCM từ năm 2019 và đã mở rộng phương pháp tiếp cận từ năm 2021 để nâng cao tính

[203] https://en.evn.com.vn/d6/news/Automation-and-digital-transformation-solutions-in-hydropower-house-operation-and-maintenance-66-163-2770.aspx
[204] https://www.linkedin.com/posts/gerenewableenergy_vietnam-evngenco2-digital-activity-7025792588783702016-rdGm/
[205] https://en.evn.com.vn/d6/news/Thao-mang-su-dung-he-toan-cua-he-toan-cua-he-toan-66-163-1855.aspx
[206] https://en.evn.com.vn/d6/news/Condition-based-maintenance-for-power-grid-equipment-9-130-2024.aspx
[207] https://en.evn.com.vn/d6/news/SỬA-CHẾ-BẢO-TRỊ-TRÌNH-CBM-CỦA-NGƯỜI-LỬA-TRỰC-66-163-4011.aspx

	sẵn sàng và độ tin cậy của các tổ máy.[208] • EVNCPC đã triển khai công nghệ AI thị giác máy tính để phát hiện sự cố lưới điện, sau đó đưa dữ liệu vào hệ thống PMIS (Hệ thống thông tin quản lý lưới điện).[209] • Nhà máy Thủy điện Sơn La đã sử dụng cảm biến môi trường và AI để giám sát tủ điện nhằm đưa ra cảnh báo sớm. Việc này giúp họ nhận được cảnh báo sớm khi có dấu hiệu bất thường, từ đó ngăn ngừa các sự cố tiềm ẩn.[210]
Ví dụ thực tế	• Duke Energy (Hoa Kỳ) đã áp dụng học máy để theo dõi mạng lưới máy biến áp của mình. Nhờ đó, họ đã giảm được khoảng 20% số vụ mất điện[211]. • AGL Energy (Úc) chạy các mô hình dự đoán trên các tài sản điện gió và thủy điện. Chỉ trong vòng ba năm, AGL đã tiết kiệm được 18,7 triệu AUD nhờ giảm thiểu các sự cố mất điện ngoài kế hoạch và tối ưu hóa quy trình bảo trì [212]. • Công ty tư vấn McKinsey nhận thấy bảo trì dự đoán (PdM) có thể giảm chi phí bảo trì tới 30% và tăng thời gian hoạt động của thiết bị từ 5–15%[213].
Lợi ích kỳ vọng	• Giảm chi phí bảo trì • Tăng độ sẵn sàng của thiết bị • Giảm thiểu tình trạng mất điện ngoài kế hoạch • Kéo dài tuổi thọ của tài sản, tùy thuộc vào loại tài sản đó
Thời gian dự kiến cho từng giai đoạn	Dựa trên khung thời gian hoàn vốn điển hình (ROI) của các dự án thí điểm bảo trì dự đoán (12–24 tháng): • Xác định phạm vi và thiết kế: 2 tháng • Mua sắm và tích hợp cảm biến: 3 tháng • Xây dựng và tích hợp luồng dữ liệu: 4 tháng • Phát triển và thẩm định mô hình: 5 tháng • Triển khai thí điểm: 6 tháng • Đánh giá và hiệu chỉnh: 2 tháng • Lập kế hoạch mở rộng quy mô: 2 tháng
Đơn vị chủ trì	Các Tổng công ty Phát điện của EVN và EVNNPT đối với tài sản lưới điện
Các bên liên quan chính	Cục ĐL/Bộ CT; các Tổng công ty Phát điện của EVN; EVNNPT; các đội ngũ vận hành nhà máy; và các đối tác phát triển
Yêu cầu về dữ liệu và nguồn dữ liệu	• Các luồng dữ liệu cảm biến liên tục về độ rung và nhiệt độ với tần suất cao, dữ liệu từ các thiết bị giám sát phóng điện cục bộ và kết quả phân tích hóa tính dầu. Lịch sử ghi nhận từ hệ thống SCADA và CMMS. Dữ liệu được chuẩn hóa theo lược đồ IEC 81346 RDS để đảm bảo tính đồng nhất và khả năng phân tích (elderresearch.com).

[208] https://en.evn.com.vn/d6/news/EVN-deploys-many-solutions-to-improve-reliability-at-power-plant-66-163-3975.aspx
[209] https://globaltransmission.info/wp-content/uploads/2023/12/GTR-December-2023.pdf
[210] https://en.evn.com.vn/d6/news/Nha-hang-thuy-thủy-dien-son-la-use-robot-trong-vận-hành-66-163-3458.aspx
[211] https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/duke-energy
[212] https://www.aveva.com/content/dam/aveva/documents/perspectives/success-stories/SuccessStory_AVEVA_AGL_22-12.pdf.coredownload.inline.pdf
[213] https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/digitally-enabled-reliability-beyond-predictive-maintenance

Ước tính đầu tư và nguồn vốn	• CAPEX cho dự án thí điểm ước tính khoảng 200.000–600.000 € (chi phí này bao gồm cảm biến, phần mềm, tích hợp hệ thống và đào tạo)[214] • Nguồn vốn đồng tài trợ tiềm năng có thể đến từ ADB, WB, GIZ.
Ba rủi ro hàng đầu và biện pháp giảm thiểu	1. **Các vấn đề về chất lượng dữ liệu** → Để khắc phục, cần áp dụng các khung đảm bảo chất lượng cảm biến và các quy tắc tự động để xác thực dữ liệu. 2. **Chi phí tích hợp** → Để khắc phục, cần thực hiện nâng cấp thiết bị theo từng giai đoạn và áp dụng các mô hình chia sẻ chi phí. 3. **Sự phản kháng trong tổ chức** → Để khắc phục, cần tổ chức các chương trình đào tạo có mục tiêu rõ ràng và hỗ trợ quản lý thay đổi để mọi người chấp nhận và sử dụng hệ thống mới.
Các chỉ số hiệu suất chính (KPI)	• Độ sẵn sàng của thiết bị (%) • Tần suất sự cố ngừng hoạt động ngoài kế hoạch • Giảm chi phí bảo trì (%) • Thời gian trung bình giữa các lần hỏng hóc (MTBF) • Độ chính xác của mô hình (các chỉ số như độ chính xác/độ phủ của mô hình dự đoán)
Giám sát và báo cáo	• Bảng điều khiển học máy theo thời gian thực hiển thị dữ liệu và có các cảnh báo dựa trên ngưỡng đã cài đặt • Báo cáo tóm tắt hiệu suất bảo trì dự đoán hàng tháng • Đánh giá hàng quý với các bên liên quan • Giảm số lượng cảnh báo sai
Nhu cầu xây dựng năng lực	• Tổ chức các buổi hội thảo về lắp đặt và bảo trì cảm biến • Đào tạo về học máy và phân tích dữ liệu • Các buổi tập huấn về vận hành mô hình “bản sao kỹ thuật số” • Hỗ trợ quản lý thay đổi cho các đội ngũ bảo trì
Đạo đức và quản trị dữ liệu	• Áp dụng "học liên kết” để bảo vệ quyền riêng tư dữ liệu • Mã hóa đầu cuối cho các mạng IIoT • Tuân thủ Luật An ninh mạng của Việt Nam • Sử dụng các giao thức giải thích mô hình minh bạch
Các yêu cầu pháp lý tiên quyết	• Đưa bảo trì dự đoán (PdM) vào Kế hoạch tổng thể chuyển đổi số EVN (Nghị quyết 68/NQ-HĐTV) • Cập nhật quy định hệ thống truyền tải và phân phối để cho phép bảo trì theo tình trạng • Tuân thủ các hướng dẫn của dự án SGREEE

Bảng 18. Hoạt động T-6. Nhà máy điện ảo và tổng hợp tài nguyên năng lượng phân tán

[214] https://www.logicline.de/en/predictive-maintenance-a-comparison-of-costs-and-benefits

Mục	Chi tiết
Tiêu đề	Nhà máy điện ảo (VPP) và tổng hợp tài nguyên năng lượng phân tán (DER)
Mô tả ngắn gọn	VPP là một nền tảng dựa trên nền tảng đám mây, có chức năng điều phối các nguồn DER đa dạng như điện mặt trời, hệ thống pin lưu trữ năng lượng và phụ tải linh hoạt. Thông qua các kênh truyền thông IoT và các thuật toán tối ưu hóa tiên tiến, VPP sẽ hoạt động như một tài sản có thể điều độ duy nhất trên thị trường năng lượng và các dịch vụ phụ trợ.
Phương pháp tiếp cận kỹ thuật	Phần mềm tổng hợp đóng vai trò trung gian, tích hợp các luồng dữ liệu từ DER (như RTU/SCADA, đo lường từ xa của bộ biến tần) vào một hệ thống điều khiển VPP trung tâm. Hệ thống này sẽ thực hiện các chức năng dự báo, tối ưu hóa điều độ kinh tế và đấu giá trên thị trường điện theo thời gian thực thông qua các giao thức như OpenADR hoặc IEC 61850. VPP sử dụng học máy để dự đoán giá và phụ tải, đồng thời sử dụng các quy tắc điều phối để cung cấp các dịch vụ cho lưới điện.
Tình hình hiện tại ở Việt Nam	• Cho đến nay, Việt Nam chưa có dự án VPP nào đi vào hoạt động. Báo cáo cuối cùng thuộc Lĩnh vực hoạt động AA3 của dự án SGREEE khuyến nghị nên triển khai giai đoạn thử nghiệm VPP ban đầu. Giai đoạn này sẽ tập trung vào các hệ thống điện mặt trời mái nhà lớn (khoảng 460 MW tại tỉnh Gia Lai) để nâng cao khả năng hiển thị, dự báo và điều khiển từ xa cho NLDC (nay là NSMO) và các Tổng công ty Điện lực[215]. • Nghị định 80/2024 về cơ chế mua bán điện trực tiếp cho phép các đơn vị phát điện NLTT ký hợp đồng mua bán điện (HĐMBĐ) trực tiếp với các khách hàng sử dụng điện lớn, từ đó tạo nền tảng pháp lý cho việc thực hiện các mô hình HĐMBĐ thông qua nền tảng của VPP.
Ví dụ thực tế	• Nhà máy điện ảo Nam Úc: Trong giai đoạn 1, VPP này đã cung cấp 5 MW công suất có thể điều độ. Công suất này được tổng hợp từ 1.000 hệ thống lưu trữ điện tại gia (với tổng dung lượng 9 MWh) và được tài trợ bởi ARENA. Hiện tại, dự án đang có kế hoạch mở rộng quy mô lên tới 250 MW điện mặt trời và 650 MWh lưu trữ điện[216]. • Next Kraftwerke (Châu Âu): Đây là một VPP tổng hợp hơn 7,5 GW các nguồn DER trên khắp nhiều quốc gia như Đức, Bỉ, Pháp, Ý, Thụy Sĩ, Ba Lan và Áo. Mục tiêu của VPP này là tham gia vào các thị trường giao dịch năng lượng và dịch vụ phụ trợ[217].
Lợi ích kỳ vọng	• Tăng tính linh hoạt vì danh mục các nguồn DER có thể điều độ sẽ cung cấp các dịch vụ tương tự như một nhà máy điện truyền thống, từ đó giúp lưới điện linh hoạt hơn. • Trì hoãn chi phí đầu tư vì khả năng dịch chuyển phụ tải đỉnh và cung cấp các dịch vụ phụ trợ của VPP giúp trì hoãn việc đầu tư vào hệ thống truyền tải, phân phối và các nhà máy phát điện mới. • Chủ sở hữu các nguồn DER có thể kiếm tiền thông qua việc tận dụng chênh lệch giá điện, tham gia vào thị trường công suất và dịch vụ phụ trợ, từ đó giảm chi phí ròng.

[215] https://www.esp.org.vn/wp-content/uploads/Virtual-Power-Plant_Final-Report.EN_.pdf
[216] https://arena.gov.au/assets/2017/02/VPP-SA-Public-Milestone-1-Report-Final-for-issue.pdf
[217] https://www.next-kraftwerke.com/

Thời gian dự kiến cho từng giai đoạn	• Xác định phạm vi và thiết kế: 2 tháng • Phát triển và thẩm định nền tảng: 6 tháng • Thiết lập hệ thống truyền thông và tích hợp: 4 tháng • Triển khai thí điểm: 8 tháng • Đánh giá và hiệu chỉnh: 2 tháng • Lập kế hoạch mở rộng quy mô: 2 tháng
Đơn vị chủ trì	Các Tổng công ty Điện lực đóng vai trò vận hành VPP, phối hợp với NSMO; nhà cung cấp công nghệ VPP do dự án SGREEE chỉ định; Cục ĐL/Bộ CT giám sát.
Các bên liên quan chính	Cục ĐL/Bộ CT; NSMO; các Tổng công ty Phát điện và các trung tâm điều độ của EVN; các công ty phân phối điện (DSO); các công ty dịch vụ tổng hợp nguồn phân tán; các đối tác phát triển.
Yêu cầu về dữ liệu và nguồn dữ liệu	• Dữ liệu đo lường từ xa từ các nguồn DER, bao gồm dữ liệu từ bộ biến tần, trạng thái sạc (SOC) của hệ thống lưu trữ năng lượng bằng pin (BESS), và dữ liệu từ hệ thống EMS • Dữ liệu tiêu thụ điện theo chu kỳ (từ hệ thống AMI) • Dự báo thời tiết số (NWP) • Các tín hiệu giá từ thị trường điện (ngày tới, trong ngày) • Sử dụng các kết nối bảo mật như VPN/SSL (OpenVPN), tuân thủ các tiêu chuẩn VHPready, để điều khiển từ xa
Ước tính đầu tư và nguồn vốn	• CAPEX cho dự án thí điểm ước tính khoảng 20 triệu AUD cho một dự án trình diễn 5 MW (theo mô hình của AGL)[218] • Các nguồn tài trợ tiềm năng: Các khoản tài trợ từ ARENA, các khoản vay ưu đãi song phương (ADB, AFD)
Ba rủi ro hàng đầu và biện pháp giảm thiểu	1. **Sự phức tạp trong việc tích hợp hệ thống** → Áp dụng các tiêu chuẩn mở (OpenADR, IEC 61850) và sử dụng các phần mềm trung gian có cấu trúc mô-đun. 2. **Bất ổn về mặt pháp lý** → Tận dụng các quy định của Nghị định 80/2024 và thành lập một nhóm công tác liên ngành để giải quyết. 3. **Các mối đe dọa an ninh mạng** → Thực hiện các biện pháp như sử dụng kết nối VPN bảo mật, xác thực đa yếu tố và giám sát các mối đe dọa theo thời gian thực.
Các chỉ số hiệu suất chính (KPI)	• Tăng lợi nhuận (% so với BAU) • Tăng doanh thu (% so với BAU) • Giảm năng lượng mất cân bằng (% so với BAU) • Giảm chi phí mất cân bằng (% so với BAU)

[218] https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_power_plant

Giám sát và báo cáo	• Sử dụng bảng điều khiển VPP theo thời gian thực • Báo cáo hiệu suất và doanh thu hàng tháng • Cảnh báo tự động khi có các thông số vượt quá ngưỡng cho phép • Hội thảo đánh giá hàng quý với các bên liên quan
Nhu cầu xây dựng năng lực	• Tổ chức các buổi hội thảo về vận hành phòng điều khiển VPP, tích hợp dữ liệu từ các nguồn DER, phân tích dự báo và các giao thức an ninh mạng • Chương trình trao đổi kinh nghiệm với các đơn vị vận hành VPP đã có uy tín
Đạo đức và quản trị dữ liệu	• Chính sách quyền riêng tư phù hợp với các nguyên tắc của GDPR • Ẩn danh hóa dữ liệu khách hàng • Ghi chép minh bạch các lệnh điều độ của thuật toán • Tuân thủ Luật An ninh mạng của Việt Nam
Các yêu cầu pháp lý tiên quyết	• Cục ĐL ban hành các hướng dẫn về kết nối VPP và giao dịch HĐMBĐ theo Nghị định 80/2024 • Thiết lập các quy định kỹ thuật cho việc tổng hợp các nguồn DER (trong giai đoạn thử nghiệm) theo khuyến nghị của Lĩnh vực hoạt động 3, dự án SGREEE

Bảng 19. Hoạt động T-7. Ứng dụng AI để tăng cường khả năng phục hồi lưới điện và phát hiện bất thường

Mục	Chi tiết
Tiêu đề	Ứng dụng AI để tăng cường khả năng phục hồi lưới điện và phát hiện bất thường
Mô tả ngắn gọn	Triển khai các hệ thống dựa trên AI để phát hiện theo thời gian thực các lỗi thiết bị, các mối đe dọa mạng-vật lý, và các bất thường trong vận hành, kết hợp với các hành động tự phục hồi tự động, nhằm tăng cường khả năng phục hồi của lưới điện và giảm thiểu tác động của các sự cố mất điện.
Phương pháp tiếp cận kỹ thuật	Phát hiện bất thường bằng công nghệ Edge-AI trên các luồng dữ liệu PMU/SCADA thông qua autoencoder, mô hình lai LSTM/CNN và các mô hình dựa trên đồ thị. Mô phỏng bản sao kỹ thuật số để mô hình hóa các mối đe dọa theo tình huống. Ứng dụng học tăng cường để tự động cô lập sự cố và tái cấu hình lưới điện.
Tình hình hiện tại ở Việt Nam	• Các thiết bị bay không người lái tích hợp xử lý hình ảnh bằng AI đã được triển khai tại các đơn vị thành viên của EVN để kiểm tra đường dây truyền tải và phát hiện sự cố[219]. • đã ứng dụng AI trong hệ thống camera giám sát đường dây truyền tải được lắp đặt trên đỉnh các cột điện 500 kV–220 kV nhằm tăng cường tính năng và nâng cao hiệu quả trong giám sát, quản lý vận hành đường dây.[220].

[219] https://tapchicongthuong.vn/hieu-qua-quan-ly-luoi-truyen-tai-tu-ung-dung-uav-va-cong-nghe-lidar-129807.htm
[220] https://baochinhphu.vn/ung-dung-tri-tue-nhan-tao-vao-he-thong-camera-quan-sat-tren-duong-day-102300928.htm

	• EVN đã tích hợp AI vào toàn bộ hoạt động của mình: từ trợ lý số và tóm tắt cuộc họp đến hệ thống quản lý nhà máy điện và lưới điện[221]. • EVNNPT sử dụng thiết bị bay không người lái tích hợp AI để kiểm tra đường dây truyền tải 220–500 kV. AI được sử dụng để phân tích dữ liệu nhiệt và hình ảnh nhằm nhận diện sự cố, hành vi vi phạm hướng đi và các vấn đề thiết bị, với mô hình được huấn luyện liên tục[222]. • AI đang được triển khai để tự động phát hiện sự cố đường dây và các điều kiện thiết bị bất thường, từ đó nâng cao khả năng phục hồi của lưới điện[223]. • EVNHCMC đã triển khai các hệ thống SCADA tích hợp IoT tiên tiến và chức năng tự động FLISR (cho phép phần mềm phát hiện lỗi, cô lập sự cố và khôi phục lưới điện một cách khoa học, tự động mà không cần sự điều khiển của người vận hành). Các hệ thống này sử dụng thuật toán tự động (có thể là các phương pháp tương tự AI) để phát hiện, cô lập sự cố và khôi phục nguồn điện — giúp giảm đáng kể thời gian và tần suất mất điện (chỉ số SAIDI/SAIFI giảm khoảng 95%)[224][225].
Ví dụ thực tế	• Duke Energy ứng dụng học máy để giám sát mạng lưới máy biến áp và dự đoán rủi ro do biến đổi khí hậu, giúp giảm tỷ lệ sự cố mất điện khoảng 20%[226]. • Mạng lưới đo lường diện rộng FNET-GridEye sử dụng AI để xác định vị trí sự cố và theo dõi tình trạng lưới điện truyền tải ở Hoa Kỳ[227].
Lợi ích kỳ vọng	• Phát hiện và xác định vị trí sự cố lưới điện theo thời gian thực. • Tự động cô lập sự cố và rút ngắn thời gian khôi phục trung bình nhờ chức năng tự phục hồi. • Phát hiện sớm các bất thường giúp đảm bảo tính liên tục và giảm thiểu tác động gián đoạn.
Thời gian dự kiến cho từng giai đoạn	• Xác định phạm vi và phân tích những thiếu hụt về dữ liệu: 2 tháng • Triển khai cảm biến và thiết bị biên: 3 tháng • Phát triển và thẩm định mô hình: 3 tháng • Tích hợp và thử nghiệm thí điểm: 2 tháng • Đánh giá và hiệu chỉnh: 2 tháng • Thiết kế phương án mở rộng quy mô: 1 tháng
Đơn vị chủ trì	EVNNPT phối hợp với các Tổng công ty Phát điện của EVN và các trung tâm điều độ của EVN, dưới sự giám sát của Bộ CT.
Các bên liên quan chính	Cục ĐL/Bộ CT; các đơn vị thành viên EVN; các đối tác phát triển

[221] https://en.evn.com.vn/d6/news/EVN-on-the-road-to-becoming-the-leading-digital-enterprise-in-the-region-66-163-1437.aspx
[222] https://en.evn.com.vn/d/vi-VN/news/Ứng-dụng-trí-tuệ-nhân-tạo-trở-thành-lực-lái-đổi-mới-toàn-bộ-trong-hoạt-động-của-EVN-60-205-500717
[223] https://en.evn.com.vn/d/vi-VN/news/EVNHCMC-automates-smart-power-grids-60-204-500496
[224] https://en.evn.com.vn/d/vi-VN/news/EVNHCMC-automates-smart-power-grids-60-204-500496
[225] https://evn.com.vn/d6/news/EVNHCMC-lien-tiep-dat-2-giai-thuong-quoc-te-cho-Luoi-dien-thong-minh-Smart-Grid-0-12-126319.aspx
[226] https://sccms.eei.org/en/delivering-the-future/articles/duke-energy-floridas-smart-automation-technology-limits-power-outages
[227] https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1049/hve2.12157

Yêu cầu về dữ liệu và nguồn dữ liệu	• Dữ liệu đo lường PMU/SCADA tần suất cao (50–120 Hz) • Hình ảnh từ UAV/máy bay không người lái phục vụ kiểm tra tài sản • Nhật ký sự cố và bảo trì trong quá khứ • Dự báo thời tiết và phụ tải
Ước tính đầu tư và nguồn vốn	Các nguồn tài trợ tiềm năng: AFD, ADB, GIZ
Ba rủi ro hàng đầu và biện pháp giảm thiểu	1. **Lỗi toàn vẹn dữ liệu** → Cần triển khai quy trình kiểm soát chất lượng (QA/QC) nghiêm ngặt và xác thực nhãn bất thường. 2. **Mô hình quá khớp** → Áp dụng huấn luyện trên nhiều miền dữ liệu, huấn luyện lại định kỳ và kiểm tra khả năng diễn giải của mô hình. 3. **Lỗ hổng an ninh mạng** → Sử dụng phương thức truyền dữ liệu mã hóa từ thiết bị biên lên đám mây và áp dụng giao thức phong tỏa khi phát hiện bất thường.
Các chỉ số hiệu suất chính (KPI)	• Độ chính xác và độ phủ của hệ thống phát hiện bất thường • Thời gian trung bình để phát hiện (MTTD) • Thời gian trung bình để cô lập (MTTI) • Tần suất và thời gian mất điện • Tỷ lệ cảnh báo sai
Giám sát và báo cáo	• Bảng điều khiển thời gian thực với cảnh báo định vị theo địa lý • Báo cáo sự cố tự động • Báo cáo điểm số khả năng phục hồi hàng tháng • Hồ sơ tuân thủ quy định hàng năm
Nhu cầu xây dựng năng lực	• Các hội thảo về AI biên (Edge-AI) và phát hiện bất thường dành cho đơn vị vận hành lưới điện • Đào tạo mô phỏng bản sao kỹ thuật số • Chứng chỉ an ninh mạng cho CNVH
Đạo đức và quản trị dữ liệu	• Phân tích dữ liệu đảm bảo quyền riêng tư (áp dụng học liên kết khi phù hợp) • Mã hóa dữ liệu khi lưu trữ và khi truyền tải • Tuân thủ khung pháp lý về an ninh mạng của Việt Nam • Hệ thống kiểm tra minh bạch cho AI
Các yêu cầu pháp lý tiên quyết	• Sửa đổi quy định hệ thống truyền tải và phân phối để chính thức hóa quy trình phát hiện bất thường và tự phục hồi điều khiển bởi AI • Ban hành thông tư của Bộ CT về quy trình chia sẻ dữ liệu AI • Tuân thủ các quy định quốc gia về an ninh mạng và quyền riêng tư dữ liệu

Bảng 20. Hoạt động T-8. Tự động hóa lưới điện phân phối và giảm tổn thất

Mục	Chi tiết
Tiêu đề	Tự động hóa lưới điện phân phối và giảm tổn thất điện năng
Mô tả ngắn gọn	Triển khai Hệ thống quản lý phân phối tiên tiến (ADMS), kết hợp các thành phần SCADA, DMS, OMS, FLISR và tối ưu hóa điện áp/công suất phản kháng (Volt/VAR), cùng với thiết bị đóng cắt và và máy cắt phân đoạn điều khiển từ xa, nhằm cho phép cô lập sự cố nhanh chóng, tái cấu hình đường dây phân phối linh hoạt và phát hiện tổn thất điện năng theo thời gian thực.
Phương pháp tiếp cận kỹ thuật	Tích hợp dữ liệu đo từ xa SCADA và mô hình mạng GIS/CIM vào nền tảng ADMS, triển khai thuật toán FLISR để tự động hóa quy trình phân đoạn/khôi phục, áp dụng các thuật toán điều khiển Volt/VAR và phân tích dữ liệu để xác định chính xác các tổn thất kỹ thuật và phi kỹ thuật. Giao tiếp với các thiết bị biên thông qua giao thức IEC 61850/DNP3.
Tình hình hiện tại ở Việt Nam	• Tỷ lệ tổn thất điện năng toàn quốc đã giảm từ 12,23% vào năm 2003 xuống còn 6,25% vào năm 2022[228]. • Tỷ lệ tổn thất điện năng trong mạng phân phối của EVNHANOI đã giảm từ 5,71% năm 2015 xuống còn 3,55% vào năm 2021[229]. • Dự án DAS của EVNHCMC, tự động hóa các đường dây 22 kV bằng giải pháp FLISR của Survalent, đã cải thiện đáng kể các chỉ số SAIDI/SAIFI và giành giải thưởng "Lưới điện thông minh - Smart Grid" năm 2024 do POWER trao tặng[230].
Ví dụ thực tế	• Công ty Điện lực Đà Nẵng: các đường dây phân phối tự động hoàn toàn dự kiến sẽ giúp giảm 43% chỉ số SAIFI và giảm 16% chỉ số SAIDI sau khi hệ thống FLISR được triển khai đầy đủ[231]. • Tata Power-DDL (Ấn Độ): triển khai hệ thống ADMS của GE-T&D tích hợp SCADA, GIS và DMS để hỗ trợ phân phối tự phục hồi tại khu vực Bắc Delhi[232].
Lợi ích kỳ vọng	• Cải thiện tỷ lệ tổn thất hệ thống (PLR). • FLISR giúp giảm SAIDI/SAIFI, giảm thiểu tác động đến khách hàng và tránh bị xử phạt theo quy định.
Thời gian dự kiến cho từng giai đoạn	• Xác định phạm vi và thiết kế: 2 tháng • Mua sắm và lập kế hoạch truyền thông: 3 tháng • Triển khai thiết bị phần cứng và thiết bị hiện trường: 4 tháng • Tích hợp và thử nghiệm hệ thống ADMS: 4 tháng • Vận hành thử FLISR/Volt-VAR: 4 tháng • Đánh giá thử nghiệm và hiệu chỉnh: 3 tháng • Lập kế hoạch mở rộng quy mô: 2 tháng

[228] https://pecc1.com/d4/news/Challenges-in-reducing-power-loss-on-the-Vietnamese-grid-8-2147.aspx
[229] https://en.evn.com.vn/d6/news/EVNHANOI-Giảm-mất-điện-lưới-nhờ-hiện-đại-hóa-và-trách-nhiệm-lãnh-đạo-66-163-3629.aspx
[230] https://www.powermag.com/vietnamese-distribution-grid-automation-system-a-winning-project/
[231] https://www.survalent.com/casestudy/da-nang-company-case-study/
[232] https://www.tdworld.com/smart-utility/article/20971370/advanced-distribution-management-system-for-delhis-electric-grid

Đơn vị chủ trì	Các tổng công ty phân phối điện của EVN (EVNHCMC, EVNHANOI), được điều phối bởi Đơn vị Triển khai DMS của EVN và chịu sự giám sát của EVNNPT.
Các bên liên quan chính	Cục ĐL/Bộ CT; các công ty thành viên EVN; các khách hàng tham gia chương trình quản lý nhu cầu phụ tải cấp tỉnh; các nhà cung cấp công nghệ công nghiệp; WB, GIZ.
Yêu cầu về dữ liệu và nguồn dữ liệu	• Dữ liệu SCADA từ các đường dây (dòng điện/điện áp mỗi phút) • Dữ liệu từ công tơ điện tử AMI (mỗi 15 phút) • Mô hình mạng GIS/CIM • Trạng thái thiết bị đóng cắt FLISR • Dữ liệu thời tiết/nhiệt độ
Ước tính đầu tư và nguồn vốn	• Chi phí trung bình khoảng 1 triệu USD cho mỗi đường dây được tự động hóa Tổng ngân sách thí điểm phụ thuộc vào số lượng đường dây[233]. • Nguồn tài trợ tiềm năng: ADB, WB, JETP.
Ba rủi ro hàng đầu và biện pháp giảm thiểu	1. **Thiếu dữ liệu chất lượng cao** → Thực hiện các quy trình đảm bảo/kiểm soát chất lượng (QA/QC) cho cảm biến và áp dụng các quy tắc xác thực dữ liệu. 2. **Phụ thuộc nhà cung cấp / thiếu khả năng tương tác** → Bắt buộc áp dụng các tiêu chuẩn mở (IEC 61850, DNP3). 3. **Các mối đe dọa an ninh mạng** → Áp dụng mã hóa đầu-cuối và kiểm soát theo chuẩn ISO 27001/IEC 62443.
Các chỉ số hiệu suất chính (KPI)	• Tỷ lệ (%) đường dây được tự động hóa • Mức giảm tỷ lệ tổn thất điện năng (PLR) • Cải thiện SAIDI/SAIFI • Số lượng sự kiện FLISR được thực hiện • Thời gian khôi phục trung bình • Mức độ sẵn sàng của hệ thống
Giám sát và báo cáo	• Sử dụng bảng điều khiển ADMS theo thời gian thực • Báo cáo tổn thất và độ tin cậy hàng tháng • Đánh giá hàng quý với các bên liên quan • Cảnh báo tự động khi có các thông số vượt quá ngưỡng cho phép (>10%)
Nhu cầu xây dựng năng lực	• Đào tạo vận hành và bảo trì hệ thống ADMS cho kỹ sư EVN • Hội thảo chuyên đề do nhà cung cấp tổ chức về FLISR/Volt-VAR • Đào tạo về an ninh mạng và giao diện người – máy (HMI) • Các buổi phổ biến quy định pháp lý

[233] https://www.energy.gov/sites/prod/files/2016/11/f34/Báo cáo tóm tắt về tự động hóa phân phối_09-29-16.pdf

Đạo đức và quản trị dữ liệu	• Giao thức ẩn danh dữ liệu khách hàng • Quản lý sự đồng thuận của người dùng • Nhật ký thuật toán minh bạch • Tuân thủ Luật An ninh mạng của Việt Nam.
Các yêu cầu pháp lý tiên quyết	• Sửa đổi quy định hệ thống truyền tải và phân phối để chính thức hóa các chức năng của FLISR và ADMS • Thiết lập thỏa thuận chia sẻ dữ liệu giữa EVN, Cục ĐL và NSMO • Công nhận kết quả tự động khôi phục điện trong báo cáo theo quy định

Bảng 21. Hoạt động T-9. Ứng dụng AI để ổn định lưới điện và tối ưu hóa hệ thống truyền tải

Mục	Chi tiết
Tiêu đề	Ứng dụng AI để ổn định lưới điện và tối ưu hóa hệ thống truyền tải
Mô tả ngắn gọn	Triển khai các giải pháp giám sát thời gian thực dựa trên AI (phân tích đồng bộ pha từ PMU/SCADA), xác định DLR, mô phỏng bản sao kỹ thuật số và điều chỉnh dòng công suất tối ưu dựa trên học máy trong mạng lưới truyền tải nhằm tăng hiệu suất sử dụng công suất, giảm tắc nghẽn và cải thiện độ ổn định về điện áp và tần số.
Phương pháp tiếp cận kỹ thuật	Tích hợp dữ liệu độ phân giải cao từ PMU và cảm biến thời tiết vào các mô hình học tăng cường và mạng nơ-ron đồ thị, kết hợp với các nền tảng bản sao số để điều khiển cấu trúc lưới, phát hiện bất thường và xác định công suất truyền tải linh hoạt của đường dây theo điều kiện môi trường. Các tín hiệu điều độ do AI tạo ra sẽ được truyền ngược trở lại hệ thống EMS/NMS để tối ưu hóa theo thời gian thực.
Tình hình hiện tại ở Việt Nam	• EVNNPT đã triển khai các hoạt động kiểm tra bay bằng UAV có AI hỗ trợ và phát hiện bất thường thiết bị từ năm 2024 (Công ty Truyền tải điện 3 – PTC3 thuộc EVNNPT đã triển khai UAV DJI Matrice 300 RTK tích hợp công nghệ LiDAR từ tháng 2 năm 2023, thực hiện quét tự động các đường dây 220–500 kV qua các địa hình phức tạp. AI xử lý dữ liệu quét để xây dựng mô hình lưới điện 3D và tự động nhận diện các bất thường kỹ thuật – góp phần nâng cao độ ổn định lưới điện nhờ giảm sai sót con người và cải thiện khả năng dự báo sự cố)[234]. • Năm 2025, Cơ quan Phát triển Pháp (AFD) đã ký một thỏa thuận tài trợ trị giá 76,48 triệu Euro để hiện đại hóa các trạm biến áp 500 kV và tăng cường ổn định lưới điện thông qua các công cụ số[235]. • Công ty Truyền tải điện 3 (PTC3), Truyền tải điện Đắk Nông và Truyền tải điện Phú Yên đã lắp đặt camera chụp ảnh có tích hợp AI tại các trạm biến áp và dọc theo đường dây. Các hệ thống này phát hiện các điểm nóng về nhiệt, lỗi cách điện và các hành vi xâm lấn hành lang an toàn. Việc tích hợp với PMIS cho phép can thiệp sớm, giảm nguy cơ sự cố và rủi ro nghề nghiệp [236] • EVNHCMC đã tự động hóa 80% lưới điện trung thế của mình thông qua hệ thống

[234] https://en.evn.com.vn/d/vi-VN/news/UAV-va-AI-technology-applications-Breakthrough-in-transmission-grid-operation-management-60-205-500334
[235] https://www.tdworld.com/distributed-energy-resources/news/55294974/evnnpt-and-frances-afd-sign-7648-million-financing-agreement-to-expand-and-modernize-power-transmission-network-in-vietnam
[236] https://en.evn.com.vn/d/vi-VN/news/Ứng-dụng-công-nghệ-tiên-tiên-để-đảm-đảm-an-toàn-điện-60-205-4110

	Mini-SCADA và tích hợp AI vào công tác giám sát lưới – bao gồm phát hiện/sửa lỗi tự động và vận hành trạm biến áp – giúp khôi phục điện cho các khu vực bị ảnh hưởng chỉ trong vài phút [237] • NSMO tận dụng Dữ liệu lớn và AI để dự báo phụ tải, dự báo dòng chảy thủy điện, tích hợp hệ thống pin lưu trữ năng lượng và NLTT, cùng với Điều khiển phát điện tự động (AGC). Các công cụ này đóng góp trực tiếp vào sự ổn định và hiệu quả của lưới điện [238][239][240] • Vào tháng 5 năm 2025, EVN đã công bố việc áp dụng AI trong toàn bộ hoạt động của mình, đặc biệt tại Nhà máy Thủy điện Sơn La, nơi robot AI và hệ thống phân tích hình ảnh giám sát các điều kiện môi trường và tủ điện để ngăn ngừa sự cố [241]
Ví dụ thực tế	• Giải pháp DLR của Gridraven có thể tăng công suất truyền tải lên đến 30% trong các mạng lưới của Hoa Kỳ[242]. • Hệ thống AI dựa trên cảm biến của VIE Technologies giúp dự báo và ngăn ngừa sự cố máy biến áp, giảm đáng kể các sự cố mất điện ngoài kế hoạch[243]. • Hệ thống AI lai của Duke Energy cảnh báo các thiết bị có rủi ro cao, cải thiện việc xác định các điểm dễ bị tổn thương và lập kế hoạch bảo trì[244].
Lợi ích kỳ vọng	• Tăng công suất truyền tải lên tới 30% thông qua DLR. • Giảm các sự cố mất điện do bão nhờ công nghệ lập bản đồ rủi ro dựa trên AI. • Giảm chi phí tắc nghẽn và cải thiện biên độ ổn định điện áp, tạo điều kiện tích hợp NLTT cao hơn.
Thời gian dự kiến cho từng giai đoạn	• Xác định phạm vi và thiết kế: 1 tháng • Mua sắm và tích hợp cảm biến: 3 tháng • Phát triển đường dẫn dữ liệu và mô hình bản sao kỹ thuật số: 6 tháng • Phát triển và thẩm định mô hình: 3 tháng • Triển khai thử nghiệm và kiểm tra; 3 tháng • Đánh giá và hiệu chỉnh: 3 tháng • Lập kế hoạch mở rộng quy mô: 2 tháng
Đơn vị chủ trì	EVNNPT phối hợp với Cục ĐL/Bộ CT.

[237] https://en.evn.com.vn/d6/news/EVN-on-the-road-to-becoming-the-leading-digital-enterprise-in-the-region-66-163-1437.aspx
[238] https://en.evn.com.vn/d6/news/EVN-on-the-road-to-becoming-the-leading-digital-enterprise-in-the-region-66-163-1437.aspx
[239] https://en.evn.com.vn/d6/news/Automating-the-distribution-grid-to-best-supply-power-to-customers-66-163-3360.aspx
[240] https://en.evn.com.vn/d/vi-VN/news/EVNHCMC-automates-smart-power-grids-60-204-500496
[241] https://en.evn.com.vn/d/vi-VN/news/Ứng-dụng-trí-tuệ-nhân-tạo-trở-thành-lực-lái-đổi-mới-toàn-bộ-trong-hoạt-động-của-EVN-60-205-500717
[242] https://www.gridraven.com/news/power-mag-op-ed-software-and-dlrs-key-to-unlocking-power-grids-potential
[243] https://www.vietechnologies.com/technology
[244] https://www.tdworld.com/digital-innovations/article/21262976/duke-energys-hybrid-approach-to-ai

Các bên liên quan chính	Cục ĐL/Bộ CT; các Tổng công ty Phát điện của EVN; các khách hàng tham gia chương trình quản lý nhu cầu phụ tải cấp tỉnh; đối tác quốc tế; nhà cung cấp thiết bị.
Yêu cầu về dữ liệu và nguồn dữ liệu	• Luồng dữ liệu đo từ xa PMU/SCADA (50–120 Hz) • Cảm biến xác định công suất truyền tải LiDAR và trạm thời tiết • Lịch sử điều độ và nhật ký sự cố • Dữ liệu mô hình mạng lưới
Ước tính đầu tư và nguồn vốn	• CAPEX cho dự án thí điểm khoảng 2 triệu Euro (bao gồm cảm biến, nền tảng mô hình bản sao kỹ thuật số, phân tích) (propulsiontechjournal.com)[245] • Nguồn vốn đồng tài trợ tiềm năng có thể đến từ: AFD, WB, ADB.
Ba rủi ro hàng đầu và biện pháp giảm thiểu	1. **Chất lượng và tính sẵn có của dữ liệu** → Thực thi các quy trình QA/QC và hiệu chuẩn cảm biến (businessinsider.com). 2. **Những trở ngại về pháp lý** → Phối hợp với Cục ĐL/Bộ CT để chính thức hóa DLR và điều độ AI trong các quy định hệ thống truyền tải và phân phối. 3. **Các mối đe dọa an ninh mạng** → Áp dụng mã hóa đầu cuối và tuân thủ các tiêu chuẩn NERC CIP/IEC 62443.
Các chỉ số hiệu suất chính (KPI)	• Tỷ lệ % tăng công suất đường dây • Số sự kiện tắc nghẽn được ngăn chặn • Biên độ ổn định điện áp (MVA) • Sai số dự báo mô hình (RMSE/MAE) • Thời gian trung bình để khôi phục (MTTR)
Giám sát và báo cáo	• Bảng điều khiển EMS/NMS thời gian thực • Tóm tắt hiệu suất hàng tháng • Đánh giá hàng quý với các bên liên quan • Cảnh báo tự động khi có các thông số vượt quá ngưỡng cho phép (> 10%).
Nhu cầu xây dựng năng lực	• Tổ chức các buổi hội thảo về vận hành PMU và mô hình bản sao kỹ thuật số • Đào tạo điều chỉnh mô hình học máy • Các buổi làm việc về quản lý thay đổi cho kỹ sư của TSO và các nhà quản lý.
Đạo đức và quản trị dữ liệu	• Tuân thủ Luật An ninh mạng của Việt Nam • Áp dụng các giao thức ẩn danh • Thiết lập nhật ký kiểm toán AI minh bạch

[245] https://www.propulsiontechjournal.com/index.php/journal/article/download/8506/5315/14443

Các yêu cầu pháp lý tiên quyết	• Sửa đổi quy định hệ thống truyền tải và phân phối để công nhận các tín hiệu điều độ dựa trên DLR và AI • Thiết lập các thỏa thuận chia sẻ dữ liệu giữa EVNNPT, Cục ĐL/Bộ CT • Cập nhật các quy trình điều độ để tích hợp các điều chỉnh trào lưu công suất tối ưu dựa trên AI

Bảng 22. Hoạt động T-10. Trí tuệ phía người tiêu dùng

Mục	Chi tiết
Tiêu đề	Trí tuệ phía người tiêu dùng
Mô tả ngắn gọn	Triển khai các nền tảng tiêu dùng và cổng quản lý năng lượng tại nhà dựa trên AI, cung cấp các thông tin chi tiết về việc sử dụng điện, các khuyến nghị hành vi và cảnh báo tự động được cá nhân hóa, nhằm giúp người dùng cuối tối ưu hóa mức tiêu thụ của họ và tham gia vào các thị trường linh hoạt.
Phương pháp tiếp cận kỹ thuật	Sử dụng công nghệ phân tách phụ tải không xâm lấn dựa trên học máy để xác định các mô hình sử dụng cuối. Tự động tạo Báo cáo Năng lượng tại nhà với các gợi ý hành vi dựa trên khoa học (ví dụ: so sánh với người dùng khác, mẹo cụ thể). Sử dụng bảng điều khiển trên di động/trên web tích hợp qua các API của MDMS/AMI và cổng IoT để giám sát thời gian thực. Lập lịch dựa trên quy tắc và học máy cho bộ điều nhiệt, máy nước nóng và bộ sạc xe điện thông qua tích hợp OCPP/OpenADR.
Tình hình hiện tại ở Việt Nam	• Ứng dụng "EVNHANOI" của EVNHANOI cho phép khách hàng tại Hà Nội tra cứu và giám sát dữ liệu tiêu thụ điện qua điện thoại thông minh từ năm 2020[246]. • EVNCPC đã hoàn thành việc lắp đặt 100% công tơ điện tử và hệ thống đo xa cho tất cả khách hàng vào năm 2021, tạo nền tảng cho các dịch vụ dữ liệu hướng đến người tiêu dùng[247]. • Ứng dụng "Chăm sóc khách hàng điện lực" của EVN trên toàn quốc cung cấp bảng điều khiển mức sử dụng hàng ngày và cảnh báo hóa đơn cho những người dùng đã đăng ký[248].
Ví dụ thực tế	• Opower (Oracle Utilities): Tiết kiệm năng lượng trung bình hàng năm từ 1,5–2,5% cho mỗi hộ gia đình tại hơn 150 công ty điện lực, với tổng mức tiết kiệm lũy kế trên 24 TWh[249]. • Bộ điều nhiệt Google Nest Learning Thermostat: Các nghiên cứu độc lập cho thấy thiết bị này giúp tiết kiệm 10–12% chi phí sưởi ấm và 15% chi phí làm mát nhờ vào việc lập lịch tự động và tối ưu hóa theo mùa [250].
Lợi ích kỳ vọng	• Giảm mức tiêu thụ điện năng sinh hoạt và tiết kiệm chi phí hóa đơn • Cắt giảm phụ tải đỉnh thông qua việc tham gia vào chương trình DR tự động • Tăng cường sự tương tác và mức độ hài lòng của khách hàng • Tạo nền tảng cho các thị trường V2G và thị trường linh hoạt trong tương lai

[246] https://en.evn.com.vn/d6/news/Khách-hàng-tại-Thủ-đô-Hà-Nội-đã-được-tra-sát-sát-hóa-tiền-điện-tử-trên-điện-thoại-66-163-40.aspx
[247] https://en.evn.com.vn/d6/news/NĂM 2021-EVNCPC-SẼ-LẮP-LẮP-100-CÔNG-BỘ-ĐO-TẦM-ĐO-TẦM-ĐO-TẦM-66-163-2309.aspx
[248] https://en.evn.com.vn/d/vi-VN/news/Chủ-động-giám-sát-và-kiểm-soát-sử-dụng-điện-hàng-ngày-với-ứng-dụng-chăm-sóc-khách-hàng-điện-60-204-500820
[249] https://www.oracle.com/a/ocom/docs/industries/utilities/utilities-opower-energy-efficiency-cs.pdf
[250] https://store.google.com/intl/en/ideas/articles/nest-thermostat-savings/

Thời gian dự kiến cho từng giai đoạn	• Xác định phạm vi và yêu cầu: 2 tháng • Phát triển nền tảng và API: 4 tháng • Huấn luyện và kiểm thử mô hình học máy: 3 tháng • Triển khai thử nghiệm và trải nghiệm của người dùng cuối: 6 tháng • Đánh giá và cải tiến: 3 tháng • Lập kế hoạch mở rộng quy mô: 2 tháng
Đơn vị chủ trì	Trung tâm chăm sóc khách hàng của EVN phối hợp với các Tổng công ty Điện lực thành viên (ví dụ: EVNHANOI, EVNCPC)
Các bên liên quan chính	Cục ĐL/Bộ CT; các đơn vị thành viên của EVN; các nhà cung cấp dịch vụ viễn thông; các nhà cung cấp thiết bị nhà thông minh; các hiệp hội bảo vệ người tiêu dùng; các đối tác phát triển
Yêu cầu về dữ liệu và nguồn dữ liệu	• Dữ liệu từ công tơ thông minh AMI/công tơ chu kỳ (15–60 phút) • Dữ liệu xuất từ hệ thống MDMS để lập hóa đơn và tổng hợp • Nguồn cấp dữ liệu thời tiết và nhiệt độ để xây dựng mô hình cơ sở • Siêu dữ liệu của khách hàng (loại biểu giá, thông tin nhân khẩu học) • Dữ liệu đo từ xa của thiết bị (bộ điều nhiệt, phích cắm thông minh)
Ước tính đầu tư và nguồn vốn	Nguồn vốn đồng tài trợ tiềm năng có thể đến từ: WB, ADB, các khoản tài trợ song phương
Ba rủi ro hàng đầu và biện pháp giảm thiểu	1. **Tỷ lệ người dùng chấp nhận thấp** → Sử dụng các biện pháp như trò chơi hóa (gamification), ưu đãi, và trải nghiệm người dùng (UX) liền mạch để khuyến khích sử dụng. 2. **Lo ngại về quyền riêng tư dữ liệu** → Áp dụng quản lý sự đồng ý nghiêm ngặt, các khuôn khổ ẩn danh theo Nghị định 13/2023/NĐ-CP của Chính phủ về bảo vệ dữ liệu cá nhân. 3. **Thách thức về tích hợp** → Sử dụng các API AMI/MDMS được chuẩn hóa và phần mềm trung gian dạng mô-đun.
Các chỉ số hiệu suất chính (KPI)	• Tỷ lệ % người dùng đã đăng ký so với tổng số khách hàng • Mức giảm hóa đơn trung bình (%) trên mỗi người dùng • Mức giảm phụ tải đỉnh trên mỗi sự kiện (kW) • Các chỉ số tương tác (số phiên hoạt động, số cảnh báo được phản hồi) • Mức độ hài lòng của khách hàng/Điểm chỉ số hài lòng của khách hàng (NPS)
Giám sát và báo cáo	• Phân tích bảng điều khiển người tiêu dùng theo thời gian thực • Báo cáo đánh giá chương trình hàng tháng • Đánh giá hàng quý với các bên liên quan • Cảnh báo tự động khi có sự thiếu hụt dữ liệu hoặc tỷ lệ người dùng từ chối tham gia trên 10%

Nhu cầu xây dựng năng lực	• Đào tạo các đội ngũ chăm sóc khách hàng và CNTT của EVN về quản trị nền tảng • Tổ chức các buổi hội thảo về thiết kế dựa trên khoa học hành vi và phân tích dữ liệu • Thực hiện các chiến dịch giáo dục người tiêu dùng (video hướng dẫn trực tuyến, kịch bản cho tổng đài)
Đạo đức và quản trị dữ liệu	• Tuân thủ Nghị định 13/2023/NĐ-CP về bảo vệ dữ liệu cá nhân và Luật An ninh mạng (Nghị định 53/2022) của Việt Nam • Đảm bảo quy trình xin chấp thuận rõ ràng và kiểm toán quyền truy cập dữ liệu • Sử dụng các thuật toán minh bạch và quy trình giải thích rõ ràng
Các yêu cầu pháp lý tiên quyết	• Cập nhật các thông tư của Bộ CT để công nhận các dịch vụ tiêu dùng số trong cấp phép bán lẻ • Tuân thủ Nghị định 13/2023/NĐ-CP về bảo vệ dữ liệu cá nhân trong việc xử lý dữ liệu người dùng

Bảng 23. Hoạt động T-11. Quản lý sạc xe điện thông minh

Mục	Chi tiết
Tiêu đề	Quản lý sạc xe điện thông minh
Mô tả ngắn gọn	Triển khai các nền tảng quản lý sạc thông minh có khả năng kiểm soát một cách linh hoạt quá trình sạc xe điện (ví dụ: cắt giảm phụ tải đỉnh, sạc theo ưu tiên và chức năng dừng khẩn cấp) tại các địa điểm khác nhau, nhằm giảm thiểu chi phí mua năng lượng và ổn định phụ tải lưới điện.
Phương pháp tiếp cận kỹ thuật	Tích hợp hệ thống phụ trợ của các trạm sạc thông qua OCPP/OpenADR với EMS/MDMS của công ty điện lực. Phát triển API và các thuật toán học máy để dự báo phụ tải theo thời gian thực, lập lịch linh hoạt và điều khiển hai chiều V2G. Sử dụng dự đoán hành vi người dùng để tối ưu hóa thứ tự sạc và giảm các đỉnh phụ tải.
Tình hình hiện tại ở Việt Nam	• Việt Nam hiện có hơn 150.000 cổng sạc xe điện, phần lớn do VinFast vận hành[251]. • Công ty V-GREEN đặt mục tiêu đạt 1 triệu cổng sạc vào năm 2028[252]. • Các quy chuẩn kỹ thuật quốc gia dự thảo quy định các yêu cầu an toàn cho thiết bị sạc xe điện (công suất định mức lên đến 1.000 V AC/1.500 V DC)[253]. • Bộ CT đã đề xuất dự thảo biểu giá điện bán lẻ cho các trạm sạc (tháng 12 năm 2023)[254]. • Việc thiếu các hướng dẫn thống nhất về vị trí, an toàn và giá cả vẫn là một rào cản[255].

[251] https://www.reuters.com/world/asia-pacific/vietnam-plans-electricity-subsidies-ev-charging-stations-2024-08-12/
[252] https://www.ainvest.com/news/vinfast-charging-port-operator-aims-1-million-ports-vietnam-years-2507/
[253] https://igarr.com/2025/03/15/vietnam-national-technical-regulation-on-electric-vehicle-charging-equipment/
[254] https://www.reccessary.com/en/news/moit-presents-draft-electricity-pricing-for-charging-station
[255] https://vietnamlawmagazine.vn/vietnams-ev-charging-infrastructure-key-to-green-transition-74018.html

Ví dụ thực tế	• Dự án thí điểm của Audi AG Ingolstadt (Đức): Hệ thống sạc thông minh được triển khai trong 6 tháng đã tiết kiệm tới 12 triệu Euro chi phí mua năng lượng nhờ vào việc cắt giảm phụ tải đỉnh và các chức năng dừng khẩn cấp[256]. • Essonne, Pháp: Một nghiên cứu cho năm 2040 chỉ ra rằng sạc thông minh đã giúp giảm phụ tải đỉnh 6% và tránh được 25% chi phí gia cố mạng lưới hàng năm[257]. • Nam Úc: Mô hình hóa trong quá trình xây dựng lộ trình cho thấy vận hành V2G cũng có thể góp phần giảm chi phí mạng lưới phân phối bằng cách giảm nhu cầu đỉnh cục bộ. Nghiên cứu ước tính có thể tiết kiệm chi phí mạng lưới lên tới 1,5 tỷ USD [258].
Lợi ích kỳ vọng	• Giảm phụ tải đỉnh tới 5% (sạc thông minh) và tiếp tục giảm với V2G. • Tránh được các chi phí gia cố mạng lưới hàng năm. • Tiết kiệm chi phí mua năng lượng.
Thời gian dự kiến cho từng giai đoạn	• Xác định phạm vi và thiết kế: 1 tháng • Xác định yêu cầu và kiến trúc: 1 tháng • Phát triển thuật toán và API: 3 tháng • Tích hợp và kiểm tra phần cứng: 2 tháng • Triển khai thử nghiệm và kiểm tra: 12 tháng • Đánh giá và hiệu chỉnh: 2 tháng • Lập kế hoạch mở rộng quy mô: 2 tháng
Đơn vị chủ trì	Đơn vị quản lý sạc xe điện của EVN
Các bên liên quan chính	Cục ĐL/Bộ CT; EVN; các nhà khai thác trạm sạc; các nhà cung cấp dịch vụ viễn thông; các DSO.
Yêu cầu về dữ liệu và nguồn dữ liệu	• Dữ liệu đo từ xa và nhật ký sử dụng của bộ sạc • Biểu giá động và tín hiệu nhu cầu thông qua OpenADR • Hồ sơ phụ tải lưới từ EMS/MDMS • Dự báo thời tiết để lập lịch dự đoán

Ước tính đầu tư và nguồn vốn	• Chi phí phần cứng[259]:
	  ○ Bộ sạc cấp 2: 600–12.700 USD (chỉ bao gồm thiết bị, chưa tính chi phí lắp đặt)
	  ○ Bộ sạc nhanh cấp 3 DC: 30.000–150.000 USD + (chỉ bao gồm thiết bị,

[256] https://www.hubject.com/case-study/design-and-development-of-a-smart-charging-management-pilot-system-for-the-plant-in-ingolstadt
[257] https://theicct.org/wp-content/uploads/2025/03/RAP-ICCT-Hildermeier-Jahn-Schmidt-Bernard-Ragon-Basma-Savings-from-smart-charging-electric-cars-and-trucks-in-Europe-March-2025.pdf
[258] https://arena.gov.au/assets/2025/02/Bidirectional-Bidi-ROADMAP-2025-01-15-1.pdf
[259] https://www.greenlancer.com/post/guide-commercial-electric-vehicle-charging-stations

	chưa tính chi phí lắp đặt) • Chi phí phát triển phần mềm sạc thông minh: 40.000 – 250.000 USD/năm[260] • Các nguồn tài trợ tiềm năng: Cơ chế cho vay xanh của ADB dành cho các trạm sạc xe điện[261].
Ba rủi ro hàng đầu và biện pháp giảm thiểu	1. **Rủi ro đầu tư (nhu cầu không chắc chắn, CAPEX cao)** → Thực hiện triển khai theo từng giai đoạn, dự báo nhu cầu, và tìm kiếm nguồn tài chính ưu đãi. 2. **Bất ổn về mặt pháp lý (không có tiêu chuẩn thống nhất)** → Đẩy nhanh việc ban hành các quy chuẩn kỹ thuật với sự phối hợp của các Bộ Khoa học và Công nghệ và Bộ Xây dựng. 3. **An ninh mạng và khả năng tương tác** → Sử dụng các giao thức OCPP/OpenADR an toàn; tiến hành các thử nghiệm tương tác trong giai đoạn thí điểm.
Các chỉ số hiệu suất chính (KPI)	• Giảm phụ tải đỉnh (%) • Chi phí gia cố mạng lưới tránh được (USD) • Chi phí mua năng lượng tiết kiệm được (Euro) • Số sự kiện sạc được quản lý/ngày • Tỷ lệ người dùng tham gia (%) • Thời gian hoạt động của hệ thống (%) và độ trễ phản hồi (giây)
Giám sát và báo cáo	• Bảng điều khiển thời gian thực • Báo cáo hiệu suất và tiết kiệm hàng tháng • Cảnh báo tự động về các sự kiện phụ tải đỉnh • Đánh giá hàng quý với các bên liên quan
Nhu cầu xây dựng năng lực	• Hội thảo cho nhà điều hành về vận hành sạc thông minh đầu cuối (E2E) • Hội thảo chuyên đề cho cơ quan quản lý về các mô hình kinh doanh sạc xe điện • Các chiến dịch tương tác với người tiêu dùng
Đạo đức và quản trị dữ liệu	• Mã hóa đầu cuối • Sử dụng dữ liệu dựa trên sự đồng ý • Ẩn danh theo Luật An ninh mạng của Việt Nam
Các yêu cầu pháp lý tiên quyết	• Hoàn thiện và thực thi các quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn trạm sạc xe điện • Áp dụng cơ chế giá bán lẻ điện của Bộ CT cho các trạm sạc • Ban hành các tiêu chuẩn thống nhất về vị trí, an toàn và khả năng tương tác (OCPP/OpenADR)

[260] https://appinventiv.com/blog/cost-to-build-ev-charging-management-software/
[261] https://www.adb.org/projects/54268-001/main

Bảng 24. Hoạt động T-12. Ứng dụng AI để tối ưu hóa công tác điều độ dịch vụ phụ trợ

Mục	Nội dung
Tiêu đề	Ứng dụng AI để tối ưu hóa công tác điều độ dịch vụ phụ trợ
Mô tả ngắn gọn	Kết hợp các dự báo về phụ tải và NLTT biến đổi bằng máy học với một công cụ tối ưu hóa số nguyên hỗn hợp để thực hiện điều độ dự phòng và các dịch vụ phụ trợ theo thời gian thực có ràng buộc an ninh. Điều này giúp giảm sự phụ thuộc vào việc lập lịch thủ công và cho phép mua lại tự động trong vòng dưới 5 phút.
Phương pháp tiếp cận kỹ thuật	Sử dụng một quy trình kiểm soát-tối ưu hóa kết hợp: • Dự báo phụ tải ngắn hạn và NLTT biến đổi dựa trên mạng nơ-ron hồi quy dài-ngắn hạn (LSTM) • Bộ giải bài toán quy hoạch tuyến tính số nguyên hỗn hợp cho điều độ kinh tế và mua sắm dự phòng • Tích hợp vòng lặp kín với hệ thống EMS/SCADA thông qua các tiêu chuẩn API RESTful để tối ưu hóa lại liên tục • Bảng điều khiển theo mô hình "con người trong vòng lặp" (HITL) để thực hiện các điều chỉnh theo kịch bản "nếu-thì"
Tình hình hiện tại ở Việt Nam	Các mô-đun dự báo sơ bộ đã được thí điểm theo Lộ trình phát triển lưới điện thông minh (Quyết định 1670/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ, năm 2012) và hiện đang được xem xét trong Đề xuất số 6068 nhằm mở rộng thử nghiệm điều độ kỹ thuật số tại NLDC (nay là NSMO) và các trung tâm điều độ khu vực.
Ví dụ thực tế	• Phần mềm điều phối của Camus Energy: Một nền tảng dữ liệu toàn diện, các thông tin chi tiết dựa trên AI và các ứng dụng mạnh mẽ nhằm đẩy nhanh các kết nối, tinh gọn các phân tích kỹ thuật và cho phép vận hành linh hoạt trong các DSO lớn của Hoa Kỳ[262] • SCUC có hỗ trợ học máy: Thời gian giải quyết bài toán điều độ tổ máy có ràng buộc an ninh (SCUC) được rút ngắn khoảng 50% trên các hệ thống thử nghiệm của IEEE mà không làm giảm tính tối ưu[263]
Lợi ích kỳ vọng	• Giảm chi phí mua sắm dự phòng • Biên độ tích hợp NLTT chặt chẽ hơn • Giảm độ trễ tái điều độ tự động • Giảm thiểu lỗi do con người và phản ứng sự cố nhanh hơn

[262] https://www.camus.energy/technology
[263] https://arxiv.org/pdf/2111.09824

Thời gian dự kiến cho từng giai đoạn	• Phát triển và huấn luyện mô hình: 4 tháng • Tích hợp bộ giải và phát triển API: 3 tháng • Thử nghiệm và xác thực thí điểm: 6 tháng • Đào tạo người điều hành và vận hành: 3 tháng
Đơn vị chủ trì	Cục ĐL / NSMO
Các bên liên quan chính	Cục ĐL/Bộ CT; các trung tâm điều độ hệ thống điện của EVN; các khách hàng tham gia chương trình quản lý nhu cầu phụ tải cấp tỉnh; các nhà cung cấp SCADA/EMS; các đối tác học thuật (Đại học Bách Khoa Hà Nội, Đại học Quốc gia TP.HCM); các đối tác phát triển
Yêu cầu về dữ liệu và nguồn dữ liệu	Dữ liệu chụp nhanh SCADA/EMS trong quá khứ; dữ liệu phụ tải theo chu kỳ 5 phút từ công tơ thông minh AMI; dự báo khí tượng thủy văn từ VMGD; kho lưu trữ hồ sơ chào giá trên thị trường hiện có; mô hình mạng lưới (PSS/E hoặc PowerFactory).
Ước tính đầu tư và nguồn vốn	1,0 – 1,5 triệu USD cho chi phí phát triển phần mềm, cơ sở hạ tầng đám mây, phần cứng cho dự án thí điểm và tổ chức các buổi hội thảo.
Ba rủi ro hàng đầu và biện pháp giảm thiểu	1. **Các vấn đề về chất lượng dữ liệu** → Thiết lập các giao thức quản trị dữ liệu tập trung và các quy trình làm sạch tự động. 2. **Trôi dạt mô hình** → Triển khai các cơ chế đào tạo lại liên tục và các biện pháp bảo vệ kết hợp giữa máy học và vật lý 3. **Sự chậm trễ trong tích hợp CNTT/CNVH** → Để giải quyết, nên áp dụng kiến trúc mô-đun và API-first, cùng với việc chạy song song các luồng Kiểm thử tích hợp hệ thống (SIT) và Kiểm thử chấp nhận người dùng (UAT)
Các chỉ số hiệu suất chính (KPI)	• Giảm chi phí mua sắm dự phòng (%) • Số sự kiện cắt giảm NLTT mỗi tháng
Giám sát và báo cáo	• Bảng điều khiển hiệu suất thời gian thực trong hệ thống EMS • Bảng điểm KPI hàng tháng • Đánh giá hàng quý của ban chỉ đạo với Cục ĐL/Bộ CT
Nhu cầu xây dựng năng lực	• Hội thảo về bảo trì mô hình học máy và điều chỉnh tham số bộ giải cho các kỹ sư điều độ • Đào tạo về tích hợp dựa trên API cho đội ngũ cán bộ CNTT • Tổ chức các buổi thực hành chung với các đối tác học thuật về các phương pháp tối ưu hóa nâng cao
Đạo đức và quản trị dữ liệu	• Tuân thủ Luật số 86/2015/QH13 của Quốc hội về An toàn thông tin mạng • Thực thi các biện pháp kiểm soát truy cập dựa trên vai trò • Duy trì nhật ký giải thích cho tất cả các quyết định điều độ tự động

Các yêu cầu pháp lý tiên quyết	• Sửa đổi các Thông tư về quy trình điều độ hệ thống điện để cho phép điều độ tổ máy và mua sắm dự phòng có sử dụng AI • Chính thức hóa các thỏa thuận chia sẻ dữ liệu giữa NLDC (nay là NSMO) và các DSO • Xác định khuôn khổ giám sát cho các quyết định dựa trên thuật toán

9.3. Hoạt động chính sách / quy định

Phần này trình bày "Thẻ hoạt động" cho từng hoạt động chính sách/quy định.

Bảng 25. Hoạt động P-1. Ban hành biểu giá điện theo thời gian sử dụng dựa trên các quy định hiện hành về DR

Mục	Nội dung
Tiêu đề	Ban hành biểu giá điện theo thời gian sử dụng dựa trên các quy định hiện hành về DR
Loại	**Chính sách**
Mô tả ngắn gọn	Xây dựng và triển khai khung biểu giá điện theo thời gian sử dụng (ToU) trên toàn quốc. Khung này sẽ tận dụng nền tảng pháp lý từ các quy định hiện hành về DR của Việt Nam để khuyến khích dịch chuyển phụ tải, san bằng phụ tải đỉnh và tích hợp các nguồn tài nguyên linh hoạt phân tán.
Mục tiêu	• Điều chỉnh tín hiệu giá bán lẻ cho phù hợp với biến động chi phí trên thị trường bán buôn để khuyến khích khách hàng chuyển nhu cầu sử dụng điện sang các giờ thấp điểm. • Nâng cao hiệu quả vận hành tổng thể của hệ thống thông qua việc giảm phụ tải đỉnh và trì hoãn nhu cầu bổ sung công suất mới. • Thúc đẩy sự phát triển của thị trường các công ty dịch vụ tổng hợp DR và các nhà máy điện ảo. • Đặt nền tảng dựa trên cho việc triển khai các cơ chế định giá điện năng linh hoạt và tiên tiến hơn trong các giai đoạn tiếp theo.
Cơ sở pháp lý/ quy định tại Việt Nam	• Quyết định số 1670/QĐ-TTg (2012) thúc đẩy triển khai công tơ thông minh và áp dụng biểu giá điện theo thời gian sử dụng nhằm tối ưu hóa công tác quản lý phụ tải. • Quyết định về khung chương trình DR điện (ví dụ: Quyết định 41/QĐ-ĐTĐL năm 2020) quy định bắt buộc triển khai hệ thống AMI, DR trực tiếp và tự động hóa DR để hỗ trợ các chương trình DR. • Thông tư số 05/2025/TT-BCT quy định các tiêu chuẩn về đo lường và quản lý dữ liệu cần thiết để triển khai cơ chế tính hóa đơn điện theo giờ. • Thông tư số 06/2025/TT-BCT yêu cầu tích hợp các nền tảng SCADA/EMS để đảm bảo trao đổi dữ liệu theo thời gian thực, là yếu tố cốt lõi của hệ thống thanh toán theo biểu giá điện ToU.
Ví dụ thực tế	• Chương trình mở rộng DR của Cơ quan Điều tiết Thị trường Năng lượng Singapore (EMA): Giai đoạn thử nghiệm 2022–2024 đã thưởng cho các khách

	hàng công nghiệp tham gia lên tới 4.500 SGD/MWh khi giảm phụ tải vào giờ cao điểm, giúp tiết kiệm hơn 700 triệu SGD chi phí mua điện cho người tiêu dùng tính đến giữa năm 2024[264] • Báo cáo chuyên đề của IRENA về biểu giá ToU: Biểu giá ToU tại các quốc gia thuộc OECD đã giúp giảm phụ tải đỉnh từ 5–10% và tiết kiệm hóa đơn điện từ 3–7% cho người tiêu dùng, đồng thời chứng minh tính ổn định của các chương trình DR dựa trên cơ chế khách hàng tự điều chỉnh[265]
Lợi ích kỳ vọng	• Giảm phụ tải đỉnh toàn quốc • Tiết kiệm hóa đơn tiền điện cho hộ gia đình nhờ cơ chế khuyến khích dịch chuyển nhu cầu sử dụng điện • Trì hoãn nhu cầu đầu tư mới vào công suất nguồn và truyền tải trong vòng 5 năm • Tạo ra nguồn thu mới cho các công ty dịch vụ tổng hợp DR và tăng cường khả năng chống chịu của hệ thống điện
Thời gian dự kiến cho từng giai đoạn	• Thiết kế và mô phỏng biểu giá điện: 5 tháng • Tham vấn các bên liên quan và xây dựng văn bản pháp lý: 3 tháng • Tích hợp hệ thống và triển khai thử nghiệm: 6 tháng • Triển khai toàn quốc và theo dõi giám sát: 12 tháng
Đơn vị chủ trì	Bộ CT; Cục ĐL
Các bên liên quan chính	EVN và các tổng công ty phân phối điện của EVN; các hiệp hội khách hàng thương mại và công nghiệp; các công ty dịch vụ tổng hợp DR; các nhà cung cấp công tơ; đối các tác phát triển
Các điều kiện tiên quyết	• Phủ sóng AMI có khả năng thu thập dữ liệu theo khoảng thời gian • Các nền tảng SCADA/EMS được tích hợp với hệ thống thanh toán tiền điện bán lẻ • Quy định bảo vệ người tiêu dùng đảm bảo minh bạch biểu giá và hỗ trợ đối tượng gặp khó khăn • Khung thanh toán và kiểm toán do bên thứ ba được chứng nhận thực hiện
Chi phí ước tính và nguồn tài trợ	300.000 – 500.000 USD cho công cụ mô phỏng biểu giá điện, hội thảo với các bên liên quan và nâng cấp hạ tầng CNTT
Ba rủi ro hàng đầu và biện pháp giảm thiểu	1. **Người tiêu dùng ít quan tâm/không tham gia** → Triển khai các chiến dịch truyền thông có mục tiêu và thử nghiệm ứng dụng dành cho người tiêu dùng tích hợp chức năng dự báo tác động lên hóa đơn điện 2. **Chậm trễ trong tích hợp kỹ thuật** → Mua sắm các giao diện AMI – thanh toán theo mô hình mô-đun, dựa trên API và thực hiện thử nghiệm song song 3. **Sự kháng cự từ cơ quan quản lý** → Triển khai biểu giá điện bậc thang/phân đoạn theo từng giai đoạn có điều khoản kế thừa và thành lập nhóm công tác liên bộ theo cơ chế "xử lý nhanh"

[264] https://www.ema.gov.sg/news-events/news/media-releases/2024/new-initiatives-to-harness-demand-flexibility-potential-in-sg
[265] https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Feb/IRENA_Innovation_ToU_tariffs_2019.pdf

Nhu cầu xây dựng năng lực	• Đào tạo cho Cục ĐL và các đơn vị điện lực về cơ chế thanh toán biểu giá ToU và phân tích biểu giá • Tổ chức hội thảo cho các nhóm khách hàng về chiến lược chuyển dịch phụ tải • Các buổi đào tạo kỹ thuật cho nhà cung cấp công tơ và đơn vị tích hợp CNTT về chuẩn IEC 61968/61970 và OpenADR
Các hoạt động kỹ thuật hỗ trợ	• Các chương trình DR thông qua nền tảng kỹ thuật số • AMI và phân tích dữ liệu • Nhà máy điện ảo và tổng hợp tài nguyên năng lượng phân tán • Ứng dụng AI để tăng cường hoạt động dự báo phụ tải và NLTT

Bảng 26. Hoạt động P-2. Xây dựng năng lực thể chế và kỹ năng ứng dụng công nghệ số

Mục	Nội dung
Tiêu đề	Xây dựng năng lực thể chế và kỹ năng ứng dụng công nghệ số
Loại	Chính sách
Mô tả ngắn gọn	Triển khai một chương trình đào tạo năng lực có hệ thống, đa cấp độ, dành cho các cơ quan quản lý, cán bộ ngành điện, chính quyền địa phương và các đơn vị tư vấn kỹ thuật, nhằm làm chủ kiến trúc lưới điện số, nền tảng phân tích dữ liệu, bộ công cụ AI/học máy, và các phương pháp điều tiết linh hoạt.
Mục tiêu	• Trang bị cho các nhà hoạch định chính sách và cán bộ kỹ thuật kiến thức thực tiễn về hoạt động dự báo ứng dụng AI, phân tích dữ liệu từ hệ thống AMI, điều phối vận hành nhà máy điện ảo và các tiêu chuẩn an ninh mạng • Tăng cường năng lực thể chế để xây dựng quy định theo phương pháp điều chỉnh liên tục, có tính thích ứng cao và giám sát dựa trên dữ liệu • Hình thành cộng đồng thực hành kết nối các bên công – tư – học thuật
Cơ sở pháp lý/ quy định tại Việt Nam	• Chiến lược quốc gia về nghiên cứu, phát triển và ứng dụng Trí tuệ nhân tạo (Quyết định số 127/QĐ-TTg, ngày 26 tháng 01 năm 2021): quy định yêu cầu về nghiên cứu & phát triển, phát triển nguồn nhân lực và phối hợp liên ngành về AI đến năm 2030. • Kế hoạch chuyển đổi số ngành năng lượng của Bộ CT (phụ lục của QHĐ VIII): kêu gọi nâng cao kỹ năng số cho các cơ quan quản lý và các đơn vị trong ngành điện.
Ví dụ thực tế	**Dự án SGREEE của GIZ (2017–2022):** Cung cấp hỗ trợ kỹ thuật và phát triển chương trình đào tạo chuyên biệt cho cán bộ của Cục ĐL về AMI, quản trị dữ liệu và phân tích dữ liệu từ công tơ thông minh[266]
Lợi ích kỳ vọng	• Rút ngắn chu kỳ thẩm định quy định cho các thí điểm ứng dụng công nghệ số • Giảm thiểu lỗi trong quá trình triển khai sau thí điểm nhờ cải thiện công tác kiểm định chất lượng Tăng cường chia sẻ dữ liệu liên ngành và nâng cao năng lực sẵn sàng phối hợp qua các tổ công tác liên ngành

[266] https://www.giz.de/en/downloads_els/Smart Grids_ENG_25-6.pdf

Thời gian dự kiến cho từng giai đoạn	• Xây dựng chương trình và tài liệu đào tạo: 4 tháng • Tổ chức các hội thảo khu vực và đào tạo nội bộ: 6 tháng • Chương trình cố vấn và đào tạo tại chỗ: 12 tháng
Đơn vị chủ trì	Bộ Khoa học và Công nghệ, phối hợp với Cục ĐL/Bộ CT
Các bên liên quan chính	EVN (và các đơn vị thành viên); Sở Công thương các tỉnh, thành phố; Cục ĐL; các trường đại học và viện nghiên cứu (Đại học Bách khoa Hà Nội, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Viện nghiên cứu Xã hội, Kinh tế và Môi trường); các đối tác phát triển; các doanh nghiệp công nghệ tư nhân
Các điều kiện tiên quyết	• Hoàn thành đánh giá năng lực cơ bản trên toàn bộ các cơ quan liên quan • Trang bị các nền tảng đào tạo (hệ thống LMS, môi trường thử nghiệm khung pháp lý) • Hợp tác với các tổ chức đào tạo được công nhận hoặc các đối tác học thuật
Chi phí ước tính và nguồn tài trợ	• 300.000–500.000 USD cho việc thiết kế chương trình, triển khai đào tạo và cố vấn chuyên môn
Ba rủi ro hàng đầu và biện pháp giảm thiểu	1. **Tỷ lệ tham gia thấp** → Quy định chỉ tiêu đào tạo tối thiểu trong các chỉ số KPI của cán bộ. 2. **Chương trình đào tạo không phù hợp thực tiễn** → Phối hợp với các đơn vị điện lực và cơ quan quản lý để thiết kế các mô-đun đào tạo thông qua các hội thảo khởi động. 3. **Tỷ lệ nghỉ việc cao** → Áp dụng mô hình "đào tạo giảng viên nguồn" để lan tỏa kiến thức, kỹ năng trong nội bộ tổ chức.
Nhu cầu xây dựng năng lực	• Các mô-đun chuyên sâu về dự báo phụ tải và bảo trì dự đoán ứng dung AI • Thực hành quản lý AMI/hồ dữ liệu và tích hợp các nguồn tài nguyên năng lượng phân tán • Mô phỏng cơ chế thử nghiệm khung pháp lý và các bài tập xây dựng quy định theo phương pháp linh hoạt
Các hoạt động kỹ thuật hỗ trợ	• Ứng dụng AI để tăng cường hoạt động dự báo phụ tải và NLTT • AMI và phân tích dữ liệu • Nhà máy điện ảo và tổng hợp tài nguyên năng lượng phân tán • Các chương trình DR thông qua nền tảng số

Bảng 27. Hoạt động P-3. Tăng cường, hoàn thiện các quy định an ninh mạng và khả năng phục hồi lưới điện

Mục	Nội dung
Tiêu đề	Tăng cường, hoàn thiện các quy định an ninh mạng và khả năng phục hồi lưới điện
Loại hoạt động	**Quy định**

Mô tả ngắn gọn	Sửa đổi và mở rộng các quy định trong ngành điện Việt Nam nhằm áp đặt các yêu cầu bắt buộc về an ninh mạng và khả năng phục hồi đối với toàn bộ tài sản và đơn vị vận hành lưới điện, bao gồm cập nhật bản vá liên tục, phát hiện mối đe dọa dựa trên AI, báo cáo sự cố bắt buộc và kiểm toán định kỳ về khả năng phục hồi, nhằm bảo vệ hạ tầng số và vật lý trước các mối đe dọa ngày càng tinh vi.
Mục tiêu	• Áp đặt các biện pháp kiểm soát an ninh cơ bản và nâng cao (ví dụ: IEC 62443, phân đoạn mạng) trên toàn bộ tài sản thuộc phát điện, truyền tải và phân phối • Thực thi cơ chế phát hiện bất thường theo thời gian thực và các quy trình báo cáo sự cố bắt buộc • Nâng cao các tiêu chuẩn tối thiểu về khả năng phục hồi (ví dụ: phương án dự phòng N-1, khả năng duy trì vận hành của các nguồn năng lượng phân tán) để đảm bảo khả năng phục hồi nhanh sau sự cố mạng hoặc vật lý • Thúc đẩy việc thành lập một Đội ứng cứu sự cố an ninh mạng quốc gia (CERT) thống nhất và quy trình phân cấp ứng phó rõ ràng
Cơ sở pháp lý/quy định tại Việt Nam	• Nghị định 85/2016/NĐ-CP về bảo đảm an toàn hệ thống thông tin theo cấp độ: Quy định các chuẩn mực về bảo mật dữ liệu và toàn vẹn hệ thống đối với các dịch vụ thiết yếu • Luật An ninh mạng số 24/2018/QH14: Yêu cầu các tổ chức vận hành hệ thống thông tin quan trọng, bao gồm cả ngành điện, phải triển khai hoạt động bảo vệ an ninh mạng đối với cơ sở hạ tầng không gian mạng quốc gia • Quyết định số 749/QĐ-TTg (năm 2020) xác định an toàn và an ninh mạng là yêu cầu then chốt trong chuyển đổi số trên tất cả các ngành, bao gồm ngành năng lượng
Ví dụ thực tế	• Luật An ninh mạng Singapore (2018): yêu cầu chủ sở hữu Cơ sở hạ tầng thông tin quan trọng—bao gồm các công ty điện lực—phải thực hiện các biện pháp quản lý rủi ro, báo cáo các sự cố nghiêm trọng trong vòng 24 giờ và tiến hành các cuộc kiểm tra định kỳ của Cơ quan An ninh mạng của Singapore (CSA)[267] • Chuẩn Bảo vệ Hạ tầng Quan trọng NERC CIP (Hoa Kỳ): quy định các tiêu chuẩn bảo vệ hạ tầng quan trọng đối với các đơn vị vận hành Hệ thống điện lưới lớn (Bulk Electric System), bao gồm nhận dạng tài sản, kiểm soát truy cập, ứng phó sự cố và kiểm toán tuân thủ định kỳ[268] • Chỉ thị NIS2 của EU: mở rộng các nghĩa vụ bắt buộc về quản lý rủi ro và báo cáo sự cố đối với một loạt các thực thể thiết yếu – bao gồm ngành năng lượng – với cơ chế thực thi nghiêm ngặt và hợp tác xuyên biên giới[269]
Lợi ích kỳ vọng	• Giảm số lượng các cuộc xâm nhập hệ thống thành công • Đẩy nhanh quá trình khoanh vùng và khắc phục sự cố nhờ áp dụng các quy trình ứng phó tiêu chuẩn hóa • Gia tăng niềm tin của nhà đầu tư và khách hàng thông qua minh bạch trong báo cáo tuân thủ • Hài hòa hóa với các đối tác trong ASEAN và OECD, mở rộng khả năng tiếp cận các quỹ tăng cường khả năng phục hồi cấp khu vực

[267] https://sso.agc.gov.sg/Acts-Supp/9-2018
[268] https://www.techtarget.com/searchsecurity/definition/North-American-Electric-Reliability-Corporation-Critical-Infrastructure-Protection-NERC-CIP
[269] https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/nis2-directive

Thời gian dự kiến cho từng giai đoạn	• Soạn thảo quy định và lấy ý kiến các bên liên quan: 4 tháng • Tham vấn cộng đồng và thẩm định pháp lý: 3 tháng • Ban hành các hướng dẫn và tiêu chuẩn kỹ thuật: 2 tháng • Thiết lập khung giám sát tuân thủ: 6 tháng
Đơn vị chủ trì	Bộ CT/Cục ĐL, phối hợp với Bộ Công an và Cục An toàn thông tin
Các bên liên quan chính	EVN và các DSO khu vực; Cục An ninh mạng và phòng, chống tội phạm sử dụng công nghệ cao (A05); Bộ Khoa học và Công nghệ; các nhà cung cấp tư nhân hệ thống DER và SCADA; các đối tác phát triển
Các điều kiện tiên quyết	• Hệ thống AMI/SCADA hiện có có khả năng tích hợp qua giao diện lập trình mở (open API) • Đội ứng cứu sự cố an ninh mạng quốc gia (CERT) và các đội ứng phó sự cố được công nhận • Các công ty điện lực đã hoàn tất đánh giá cơ bản về an ninh CNTT và CNVH • Có cơ sở pháp lý yêu cầu bắt buộc báo cáo sự cố (ví dụ: sửa đổi Luật An toàn thông tin mạng số 86/2015/QH13)
Chi phí ước tính và nguồn tài trợ	Nguồn tài trợ tiềm năng: các khoản tài trợ song phương (ví dụ: Chương trình An ninh CNTT của GIZ, sáng kiến "Đối tác kết nối số và an ninh mạng" của USAID); các quỹ tăng cường khả năng phục hồi từ GCF/GEF
Ba rủi ro hàng đầu và biện pháp giảm thiểu	1. **Tình trạng báo cáo không đầy đủ** → Áp dụng các mức phạt tăng dần và thiết lập kênh báo cáo ẩn danh trong "vùng an toàn pháp lý" để khuyến khích minh bạch. 2. **Tình trạng trì trệ trong quy định** → Thành lập Ủy ban liên bộ cấp cao theo cơ chế "ưu tiên xử lý nhanh" với các mục tiêu rõ ràng. 3. **Thiếu năng lực từ phía đơn vị vận hành** → Triển khai theo lộ trình từng giai đoạn, đi kèm với yêu cầu cấp chứng chỉ bắt buộc cho các cán bộ an ninh mạng.
Nhu cầu xây dựng năng lực	• Đào tạo chuẩn IEC 62443 và Khung an ninh mạng NIST (NIST CSF) cho các đội an ninh mạng của ngành điện • Thực hành mô phỏng ứng phó sự cố (diễn tập bàn tròn và diễn tập thực địa • Tổ chức hội thảo về phát hiện mối đe dọa ứng dụng AI và các thông lệ bảo mật tốt nhất cho hệ thống điều khiển công nghiệp (ICS) và CNVH
Các hoạt động kỹ thuật hỗ trợ	• Ứng dụng AI để tăng cường khả năng phục hồi lưới điện và phát hiện bất thường • AMI và phân tích dữ liệu • Nâng cấp SCADA/EMS & các thiết bị tập trung dữ liệu • Hệ thống quản lý DER dựa trên tri thức

Bảng 28. Hoạt động P-4. Triển khai cơ chế thử nghiệm khung pháp lý (sandbox) để tạo điều kiện cho các mô hình đổi mới trong ngành năng lượng

Mục	Nội dung
Tiêu đề	Triển khai cơ chế thử nghiệm khung pháp lý (sandbox) để tạo điều kiện cho các mô hình đổi mới trong ngành năng lượng
Loại	Quy định
Mô tả ngắn gọn	Thiết lập một cơ chế thử nghiệm khung pháp lý có giới hạn về thời gian và dựa trên kết quả. Cơ chế này cho phép các đơn vị đổi mới trong ngành năng lượng (công ty điện lực, nhà cung cấp công nghệ, các công ty khởi nghiệp) thử nghiệm các mô hình kinh doanh số và ứng dụng AI mới (ví dụ: giao dịch ngang hàng, điều phối và tổng hợp các nguồn năng lượng phân tán nhỏ lẻ để chúng hoạt động hiệu quả như một nhà máy điện ảo, dự báo bằng AI). Các đơn vị này sẽ được hoạt động với các quy tắc tuân thủ linh hoạt hơn để thu thập dữ liệu hiệu suất thực tế, làm cơ sở cho việc xây dựng các quy định chính thức sau này.
Mục tiêu	• Đẩy nhanh tốc độ thâm nhập thị trường của các dự án thí điểm công nghệ số/AI có tác động lớn bằng cách giảm bớt rào cản pháp lý ban đầu. • Tạo ra bằng chứng thực nghiệm về hiệu suất công nghệ và tác động đến người tiêu dùng • Nâng cao năng lực cho cơ quan quản lý để xây dựng quy định một cách linh hoạt và cấp phép theo từng giai đoạn • Làm cơ sở để thiết kế các quy định chính thức, dựa trên kết quả thực tế tại Việt Nam
Cơ sở pháp lý/ quy định tại Việt Nam	• Nghị quyết số 55-NQ/TW (2020) khuyến khích đổi mới và thử nghiệm các công nghệ mới, mô hình thị trường mới trong ngành năng lượng • Luật Điện lực số 61/2024/QH15 yêu cầu đổi mới trong quản lý lưới điện • QHĐ VIII điều chỉnh đặt mục tiêu xây dựng lưới điện hiện đại với việc "tiếp cận thành tựu khoa học công nghệ mới, trí tuệ nhân tạo, kết nối vạn vật, trong đó có chuyển đổi số trong ngành điện" • Quyết định số 1670/QĐ-TTg đề ra mục tiêu xây dựng các quy chuẩn, tiêu chuẩn kỹ thuật lưới điện thông minh và kêu gọi tổ chức thực hiện các dự án lưới điện thông minh thí điểm ở Việt Nam
Ví dụ thực tế	• Cơ chế thử nghiệm khung pháp lý của Cơ quan Điều tiết Thị trường Năng lượng Singapore (EMA): Cho phép thử nghiệm các mô hình đổi mới như giao dịch năng lượng ngang hàng (P2P) sử dụng hợp đồng thông minh blockchain và dự báo phụ tải bằng AI. Kết quả từ các dự án này sẽ được dùng làm cơ sở để sửa đổi các quy định thị trường điện quốc gia[270] • Cơ chế thử nghiệm khung pháp lý của Ủy ban Điều tiết Năng lượng Thái Lan (ERC): Mở cửa cho các sáng kiến như các nền tảng giao dịch, lưới điện thông minh, các hình thức HĐMBĐ sáng tạo (HĐMBĐ ảo, HĐMBĐ qua bên trung gian), Đổi mới xanh và Quy định xanh[271]. • Cơ chế thử nghiệm khung pháp lý của Cơ quan quản lý Năng lượng Vương quốc Anh (Ofgem): Cơ chế này áp dụng cho nhiều dự án đổi mới, ví dụ như các dự án thí điểm về DR linh hoạt. Các dự án này có thể thử nghiệm giá điện linh hoạt theo

[270] https://www.ema.gov.sg/regulations-licences/regulations/policies-frameworks/regulatory-sandbox
[271] https://chandler.morihamada.com/sites/default/files/newsletters/pdf/ERC Sandbox Thailand Pilot Virtual PPA và cách REC và PPA ảo có thể thúc đẩy mục tiêu giảm phát thải carbon của mình 11 tháng 3 năm 2025.pdf

	thời điểm, và điều phối, tổng hợp các nguồn năng lượng phân tán nhỏ lẻ để chúng hoạt động hiệu quả như một nhà máy điện ảo trên cơ sở các quy định linh hoạt, dựa trên kết quả[272]
Lợi ích kỳ vọng	• Rút ngắn thời gian phê duyệt cho các dự án thí điểm • Tạo ra các bằng chứng thực tế và cụ thể về hiệu suất của công nghệ cũng như mức độ chấp nhận của khách hàng • Giảm rủi ro cho nhà đầu tư và các công ty điện lực nhờ việc thử nghiệm trong môi trường có kiểm soát • Tăng sự tự tin của cơ quan quản lý khi nhân rộng các mô hình thành công
Thời gian dự kiến cho từng giai đoạn	• Soạn thảo khung: 6 tháng • Tham vấn các bên liên quan và thẩm định pháp lý: 3 tháng • Phê duyệt và giám sát các dự án thí điểm: 12 tháng
Đơn vị chủ trì	Cục ĐL/Bộ CT
Các bên liên quan chính	EVN; Sở CT các tỉnh, thành phố; các nhà cung cấp công nghệ tư nhân; các hiệp hội bảo vệ người tiêu dùng; các đối tác phát triển
Các điều kiện tiên quyết	• Cần có hệ thống công tơ thông minh/AMI và nâng cấp hệ thống SCADA • Đã ban hành các quy định về bảo mật dữ liệu và an ninh mạng • Cần có cơ sở pháp lý cho việc cấp phép dựa trên kết quả (ví dụ: sửa đổi Luật Điện lực) • Các cơ quan quản lý và đơn vị vận hành phải sẵn sàng với mô hình quản trị linh hoạt
Chi phí ước tính và nguồn tài trợ	• 0,5–1 triệu USD dành cho việc thành lập ban thư ký, soạn thảo pháp lý, tổ chức hội thảo với các bên liên quan và xây dựng hệ thống giám sát • Có thể sử dụng các khoản tài trợ hỗ trợ kỹ thuật từ các chương trình như Chương trình Hỗ trợ Năng lượng của GIZ hoặc hỗ trợ kỹ thuật của JETP
Ba rủi ro hàng đầu và biện pháp giảm thiểu	1. Sự phản đối từ cơ quan quản lý → Tổ chức các buổi hội thảo chung từ sớm và chia sẻ các tiền lệ quốc tế thành công. 2. Các đơn vị thị trường ít tham gia → Cung cấp các khoản chi phí hỗ trợ nhỏ hoặc tạo ra các ưu đãi về quyền truy cập dữ liệu cho các bên tham gia dự án thí điểm. 3. Chậm trễ trong việc soạn thảo văn bản pháp lý → Thực hiện các sửa đổi song song theo quy trình nhanh và mời các cố vấn pháp lý tham gia ngay từ đầu dự án.
Nhu cầu xây dựng năng lực	• Đào tạo về quy định linh hoạt cho nhân sự của Cục ĐL/Bộ CT • Nâng cao kỹ năng chuyên môn về giám sát các KPI cho các dự án thí điểm công nghệ số và AI • Trao đổi kinh nghiệm với các quốc gia đã có cơ chế thử nghiệm khung pháp lý thành công trong khu vực ASEAN (như Singapore, Thái Lan)

[272] https://www.ofgem.gov.uk/energy-regulation-sandbox

Các hoạt động kỹ thuật hỗ trợ	• Ứng dụng AI trong dự báo phụ tải và NLTT • AMI và phân tích dữ liệu • Các chương trình DR thông qua nền tảng kỹ thuật số • Nhà máy điện ảo và tổng hợp tài nguyên năng lượng phân tán

Bảng 29. Hoạt động P-5. Cung cấp các ưu đãi tài chính để thúc đẩy đầu tư vào lưới điện thông minh

Mục	Nội dung
Tiêu đề	Cung cấp các ưu đãi tài chính và hỗ trợ đầu tư vào lưới điện thông minh
Loại	**Chính sách**
Mô tả ngắn gọn	Thiết kế và triển khai một bộ công cụ tài chính như các khoản tài trợ, khoản vay ưu đãi, cơ chế đối ứng vốn và ưu đãi thuế. Mục tiêu là nhằm giảm chi phí vốn cho các công ty điện lực và nhà đầu tư tư nhân khi thực hiện các dự án số hóa lưới điện như AMI, tự động hóa lưới phân phối, nhà máy điện ảo và các dự án công nghệ điện toán biên.
Mục tiêu	• Huy động vốn nhà nước và tư nhân để đẩy nhanh quá trình triển khai lưới điện thông minh • Giảm thiểu rủi ro cho các khoản đầu tư ban đầu vào AMI, tự động hóa lưới phân phối, tổng hợp các nguồn năng lượng phân tán và các biện pháp tăng cường khả năng chống chịu của lưới điện • Khuyến khích đồng tài trợ từ các đối tác phát triển và các tổ chức tài chính thương mại • Đảm bảo quá trình hiện đại hóa lưới điện được công bằng ở các khu vực khác nhau
Cơ sở pháp lý/quy định tại Việt Nam	• Luật Đầu tư số 61/2020/QH14: cho phép đồng tài trợ công cho cơ sở hạ tầng và các chương trình tài trợ ưu đãi • Luật Điện lực số 61/2024/QH15: giao Bộ CT thiết lập các cơ chế hỗ trợ đầu tư hiện đại hóa lưới điện • Quyết định 215/QĐ-TTg phê duyệt Chiến lược phát triển năng lượng quốc gia Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045: kêu gọi các công cụ tài chính hỗn hợp để hỗ trợ triển khai lưới điện số
Ví dụ thực tế	• Chương trình SGIG của Hoa Kỳ: Bộ Năng lượng Hoa Kỳ (DOE) đã đầu tư 8 tỷ USD vào 99 dự án lưới điện thông minh, giúp triển khai 16 triệu công tơ thông minh và 82.000 thiết bị thông minh. Các dự án này huy động thêm được khoản đồng tài trợ tư nhân với tỷ lệ trung bình 2:1[273] • Hỗ trợ từ Ngân hàng Đầu tư Châu Âu (EIB) tại Đức: EIB đã cấp khoản vay ưu đãi 70 triệu Euro cho công ty Stadtwerke Reutlingen để nâng cấp hệ thống điều khiển số và tự động hóa lưới điện. Khoản vay này đã giúp huy động thêm vốn vay thương mại để hiện đại hóa hệ thống cáp và trạm biến áp[274]

[273] https://www.energy.gov/oe/recovery-act-smart-grid-investment-grant-sgig-program
[274] https://www.eib.org/en/press/all/2025-006-eib-supports-expansion-of-electricity-and-district-heating-networks-in-reutlingen

	• Sáng kiến BRIDGE của EU: Các chương trình Horizon 2020/Horizon Europe đã cung cấp các khoản tài trợ cho các dự án nghiên cứu và đổi mới về lưới điện thông minh. Nhờ đó, sáng kiến này đã huy động tổng cộng 1,6 tỷ Euro vốn đầu tư[275]
Lợi ích kỳ vọng	• Tăng chi phí đầu tư hàng năm cho lưới điện thông minh so với mức cơ bản • Giảm chi phí vốn bình quân cho các dự án số hóa biên lưới điện • Triển khai hệ thống AMI nhanh hơn • Tăng niềm tin của nhà đầu tư nhờ các quy định đồng tài trợ rõ ràng và minh bạch
Thời gian dự kiến cho từng giai đoạn	• Thiết kế công cụ và soạn thảo văn bản pháp lý: 6 tháng • Phân bổ ngân sách và ký biên bản ghi nhớ (MOU): 3 tháng • Giải ngân và giám sát: 12-24 tháng
Đơn vị chủ trì	Bộ CT phối hợp với Bộ Tài Chính
Các bên liên quan chính	EVN & các DSO khu vực; các ngân hàng thương mại; các đối tác phát triển; Bộ Tài chính; các hiệp hội bảo vệ người tiêu dùng; các nhà cung cấp công nghệ tư nhân
Các điều kiện tiên quyết	• Phải có cơ sở pháp lý được phê duyệt cho việc cấp tài chính ưu đãi (cần sửa đổi Luật Đầu tư) • Các khung thẩm định tín dụng cần được thiết lập trong Bộ CT/Bộ Tài Chính • Cần có lộ trình hiện đại hóa lưới điện cơ bản (từ QHĐ VIII) • Phải có các tiêu chí kỹ thuật chuẩn hóa để xét duyệt các dự án được tài trợ
Chi phí ước tính và nguồn tài trợ	Chi phí sẽ phụ thuộc vào các công cụ tài chính được quyết định triển khai.
Ba rủi ro hàng đầu và biện pháp giảm thiểu	1. **Ít sự tham gia của khối tư nhân** → Giảm thiểu bằng cách sử dụng các bảo lãnh chia sẻ rủi ro và các điều khoản hoàn trả rõ ràng. 2. **Thiên vị trong lựa chọn dự án** → Thành lập một hội đồng thẩm định độc lập với sự tham gia của các chuyên gia độc lập. 3. **Phân bổ sai nguồn vốn** → Thực hiện theo dõi bằng cách ứng dụng công nghệ số và kiểm toán hàng quý.
Nhu cầu xây dựng năng lực	• Đào tạo cho Bộ CT/Bộ Tài Chính về thẩm định tài chính dự án và các mô hình tài chính hỗn hợp. • Tổ chức hội thảo cho các công ty điện lực khu vực về cách lập đề xuất dự án và báo cáo tài chính. • Các buổi làm việc thực tế với các tổ chức tài chính phát triển (DFI) về cách đánh

[275] https://bridge-smart-grid-storage-systems-digital-projects.ec.europa.eu/about-us

	giá rủi ro tín dụng cho các dự án số hóa ngành năng lượng.
Các hoạt động kỹ thuật hỗ trợ	• AMI và phân tích dữ liệu • Hệ thống tự động hóa và điều khiển lưới phân phối • Nhà máy điện ảo và tổng hợp tài nguyên năng lượng phân tán • Các nền tảng DR

Bảng 30. Hoạt động P-6. Cập nhật các quy định hệ thống truyền tải, phân phối và các quy định kỹ thuật để tích hợp AI/DER

Mục	Nội dung
Tiêu đề	Cập nhật các quy định hệ thống truyền tải, phân phối và các quy định kỹ thuật để tích hợp AI/DER
Loại hoạt động	**Quy định**
Mô tả ngắn gọn	Sửa đổi các quy định hệ thống truyền tải, phân phối, cũng như các thông tư và quyết định liên quan để đưa vào các yêu cầu rõ ràng về: • Dự báo và điều khiển bằng AI (cụ thể về giao diện dữ liệu, các chỉ số hiệu suất) • Khả năng duy trì hoạt động của DER khi xảy ra sự cố về điện áp và tần số, cũng như khả năng cung cấp công suất phản kháng và vượt qua sự cố • Tiêu chuẩn đo lường từ xa và API mở cho các hệ thống AMI/SCADA • Các giao thức an ninh mạng, quản trị dữ liệu và khả năng tương tác giữa các hệ thống
Mục tiêu	• Đảm bảo kết nối an toàn và đáng tin cậy của số lượng lớn các nguồn DER • Cho phép áp dụng các mô hình dự báo và điều khiển theo thời gian thực bằng AI/học máy trong khuôn khổ các quy định sửa đổi • Chuẩn hóa các luồng dữ liệu và giao diện dữ liệu mở để tạo điều kiện cho các đơn vị thứ ba phân tích • Tăng khả năng tiếp nhận năng lượng và giảm thiểu việc phải cắt giảm nguồn thông qua các giới hạn kỹ thuật
Cơ sở pháp lý/ quy định tại Việt Nam	Tất cả các quy định liên quan đến quy định hệ thống truyền tải, phân phối
Ví dụ thực tế	• "Lưới điện bền vững tương lai" của EMA (Singapore): Bản đồ lộ trình lưới điện của Singapore yêu cầu bắt buộc phải có hệ thống mô hình bản sao kỹ thuật số theo thời gian thực và công cụ AI để giám sát tình trạng tài sản. Các công cụ này được tích hợp qua giao diện API mở trong quy định hệ thống truyền tải của họ[276]

[276] https://www.ema.gov.sg/news-events/news/media-releases/2024/sg-future-grid-capabilities-roadmap-to-pave-way-for-resilient-sustainable-energy-future

	• Quy định VDE-AR-N 4105/4110 của Đức: Các quy định quốc gia này yêu cầu các nguồn DER phải có khả năng duy trì hoạt động khi có sự cố, cung cấp công suất phản kháng và điều khiển đo lường từ xa ở cấp điện áp trung và hạ thế. Đồng thời, các quy định này cũng bao gồm các điều khoản rõ ràng về an ninh mạng[277] • Yêu cầu kỹ thuật của National Grid (công ty quản lý hệ thống điện và khí đốt trên toàn Vương quốc Anh) đối với DER: Công ty này đã ban hành một tài liệu yêu cầu kỹ thuật, trong đó chỉ rõ các thông số về chức năng, dữ liệu và giao tiếp cho các nguồn năng lượng được tích hợp vào lưới điện[278]
Lợi ích kỳ vọng	• Cải thiện khả năng tiếp nhận các hệ thống điện mặt trời mái nhà và pin lưu trữ • Giảm các sự kiện cắt giảm nguồn điện liên quan đến DER • Đẩy nhanh việc mua sắm và điều độ nguồn dự phòng nhờ AI • Có một khung pháp lý rõ ràng để giảm các tranh chấp về kết nối
Thời gian dự kiến cho từng giai đoạn	• Soạn thảo sửa đổi quy định hệ thống truyền tải, phân phối: 9 tháng • Tham vấn các bên liên quan và điều chỉnh quy định: 3 tháng • Phê duyệt quy định: 2 tháng
Đơn vị chủ trì	Bộ CT/Cục ĐL
Các bên liên quan chính	EVN và các DSO khu vực; các nhà cung cấp nguồn năng lượng phân tán tư nhân; các đối tác phát triển
Các điều kiện tiên quyết	• Cơ bản đã triển khai các hệ thống AMI và SCADA với khả năng sử dụng API mở • Có sẵn các chính sách về quản trị dữ liệu và an ninh mạng • Có một phòng thí nghiệm được công nhận để cấp chứng nhận khả năng duy trì hoạt động cho DER khi có sự cố
Chi phí ước tính và nguồn tài trợ	200.000–500.000 USD dành cho việc soạn thảo văn bản pháp lý, tổ chức hội thảo và xây dựng hệ thống thử nghiệm thí điểm
Ba rủi ro hàng đầu và biện pháp giảm thiểu	1. **Sự phức tạp về mặt kỹ thuật** → Thành lập một ủy ban kỹ thuật liên ngành, bao gồm các chuyên gia từ các DSO và các nhà cung cấp công nghệ. 2. **Sự không đồng thuận giữa các bên liên quan** → Tổ chức các buổi đánh giá chéo có mục tiêu cụ thể với các công ty điện lực và khách hàng vừa tiêu thụ vừa sản xuất điện (prosumer). 3. **Khoảng cách giữa quy định và triển khai thực tế** → Tích hợp việc kiểm tra các quy định hệ thống truyền tải, phân phối vào quy trình kết nối lưới của EVN và nâng cao năng lực cho các đội ngũ kiểm tra.

[277] https://www.vde-verlag.de/standards/0100735/vde-ar-n-4110-anwendungsregel-2023-09.html
[278] https://www.nationalgrid.com/sites/default/files/documents/DER_Technical_Requirements_v2.5.1.pdf

Nhu cầu xây dựng năng lực	• Đào tạo cho các cán bộ của Bộ CT/Cục ĐL về KPI của dự báo bằng AI và các tiêu chuẩn kiểm soát các nguồn DER • Tổ chức các buổi hội thảo về tiêu chuẩn API mở và an ninh mạng cho các cán bộ phụ trách triển khai các quy định hệ thống truyền tải, phân phối • Các khóa học chứng nhận được công nhận cho các nhà cung cấp DER và các phòng thí nghiệm thử nghiệm
Các hoạt động kỹ thuật hỗ trợ	• Tối ưu hóa trào lưu công suất trực tuyến và điều khiển theo thời gian thực • Kiểm soát và tối ưu hóa điện áp/công suất phản kháng (Volt/VAR) bằng nguồn DER • Nâng cấp SCADA/EMS & các thiết bị tập trung dữ liệu • Hệ thống quản lý DER dựa trên tri thức

Bảng 31. Hoạt động P-7. Tạo cơ chế thị trường thúc đẩy vận hành linh hoạt và dịch vụ mới cho lưới điện

Mục	Nội dung
Tiêu đề	Tạo cơ chế thị trường thúc đẩy vận hành linh hoạt và dịch vụ mới cho lưới điện
Loại	**Quy định**
Mô tả ngắn gọn	Thiết lập và hoàn thiện các nền tảng thị trường (như đấu giá, đấu thầu dịch vụ phụ trợ, thị trường linh hoạt) để chi trả cho các nguồn năng lượng có khả năng phản ứng nhanh. Các nguồn này bao gồm: các công ty dịch vụ tổng hợp tài nguyên năng lượng phân tán, hệ thống lưu trữ, các chương trình DR và các nhà máy điện ảo. Mục tiêu là để các nguồn này tham gia vào việc cân bằng lưới điện, giải tỏa tắc nghẽn và cung cấp các dịch vụ hệ thống mới.
Mục tiêu	• Định giá các dịch vụ linh hoạt và khuyến khích việc cân bằng hệ thống với chi phí thấp nhất • Tạo điều kiện cho các nguồn DER, hệ thống lưu trữ và các tài sản phía khách hàng tham gia vào vận hành lưới điện • Tích hợp các dịch vụ (như quán tính, đáp ứng tần số nhanh, bảo đảm công suất) vào các cấu trúc thị trường • Thúc đẩy cạnh tranh, đổi mới và giảm áp lực lên chi phí cân bằng hệ thống
Cơ sở pháp lý/ quy định tại Việt Nam	• Luật Điện lực số 61/2024/QH15 yêu cầu vận hành thị trường cạnh tranh và đảm bảo tính minh bạch của dữ liệu. • Quyết định 41/QĐ-ĐTĐL (2020) quy định về các hệ thống CNTT cho việc vận hành thị trường, bộ dữ liệu đấu thầu và quy trình thanh toán. • QHĐ VIII (Quyết định số 768/QĐ-TTg năm 2025) cam kết phát triển lưới điện thân thiện với NLTT và khung pháp lý cho dịch vụ phụ trợ.

Ví dụ thực tế	• Công ty điều hành lưới điện PJM (Hoa Kỳ): Tổ chức các phiên đấu giá Dịch vụ điều tần dựa trên hiệu suất (pay-for-performance). Điều này có nghĩa là các nguồn năng lượng được trả tiền dựa trên tốc độ và độ chính xác khi cung cấp dịch vụ[279] • Cơ quan Điều hành Thị trường Năng lượng Úc (AEMO): Vận hành tám thị trường Dịch vụ phụ trợ cho mục đích cân bằng lưới (FCAS) theo Quy định về Dịch vụ Phụ trợ Thị trường của họ. Thị trường này giúp mua sắm các dịch vụ điều tần, xử lý sự cố và hỗ trợ lưới điện[280] • Lệnh số 2222 của FERC, Hoa Kỳ: Yêu cầu các đơn vị vận hành hệ thống lưới điện (RTO) phải cho phép các đơn vị tổng hợp nguồn DER tham gia thị trường ngang hàng với các nguồn năng lượng truyền thống[281]
Lợi ích kỳ vọng	• Giảm chi phí cân bằng hệ thống thông qua đấu thầu cạnh tranh • Tăng cường tích hợp NLTT lớn hơn bằng cách tạo doanh thu từ các dịch vụ phản ứng nhanh • Mở rộng khả năng tiếp cận thị trường cho các đơn vị, khách hàng mới tham gia • Tăng cường khả năng phục hồi của lưới điện nhờ đa dạng hóa các nguồn năng lượng
Thời gian dự kiến cho từng giai đoạn	• Thiết kế thị trường và tham vấn các bên liên quan: 6 tháng • Soạn thảo và phê duyệt văn bản pháp lý: 3-9 tháng • Phát triển và thử nghiệm nền tảng CNTT: 6-12 tháng • Thí điểm đấu giá và thử nghiệm trên quy mô nhỏ: 6 tháng • Cấu trúc thị trường chính thức đi vào hoạt động thương mại: 3 tháng
Đơn vị chủ trì	Cục ĐL
Các bên liên quan chính	EVN và các DSO; các trung tâm điều độ A0/A1 (nay là NSMO); các công ty dịch vụ tổng hợp DR; các nhà phát triển hệ thống lưu trữ; các nhà cung cấp dịch vụ DR; Bộ Tài chính; các đối tác phát triển.
Các điều kiện tiên quyết	• Cần có dữ liệu theo thời gian thực từ các hệ thống SCADA/EMS và AMI • Phải có các quy định pháp lý cho việc mua sắm dịch vụ phụ trợ • Cơ quan điều hành thị trường phải có năng lực CNTT (theo Quyết định 41/QĐ-ĐTĐL) • Cần có các tiêu chuẩn kỹ thuật để đánh giá và công nhận các nguồn năng lượng
Chi phí ước tính và nguồn tài trợ	Chi phí sẽ phụ thuộc vào các loại dịch vụ được quyết định triển khai.
Ba rủi ro hàng đầu và biện pháp giảm thiểu	1. **Ít sự tham gia của các đơn vị** → Tăng cường tuyên truyền, đơn giản hóa quy trình đăng ký và đưa ra các ưu đãi cho những đơn vị, khách hàng tham gia sớm. 2. **Thiếu hụt dữ liệu** → Mở rộng phạm vi triển khai hệ thống AMI/SCADA và thực thi các tiêu chuẩn về độ chính xác của dữ liệu.

[279] https://www.pjm.com/-/media/DotCom/documents/manuals/m18.ashx
[280] https://aemo.com.au/-/media/files/electricity/nem/security_and_reliability/ancillary_services/guide-to-ancillary-services-in-the-national-electricity-market.pdf
[281] https://www.ferc.gov/ferc-order-no-2222-explainer-facilitating-participation-electricity-markets-distributed-energy

	3. **Chậm trễ về quy định** → Đặt ra các mốc thời gian cố định và sử dụng các cơ chế thử nghiệm khung pháp lý tạm thời.
Nhu cầu xây dựng năng lực	• Đào tạo cho Cục ĐL về tthiết kế đấu giá và quy trình thanh toán • Tổ chức các buổi hội thảo cho các công ty tổng hợp nguồn năng lượng phân tán về phương pháp đấu thầu và tích hợp • Các chuyến tham quan học tập thực tế để học hỏi kinh nghiệm về vận hành thị trường
Các hoạt động kỹ thuật hỗ trợ	• Thu thập dữ liệu thanh toán điện năng với tần suất dưới 1 giờ từ các hệ thống AMI và SCADA/EMS • Xây dựng các nền tảng tổng hợp DR • Triển khai các dự án thử nghiệm về tự động điều độ hệ thống lưu trữ và VPP • Thiết lập các giao diện phần mềm điều độ thị trường theo thời gian thực tại các trung tâm điều độ

Bảng 32. Hoạt động P-8. Thúc đẩy quan hệ đối tác công-tư và hợp tác quốc tế để đẩy nhanh quá trình chuyển đổi số

Mục	Nội dung
Tiêu đề	Thúc đẩy quan hệ đối tác công-tư và hợp tác quốc tế để đẩy nhanh quá trình chuyển đổi số
Loại hoạt động	**Chính sách**
Mô tả ngắn gọn	Thiết lập khuôn khổ chính thức cho PPP và các liên danh quốc tế. Mục tiêu là để các đơn vị này cùng nhau đầu tư, thiết kế và triển khai các dự án thí điểm lưới điện số và ứng dụng AI. Khung pháp lý này sẽ tận dụng các biên bản ghi nhớ (MOU), mô hình liên doanh và các cuộc thi đổi mới sáng tạo để giúp việc giao dịch, chia sẻ rủi ro và trao đổi kiến thức trở nên hiệu quả hơn.
Mục tiêu	• Thu hút vốn từ khu vực tư nhân, các tổ chức đa phương và song phương để thúc đẩy đổi mới lưới điện số • Giảm thiểu rủi ro cho các dự án thí điểm giai đoạn đầu thông qua các hình thức bảo lãnh chung và các công cụ tài chính hỗn hợp • Đẩy nhanh quá trình chuyển giao kiến thức thông qua các hoạt động như nghiên cứu và phát triển chung, biệt phái chuyên gia và các chương trình tăng tốc đổi mới sáng tạo trong khu vực • Xây dựng mối liên kết bền chặt hơn giữa các đơn vị đổi mới sáng tạo tại Việt Nam, các công ty công nghệ toàn cầu và các đối tác phát triển
Cơ sở pháp lý/ quy định tại Việt Nam	• Nghị quyết số 55-NQ/TW (2020) thúc đẩy đổi mới cơ chế thị trường nhằm hỗ trợ việc tích hợp NLTT và phát triển các dịch vụ mới, bao gồm các dịch vụ linh hoạt. • Luật Điện lực số 61/2024/QH15 hiện cho phép khu vực tư nhân đầu tư vào tài sản lưới điện dưới 220 kV và các mô hình PPP (BOT, nhượng quyền). • Nghị quyết số 68-NQ/TW (2025) thúc đẩy vai trò dẫn dắt của khu vực tư nhân trong quá trình chuyển đổi số và đơn giản hóa quy trình phê duyệt thông qua cấp phép điện tử.

Ví dụ thực tế	• Chương trình công tơ thông minh của Ấn Độ (EESL BOOT): Chương trình này đã triển khai 250 triệu công tơ theo mô hình PPP BOOT. Chương trình được tài trợ bằng nợ thương mại và phí thu hồi chi phí. Các dự án thí điểm đã cho thấy thời gian hoàn vốn là từ 8-10 năm[282] • Kế hoạch MAP của Nigeria: Các nhà cung cấp thiết bị đo lường được cấp phép đã tài trợ, lắp đặt và bảo trì công tơ thông minh theo biểu giá và kế hoạch trả góp đã được quy định. Hàng triệu công tơ số đã được cung cấp chỉ trong vòng chưa đầy 2 năm[283] • New Energy Nexus Việt Nam: Đây là một chương trình tăng tốc đổi mới sáng tạo theo mô hình công tư, hoạt động từ năm 2019. Chương trình đã hỗ trợ hơn 200 công ty khởi nghiệp trong lĩnh vực công nghệ sạch, đặc biệt là quản lý năng lượng và phân tích pin[284]
Lợi ích kỳ vọng	• Tăng chi phí đầu tư từ khu vực tư nhân cho các dự án thí điểm công nghệ số • Giảm thời gian đưa sản phẩm ra thị trường nhờ các cơ chế giao dịch được phối hợp chặt chẽ • Tăng khả năng mở rộng của các mô hình thí điểm thành công thông qua các cam kết đồng đầu tư • Củng cố hệ sinh thái đổi mới sáng tạo tại Việt Nam, giúp các doanh nghiệp địa phương kết nối mạnh mẽ hơn với các đối tác công nghệ toàn cầu
Thời gian dự kiến cho từng giai đoạn	Thời gian thực hiện sẽ tùy thuộc vào phương pháp tiếp cận được lựa chọn.
Đơn vị chủ trì	Bộ CT phối hợp với Bộ Tài chính
Các bên liên quan chính	EVN và các DSO; các nhà cung cấp công nghệ tư nhân; Cục ĐL; các đối tác phát triển; các trường đại học và viện nghiên cứu; các hiệp hội bảo vệ người tiêu dùng
Các điều kiện tiên quyết	• Có cơ sở pháp lý chính thức cho các mô hình PPP (theo Luật Điện lực sửa đổi) • Các hướng dẫn và tiêu chí chuẩn hóa về PPP cho các dự án cơ sở hạ tầng số • Đã thiết lập cơ sở hạ tầng số cơ bản (như AMI và SCADA) • Có các giao thức rõ ràng về quyền sở hữu trí tuệ, chia sẻ dữ liệu và chia sẻ doanh thu
Chi phí ước tính và nguồn tài trợ	Chi phí sẽ phụ thuộc vào phương pháp tiếp cận được lựa chọn.

[282] https://www.smart-energy.com/industry-sectors/smart-meters/indias-smart-meter-rollout-250-million-meters-by-2025/
[283] https://nerc.gov.ng/wp-content/uploads/2020/03/MAP FAQ Final.pdf
[284] https://www.newenergynexus.vn/

Ba rủi ro hàng đầu và biện pháp giảm thiểu	1. **Các chính sách ưu đãi thiếu sự nhất quán** → Các bên liên quan phối hợp xây dựng các chỉ số KPI rõ ràng trong các MOU. 2. **Bất ổn về mặt pháp lý** → Cần tích hợp các điều khoản cấp phép điện tử theo quy trình nhanh trong Nghị quyết 68. 3. **Sự phức tạp trong phối hợp** → Cần thành lập một ủy ban chỉ đạo chung với các nhiệm vụ cụ thể (TOR).
Nhu cầu xây dựng năng lực	• Đào tạo về cấu trúc hợp đồng PPP và các mô hình tài chính hỗn hợp • Hội thảo về các vấn đề pháp lý và thuế xuyên biên giới cho các liên danh quốc tế • Điều động chuyên gia đến các trung tâm tăng tốc đổi mới trong khu vực (ví dụ: Cơ quan Điều tiết Thị trường Năng lượng Singapore, Mạng lưới Thành phố thông minh ASEAN)
Các hoạt động kỹ thuật hỗ trợ	• Ứng dụng AI để tăng cường hoạt động dự báo phụ tải và NLTT • AMI và phân tích dữ liệu • Các chương trình DR thông qua nền tảng kỹ thuật số • Nhà máy điện ảo và tổng hợp tài nguyên năng lượng phân tán

PHỤ LỤC

Chi tiết kế hoạch về công suất phát điện và khối lượng lưới truyền tải

Bảng A1. Cơ cấu công suất phát điện tại Việt Nam đến năm 2030 và 2050

	Loại hình nguồn điện	Giai đoạn đến 2030	Giai đoạn đến 2050
1	Tổng công suất phát điện (MW)	183.291 - 236.363	774.503 - 838.681
2	Điện gió trên bờ và gần bờ (MW)	26.066 - 38.029	84.696 - 91.400
3	Điện gió ngoài khơi (MW)	6.000 - 17.032	113.503 - 139.097
4	Điện mặt trời (MW)	46.459 - 73.416	293.088 - 295.646
5	Điện sinh khối (MW)	1.523 - 2.699	4.829 - 6.960
6	Điện từ chất thải (MW)	1.441 - 2.137	1.784 - 2.137
7	Địa nhiệt và các nguồn năng lượng mới khác (MW)	~45	~464
8	Thủy điện (MW)	33.294 - 34.667	40.624
9	Năng lượng hạt nhân (MW)	4.000 - 6.400	10.500 - 14.000
10	Công suất lưu trữ năng lượng (MW)	10.000 - 16.300	95.983 - 96.120
11	Điện than (MW)	31.055	0 (không có điện than)
12	Nhiệt điện đốt sinh khối/amoniac (MW)	-	25.798
13	Nhiệt điện chạy bằng khí trong nước (MW)	10.861 - 14.930	7.900
14	Nhiệt điện khí chạy bằng hydrogen (MW)	-	7.030
15	Điện khí LNG có thu hồi và lưu trữ carbon (MW)	-	1.887 - 2.269
16	Điện khí LNG đồng đốt hydrogen (MW)	-	18.200 - 26.123
17	Điện khí LNG chạy hoàn toàn bằng hydrogen (MW)	-	8.576 - 11.325
18	Nguồn điện linh hoạt (MW)	2.000 - 3.000	21.333 - 38.641
19	Thủy điện tích năng (MW)	2.400 - 6.000	20.691 - 21.327
20	Nhập khẩu điện (MW)	9.360 - 12.100	14.688

Bảng A2. Khối lượng xây dựng lưới điện truyền tải theo giai đoạn

Giai đoạn	Hạng mục	Xây dựng mới	Nâng cấp / Cải tạo
2025–2030	Trạm biến áp 500 kV (MVA)	102.900	23.250
	Trạm biến áp 220 kV (MVA)	105.565	17.509
2031–2035	Trạm chuyển đổi HVDC (MW)	26.000 – 36.000	-
	Đường dây truyền tải HVDC (km)	3.500 – 6.600	-
	Trạm biến áp 500 kV (MVA)	73.800	36.600
	Trạm biến áp 220 kV (MVA)	44.500	34.625
2036–2050	Trạm chuyển đổi HVDC (MW)	26.000 - 36.000	-
	Đường dây truyền tải HVDC (km)	3.600 - 6.700	-
	Trạm chuyển đổi HVAC >500 kV (MVA)	24.000	-
	Đường dây truyền tải HVAC >500 kV (km)	2.500	-

Thông tin ấn phẩm

Xuất bản
Tổ chức Hợp tác Quốc tế Đức (GIZ)
Chương trình Hỗ trợ Năng lượng của GIZ

Văn phòng đăng ký
Phòng 042A, Tầng 4, Tòa nhà Coco,
14 Thụy Khuê, Q. Tây Hồ, Hà Nội, Việt Nam
T + 84 (0)24 39 41 26 05
F + 84 (0)24 39 41 26 06
office.energy@giz.de
www.giz.de/viet-nam
www.esp.org.vn

Hoàn thành
Tháng 7 năm 2025

Thiết kế, dàn trang và in ấn
Chương trình Hỗ trợ Năng lượng của GIZ

Bản quyền hình ảnh
GIZ chịu trách nhiệm về nội dung của ấn phẩm này.