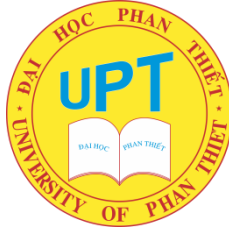


**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC PHAN THIẾT**



NGUYỄN QUANG HIỂN

**NÂNG CAO HIỆU QUẢ ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ IOT
TRONG QUẢN LÝ LƯỚI ĐIỆN THÔNG MINH TẠI
CÔNG TY ĐIỆN LỰC LÂM ĐỒNG**

**ĐỀ ÁN TỐT NGHIỆP THẠC SĨ
QUẢN TRỊ KINH DOANH**

Lâm Đồng – 2026

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC PHAN THIẾT**



NGUYỄN QUANG HIỂN

**NÂNG CAO HIỆU QUẢ ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ IOT
TRONG QUẢN LÝ LƯỚI ĐIỆN THÔNG MINH TẠI
CÔNG TY ĐIỆN LỰC LÂM ĐỒNG**

NGÀNH QUẢN TRỊ KINH DOANH

MÃ SỐ: 8340101

ĐỀ ÁN TỐT NGHIỆP THẠC SĨ

NGƯỜI HƯỚNG DẪN:

- 1. PGS.TS. ĐINH PHI HỒ**
- 2. PGS.TS. NGUYỄN TRUNG VĂN**

Lâm Đồng – 2026

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đề tài được được hoàn thành dựa trên các kết quả nghiên cứu, tự tìm hiểu, thực hiện thông qua sự trao đổi hỗ trợ và hướng dẫn khoa học của giảng viên hướng dẫn. Các số liệu thu thập và kết quả có được trong Đề án tốt nghiệp là hoàn toàn trung thực và có nguồn gốc rõ ràng.

Lâm Đồng, ngày tháng năm 2026

Người thực hiện

Nguyễn Quang Hiến

LỜI CẢM ƠN

Trong suốt quá trình nghiên cứu và thực hiện đề án tốt nghiệp với đề tài “*Nâng cao hiệu quả ứng dụng công nghệ IoT trong quản lý lưới điện thông minh tại Công ty Điện lực Lâm Đồng*”, em đã nhận được sự quan tâm, giúp đỡ và tạo điều kiện thuận lợi của nhiều tập thể và cá nhân.

Trước hết, em xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến Ban Giám hiệu Trường Đại học Phan Thiết, Phòng Quản lý Đào tạo và toàn thể quý thầy cô đã tận tâm giảng dạy, truyền đạt những kiến thức quý báu giúp em có được nền tảng lý luận và tư duy khoa học để hoàn thành đề án này.

Em xin gửi lời tri ân chân thành đến PGS.TS. Đinh Phi Hổ và PGS.TS. Nguyễn Trung Văn, những người đã dành nhiều thời gian, tâm huyết để hướng dẫn, định hướng và góp ý cho em trong suốt quá trình nghiên cứu. Những nhận xét, chỉ dẫn và sự khích lệ của thầy là nguồn động viên to lớn giúp em hoàn thiện đề tài một cách khoa học và thực tiễn hơn.

Đồng thời, em xin chân thành cảm ơn Ban Lãnh đạo và các đồng nghiệp tại Công ty Điện lực Lâm Đồng đã hỗ trợ cung cấp số liệu, chia sẻ thông tin và tạo điều kiện thuận lợi để tôi có thể tiếp cận thực tiễn, phục vụ cho quá trình nghiên cứu.

Cuối cùng, em xin gửi lời cảm ơn đến gia đình và bạn bè – những người luôn đồng hành, động viên và chia sẻ trong suốt thời gian học tập và hoàn thành đề án.

Xin trân trọng cảm ơn!

Lâm Đồng, ngày tháng năm 2026

Tác giả

Nguyễn Quang Hiến

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN.....	i
LỜI CẢM ƠN.....	ii
MỤC LỤC	iii
DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT.....	vii
DANH MỤC CÁC BẢNG.....	viii
DANH MỤC CÁC HÌNH.....	ix
PHẦN I: MỞ ĐẦU.....	1
1. Lý do chọn đề tài.....	1
2. Mục tiêu của nghiên cứu.....	1
2.1. Mục tiêu tổng quát	1
2.2. Mục tiêu cụ thể	1
3. Câu hỏi nghiên cứu	2
3.1. Câu hỏi nghiên cứu 1 (mục tiêu tổng quát).....	2
3.2. Câu hỏi nghiên cứu 2 (mục tiêu 2.2.1: Hệ thống hóa cơ sở lý thuyết)	3
3.3. Các câu hỏi nghiên cứu 3 (mục tiêu 2.2.2: Phân tích thực trạng ứng dụng IoT tại Công ty Điện lực Lâm Đồng)	3
3.4. Câu hỏi nghiên cứu 4 (mục tiêu 2.2.3: Xác định và đo lường các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả ứng dụng IoT).....	3
3.5. Câu hỏi nghiên cứu 5 (mục tiêu 2.2.4: Đánh giá mức độ hiệu quả của IoT đối với lưới điện thông minh).....	3
3.6. Câu hỏi nghiên cứu 6 (mục tiêu 2.2.5: Đề xuất hệ thống giải pháp nâng cao hiệu quả ứng dụng IoT)	3
4. Đối tượng và phạm vi của nghiên cứu	3
5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của Đề án.....	4
5.1. Ý nghĩa khoa học của Đề án	4
5.2 Ý nghĩa thực tiễn của nghiên cứu.....	4
6. Kết cấu của Đề tài	5

PHẦN II. NỘI DUNG.....	6
Chương 1: CƠ SỞ LÝ THUYẾT	6
1.1. Cơ sở lý thuyết.....	6
1.1.1. <i>Khái niệm về IoT (Internet of Things).....</i>	6
1.1.2. <i>Khái niệm về lưới điện thông minh (Smart Grid)</i>	9
1.1.3. <i>Khái niệm về các hệ thống công nghệ hỗ trợ</i>	14
1.1.4. <i>Các lý thuyết nền tảng.....</i>	18
1.1.5. <i>Các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả ứng dụng IoT.....</i>	23
1.1.6. <i>Tiêu chí đánh giá hiệu quả ứng dụng IoT</i>	24
1.1.7. <i>Khung phân tích lý thuyết và mô hình nghiên cứu đề xuất</i>	25
1.2. Lịch sử nghiên cứu (Tổng quan nghiên cứu liên quan).....	32
1.2.1. <i>Tổng quan các nghiên cứu quốc tế</i>	32
1.2.2. <i>Các nghiên cứu trong nước.....</i>	33
1.2.3. <i>Khoảng trống nghiên cứu</i>	34
1.3. Tóm tắt chương 1.....	36
Chương 2: PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU	38
2.1. Thiết kế nghiên cứu.....	38
2.1.1. <i>Phương pháp nghiên cứu định lượng</i>	38
2.1.2. <i>Lý do lựa chọn phương pháp</i>	38
2.1.3. <i>Ưu điểm và hạn chế của phương pháp</i>	39
2.2. Quy trình nghiên cứu.....	40
2.2.1. <i>Tổng quan lý thuyết và nghiên cứu trước</i>	40
2.2.2. <i>Xây dựng mô hình nghiên cứu và giả thuyết</i>	40
2.2.3. <i>Thiết kế bảng hỏi khảo sát.....</i>	43
2.2.4. <i>Thu thập dữ liệu</i>	44
2.2.5. <i>Phân tích dữ liệu.....</i>	44
2.3. Đối tượng và mẫu khảo sát.....	45
2.3.1. <i>Đối tượng khảo sát</i>	45
2.3.2. <i>Kích thước mẫu và cơ sở xác định.....</i>	46
2.3.3. <i>Tiêu chí lựa chọn đối tượng khảo sát</i>	47
2.4. Công cụ và phương pháp xử lý dữ liệu	47
2.4.1. <i>Phần mềm SPSS</i>	47

2.4.2.	<i>Các bước xử lý dữ liệu</i>	48
2.5.	Tóm tắt chương 2.....	49
Chương 3: PHÂN TÍCH KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN		52
3.1.	Mô tả mẫu khảo sát.....	52
3.2.	Kiểm tra độ tin cậy thang đo Cronbach's Alpha.....	56
3.3.	Phân tích nhân tố khám phá EFA.....	59
3.3.1.	<i>Phân tích nhân tố khám phá EFA cho các biến độc lập</i>	59
3.3.2.	<i>Phân tích nhân tố khám phá EFA cho các biến phụ thuộc</i>	61
3.4.	Kết quả hồi quy tuyến tính.....	62
3.4.1.	<i>Phân tích Hệ số tương quan - Pearson Correlation</i>	62
3.4.2.	<i>Đánh giá mức độ phù hợp của mô hình</i>	63
3.4.3.	<i>Đánh giá các hệ số hồi quy</i>	64
3.4.4.	<i>Kiểm định phân phối chuẩn phần dư</i>	67
3.5.	Thảo luận kết quả nghiên cứu.....	69
3.6.	Tóm tắt chương 3.....	72
Chương 4: KẾT LUẬN VÀ HÀM Ý QUẢN TRỊ		75
4.1.	Xác định mức độ ưu tiên các giải pháp.....	75
4.2.	Kết quả thống kê mô tả biến An toàn và bảo mật thông tin (SEC) và hàm ý quản trị	76
4.3.	Kết quả thống kê mô tả biến Năng lực nhân sự kỹ thuật (HUM) và hàm ý quản trị..	78
4.4.	Kết quả thống kê mô tả biến Hệ thống tổ chức và quy trình (ORG) và hàm ý quản trị	80
4.5.	Kết quả thống kê mô tả biến Công nghệ (TEC) và hàm ý quản trị	82
4.6.	Hạn chế và hướng nghiên cứu tiếp theo.....	84
4.7.	Tóm tắt chương 4.....	85
Chương 5: KẾ HOẠCH THỰC HIỆN		87
5.1.	Cơ sở xây dựng kế hoạch.....	87
5.2.	Kế hoạch cải thiện theo từng nhóm yếu tố	87

5.2.1.	<i>Cải thiện về An toàn & bảo mật thông tin (Ưu tiên số 1)</i>	87
5.2.2.	<i>Cải thiện về Năng lực nhân sự kỹ thuật (Ưu tiên số 2)</i>	88
5.2.3.	<i>Cải thiện hệ thống tổ chức và quy trình (Ưu tiên số 3)</i>	88
5.2.4.	<i>Cải thiện về Công nghệ (Ưu tiên số 4)</i>	89
5.3.	Lộ trình triển khai kế hoạch	89
5.3.1.	<i>Giai đoạn 2025 – 2026 (Ngắn hạn)</i>	89
5.3.2.	<i>Giai đoạn 2026 – 2028 (Trung hạn)</i>	89
5.3.3.	<i>Giai đoạn 2028 – 2030 (Dài hạn)</i>	89
5.4.	Điều kiện bảo đảm thực hiện	90
5.5.	Kết luận chương 5	90
5.6.	Tóm tắt chương 5	90
PHẦN III: KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ		92
TÀI LIỆU THAM KHẢO		94
PHỤ LỤC		97
Phụ lục: Bảng câu hỏi khảo sát		97

DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

Tên viết tắt	Tên đầy đủ
EVN	Tập đoàn Điện lực Việt Nam
EVNSPC	Tổng Công ty Điện lực miền Nam
PCLĐ	Công ty Điện lực Lâm Đồng
IoT	Internet of things (Internet vạn vật)
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition (Giám sát điều khiển và thu thập dữ liệu)
EMS	Energy Management System (Hệ thống Quản lý Năng lượng)
DMS	Distribution Management System (Hệ thống quản lý phân phối điện)
OMS	Outage Management System (Hệ thống quản lý thông tin về tình trạng mất điện)
DRM	Demand Response Management (Quản lý phụ tải thông minh)
SAIDI	System Average Interruption Duration Index (Thời gian mất điện trung bình của lưới điện)
SAIFI	System Average Interruption Frequency Index (Tần suất mất điện trung bình của lưới điện)
AMI/AMR	Automatic Meter Reading/Advanced Metering Infrastructure (Đọc dữ liệu tự động/Hạ tầng đo đếm tiên tiến)
DR	Demand Response (Chương trình quản lý nhu cầu điện)

DANH MỤC CÁC BẢNG

Bảng 1.1: Ánh xạ từ lý thuyết nền tảng sang các yếu tố ảnh hưởng.....	26
Bảng 1.2: Định nghĩa vận hành các biến và thang đo.....	31
Bảng 1.3: Tổng hợp nghiên cứu liên quan và khoảng trống nghiên cứu.....	34
Bảng 2.1: Ưu điểm và hạn chế phương pháp định lượng	39
Bảng 2.2: Phân loại đối tượng khảo sát	46
Bảng 2.3: Quy trình phân tích dữ liệu.....	48
Bảng 3.1: Mô tả mẫu khảo sát.....	51
Bảng 3.2: Bảng kết quả kiểm định độ tin cậy Cronbach's Alpha cho biến FIN.....	56
Bảng 3.3: Bảng kết quả kiểm định độ tin cậy Cronbach's Alpha cho các biến độc lập và phụ thuộc	57
Bảng 3.4: Hệ số KMO và kiểm định Bartlett các biến độc lập.....	59
Bảng 3.5: Ma trận xoay	59
Bảng 3.6: KMO và Kiểm định Bartlett's	60
Bảng 3.7: Giải thích tổng phương sai	60
Bảng 3.8: Hệ số tương quan.....	62
Bảng 3.9: Tóm tắt mô hình	63
Bảng 3.10: ANOVAa	64
Bảng 3.11: Hệ số beta	64
Bảng 4.1: Tóm tắt về mức độ ảnh hưởng của các biến độc lập	75
Bảng 4.2: Kết quả thống kê mô tả biến an toàn và bảo mật.....	76
Bảng 4.3: Kết quả thống kê mô tả biến năng lực nhân sự kỹ thuật	78
Bảng 4.4: Kết quả thống kê mô tả biến hệ thống tổ chức và quy trình.....	80
Bảng 4.5: Kết quả thống kê mô tả biến công nghệ	80

DANH MỤC CÁC HÌNH

Hình 1.1: Internet vạn vật (Internet of Things - IoT).....	6
Hình 1.2: Mô hình khái niệm lưới điện thông minh	12
Hình 1.3: Hệ thống SCADA	15
Hình 1.4: Hệ thống AMI/AMR.....	16
Hình 1.5: Hệ thống đáp ứng nhu cầu phụ tải (DR)	17
Hình 1.6: Hệ thống EMS.....	18
Hình 1.7: Mô hình nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả ứng dụng IoT ..	27
Hình 3.1: Giới tính	53
Hình 3.2: Tuổi	54
Hình 3.3: Trình độ học vấn	55
Hình 3.4: Tần số phân dư chuẩn hóa Histogram.....	67
Hình 3.5: Phân dư chuẩn hóa Normal P-P Plot.....	68
Hình 3.6: Scatter Plot kiểm tra giả định liên hệ tuyến tính.....	69

PHẦN I: MỞ ĐẦU

1. Lý do chọn đề tài

Trong bối cảnh Cách mạng công nghiệp 4.0 đang diễn ra mạnh mẽ, việc ứng dụng công nghệ Internet of Things (IoT) trở thành một xu hướng tất yếu trong quản lý, vận hành và giám sát hệ thống điện năng. Đối với ngành điện, IoT đóng vai trò trung tâm trong việc hình thành lưới điện thông minh (Smart Grid) – hệ thống cho phép kết nối, thu thập, phân tích dữ liệu theo thời gian thực, từ đó nâng cao hiệu quả quản trị, giảm thiểu tổn thất điện năng và đảm bảo an toàn vận hành.

Tại Công ty Điện lực Lâm Đồng, việc triển khai các ứng dụng IoT đã được chú trọng trong những năm gần đây, thông qua hệ thống đo đếm tự động (AMR), giám sát thiết bị từ xa (SCADA), quản lý dữ liệu khách hàng, và cảnh báo sự cố theo thời gian thực. Tuy nhiên, hiệu quả ứng dụng vẫn còn hạn chế do nguồn nhân lực, hạ tầng truyền dẫn, tính liên kết giữa các nền tảng dữ liệu, và khả năng khai thác thông tin còn chưa đồng bộ.

Do đó, việc nghiên cứu “Nâng cao hiệu quả ứng dụng công nghệ IoT vào quản lý lưới điện thông minh tại Công ty Điện lực Lâm Đồng” là cần thiết, vừa mang ý nghĩa lý luận về chuyển đổi số trong ngành năng lượng, vừa có giá trị thực tiễn nhằm hỗ trợ công ty tối ưu hóa công tác quản lý vận hành lưới điện.

2. Mục tiêu của nghiên cứu

2.1. Mục tiêu tổng quát

Mục tiêu tổng quát của nghiên cứu là phân tích và đánh giá thực trạng ứng dụng công nghệ Internet vạn vật (IoT) trong quản lý và vận hành lưới điện thông minh tại Công ty Điện lực Lâm Đồng, từ đó đề xuất các giải pháp quản trị nhằm nâng cao hiệu quả khai thác các hệ thống công nghệ số hiện có. Trên cơ sở đó, nghiên cứu hướng tới việc xây dựng mô hình quản lý lưới điện hiện đại, linh hoạt và phù hợp với tiến trình chuyển đổi số của Tập đoàn Điện lực Việt Nam.

2.2. Mục tiêu cụ thể

Dựa trên mục tiêu tổng quát, nghiên cứu cụ thể hướng đến các mục tiêu cụ thể sau:

2.2.1. Hệ thống hóa cơ sở lý thuyết

Mục tiêu hệ thống hóa các khái niệm, nội hàm và cơ sở lý thuyết liên quan đến công nghệ IoT, lưới điện thông minh và các hệ thống công nghệ hỗ trợ (SCADA, AMI, OMS, GIS), đồng thời làm rõ các lý thuyết nền tảng phục vụ phân tích hiệu quả ứng dụng IoT trong quản lý lưới điện.

2.2.2. Phân tích thực trạng ứng dụng IoT tại Công ty Điện lực Lâm Đồng

Với mục tiêu phân tích thực trạng hiện nay ứng dụng IoT tại Công ty Điện lực Lâm Đồng trên các phương diện công nghệ, nhân lực, tổ chức, tài chính và bảo mật. Từ đó, có thể đánh giá mức độ hiệu quả hiện tại của việc ứng dụng IoT tại đơn vị.

2.2.3. Xác định và đo lường các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả ứng dụng IoT

Mục tiêu của phần này là xây dựng mô hình nghiên cứu và kiểm định mức độ tác động của các nhóm yếu tố gồm mức độ sẵn sàng công nghệ, năng lực nhân sự kỹ thuật, hệ thống tổ chức và quy trình, nguồn lực tài chính và an toàn – bảo mật thông tin đến hiệu quả ứng dụng IoT trong quản lý lưới điện thông minh.

2.2.4. Đánh giá mức độ hiệu quả của IoT đối với lưới điện thông minh

Nhằm đánh giá hiệu quả ứng dụng IoT thông qua các nhóm tiêu chí về hiệu quả kỹ thuật, hiệu quả vận hành, hiệu quả kinh tế và hiệu quả dịch vụ khách hàng; Do đó, nghiên cứu cần giải đáp được các câu hỏi sau:

2.2.5 Đề xuất hệ thống giải pháp nâng cao hiệu quả ứng dụng IoT

Trên cơ sở kết quả phân tích lý thuyết và thực nghiệm, mục tiêu của phần này là đề xuất hệ thống giải pháp quản trị nhằm nâng cao hiệu quả ứng dụng IoT tại Công ty Điện lực Lâm Đồng.

3. Câu hỏi nghiên cứu

Nhằm đạt được mục tiêu tổng quát và các mục tiêu cụ thể đã đề ra, nghiên cứu cần tập trung trả lời, giải quyết những câu hỏi sau:

3.1. Câu hỏi nghiên cứu 1 (mục tiêu tổng quát)

Việc ứng dụng công nghệ IoT trong quản lý và vận hành lưới điện thông minh tại Công ty Điện lực Lâm Đồng hiện nay đạt hiệu quả ở mức độ nào và cần triển khai

những giải pháp quản trị gì để tiếp tục nâng cao hiệu quả ứng dụng IoT trong bối cảnh chuyển đổi số ngành điện?

3.2. Câu hỏi nghiên cứu 2 (mục tiêu 2.2.1: Hệ thống hóa cơ sở lý thuyết)

Những lý thuyết cơ bản và khung lý thuyết nào phù hợp để phân tích hiệu quả ứng dụng IoT trong ngành điện lực?

3.3. Các câu hỏi nghiên cứu 3 (mục tiêu 2.2.2: Phân tích thực trạng ứng dụng IoT tại Công ty Điện lực Lâm Đồng)

Công ty Điện lực Lâm Đồng hiện đang ứng dụng IoT trong những khâu nào của quá trình quản lý vận hành lưới điện và mức độ ứng dụng ra sao?

3.4. Câu hỏi nghiên cứu 4 (mục tiêu 2.2.3: Xác định và đo lường các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả ứng dụng IoT)

Những yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả ứng dụng IoT trong quản lý vận hành lưới điện thông minh tại Công ty Điện lực Lâm Đồng và mức độ tác động như thế nào?

3.5. Câu hỏi nghiên cứu 5 (mục tiêu 2.2.4: Đánh giá mức độ hiệu quả của IoT đối với lưới điện thông minh)

Ứng dụng IoT ảnh hưởng như thế nào đến hiệu quả vận hành, chi phí, độ tin cậy và tổn thất điện năng?

3.6. Câu hỏi nghiên cứu 6 (mục tiêu 2.2.5: Đề xuất hệ thống giải pháp nâng cao hiệu quả ứng dụng IoT)

Trên cơ sở kết quả phân tích lý thuyết và thực nghiệm, cần triển khai những giải pháp quản trị nào để nâng cao hiệu quả ứng dụng IoT tại Công ty Điện lực Lâm Đồng?

4. Đối tượng và phạm vi của nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu: Việc ứng dụng và quản lý công nghệ IoT trong vận hành lưới điện thông minh.

Phạm vi không gian: Công ty Điện lực Lâm Đồng.

Phạm vi thời gian: Tham chiếu các dữ liệu công tác quản lý vận hành trong giai đoạn 2022-2025.

Phạm vi nội dung: Tập trung vào các khía cạnh kỹ thuật, quản trị dữ liệu, nguồn nhân lực và hiệu quả vận hành thông qua ứng dụng IoT.

5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của Đề án

5.1. Ý nghĩa khoa học của Đề án

Đề án góp phần hệ thống hóa và làm rõ các cơ sở lý thuyết liên quan đến công nghệ Internet vạn vật (IoT), lưới điện thông minh (Smart Grid) và các lý thuyết nền tảng về chấp nhận công nghệ, sự sẵn sàng công nghệ, quản lý thay đổi và năng lực tổ chức. Thông qua việc tích hợp các lý thuyết như TAM, Technology Readiness, Change Management và Organizational Capability, đề án xây dựng được một khung phân tích tổng hợp để lý giải hiệu quả ứng dụng IoT trong quản lý lưới điện thông minh.

Ngoài ra, đề án đề xuất và kiểm định mô hình nghiên cứu gồm các yếu tố: mức độ sẵn sàng công nghệ, năng lực nhân sự kỹ thuật, hệ thống tổ chức và quy trình, nguồn lực tài chính và an toàn – bảo mật thông tin đối với hiệu quả ứng dụng IoT. Kết quả nghiên cứu góp phần bổ sung bằng chứng thực nghiệm cho các nghiên cứu trước trong lĩnh vực chuyển đổi số và ứng dụng công nghệ trong ngành điện, đặc biệt trong bối cảnh các doanh nghiệp điện lực tại Việt Nam.

Về phương pháp, việc sử dụng các kỹ thuật định lượng như Cronbach's Alpha, phân tích nhân tố khám phá (EFA) và hồi quy tuyến tính đa biến giúp làm phong phú thêm các nghiên cứu ứng dụng trong lĩnh vực quản trị công nghệ và quản trị vận hành, góp phần khẳng định tính phù hợp của các phương pháp này khi nghiên cứu hiệu quả ứng dụng IoT trong lưới điện thông minh.

5.2 Ý nghĩa thực tiễn của nghiên cứu

Về mặt thực tiễn, đề án cung cấp bức tranh tổng thể về thực trạng ứng dụng công nghệ IoT trong quản lý và vận hành lưới điện thông minh tại Công ty Điện lực Lâm Đồng, bao gồm các khía cạnh về công nghệ, nhân lực, tổ chức, tài chính và bảo mật thông tin. Kết quả nghiên cứu giúp đơn vị nhận diện rõ những điểm mạnh, hạn chế và các yếu tố then chốt ảnh hưởng đến hiệu quả ứng dụng IoT.

Trên cơ sở các kết quả phân tích định lượng, đề án xác định mức độ tác động và thứ tự ưu tiên của từng yếu tố ảnh hưởng, từ đó đề xuất hệ thống giải pháp quản trị cụ thể nhằm nâng cao hiệu quả ứng dụng IoT trong quản lý lưới điện thông minh. Các giải pháp này có thể hỗ trợ Công ty Điện lực Lâm Đồng trong việc giảm thời gian mất điện, giảm tổn thất điện năng, nâng cao độ tin cậy cung cấp điện và cải thiện chất lượng dịch vụ khách hàng.

Bên cạnh đó, kết quả và khuyến nghị của đề án có thể được tham khảo cho các đơn vị điện lực khác trong Tổng công ty Điện lực miền Nam và Tập đoàn Điện lực Việt Nam trong quá trình triển khai chuyển đổi số, đầu tư lưới điện thông minh và ứng dụng công nghệ IoT, góp phần nâng cao hiệu quả quản lý, vận hành và phát triển bền vững ngành điện trong giai đoạn tới.

6. Kết cấu của Đề tài

Kết cấu gồm 3 phần và 5 chương, cụ thể như sau:

- Phần I: Phần mở đầu.
- Phần II: Nội dung:
 - Chương 1: Cơ sở lý thuyết.
 - Chương 2: Phương pháp nghiên cứu.
 - Chương 3: Phân tích kết quả và thảo luận
 - Chương 4: Kết luận và hàm ý quản trị.
 - Chương 5: Kế hoạch thực hiện.
- Phần III: Kết luận và kiến nghị.

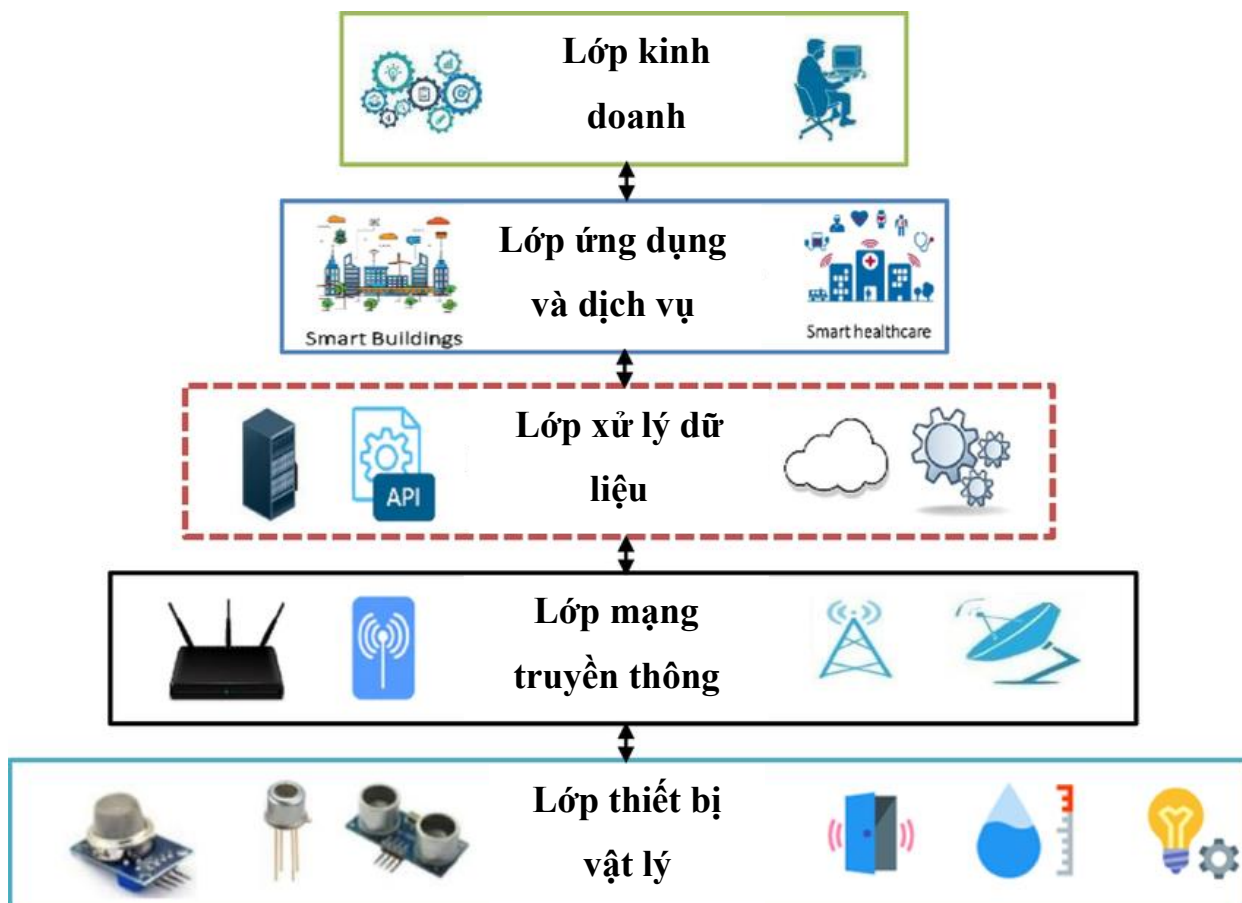
PHẦN II. NỘI DUNG

Chương 1: CƠ SỞ LÝ THUYẾT

1.1. Cơ sở lý thuyết

1.1.1. Khái niệm về IoT (Internet of Things)

1.1.1.1. Định nghĩa IoT



Hình 1.1: Internet vạn vật (Internet of Things - IoT) (Nguồn: Tác giả tự thiết kế)

Internet of Things (IoT) hay Internet Vạn Vật đại diện cho cuộc cách mạng công nghệ kết nối các thiết bị vật lý với không gian số. Theo Davis (1989) thì IoT là hệ sinh thái gồm các thiết bị vật lý được nhúng công nghệ cảm biến, phần mềm và khả năng kết nối mạng cho phép chúng thu thập, trao đổi và xử lý dữ liệu mà không cần sự can thiệp trực tiếp của con người.

Sethi và Sarangi (2017) mở rộng khái niệm này bằng cách chỉ ra rằng IoT là một mạng lưới phức tạp tích hợp nhiều lớp công nghệ từ phần cứng cảm biến, giao

thức truyền thông, nền tảng điện toán đám mây đến các ứng dụng phân tích dữ liệu và trí tuệ nhân tạo. Trong bối cảnh lưới điện thông minh thì Burhan và cộng sự (2018) định nghĩa IoT như tập hợp các cảm biến, thiết bị đo đếm thông minh và hệ thống điều khiển được kết nối liền mạch tạo ra môi trường có khả năng tự giám sát, tự phân tích và tự tối ưu hóa hoạt động.

Điểm chung xuyên suốt trong các định nghĩa về IoT là sự nhấn mạnh vào tính tự động, kết nối liên tục và khả năng biến dữ liệu thô thành thông tin có giá trị để hỗ trợ ra quyết định. Đây chính là những đặc tính then chốt giúp IoT trở thành công cụ mạnh mẽ trong việc hiện đại hóa các hệ thống cơ sở hạ tầng, đặc biệt là lưới điện thông minh.

1.1.1.2. Đặc điểm và kiến trúc cơ bản của IoT

Đặc điểm cốt lõi: Theo Domínguez-Bolaño và cộng sự (2022) thì IoT có năm đặc điểm chính. Thứ nhất là khả năng kết nối đa dạng qua nhiều giao thức như Wi-Fi, Bluetooth, LoRaWAN, Zigbee và 4G/5G. Thứ hai là khả năng cảm nhận và thu thập dữ liệu liên tục theo thời gian thực. Thứ ba là xử lý dữ liệu tại chỗ (edge computing) hoặc trên đám mây. Thứ tư là tương tác và điều khiển từ xa cho phép can thiệp dựa trên phân tích dữ liệu. Thứ năm là tính mở rộng (scalability) và linh hoạt (flexibility) cho phép hệ thống phát triển dần mà không cần thay đổi kiến trúc cơ bản.

Kiến trúc phân lớp: Theo Sethi và Sarangi (2017) thì kiến trúc IoT được mô hình hóa thành năm lớp chính. Lớp cảm biến và thiết bị (Perception Layer) bao gồm sensors, meters, RFID tags và actuators tiếp xúc trực tiếp với môi trường vật lý. Lớp mạng và truyền thông (Network Layer) đóng vai trò cầu nối thực hiện mã hóa, xác thực, định tuyến và tiền xử lý dữ liệu. Lớp xử lý và lưu trữ (Data Processing Layer) sử dụng Big Data, machine learning để biến dữ liệu thô thành thông tin có giá trị. Lớp ứng dụng và dịch vụ (Application Layer) cung cấp giao diện cho người dùng cuối. Lớp kinh doanh (Business Layer) biến thông tin kỹ thuật thành quyết định kinh doanh và chiến lược phát triển.

Công nghệ nền tảng của IoT

Hệ sinh thái IoT được xây dựng trên nền tảng của nhiều công nghệ hội tụ, mỗi công nghệ đóng vai trò thiết yếu trong việc biến tầm nhìn về thế giới kết nối thành hiện thực.

Công nghệ cảm biến (Sensors Technology) là nền tảng đầu tiên. Burhan và cộng sự (2018) chỉ ra rằng sự phát triển của công nghệ MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) đã cho phép sản xuất cảm biến với kích thước nhỏ, tiêu thụ năng lượng thấp và chi phí giảm đáng kể. Trong lưới điện thông minh, các cảm biến như current transformers (CTs), potential transformers (PTs), cảm biến nhiệt độ và cảm biến rung động đóng vai trò then chốt trong việc theo dõi sức khỏe của thiết bị điện.

Công nghệ kết nối không dây là yếu tố thứ hai. Theo phân tích của Domínguez-Bolaño và cộng sự (2022), không có một công nghệ kết nối duy nhất phù hợp cho mọi tình huống IoT. Wi-Fi phù hợp cho truyền dữ liệu lớn trong phạm vi ngắn; Bluetooth Low Energy (BLE) tối ưu cho các thiết bị tiêu thụ ít năng lượng; LoRaWAN và Sigfox phù hợp cho truyền dữ liệu khoảng cách xa với băng thông thấp; còn các công nghệ di động như LTE-M và NB-IoT cung cấp độ phủ sóng rộng với độ tin cậy cao. Sự đa dạng này cho phép thiết kế hệ thống IoT tối ưu cho từng trường hợp cụ thể.

Điện toán đám mây (Cloud Computing) cung cấp khả năng lưu trữ và xử lý khối lượng dữ liệu khổng lồ từ hàng triệu thiết bị IoT. Sethi và Sarangi (2017) lưu ý rằng cloud computing không chỉ giải quyết vấn đề về cơ sở hạ tầng mà còn cung cấp các dịch vụ phân tích, machine learning as a service (MLaaS) và các API giúp tăng tốc độ phát triển ứng dụng IoT. Tuy nhiên, xu hướng gần đây là sự kết hợp giữa cloud computing và edge computing để cân bằng giữa khả năng xử lý mạnh mẽ với yêu cầu về độ trễ thấp.

Big Data và công nghệ phân tích dữ liệu biến dữ liệu IoT thành tài sản có giá trị. Verma và cộng sự (2021) chỉ ra rằng dữ liệu từ IoT thường có đặc điểm 4V: Volume (khối lượng lớn), Velocity (tốc độ sinh ra nhanh), Variety (đa dạng về định dạng) và Veracity (độ tin cậy khác nhau). Các công cụ như Hadoop, Spark, và các

nền tảng time-series database như InfluxDB được thiết kế đặc biệt để xử lý loại dữ liệu này.

Trí tuệ nhân tạo và Machine Learning là lớp công nghệ cao nhất, biến hệ thống IoT từ reactive (phản ứng) sang proactive (chủ động). Burhan và cộng sự (2018) nhấn mạnh rằng machine learning cho phép hệ thống học từ dữ liệu lịch sử để dự đoán xu hướng, phát hiện bất thường và tối ưu hóa hoạt động tự động. Trong quản lý lưới điện, AI có thể dự báo phụ tải, phát hiện sớm dấu hiệu hư hỏng thiết bị, và tối ưu hóa lịch trình bảo trì.

Sự hội tụ của các công nghệ này tạo ra một hệ sinh thái IoT mạnh mẽ, linh hoạt và ngày càng thông minh, đặt nền móng cho các ứng dụng chuyển đổi trong nhiều lĩnh vực, đặc biệt là trong quản lý lưới điện thông minh.

1.1.2. Khái niệm về lưới điện thông minh (Smart Grid)

1.1.2.1. Định nghĩa lưới điện thông minh

Theo định nghĩa của Tổ chức Năng lượng Quốc tế (IEA), lưới điện thông minh là một hệ thống điện tích hợp công nghệ thông tin và truyền thông tiên tiến (ICT) vào tất cả các khâu từ phát điện, truyền tải, phân phối đến tiêu thụ điện, nhằm tạo ra một mạng lưới điện thông minh, hiệu quả, đáng tin cậy và bền vững. Định nghĩa này nhấn mạnh tính toàn diện và sự tích hợp công nghệ như yếu tố cốt lõi.

Paul và cộng sự (2014), trong nghiên cứu được IEEE công bố, mở rộng định nghĩa bằng cách chỉ ra rằng Smart Grid không chỉ là việc "số hóa" lưới điện truyền thống mà là sự chuyển đổi căn bản sang mô hình hai chiều (two-way): cả dòng năng lượng và dòng thông tin đều có thể lưu chuyển theo cả hai hướng giữa nhà máy điện và người tiêu dùng. Đây là khác biệt căn bản so với lưới điện truyền thống vốn chỉ hoạt động theo chiều từ trên xuống (top-down). Nghiên cứu của Paul và cộng sự (2014) đã được trích dẫn 123 lần, khẳng định tầm quan trọng của góc nhìn này.

Trong bối cảnh Việt Nam, Quyết định số 749/QĐ-TTg về chuyển đổi số ngành điện (2020) định nghĩa lưới điện thông minh là hệ thống lưới điện được số hóa và tự động hóa toàn bộ khâu vận hành, giám sát và quản lý, có khả năng tự phục hồi khi xảy ra sự cố, tối ưu hóa việc vận hành và khai thác các nguồn năng lượng tái tạo.

Định nghĩa này phản ánh định hướng chính sách quốc gia, nhấn mạnh yêu cầu về tự động hóa và khả năng tích hợp năng lượng tái tạo.

Điểm chung xuyên suốt trong các định nghĩa là sự nhấn mạnh vào ba yếu tố: (1) tích hợp công nghệ thông tin và truyền thông, (2) tính hai chiều trong cả năng lượng và thông tin, và (3) mục tiêu tối ưu hóa hiệu quả, độ tin cậy và tính bền vững. Smart Grid không phải là một công nghệ đơn lẻ mà là sự kết hợp hài hòa của nhiều công nghệ và giải pháp nhằm hiện đại hóa toàn bộ hệ thống điện lực.

1.1.2.2. Đặc điểm của lưới điện thông minh

Lưới điện thông minh có năm đặc điểm cơ bản tạo nên sự khác biệt chất lượng so với lưới điện truyền thống.

Khả năng tự phục hồi (Self-healing) là đặc điểm nổi bật đầu tiên và quan trọng nhất. Paul và cộng sự (2014) giải thích rằng một lưới điện thông minh có khả năng tự động phát hiện, cô lập và khắc phục sự cố mà không cần hoặc giảm thiểu sự can thiệp của con người. Hệ thống tự động hóa phân phối tiên tiến (Advanced Distribution Automation - ADA) cho phép lưới điện tự định tuyến lại dòng điện khi phát hiện sự cố, ngắt mạch tự động các đoạn bị lỗi và nhanh chóng khôi phục cung cấp điện cho các khu vực không bị ảnh hưởng. Khả năng này giảm đáng kể thời gian mất điện trung bình (SAIDI - System Average Interruption Duration Index) từ 20% đến 50% và số lần mất điện (SAIFI - System Average Interruption Frequency Index). Ví dụ, khi có sự cố trên một nhánh lưới điện thì thay vì phải chờ nhân viên đến hiện trường kiểm tra và xử lý (có thể mất vài giờ), hệ thống Smart Grid có thể tự động cô lập đoạn bị lỗi và chuyển nguồn cung cấp từ hướng khác trong vòng vài phút.

Khả năng tương tác hai chiều (Two-way communication) là đặc điểm thứ hai tạo nên bước đột phá công nghệ. Khác với lưới điện truyền thống chỉ truyền điện một chiều từ nhà máy đến người dùng, Smart Grid cho phép cả năng lượng và thông tin lưu chuyển theo cả hai hướng. Người tiêu dùng không chỉ là những người thụ động nhận điện mà có thể trở thành "prosumers" (producer + consumer) vừa sản xuất vừa tiêu thụ điện khi lắp đặt hệ thống năng lượng mặt trời mái nhà hoặc các nguồn phát điện phân tán khác. Giao tiếp hai chiều cũng cho phép các công ty điện lực

thu thập dữ liệu tiêu thụ thời gian thực từ hàng triệu công tơ, gửi thông báo về giá điện động đến khách hàng và điều chỉnh phụ tải từ xa khi cần thiết.

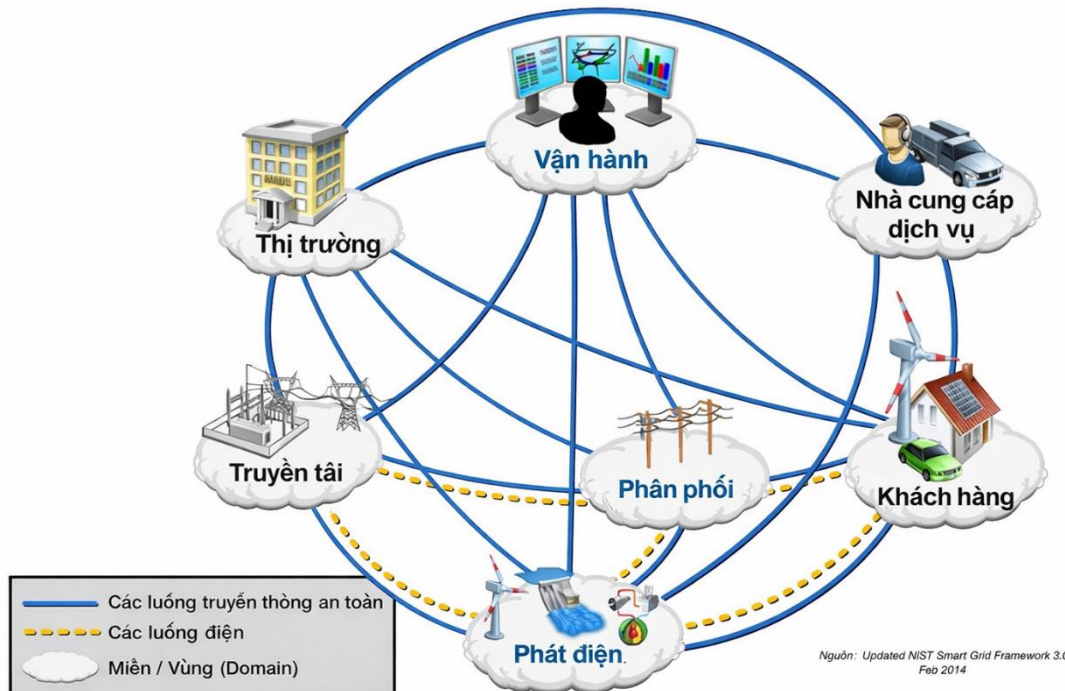
Tích hợp năng lượng tái tạo là đặc điểm thứ ba phản ánh xu hướng toàn cầu hướng tới năng lượng sạch. Cakir và cộng sự (2022) nhấn mạnh rằng lưới điện truyền thống được thiết kế cho các nguồn điện tập trung có thể điều khiển, trong khi năng lượng tái tạo như gió và mặt trời mang tính gián đoạn và không ổn định. Smart Grid với các công nghệ dự báo thời tiết tiên tiến, hệ thống lưu trữ năng lượng (battery storage) và quản lý phụ tải linh hoạt (demand response) có khả năng hấp thụ và cân bằng nguồn năng lượng tái tạo biến động này để đảm bảo tính ổn định cho toàn hệ thống.

Quản lý phụ tải thông minh (Demand Response Management) là đặc điểm thứ tư. Smart Grid cho phép các chương trình quản lý nhu cầu tinh vi trong đó các công ty điện lực có thể khuyến khích hoặc tự động điều chỉnh tiêu thụ điện của khách hàng trong giờ cao điểm thông qua cơ chế giá linh hoạt hoặc điều khiển trực tiếp thiết bị. Khả năng này giúp giảm chi phí đầu tư nhà máy điện đỉnh, tối ưu hóa sử dụng cơ sở hạ tầng hiện có và giảm phát thải carbon.

Tối ưu hóa tài sản và vận hành là đặc điểm thứ năm. Smart Grid sử dụng dữ liệu thời gian thực và phân tích tiên đoán để chuyển từ mô hình bảo trì định kỳ sang bảo trì dự phòng. Bằng cách giám sát liên tục các thông số vận hành của máy biến áp, đường dây và các thiết bị khác, hệ thống có thể dự báo thời điểm thiết bị có nguy cơ hỏng hóc và lên lịch bảo trì kịp thời.

1.1.2.3. Mô hình lưới điện thông minh

Mô hình Khái niệm



Hình 1.2: Mô hình khái niệm lưới điện thông minh (Nguồn: Tác giả tự thiết kế)

Mô hình lưới điện thông minh được thiết kế theo kiến trúc đa lớp với sáu tầng chính tương tác chặt chẽ. Theo World Bank (2016), mỗi tầng đóng vai trò quan trọng và bổ trợ cho nhau để tạo thành một hệ sinh thái hoàn chỉnh.

Tầng phát điện và nguồn năng lượng bao gồm cả nguồn điện truyền thống (nhiệt điện, thủy điện, khí đốt, hạt nhân) và nguồn năng lượng tái tạo (mặt trời, gió, sinh khối). Cakir và cộng sự (2022) nhấn mạnh sự hiện diện của các nguồn phát điện phân tán (Distributed Generation - DG) được lắp đặt gần người tiêu dùng như hệ thống điện mặt trời mái nhà hay tua-bin gió quy mô nhỏ. Các nguồn DG này không chỉ cung cấp điện mà còn có thể lưu trữ năng lượng thông qua hệ thống pin, đồng thời cần được tích hợp với hệ thống dự báo thời tiết và công cụ quản lý năng lượng.

Tầng truyền tải điện vận chuyển điện năng từ nhà máy đến các trạm biến áp phân phối thông qua đường dây điện áp cao (110kV-500kV). Trong Smart Grid, tầng này được trang bị cảm biến giám sát nhiệt độ đường dây và thiết bị đo phasor (PMU) có khả năng đo điện áp và dòng điện theo thời gian thực với tần suất 30-60 lần mỗi

giây. Paul và cộng sự (2014) chỉ ra rằng dữ liệu từ PMU cho phép phát hiện sớm các dao động nhỏ và ngăn chặn sự cố mất điện diện rộng (blackout).

Tầng phân phối điện là tầng tập trung nhiều công nghệ IoT nhất. Energy.gov (2016) mô tả tầng này bao gồm công tơ thông minh (smart meters), thiết bị tự động hóa phân phối (Distribution Automation - DA), cảm biến chất lượng điện và thiết bị bảo vệ tự động. Tầng này có khả năng tự cô lập sự cố và tự động khôi phục cung cấp điện trong vài phút.

Tầng người tiêu dùng không còn thụ động mà trở thành "prosumers" có thể vừa sản xuất vừa tiêu thụ điện. Tầng này cũng bao gồm các thiết bị thông minh trong nhà (smart appliances) có thể nhận tín hiệu giá điện và tự động điều chỉnh hoạt động để tối ưu chi phí.

Tầng quản lý và điều khiển là "bộ não" của Smart Grid bao gồm SCADA (giám sát và điều khiển), EMS (quản lý năng lượng), DMS (quản lý phân phối), OMS (quản lý sự cố) và nền tảng phân tích Big Data. World Bank (2016) nhấn mạnh tầng này cần xử lý hàng triệu điểm dữ liệu mỗi giây và đưa ra quyết định thời gian thực.

Tầng truyền thông xuyên suốt các tầng khác. Domínguez-Bolaño và cộng sự (2022) lưu ý cần kết hợp nhiều công nghệ: cáp quang cho truyền tải, PLC hoặc RF mesh cho phân phối và công nghệ không dây 4G/5G cho kết nối cuối cùng.

1.1.2.4. Lợi ích của lưới điện thông minh

Smart Grid mang lại năm nhóm lợi ích thiết thực và có thể định lượng cho công ty điện lực, người tiêu dùng và xã hội.

Nâng cao độ tin cậy cung cấp điện là lợi ích quan trọng nhất. Paul và cộng sự (2014) chứng minh Smart Grid giảm thời gian mất điện trung bình (SAIDI) từ 20-50% nhờ khả năng tự phát hiện và tự khắc phục sự cố. Khi sự cố xảy ra, hệ thống tự động cô lập phần bị lỗi và nhanh chóng định tuyến lại nguồn điện. Điều này đặc biệt quan trọng với khách hàng công nghiệp, bệnh viện, trung tâm dữ liệu vì mỗi phút mất điện có thể gây thiệt hại hàng nghìn đến hàng chục nghìn đô la.

Giảm tổn thất điện năng là lợi ích kinh tế trực tiếp. World Bank (2016) chỉ ra tổn thất điện năng trên lưới điện Việt Nam khoảng 6-7%. Smart Grid giảm tổn thất

thông qua ba cơ chế: tối ưu hóa điện áp và dòng tải dựa trên phân tích thời gian thực; phát hiện sớm các điểm tiêu hao năng lượng bất thường; và giảm trộm cắp điện thông qua hệ thống đo đếm từ xa. Nghiên cứu cho thấy Smart Grid có thể giảm tổn thất kỹ thuật từ 1-3% tổng sản lượng điện, tương đương tiết kiệm hàng trăm triệu kWh và hàng nghìn tỷ đồng mỗi năm.

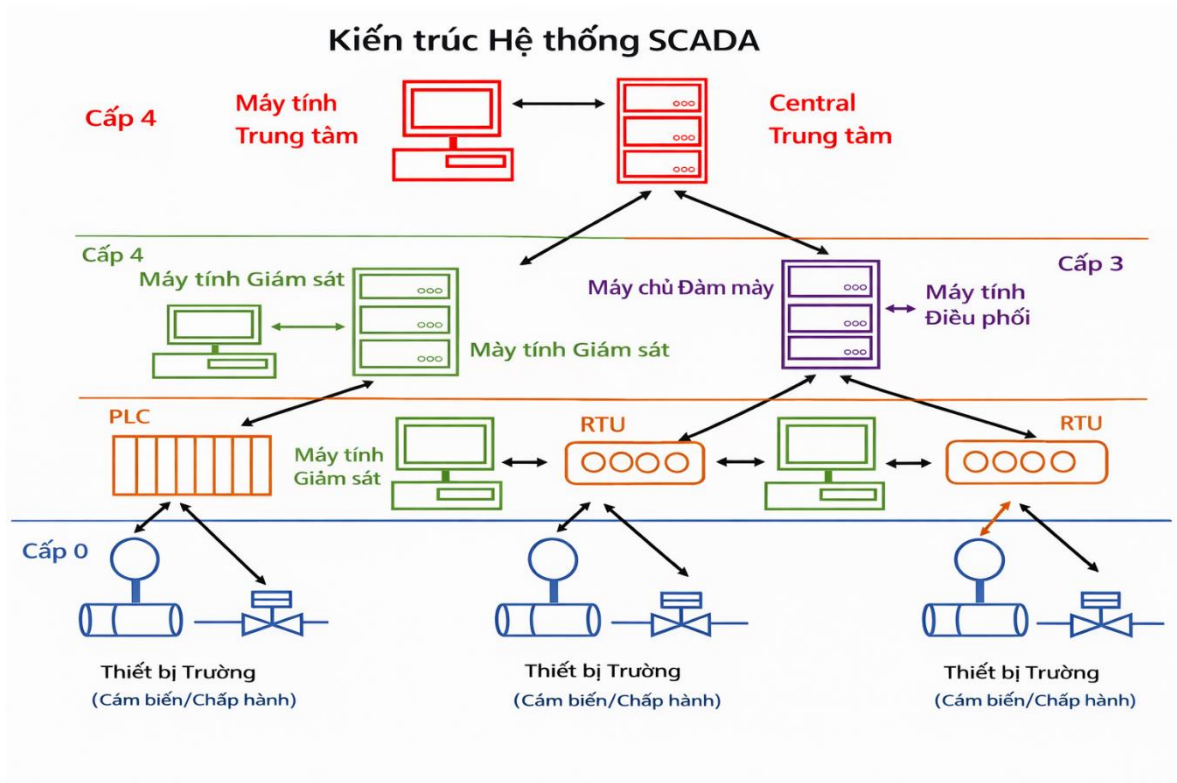
Tối ưu hóa chi phí vận hành đến từ nhiều nguồn. Energy.gov (2016) chỉ ra việc chuyển từ đọc công tơ thủ công sang tự động tiết kiệm chi phí nhân công đáng kể. Khả năng dự báo và phát hiện sớm hư hỏng cho phép chuyển từ bảo trì định kỳ sang bảo trì dự phòng, giảm chi phí bảo trì 10-30% đồng thời kéo dài tuổi thọ tài sản. Tối ưu hóa huy động nguồn điện dựa trên dự báo phụ tải chính xác cũng giảm chi phí nhiên liệu và tăng hiệu suất vận hành.

Hỗ trợ năng lượng tái tạo là lợi ích chiến lược trong bối cảnh biến đổi khí hậu. Cakir và cộng sự (2022) nhấn mạnh Smart Grid với khả năng dự báo thời tiết, lưu trữ năng lượng và quản lý phụ tải linh hoạt có thể hấp thụ tỷ lệ cao năng lượng tái tạo biến động mà vẫn duy trì ổn định. Điều này giúp giảm phát thải khí nhà kính và giảm phụ thuộc nhiên liệu hóa thạch. Đức và Đan Mạch đã đạt tỷ lệ điện tái tạo trên 40-50% nhờ đầu tư Smart Grid.

Cải thiện dịch vụ khách hàng thông qua nhiều cách. Công tơ thông minh cho phép theo dõi tiêu thụ thời gian thực qua ứng dụng di động. Chương trình giá điện linh hoạt khuyến khích dịch chuyển phụ tải từ giờ cao điểm sang giờ thấp điểm. Hệ thống cảnh báo tiêu thụ bất thường giúp phát hiện rò rỉ điện hoặc thiết bị hỏng sớm. Thanh toán điện tử tự động mang lại sự thuận tiện và chính xác hơn.

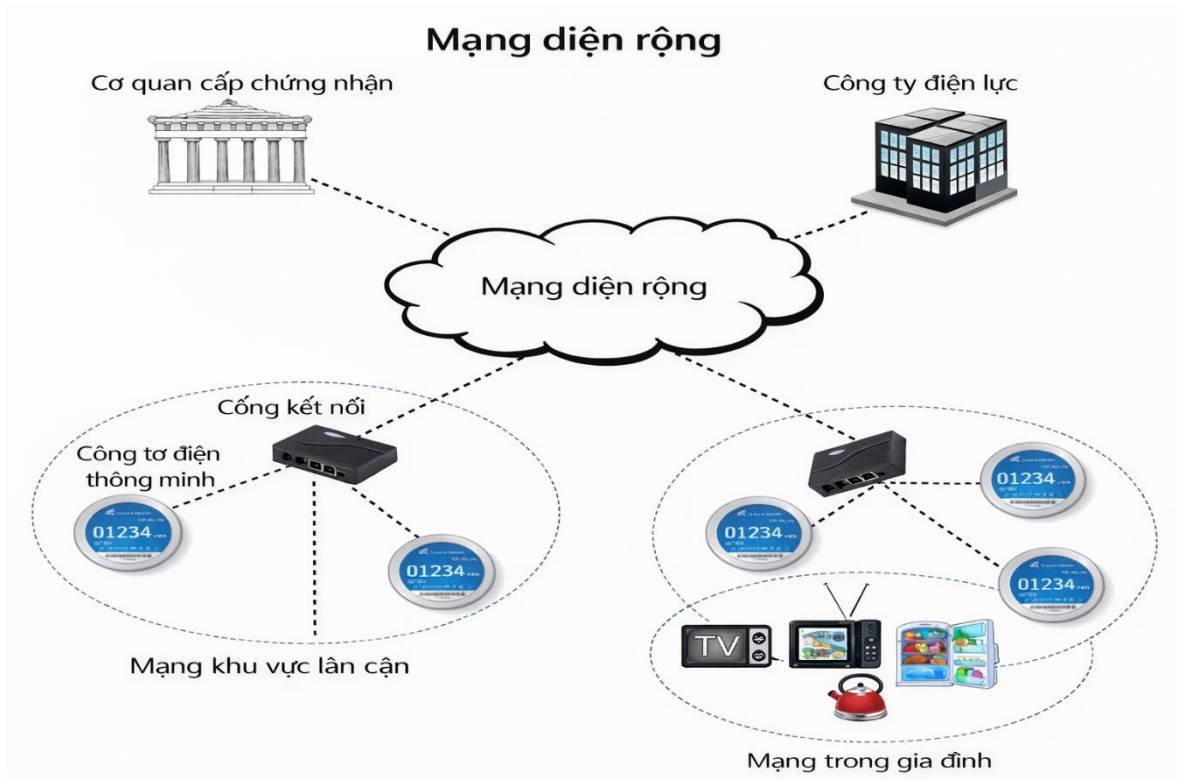
1.1.3. Khái niệm về các hệ thống công nghệ hỗ trợ

IoT trong Smart Grid được hiện thực hóa thông qua nhiều hệ thống ứng dụng cụ thể có chức năng riêng nhưng tương tác chặt chẽ.



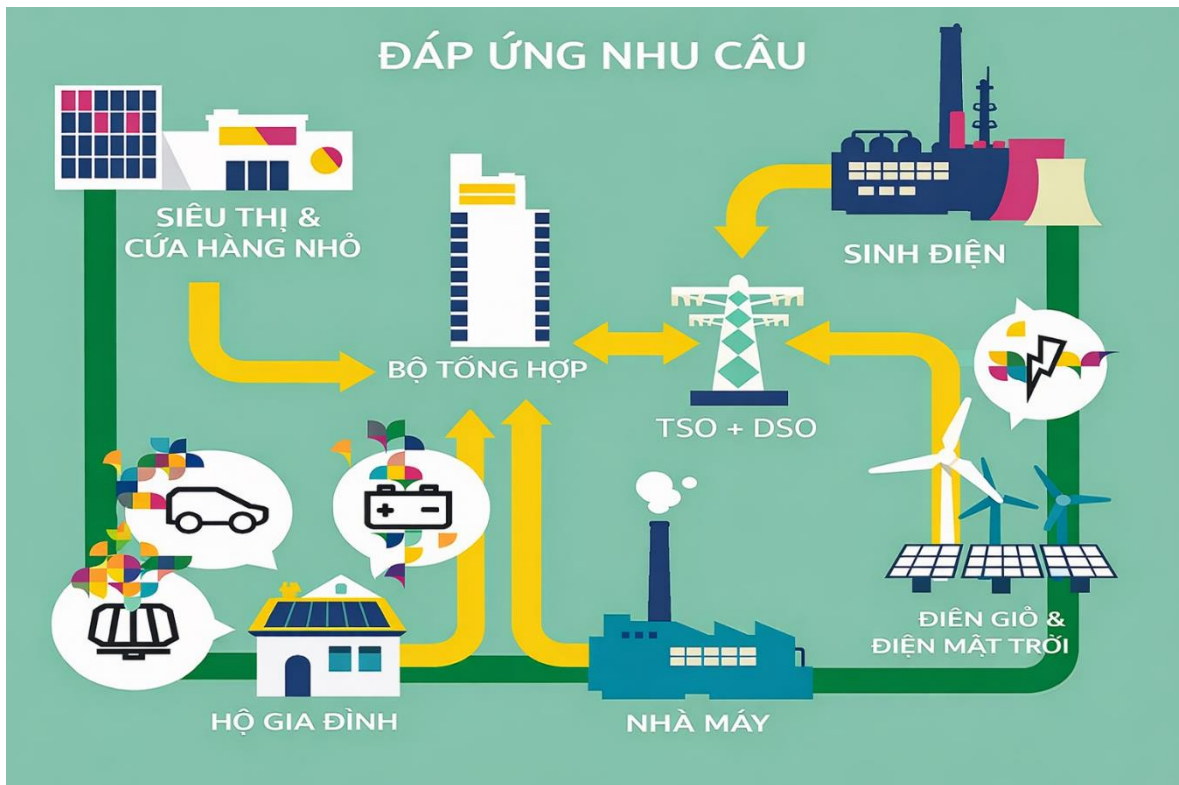
Hình 1.3: Hệ thống SCADA (Nguồn: Tác giả tự thiết kế)

Hệ thống SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) là một trong những hệ thống quan trọng nhất. Theo Quyết định 41/QĐ-ĐTĐL (2020), SCADA là hệ thống thu thập dữ liệu, giám sát, điều khiển và quản lý năng lượng phục vụ vận hành hệ thống điện. Chức năng chính bao gồm giám sát thời gian thực các thông số như điện áp, dòng điện, tần số, công suất; điều khiển từ xa các thiết bị đóng cắt; báo động khi thông số vượt ngưỡng; và lưu trữ dữ liệu lịch sử. EVN Hà Nội (2024) mô tả cấu trúc ba cấp độ: cấp trường (cảm biến và actuators), cấp điều khiển (RTU/PLC) và cấp giám sát (máy chủ và HMI). Paul và cộng sự (2014) chỉ ra SCADA đang được nâng cấp với thiết bị thông minh hơn, giao thức mở IEC 61850 và khả năng phân tích Big Data.



Hình 1.4: Hệ thống AMI/AMR (Nguồn: Tác giả tự thiết kế)

Hệ thống AMI/AMR đại diện cho sự tiên hóa của công nghệ đo đếm. Energy.gov (2016) phân biệt AMR (Automatic Meter Reading) chỉ thu thập dữ liệu một chiều và AMI (Advanced Metering Infrastructure) cho phép giao tiếp hai chiều theo thời gian thực. EVN (2023) mô tả AMI gồm bốn thành phần: công tơ thông minh, hệ thống truyền thông, phần mềm MDM (Meter Data Management) và ứng dụng khách hàng. Lợi ích chính là tiết kiệm chi phí nhân công đọc công tơ, phát hiện trộm cắp điện thông qua phân tích dữ liệu, cải thiện quản lý sự cố vì biết ngay khu vực mất điện và hỗ trợ các chương trình quản lý nhu cầu với dữ liệu chi tiết theo từng giờ.



Hình 1.5: Hệ thống đáp ứng nhu cầu phụ tải (DR) (Nguồn: Tác giả tự thiết kế)

Hệ thống DR (Demand Response) là chương trình quản lý nhu cầu điện. EVN (2022) định nghĩa DR khuyến khích khách hàng điều chỉnh tiêu thụ khi nhận tín hiệu giá điện hoặc yêu cầu. Có hai loại: DR dựa trên giá (price-based) và DR dựa trên khuyến khích (incentive-based). World Bank (2016) chỉ ra DR giúp giảm nhu cầu điện đỉnh từ 5-15% mà không cần xây nhà máy mới, tiết kiệm chi phí đầu tư lớn.



Hình 1.6: Hệ thống EMS (Nguồn: Tác giả tự thiết kế)

Hệ thống EMS (Energy Management System) tích hợp với SCADA để tối ưu hóa huy động nguồn. Theo Quyết định 41/QĐ-ĐTĐL (2020), EMS thực hiện dự báo phụ tải, lập kế hoạch huy động nguồn tối ưu (unit commitment), phân bổ phụ tải kinh tế (economic dispatch) và phân tích dòng công suất. Paul và cộng sự (2014) nhấn mạnh EMS nhận dữ liệu thời gian thực từ SCADA để tính toán và gửi lệnh điều khiển ngược lại.

Các hệ thống bổ sung gồm Appmeter theo dõi vận hành lưới điện trung thế thời gian thực; PMIS quản lý cơ sở dữ liệu thiết bị kỹ thuật kết nối với GIS; và DCS điều khiển hệ thống phát điện kết hợp nhiều nguồn như diesel và điện gió.

Mối quan hệ tích hợp giữa các hệ thống là then chốt. Sethi và Sarangi (2017) chỉ ra sức mạnh Smart Grid nằm ở tích hợp liền mạch. SCADA chia sẻ dữ liệu với EMS, AMI cải thiện dự báo phụ tải, PMIS cung cấp thông tin giới hạn thiết bị. Burhan và cộng sự (2018) khẳng định tích hợp tạo hiệu ứng cộng hưởng - toàn bộ hệ thống thông minh hơn nhiều so với tổng các phần riêng lẻ.

1.1.4. Các lý thuyết nền tảng

Để xây dựng mô hình nghiên cứu vững chắc về các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả ứng dụng IoT trong lưới điện thông minh thì việc nắm vững các lý thuyết nền tảng đã được kiểm chứng trong lĩnh vực chấp nhận và áp dụng công nghệ là điều cần thiết. Các lý thuyết này không chỉ cung cấp khung phân tích mà còn giúp giải thích các mối quan hệ nhân quả giữa các biến trong mô hình nghiên cứu.

1.1.4.1. Lý thuyết TAM (Technology Acceptance Model)

Lý thuyết chấp nhận công nghệ (Technology Acceptance Model - TAM) do Davis (1989) đề xuất là một trong những lý thuyết quan trọng nhất để giải thích và dự đoán hành vi sử dụng công nghệ của con người. TAM được xây dựng dựa trên lý thuyết hành động hợp lý (Theory of Reasoned Action - TRA) nhưng được điều chỉnh để phù hợp với bối cảnh công nghệ thông tin.

Hai yếu tố cốt lõi của TAM là nhận thức về tính hữu ích (Perceived Usefulness - PU) và nhận thức về tính dễ sử dụng (Perceived Ease of Use - PEOU). Nhận thức về tính hữu ích được định nghĩa là mức độ mà một người tin rằng việc sử dụng một hệ thống cụ thể sẽ nâng cao hiệu suất công việc của họ. Nhận thức về tính dễ sử dụng được định nghĩa là mức độ mà một người tin rằng việc sử dụng một hệ thống cụ thể sẽ không đòi hỏi nhiều nỗ lực. Davis (1989) đã chứng minh thông qua nhiều nghiên cứu thực nghiệm rằng hai yếu tố này có ảnh hưởng mạnh mẽ đến thái độ của người dùng đối với công nghệ, từ đó ảnh hưởng đến ý định sử dụng và cuối cùng là hành vi sử dụng thực tế.

Phát triển của TAM: Venkatesh và Davis (2000) đã mở rộng mô hình gốc thành TAM2 bằng cách bổ sung thêm các yếu tố ảnh hưởng xã hội (subjective norm - ảnh hưởng của người khác đối với quyết định sử dụng công nghệ) và các quá trình nhận thức bổ sung như tính phù hợp với công việc (job relevance), chất lượng đầu ra (output quality) và khả năng chứng minh kết quả (result demonstrability). Tiếp theo đó, Venkatesh và Bala (2008) đã phát triển TAM3 với sự bổ sung các yếu tố điều tiết và can thiệp cụ thể để tăng cường việc chấp nhận công nghệ.

Ứng dụng trong bối cảnh IoT và Smart Grid: Trong bối cảnh triển khai công nghệ IoT cho lưới điện thông minh, TAM gợi ý rằng sự thành công phụ thuộc rất lớn

vào việc làm cho nhân viên nhận thấy tính hữu ích rõ ràng của các hệ thống mới. Điều này có thể đạt được thông qua việc chứng minh cụ thể các lợi ích như giảm thời gian xử lý sự cố, tăng độ chính xác trong vận hành hoặc giảm khối lượng công việc thủ công. Đồng thời, công nghệ cần được thiết kế sao cho dễ dàng sử dụng thông qua giao diện người dùng thân thiện, trực quan và cung cấp đào tạo đầy đủ. Iyengar và cộng sự (2003) chỉ ra rằng trải nghiệm sử dụng ban đầu có ảnh hưởng lâu dài đến việc chấp nhận công nghệ, do đó việc hỗ trợ tích cực trong giai đoạn đầu triển khai là rất quan trọng. Ngoài ra, việc truyền thông hiệu quả về lợi ích của hệ thống và tạo ra các câu chuyện thành công (success stories) từ những người dùng tiên phong cũng giúp tăng cường sự chấp nhận công nghệ trong tổ chức.

1.1.4.2. Lý thuyết *Technology Readiness*

Lý thuyết về sự sẵn sàng công nghệ (*Technology Readiness*) do Parasuraman (2000) đề xuất tập trung vào xu hướng tâm lý của con người hoặc tổ chức trong việc tiếp nhận và sử dụng các công nghệ mới để đạt được mục tiêu trong công việc và cuộc sống. Khác với TAM tập trung vào việc đánh giá một công nghệ cụ thể, *Technology Readiness* xem xét đặc điểm tâm lý tổng quát của người dùng hoặc tổ chức.

Mô hình *Technology Readiness Index* (TRI) xác định bốn chiều tâm lý ảnh hưởng đến sự sẵn sàng công nghệ. Hai chiều tích cực gồm lạc quan (optimism - niềm tin rằng công nghệ mang lại sự kiểm soát, linh hoạt và hiệu quả tăng cao) và đổi mới (innovativeness - xu hướng trở thành người tiên phong trong thử nghiệm công nghệ mới). Hai chiều tiêu cực gồm khó chịu (discomfort - cảm giác bị công nghệ kiểm soát và choáng ngợp) và không an toàn (insecurity - sự hoài nghi về khả năng hoạt động đúng của công nghệ và lo ngại về hậu quả tiêu cực). Parasuraman (2000) chỉ ra rằng mỗi cá nhân hoặc tổ chức có một tổ hợp khác nhau của bốn chiều này, tạo nên mức độ sẵn sàng công nghệ khác nhau.

Mở rộng sang cấp độ tổ chức: Trong bối cảnh tổ chức, khái niệm *Technology Readiness* được mở rộng để bao gồm cả sự sẵn sàng về mặt kỹ thuật và con người. Snyder-Halpern (2001) trong nghiên cứu về triển khai hệ thống thông tin lâm sàng đã

phát triển mô hình đánh giá sự sẵn sàng tổ chức (organizational readiness) bao gồm ba nhóm yếu tố chính. Thứ nhất là sự sẵn sàng về hạ tầng kỹ thuật (technological readiness) bao gồm phần cứng, phần mềm, mạng truyền thông và khả năng tương thích với các hệ thống hiện có. Thứ hai là sự sẵn sàng về con người (people readiness) bao gồm trình độ chuyên môn, kỹ năng công nghệ thông tin, thái độ đối với thay đổi và văn hóa học hỏi. Thứ ba là sự sẵn sàng về tổ chức (organizational readiness) bao gồm cam kết của lãnh đạo, nguồn lực tài chính, cấu trúc tổ chức phù hợp và quy trình rõ ràng.

1.1.4.3. Lý thuyết quản lý thay đổi

Lý thuyết quản lý thay đổi (Change Management Theory) cung cấp khuôn khổ để hiểu và quản lý quá trình chuyển đổi từ trạng thái hiện tại sang trạng thái mong muốn trong tổ chức. Việc triển khai công nghệ IoT trong lưới điện thông minh không chỉ là thay đổi công nghệ mà là một sự chuyển đổi toàn diện về quy trình, vai trò và văn hóa làm việc.

Mô hình ba giai đoạn của Lewin: Kurt Lewin (1947) đề xuất mô hình quản lý thay đổi cổ điển gồm ba giai đoạn. Giai đoạn "làm tan băng" (unfreezing) là việc tạo động lực cho thay đổi bằng cách làm cho mọi người nhận thức được sự cần thiết phải thay đổi và sẵn sàng từ bỏ cách làm cũ. Giai đoạn "thay đổi" (changing) là việc triển khai các thay đổi cụ thể về công nghệ, quy trình và hành vi. Giai đoạn "đóng băng" (refreezing) là việc củng cố và thể chế hóa các thay đổi mới để chúng trở thành phần thường xuyên của hoạt động tổ chức.

Mô hình tám bước của Kotter: Kotter (1996) đã phát triển mô hình chi tiết hơn với tám bước quản lý thay đổi dựa trên nghiên cứu hơn 100 tổ chức. Các bước bao gồm tạo cảm giác cấp bách, xây dựng liên minh hướng dẫn mạnh mẽ, phát triển tầm nhìn và chiến lược, truyền đạt tầm nhìn thay đổi, trao quyền cho hành động rộng rãi, tạo ra chiến thắng ngắn hạn, củng cố thành quả và tạo thêm thay đổi, và cuối cùng là neo giữ các cách tiếp cận mới trong văn hóa. Kotter nhấn mạnh rằng nhiều dự án chuyển đổi thất bại không phải do công nghệ không tốt mà do không tuân thủ các

bước này, đặc biệt là việc không tạo được cảm giác cấp bách và không có cam kết mạnh mẽ từ lãnh đạo cấp cao.

Mô hình ADKAR của Prosci: Hiatt (2006) đề xuất mô hình ADKAR tập trung vào cá nhân với năm yếu tố cần thiết cho thay đổi thành công. Awareness (nhận thức) về sự cần thiết phải thay đổi; Desire (mong muốn) tham gia và hỗ trợ thay đổi; Knowledge (kiến thức) về cách thay đổi; Ability (khả năng) thực hiện các kỹ năng và hành vi mới; và Reinforcement (củng cố) để duy trì thay đổi. Mô hình này đặc biệt hữu ích trong việc chẩn đoán tại sao một số cá nhân hoặc nhóm kháng cự thay đổi và thiết kế các can thiệp phù hợp.

1.1.4.4. Lý thuyết năng lực tổ chức (Organizational Capability Theory)

Lý thuyết năng lực tổ chức tập trung vào việc xác định và phát triển các nguồn lực và năng lực nội tại của tổ chức như là nền tảng cho lợi thế cạnh tranh bền vững. Trong bối cảnh ứng dụng công nghệ IoT, lý thuyết này giúp giải thích tại sao một số tổ chức thành công trong khi những tổ chức khác thất bại mặc dù đầu tư vào cùng một công nghệ.

Quan điểm dựa trên nguồn lực (Resource-Based View - RBV): Barney (1991) và Wernerfelt (1984) đề xuất rằng lợi thế cạnh tranh bền vững đến từ việc sở hữu và khai thác các nguồn lực có bốn đặc điểm: có giá trị (valuable - giúp tổ chức khai thác cơ hội hoặc vô hiệu hóa mối đe dọa), hiếm (rare - không nhiều đối thủ sở hữu), khó bắt chước (imperfectly imitable - đối thủ khó sao chép) và không thể thay thế (non-substitutable - không có nguồn lực thay thế tương đương). Nguồn lực không chỉ là tài sản hữu hình như thiết bị hay công nghệ mà còn bao gồm tài sản vô hình như kiến thức, kỹ năng, quy trình và văn hóa tổ chức.

Năng lực động (Dynamic Capabilities): Teece và cộng sự (1997) và Teece (2007) đã mở rộng RBV bằng khái niệm "năng lực động" - khả năng của tổ chức trong việc tích hợp, xây dựng và tái cấu hình các năng lực nội và ngoại để đáp ứng với môi trường thay đổi nhanh chóng. Năng lực động bao gồm ba loại năng lực cốt lõi: khả năng cảm nhận và định hình cơ hội cũng như mối đe dọa (sensing), khả năng nắm bắt cơ hội (seizing) và khả năng duy trì khả năng cạnh tranh thông qua tăng

cường, kết hợp, bảo vệ và tái cấu hình tài sản vô hình và hữu hình của doanh nghiệp (reconfiguring). Trong bối cảnh công nghệ thay đổi nhanh như IoT, năng lực động đặc biệt quan trọng vì cho phép tổ chức không ngừng học hỏi, thích ứng và đổi mới.

IT Capability: Ross và cộng sự (1996) và Bharadwaj (2000) đã nghiên cứu cụ thể về năng lực công nghệ thông tin (IT capability) như một nguồn lực chiến lược. Họ định nghĩa IT capability là sự kết hợp hài hòa của ba loại nguồn lực: nguồn lực công nghệ (hạ tầng IT vật lý và kỹ thuật), nguồn lực con người (kỹ năng kỹ thuật và quản lý của đội ngũ IT) và nguồn lực quan hệ (khả năng phối hợp giữa bộ phận IT và các bộ phận kinh doanh khác). Bharadwaj (2000) chứng minh rằng IT capability là một nguồn lực dựa trên tri thức, khó bắt chước vì nó được nhúng sâu trong quy trình làm việc và văn hóa tổ chức, do đó có thể tạo ra lợi thế cạnh tranh bền vững.

1.1.5. Các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả ứng dụng IoT

Dựa trên các lý thuyết nền tảng đã trình bày và tổng hợp từ các nghiên cứu thực nghiệm về ứng dụng IoT trong Smart Grid thì có thể xác định năm nhóm yếu tố chính ảnh hưởng đến hiệu quả ứng dụng IoT trong quản lý lưới điện thông minh. Việc hiểu rõ các yếu tố này không chỉ có ý nghĩa lý thuyết mà còn cung cấp cơ sở để xây dựng mô hình nghiên cứu và đề xuất giải pháp thực tiễn.

1.1.5.1. Yếu tố Mức độ sẵn sàng công nghệ (TEC)

Burhan và cộng sự (2018, tr. 25-28) chỉ ra rằng yếu tố công nghệ bao gồm năm khía cạnh chính. Hạ tầng công nghệ cần đảm bảo chất lượng từ cảm biến, hệ thống truyền thông đến máy chủ và lưu trữ dữ liệu. Khả năng tương thích giữa các hệ thống từ nhiều nhà cung cấp thông qua các chuẩn mở như IEC 61850, DNP3. Độ tin cậy và ổn định là yêu cầu tối quan trọng trong ngành điện lực với cơ chế dự phòng và tự phục hồi. Khả năng mở rộng cho phép tăng từ hàng nghìn lên hàng triệu thiết bị mà vẫn duy trì hiệu năng. Bảo mật cần được thiết kế với nhiều lớp từ mã hóa, xác thực đến kiểm soát truy cập và phát hiện xâm nhập.

1.1.5.2. Yếu tố Năng lực nhân sự kỹ thuật (HUM)

Davis (1989, tr. 320) chứng minh rằng năng lực và thái độ người dùng quyết định hiệu quả công nghệ. Yếu tố nhân lực bao gồm trình độ chuyên môn về kỹ thuật

điện, công nghệ thông tin và phân tích dữ liệu. Kỹ năng thực hành sử dụng SCADA, EMS, lập trình và xử lý sự cố. Thái độ đối với công nghệ cần được quản lý qua truyền thông và hỗ trợ. Khả năng học hỏi liên tục để thích ứng với công nghệ thay đổi nhanh. Kinh nghiệm thực tế giúp thích ứng nhanh hơn với hệ thống mới.

1.1.5.3. Yếu tố Hệ thống tổ chức và quy trình (ORG)

Teece (2007, tr. 516) lập luận rằng năng lực tổ chức tổng thể quyết định khả năng ứng dụng công nghệ. Yếu tố tổ chức bao gồm cấu trúc tổ chức phù hợp với vai trò trách nhiệm rõ ràng. Quy trình làm việc được tối ưu hóa và chuẩn hóa trước khi tự động hóa. Phối hợp liên phòng ban giữa kỹ thuật, IT và vận hành. Văn hóa tổ chức cởi mở với đổi mới và chấp nhận thay đổi. Cam kết lãnh đạo thể hiện qua hành động cụ thể. Cơ chế đánh giá gắn với sử dụng IoT và khuyến khích kết quả tốt.

1.1.5.4. Yếu tố Nguồn lực tài chính (FIN)

World Bank (2016, trang ix-x, Bảng 2) chỉ ra rằng yếu tố tài chính bao gồm ngân sách đầu tư ban đầu chiếm 20-40% giá trị tài sản lưới điện. Chi phí vận hành thường xuyên cho bảo trì, giấy phép và nhân sự. Hiệu quả kinh tế và ROI thông qua tiết kiệm vận hành, giảm tổn thất và giảm thời gian mất điện với ROI từ 2:1 đến 3:1 trong 10-15 năm. Cơ chế tài chính sáng tạo như vay ưu đãi, PPP hoặc cơ chế giá điện đặc biệt. Quản lý rủi ro thông qua đa dạng hóa nhà cung cấp, công nghệ mở và triển khai theo giai đoạn.

1.1.5.5. Yếu tố An toàn và bảo mật thông tin (SEC)

Arastoo và cộng sự (2024, tr. 12-15) cảnh báo rằng bảo mật là thách thức lớn nhất của IoT trong lưới điện. Mối đe dọa bao gồm tấn công DDoS, chèn dữ liệu sai, thay đổi lệnh điều khiển và đánh cắp thông tin. Điểm yếu thiết bị như mật khẩu yếu, không cập nhật firmware, không mã hóa và thiếu xác thực mạnh. Giải pháp đa lớp cần áp dụng ở cấp độ thiết bị, mạng, ứng dụng và tổ chức. Công nghệ mới như blockchain, machine learning và lý thuyết trò chơi đang được nghiên cứu. Tuân thủ tiêu chuẩn ISO/IEC 27001, NIST Framework và NERC CIP là yêu cầu quan trọng.

1.1.6. Tiêu chí đánh giá hiệu quả ứng dụng IoT

Hiệu quả ứng dụng IoT được đánh giá thông qua bốn nhóm tiêu chí chính dựa trên khung đánh giá của Paul và cộng sự (2014) và World Bank (2016).

Hiệu quả kỹ thuật phản ánh khả năng cải thiện các chỉ tiêu kỹ thuật của lưới điện bao gồm độ tin cậy cung cấp điện (giảm SAIDI và SAIFI), giảm tổn thất điện năng trên lưới và cải thiện chất lượng điện năng (ổn định điện áp và tần số). Paul và cộng sự (2014) chỉ ra Smart Grid có thể giảm SAIDI từ 20-50% và World Bank (2016) cho thấy khả năng giảm tổn thất điện 1-3%.

Hiệu quả vận hành thể hiện qua việc rút ngắn thời gian phát hiện và xử lý sự cố, tăng độ chính xác trong dự báo phụ tải điện, cải thiện hiệu quả bảo trì thiết bị thông qua chuyển từ bảo trì định kỳ sang bảo trì dự phòng và tối ưu hóa quy trình làm việc.

Hiệu quả kinh tế được đo lường qua tiết kiệm chi phí vận hành (nhân công, nhiên liệu, bảo trì), tối ưu hóa đầu tư tài sản (sử dụng hiệu quả thiết bị hiện có và lập kế hoạch đầu tư mới khoa học hơn) và tăng năng suất lao động. Energy.gov (2016) ước tính Smart Grid có thể giảm chi phí vận hành 10-30%.

Hiệu quả dịch vụ phản ánh sự cải thiện trong chất lượng phục vụ khách hàng bao gồm tăng mức độ hài lòng của khách hàng, cải thiện độ chính xác hóa đơn điện, cung cấp thông tin minh bạch về tiêu thụ điện và rút ngắn thời gian giải quyết khiếu nại.

Bốn nhóm tiêu chí này sẽ được vận hành hóa thành các câu hỏi cụ thể trong bảng hỏi khảo sát (chi tiết ở Chương 2) để đo lường biến phụ thuộc "Hiệu quả ứng dụng IoT" (EFF) trong mô hình nghiên cứu.

1.1.7. Khung phân tích lý thuyết và mô hình nghiên cứu đề xuất

1.1.7.1. Tổng hợp mối liên hệ giữa các lý thuyết nền tảng và yếu tố ảnh hưởng

Dựa trên bốn lý thuyết nền tảng đã trình bày ở mục 1.1.4 (TAM, Technology Readiness, Change Management, Organizational Capability) và tổng hợp các nghiên cứu thực nghiệm trước đây về triển khai công nghệ trong tổ chức, nghiên cứu này xây

dựng một khung phân tích tổng hợp để giải thích hiệu quả ứng dụng IoT trong lưới điện thông minh.

Mối liên hệ giữa các lý thuyết nền tảng và các yếu tố ảnh hưởng được thể hiện trong Bảng 1.1:

Bảng 1.1: Ảnh xạ từ lý thuyết nền tảng sang các yếu tố ảnh hưởng

Lý thuyết nền tảng	Khái niệm chính	Biến tương ứng	Giải thích mối liên hệ
Technology Readiness (Parasuraman 2000)	Sự sẵn sàng về hạ tầng công nghệ	TEC	Parasuraman (2000) chỉ ra rằng chất lượng hạ tầng công nghệ là điều kiện tiên quyết cho việc chấp nhận và sử dụng hiệu quả công nghệ mới. Burhan và cộng sự (2018) khẳng định điều này trong bối cảnh Smart Grid.
TAM (Davis 1989) + Technology Readiness	Nhận thức về tính dễ sử dụng và sự sẵn sàng của người dùng	HUM	Davis (1989) nhấn mạnh rằng nhận thức về tính dễ sử dụng (PEOU) phụ thuộc lớn vào năng lực của người dùng. Iyengar và cộng sự (2003) bổ sung rằng trải nghiệm ban đầu của người dùng có ảnh hưởng lâu dài.
Organizational Capability (Teece 2007) + Change Management (Kotter 1996)	Năng lực tổ chức động và quản lý thay đổi	ORG	Teece (2007) chỉ ra năng lực tổ chức là yếu tố quyết định khả năng khai thác công nghệ. Kotter (1996) nhấn mạnh vai trò của cấu trúc tổ chức và quy trình trong việc quản lý thay đổi thành công.
Resource-Based View (Barney 1991)	Nguồn lực chiến lược	FIN	Barney (1991) xem nguồn lực tài chính là một trong những nguồn lực cốt lõi. World Bank (2016) xác nhận tài chính là rào cản lớn trong triển

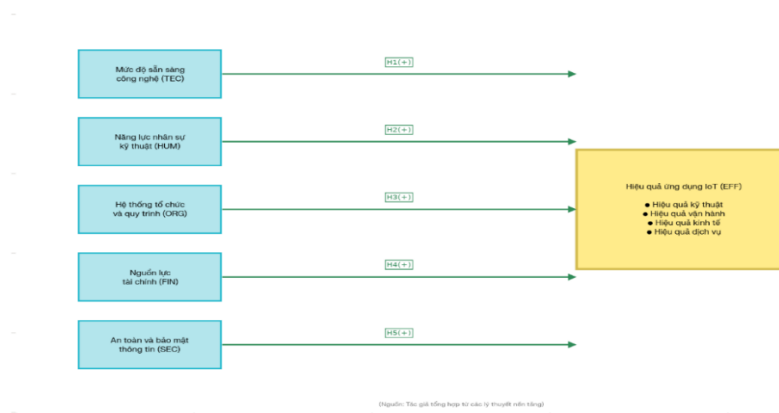
Lý thuyết nền tảng	Khái niệm chính	Biến tương ứng	Giải thích mối liên hệ
			khai Smart Grid tại các nước đang phát triển.
Information Security Research (Arastoo et al. 2024)	An ninh mạng và bảo mật hệ thống IoT	SEC	Arastoo và cộng sự (2024) cảnh báo rằng bảo mật kém có thể dẫn đến hậu quả nghiêm trọng. Sethi và Sarangi (2017) nhấn mạnh bảo mật phải được tích hợp ngay từ đầu.

Nguồn: Tổng hợp của tác giả

Tích hợp vai trò của IoT: Như đã phân tích ở mục 1.1.2.5 (hoặc có thể tóm tắt lại ở đây nếu đã bỏ mục 1.1.2.5), IoT đóng vai trò cốt lõi trong Smart Grid thông qua bốn chức năng chính: giám sát và thu thập dữ liệu thời gian thực, phân tích và dự báo thông minh, điều khiển tự động và tối ưu hóa, quản lý tài sản và bảo trì dự phòng. Các chức năng này chỉ có thể phát huy hiệu quả khi cả năm yếu tố TEC, HUM, ORG, FIN và SEC đều được đáp ứng ở mức độ tốt.

1.1.7.2. Mô hình nghiên cứu đề xuất

Dựa trên khung phân tích lý thuyết, nghiên cứu đề xuất mô hình nghiên cứu gồm năm biến độc lập và một biến phụ thuộc như trong Hình 1.7:



Hình 1.7: Mô hình nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả ứng dụng IoT (Nguồn: Tác giả tự thiết kế)

Giải thích mô hình:

Mô hình giả định rằng hiệu quả ứng dụng IoT trong quản lý lưới điện thông minh (EFF) là hàm số của năm yếu tố chính: mức độ sẵn sàng công nghệ (TEC), năng lực nhân sự kỹ thuật (HUM), hệ thống tổ chức và quy trình (ORG), nguồn lực tài chính (FIN) và an toàn bảo mật thông tin (SEC). Mối quan hệ này được thể hiện dưới dạng phương trình hồi quy:

$$EFF = \beta_0 + \beta_1 \times TEC + \beta_2 \times HUM + \beta_3 \times ORG + \beta_4 \times FIN + \beta_5 \times SEC + \varepsilon$$

Trong đó:

- EFF: Hiệu quả ứng dụng IoT (biến phụ thuộc)
- TEC, HUM, ORG, FIN, SEC: Các biến độc lập
- β_0 : Hệ số chặn
- $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$: Các hệ số hồi quy thể hiện mức độ tác động
- ε : Sai số ngẫu nhiên

Mô hình này có ba đặc điểm quan trọng. Thứ nhất, tất cả các mối quan hệ được giả định là tích cực (dương), nghĩa là khi giá trị của biến độc lập tăng thì hiệu quả ứng dụng IoT cũng tăng. Thứ hai, mô hình giả định các biến độc lập tác động độc lập và cộng tính lên biến phụ thuộc (mô hình hồi quy tuyến tính đa biến). Thứ ba, mô hình này là mô hình tổng hợp từ nhiều lý thuyết nền tảng khác nhau, phản ánh bản chất đa chiều và phức tạp của việc triển khai công nghệ trong tổ chức.

1.1.7.3. Các giả thuyết nghiên cứu

Dựa trên mô hình nghiên cứu và cơ sở lý thuyết, nghiên cứu đặt ra năm giả thuyết chính:

Mức độ sẵn sàng công nghệ được xem là yếu tố có tác động quan trọng đến hiệu quả ứng dụng IoT trong quản lý lưới điện thông minh. Theo lý thuyết Technology Readiness, mức độ sẵn sàng về hạ tầng công nghệ, khả năng tích hợp hệ thống và năng lực xử lý dữ liệu quyết định khả năng tiếp nhận và khai thác hiệu quả các công nghệ mới trong tổ chức (Parasuraman, 2000). Các nghiên cứu thực nghiệm trong lĩnh vực Smart Grid cũng chỉ ra rằng IoT chỉ có thể phát huy hiệu quả khi được triển khai trên nền tảng hạ tầng công nghệ đủ mạnh và đồng bộ, đặc biệt là các hệ thống truyền

thông, nền tảng dữ liệu và khả năng kết nối thời gian thực (Burhan et al., 2018). Bên cạnh đó, Snyder-Halpern (2001) khẳng định rằng sự sẵn sàng về công nghệ là yếu tố dự báo quan trọng đối với thành công của các dự án triển khai hệ thống công nghệ mới. Từ đó, giả thuyết H1 được đưa ra:

H1: Mức độ sẵn sàng công nghệ có tác động tích cực đến hiệu quả ứng dụng IoT trong quản lý lưới điện thông minh.

Năng lực nhân sự kỹ thuật được cho là có ảnh hưởng đáng kể đến hiệu quả ứng dụng IoT trong quản lý lưới điện thông minh. Theo mô hình chấp nhận công nghệ (TAM), nhận thức về tính dễ sử dụng và tính hữu ích của công nghệ – vốn phụ thuộc lớn vào trình độ chuyên môn và kỹ năng của người sử dụng – có vai trò quyết định trong việc chấp nhận và khai thác công nghệ (Davis, 1989). Iyengar et al. (2003) cho rằng năng lực và trải nghiệm ban đầu của người dùng ảnh hưởng lâu dài đến hiệu quả vận hành các hệ thống công nghệ phức tạp. Trong bối cảnh IoT và Smart Grid, đội ngũ nhân sự kỹ thuật có trình độ cao sẽ góp phần vận hành ổn định hệ thống, xử lý sự cố kịp thời và tối ưu hóa việc sử dụng dữ liệu, qua đó nâng cao hiệu quả quản lý lưới điện. Từ đó, giả thuyết H2 được đưa ra:

H2: Năng lực nhân sự kỹ thuật có tác động tích cực đến hiệu quả ứng dụng IoT trong quản lý lưới điện thông minh.

Hệ thống tổ chức và quy trình được xem là nhân tố ảnh hưởng đến khả năng khai thác hiệu quả công nghệ IoT trong quản lý lưới điện thông minh. Theo lý thuyết năng lực động, khả năng tổ chức, điều phối và cải tiến quy trình quyết định việc một tổ chức có thể chuyên hóa công nghệ thành hiệu quả hoạt động và lợi thế cạnh tranh hay không (Teece, 2007). Các nghiên cứu của Ross et al. (1996) và Bharadwaj (2000) cũng chỉ ra rằng công nghệ thông tin chỉ thực sự phát huy hiệu quả khi được hỗ trợ bởi cơ cấu tổ chức phù hợp và quy trình vận hành rõ ràng. Đối với lưới điện thông minh, hệ thống tổ chức và quy trình đồng bộ sẽ tạo điều kiện cho IoT được tích hợp hiệu quả vào các hoạt động giám sát, điều độ và bảo trì lưới điện. Từ đó, giả thuyết H3 được đưa ra:

H3: Hệ thống tổ chức và quy trình có tác động tích cực đến hiệu quả ứng dụng IoT trong quản lý lưới điện thông minh.

Nguồn lực tài chính được coi là điều kiện quan trọng ảnh hưởng đến hiệu quả ứng dụng IoT trong quản lý lưới điện thông minh. Theo quan điểm dựa trên nguồn lực (RBV), nguồn lực tài chính là nền tảng giúp tổ chức đầu tư, duy trì và khai thác hiệu quả các nguồn lực khác, bao gồm cả công nghệ và nhân lực (Barney, 1991). Báo cáo của World Bank (2016) về phát triển Smart Grid tại Việt Nam cũng nhấn mạnh rằng việc triển khai và vận hành các hệ thống IoT, SCADA và AMI đòi hỏi nguồn vốn lớn và ổn định trong dài hạn. Do đó, các đơn vị điện lực có nguồn lực tài chính tốt hơn sẽ có khả năng đầu tư đồng bộ và nâng cao hiệu quả ứng dụng IoT trong quản lý lưới điện thông minh. Từ đó, giả thuyết H4 được đưa ra: H4: Nguồn lực tài chính có tác động tích cực đến hiệu quả ứng dụng IoT trong quản lý lưới điện thông minh.

An toàn và bảo mật thông tin được xem là yếu tố then chốt ảnh hưởng đến hiệu quả ứng dụng IoT trong quản lý lưới điện thông minh. Các nghiên cứu về an ninh Smart Grid cho thấy các mối đe dọa an ninh mạng có thể làm suy giảm hiệu quả vận hành, thậm chí gây gián đoạn nghiêm trọng cho hệ thống lưới điện nếu không được kiểm soát tốt (Arastoo et al., 2024). Sethi và Sarangi (2017) cũng khẳng định rằng mức độ bảo mật cao giúp nâng cao độ tin cậy và khả năng vận hành bền vững của các hệ thống IoT. Do đó, việc đảm bảo an toàn và bảo mật thông tin là điều kiện cần thiết để IoT được ứng dụng hiệu quả trong quản lý lưới điện thông minh. Từ đó, giả thuyết H5 được đưa ra:

H5: An toàn và bảo mật thông tin có tác động tích cực đến hiệu quả ứng dụng IoT trong quản lý lưới điện thông minh.

.Định nghĩa vận hành các biến và thang đo

Để có thể đo lường các khái niệm trừu tượng trong mô hình nghiên cứu, mỗi biến cần được định nghĩa vận hành (operational definition) rõ ràng và xây dựng thang đo phù hợp. Bảng 1.2 tổng hợp định nghĩa vận hành và nguồn thang đo cho từng biến:

Bảng 1.2: Định nghĩa vận hành các biến và thang đo

Biến	Ký hiệu	Thang đo	Nguồn tham khảo
Mức độ sẵn sàng công nghệ (TEC)	TEC1	(1) Chất lượng thiết bị IoT	Parasuraman (2000), Burhan et al. (2018), điều chỉnh
	TEC2	(2) Độ ổn định hệ thống truyền thông	
	TEC3	(3) Khả năng tích hợp	
	TEC4	(4) Khả năng mở rộng	
	TEC5	(5) Độ tin cậy tổng thể	
Năng lực nhân sự kỹ thuật (HUM)	HUM1	(1) Trình độ đào tạo	Davis (1989), Iyengar et al. (2003), điều chỉnh
	HUM2	(2) Kinh nghiệm thực tế	
	HUM3	(3) Kỹ năng xử lý sự cố	
	HUM4	(4) Khả năng tự học	
	HUM5	(5) Thái độ đối với công nghệ mới	
Hệ thống tổ chức và quy trình (ORG)	ORG1	(1) Phân công trách nhiệm rõ ràng	Teece (2007), Ross et al. (1996), điều chỉnh
	ORG2	(2) Quy trình làm việc hiệu quả	
	ORG3	(3) Phối hợp liên phòng ban	
	ORG4	(4) Hỗ trợ từ lãnh đạo	
	ORG5	(5) Văn hóa đổi mới	
Nguồn lực tài chính (FIN)	FIN1	(1) Đầu tư thiết bị	Barney (1991), World Bank (2016), điều chỉnh
	FIN2	(2) Ngân sách đào tạo	
	FIN3	(3) Chi phí bảo trì	
	FIN4	(4) Khả năng huy động vốn	
An toàn và bảo mật thông tin (SEC)	SEC1	(1) Chính sách bảo mật	Arastoo et al. (2024), Sethi & Sarangi (2017), điều chỉnh
	SEC2	(2) Công nghệ mã hóa	
	SEC3	(3) Cơ chế xác thực	
	SEC4	(4) Giám sát an ninh	
	SEC5	(5) Xử lý sự cố bảo mật	
Hiệu quả ứng dụng IoT (EFF)	EFF1	(1) Hiệu quả kỹ thuật	Paul et al. (2014), World Bank (2016), Energy.gov (2016), điều chỉnh
	EFF2	(2) Hiệu quả vận hành	
	EFF3	(3) Hiệu quả kinh tế	
	EFF4	(4) Hiệu quả dịch vụ	

Nguồn: Tổng hợp của tác giả

Lưu ý về thang đo:

- Tất cả các biến đều sử dụng thang đo Likert 5 mức độ: 1 = Hoàn toàn không đồng ý, 2 = Không đồng ý, 3 = Trung lập, 4 = Đồng ý, 5 = Hoàn toàn đồng ý
- Các thang đo được điều chỉnh từ các nghiên cứu quốc tế để phù hợp với bối cảnh ngành điện lực Việt Nam
- Thang đo sẽ được kiểm định độ tin cậy (Cronbach's Alpha) và giá trị (EFA) trong Chương 3
- Chi tiết các câu hỏi cụ thể được trình bày trong Phụ lục bảng hỏi khảo sát

1.2. Lịch sử nghiên cứu (Tổng quan nghiên cứu liên quan)

1.2.1. Tổng quan các nghiên cứu quốc tế

Nghiên cứu về ứng dụng IoT trong Smart Grid đã phát triển mạnh mẽ trên thế giới trong hai thập kỷ qua với hàng nghìn công trình được công bố trên các tạp chí và hội nghị khoa học uy tín.

Ahmad và Zhang (2021) thực hiện nghiên cứu có tính hệ thống về vai trò của IoT trong các hệ thống năng lượng thông minh và mạng lưới. Nghiên cứu của họ phân tích chi tiết các ứng dụng IoT từ phát điện, truyền tải, phân phối đến tiêu thụ điện. Họ kết luận rằng IoT là công nghệ nền tảng cốt lõi biến tầm nhìn về Smart Grid thành hiện thực và xác định các thách thức chính về tích hợp công nghệ, quản lý dữ liệu lớn và bảo mật.

Khare (2024) thực hiện tổng quan toàn diện về IoT trong Smart Grid với trọng tâm vào cơ hội, xu hướng và thách thức. Nghiên cứu này xác định ba xu hướng chính đang định hình tương lai của lĩnh vực. Thứ nhất là xu hướng tích hợp trí tuệ nhân tạo và machine learning để phân tích dữ liệu IoT và hỗ trợ ra quyết định tự động. Thứ hai là xu hướng phát triển edge computing để giảm độ trễ và băng thông cần thiết. Thứ ba là xu hướng tăng cường bảo mật thông qua các công nghệ mới như blockchain và zero-trust architecture.

Fredrik và cộng sự (2021) tập trung vào khía cạnh công nghệ truyền thông cho Smart Grid. Nghiên cứu của họ phân tích ưu nhược điểm của từng công nghệ truyền thông từ cáp quang, PLC, RF mesh đến các công nghệ di động như LTE và 5G. Họ nhấn mạnh rằng không có một công nghệ duy nhất phù hợp cho mọi tình huống mà

cần kết hợp nhiều công nghệ khác nhau tùy theo yêu cầu cụ thể về băng thông, độ trễ, phạm vi phủ sóng và chi phí.

Arastoo và cộng sự (2024) thực hiện khảo sát toàn diện về an ninh Smart Grid. Nghiên cứu này liệt kê chi tiết các phương thức tấn công phổ biến bao gồm tấn công từ chối dịch vụ, tấn công man-in-the-middle, tấn công giả mạo dữ liệu và tấn công vào các giao thức truyền thông. Họ cũng đề xuất các giải pháp phòng thủ sử dụng blockchain để đảm bảo tính toàn vẹn dữ liệu, machine learning để phát hiện bất thường và lý thuyết trò chơi để thiết kế chiến lược bảo vệ tối ưu.

Các nghiên cứu quốc tế này cung cấp nền tảng lý thuyết vững chắc và bằng chứng thực nghiệm về tiềm năng và thách thức của IoT trong Smart Grid. Tuy nhiên chúng chủ yếu được thực hiện trong bối cảnh các nước phát triển với điều kiện khác biệt so với Việt Nam về hạ tầng, quy định pháp luật và trình độ công nghệ.

1.2.2. Các nghiên cứu trong nước

Tại Việt Nam thì nghiên cứu về Smart Grid và IoT trong ngành điện còn khá mới và chủ yếu tập trung vào khía cạnh chính sách và tổng quan công nghệ.

TS. Nguyễn Mạnh Hiền (2021) phân tích báo cáo của IEA về chuyển đổi số trong ngành năng lượng toàn cầu và rút ra bài học cho Việt Nam. Nghiên cứu chỉ ra tiềm năng lớn của số hóa trong việc nâng cao an ninh năng lượng, hiệu quả và khả năng tiếp cận. Tuy nhiên ông cũng cảnh báo về các thách thức như đảm bảo bảo mật và quyền riêng tư dữ liệu, thay đổi cấu trúc thị trường điện và đảm bảo tính công bằng trong tiếp cận công nghệ.

World Bank (2016) thực hiện nghiên cứu chuyên sâu về Smart Grid tại Việt Nam và đề xuất lộ trình phát triển đến năm 2030. Nghiên cứu này đánh giá hiện trạng lưới điện Việt Nam với các vấn đề như tổn thất cao, độ tin cậy chưa đạt yêu cầu và khó khăn trong tích hợp năng lượng tái tạo. Họ đề xuất ba giai đoạn phát triển Smart Grid bắt đầu từ nâng cấp SCADA và triển khai AMI, tiếp theo là phát triển các ứng dụng quản lý nâng cao và cuối cùng là xây dựng hệ sinh thái năng lượng thông minh hoàn chỉnh.

Quyết định 749/QĐ-TTg (2020) của Chính phủ phê duyệt chương trình chuyển đổi số ngành điện đến 2025 và tầm nhìn 2030 là văn bản chính sách quan trọng nhất định hướng cho việc ứng dụng công nghệ số trong ngành điện Việt Nam. Quyết định này đặt ra các mục tiêu cụ thể như hoàn thành triển khai SCADA tại tất cả các trạm biến áp 110kV trở lên, triển khai AMI cho ít nhất 30% khách hàng, xây dựng nền tảng dữ liệu tập trung và phát triển các dịch vụ điện tử cho khách hàng.

Các Công ty Điện lực như PC Bình Thuận (2023) đã chia sẻ kinh nghiệm thực tế triển khai các hệ thống công nghệ như Appmeter, PMIS và DCS. Tuy nhiên các báo cáo này chủ yếu mang tính mô tả và chia sẻ kinh nghiệm chứ chưa phải là nghiên cứu khoa học có phương pháp luận chặt chẽ và phân tích định lượng.

Nhìn chung thì các nghiên cứu trong nước chủ yếu ở cấp độ chính sách và tổng quan công nghệ. Thiếu các nghiên cứu thực nghiệm sử dụng phương pháp định lượng để đo lường các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả ứng dụng IoT trong bối cảnh cụ thể của các đơn vị điện lực Việt Nam.

1.2.3. Khoảng trống nghiên cứu

Sau khi tổng quan các nghiên cứu quốc tế và trong nước, Bảng 1.4 tổng hợp các nghiên cứu chính và xác định khoảng trống:

Bảng 1.3: Tổng hợp nghiên cứu liên quan và khoảng trống nghiên cứu

Tác giả (Năm)	Đối tượng nghiên cứu	Phương pháp	Biến chính	Kết quả chính	Hạn chế / Khoảng trống
Burhan et al. (2018)	IoT trong Smart Grid toàn cầu	Định tính, tổng quan	Vai trò công nghệ IoT	Xác định 4 vai trò chính của IoT	Chưa có nghiên cứu định lượng đo lường hiệu quả
Paul et al. (2014)	Smart Grid tại Mỹ	Mô phỏng, phân tích số liệu	Tự phục hồi, giảm SAIDI	Giảm SAIDI 20-50%	Chưa có nghiên cứu thực nghiệm tại đơn vị cụ thể

Tác giả (Năm)	Đối tượng nghiên cứu	Phương pháp	Biến chính	Kết quả chính	Hạn chế / Khoảng trống
World Bank (2016)	Smart Grid Việt Nam	Chính sách, phỏng vấn	Đầu tư, ROI, rào cản	Đề xuất lộ trình và chính sách	Chưa có nghiên cứu cấp công ty điện lực địa phương
Cakir et al. (2022)	Tích hợp năng lượng tái tạo	Mô phỏng	Nguồn tái tạo, lưu trữ	Smart Grid hỗ trợ năng lượng tái tạo	Chưa nghiên cứu các yếu tố tổ chức, nhân lực
Sethi & Sarangi (2017)	Kiến trúc IoT Smart Grid	Mô hình lý thuyết	Kiến trúc, an ninh	Đề xuất kiến trúc an toàn	Thiếu kiểm chứng thực nghiệm
Arastoo et al. (2024)	An ninh mạng IoT	Phân tích lý thuyết	Các mối đe dọa, giải pháp	Xác định 10+ mối đe dọa chính	Chưa đo lường tác động đến hiệu quả
EVN (2023)	AMI tại Việt Nam	Báo cáo kỹ thuật	Công tơ thông minh	Lợi ích và triển khai	Thiếu đánh giá hiệu quả thực tế
PC Lâm Đồng (2023)	SCADA, Appmeter	Báo cáo nội bộ	Hệ thống đang vận hành	Mô tả hiện trạng	Chưa có nghiên cứu khoa học đánh giá các yếu tố ảnh hưởng

Tổng hợp các khoảng trống nghiên cứu:

1.2.3.1. Thiếu nghiên cứu định lượng:

Hầu hết các nghiên cứu quốc tế về IoT và Smart Grid sử dụng phương pháp định tính, mô phỏng hoặc phân tích lý thuyết. Thiếu các nghiên cứu định lượng sử dụng dữ liệu thực nghiệm để đo lường và kiểm định các yếu tố ảnh hưởng.

1.2.3.2. *Thiếu nghiên cứu thực nghiệm tại Việt Nam:*

Các nghiên cứu trong nước chủ yếu là báo cáo chính sách hoặc mô tả hiện trạng. Chưa có nghiên cứu khoa học nghiêm túc đánh giá hiệu quả ứng dụng IoT tại các đơn vị điện lực cụ thể.

1.2.3.3. *Thiếu mô hình tổng hợp:*

Các nghiên cứu trước thường tập trung vào một hoặc một vài yếu tố riêng lẻ (công nghệ, an ninh, tài chính). Chưa có mô hình tổng hợp đầy đủ xem xét đồng thời các yếu tố công nghệ, nhân lực, tổ chức, tài chính và bảo mật.

1.2.3.4. *Thiếu nghiên cứu cấp địa phương:*

Các nghiên cứu ở Việt Nam chủ yếu ở cấp quốc gia hoặc EVN. Chưa có nghiên cứu chuyên sâu tại cấp công ty điện lực tỉnh/thành phố nơi triển khai trực tiếp các hệ thống IoT.

Vị trí của nghiên cứu này:

- Nghiên cứu này khắc phục các khoảng trống trên bằng cách:
 - Sử dụng phương pháp định lượng với dữ liệu thực nghiệm;
 - Thực hiện tại Công ty Điện lực Lâm Đồng - đại diện cho cấp công ty điện lực địa phương;
 - Xây dựng mô hình tổng hợp năm yếu tố (TEC-HUM-ORG-FIN-SEC) dựa trên nhiều lý thuyết nền tảng;
 - Đo lường hiệu quả ứng dụng IoT qua bốn chiều (kỹ thuật, vận hành, kinh tế, dịch vụ).

1.3. **Tóm tắt chương 1**

Chương 1 đã trình bày cơ sở lý thuyết và nền tảng khoa học cho nghiên cứu về nâng cao hiệu quả ứng dụng công nghệ IoT trong quản lý lưới điện thông minh. Nội dung chương tập trung làm rõ các khái niệm cốt lõi liên quan đến Internet vạn vật (IoT), lưới điện thông minh (Smart Grid) và các hệ thống công nghệ hỗ trợ, qua đó hình thành cách tiếp cận thống nhất cho nghiên cứu.

Bên cạnh đó, chương đã tổng hợp và phân tích các lý thuyết nền tảng như mô hình chấp nhận công nghệ (TAM), chỉ số sẵn sàng công nghệ (TRI), lý thuyết năng lực tổ chức và quan điểm dựa trên nguồn lực (RBV), làm cơ sở để xác định các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả ứng dụng IoT. Trên nền tảng này, các nhóm yếu tố gồm công nghệ, nhân sự, tổ chức, tài chính và an toàn – bảo mật thông tin được nhận diện và hệ thống hóa.

Chương 1 cũng đã tổng quan các nghiên cứu trong và ngoài nước liên quan đến IoT và Smart Grid, từ đó chỉ ra khoảng trống nghiên cứu trong bối cảnh các công ty điện lực tại Việt Nam. Trên cơ sở lý thuyết và tổng quan nghiên cứu, khung phân tích lý thuyết và mô hình nghiên cứu đề xuất được xây dựng, làm nền tảng cho việc thiết kế giả thuyết và phương pháp nghiên cứu trình bày trong Chương 2.

Chương 2: PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Thiết kế nghiên cứu

2.1.1. Phương pháp nghiên cứu định lượng

Nghiên cứu này áp dụng phương pháp nghiên cứu định lượng (quantitative research method) để đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả ứng dụng công nghệ IoT trong quản lý lưới điện thông minh tại Công ty Điện lực Lâm Đồng. Theo Creswell (2014), phương pháp định lượng là một phương pháp nghiên cứu khoa học sử dụng các kỹ thuật toán học và thống kê để đo lường, phân tích và kiểm định các mối quan hệ giữa các biến số trong một mô hình nghiên cứu được xây dựng dựa trên cơ sở lý thuyết và các nghiên cứu trước đó.

Trong nghiên cứu này, phương pháp định lượng được triển khai thông qua ba bước chính. Thứ nhất, xây dựng mô hình nghiên cứu gồm năm biến độc lập (mức độ sẵn sàng công nghệ, năng lực nhân sự kỹ thuật, hệ thống tổ chức và quy trình, nguồn lực tài chính, an toàn và bảo mật thông tin) và một biến phụ thuộc (hiệu quả ứng dụng IoT). Thứ hai, thu thập dữ liệu sơ cấp thông qua bảng hỏi khảo sát có cấu trúc được thiết kế dựa trên thang đo Likert 5 mức độ. Thứ ba, sử dụng các kỹ thuật thống kê như phân tích độ tin cậy thang đo (Cronbach's Alpha), phân tích nhân tố khám phá (EFA) và phân tích hồi quy tuyến tính đa biến để kiểm định mô hình và các giả thuyết nghiên cứu.

Dữ liệu định lượng cho phép đo lường mức độ tác động của từng yếu tố đến hiệu quả ứng dụng IoT một cách khách quan và chính xác thông qua các hệ số hồi quy. Đồng thời, phương pháp này cho phép kiểm định mức độ ý nghĩa thống kê của các mối quan hệ được giả định, từ đó cung cấp bằng chứng thực nghiệm cho các kết luận và đề xuất của nghiên cứu.

2.1.2. Lý do lựa chọn phương pháp

Phương pháp định lượng được lựa chọn dựa trên bốn lý do chính có cơ sở khoa học vững chắc.

Thứ nhất, câu hỏi nghiên cứu tập trung vào việc đo lường mức độ ảnh hưởng của các yếu tố đến hiệu quả ứng dụng IoT. Theo Bryman và Bell (2015), khi câu hỏi

ngiên cứu tập trung vào việc đo lường, so sánh và kiểm định mối quan hệ nhân quả giữa các biến số thì phương pháp định lượng là lựa chọn phù hợp nhất.

Thứ hai, phương pháp định lượng với cỡ mẫu đủ lớn cho phép tổng quát hóa kết quả nghiên cứu cho toàn bộ tổng thể. Hair và cộng sự (2010) chỉ ra rằng với cỡ mẫu được chọn theo nguyên tắc khoa học, kết quả có thể được tổng quát hóa cho toàn bộ cán bộ kỹ thuật và quản lý tại công ty, đáp ứng nhu cầu thực tiễn trong việc đưa ra quyết định quản trị.

Thứ ba, các nghiên cứu trước đây về chấp nhận và hiệu quả công nghệ (TAM, Technology Readiness) chủ yếu sử dụng phương pháp định lượng. Việc sử dụng cùng phương pháp cho phép so sánh kết quả với các nghiên cứu trước và xác định sự khác biệt trong bối cảnh ngành điện lực Việt Nam.

Thứ tư, phương pháp định lượng hiệu quả về thời gian và chi phí khi có thể thu thập dữ liệu từ số lượng lớn người tham gia trong thời gian ngắn thông qua bảng hỏi có cấu trúc.

2.1.3. Ưu điểm và hạn chế của phương pháp

Bảng 2.1: Ưu điểm và hạn chế phương pháp định lượng

Ưu điểm	Hạn chế
Tính khách quan cao thông qua kỹ thuật thống kê	Không khám phá sâu yếu tố tiềm ẩn chưa được nghiên cứu
Đo lường chính xác mức độ tác động qua hệ số Beta	Không nắm bắt đầy đủ sự phức tạp của hiện tượng
Tính tổng quát hóa cao với cỡ mẫu đủ lớn	Phụ thuộc vào chất lượng bảng hỏi và sự trung thực
Kiểm định giả thuyết nghiêm ngặt với mức ý nghĩa xác định	Mối quan hệ tương quan chứ chưa chắc nhân quả nghiêm ngặt
Hiệu quả về thời gian và chi phí	Thiết kế cắt ngang không theo dõi thay đổi theo thời gian

Nguồn: Tổng hợp của tác giả

Để khắc phục các hạn chế, nghiên cứu xây dựng bảng hỏi dựa trên các thang đo đã được kiểm định trong các nghiên cứu trước và có thêm câu hỏi mở để thu thập ý kiến bổ sung. Ngoài ra, việc kết hợp phỏng vấn bổ sung với một số cán bộ quản lý cấp cao có thể được thực hiện nếu cần làm rõ thêm một số kết quả định lượng.

2.2. Quy trình nghiên cứu

2.2.1. Tổng quan lý thuyết và nghiên cứu trước

Giai đoạn tổng quan lý thuyết và xây dựng mô hình nghiên cứu đã được trình bày chi tiết tại **Chương 1, mục 1.1** (Cơ sở lý thuyết) và **mục 1.1.7** (Khung phân tích lý thuyết và mô hình nghiên cứu đề xuất).

Như đã trình bày ở Chương 1, mô hình nghiên cứu được xây dựng dựa trên sự tổng hợp của bốn lý thuyết nền tảng chính: TAM (Davis 1989), Technology Readiness (Parasuraman 2000), Change Management (Kotter 1996) và Organizational Capability (Teece 2007). Mô hình bao gồm **năm biến độc lập** (TEC, HUM, ORG, FIN, SEC) và **một biến phụ thuộc** (EFF) với năm giả thuyết nghiên cứu H1-H5 dự đoán mối quan hệ tích cực giữa các biến độc lập và hiệu quả ứng dụng IoT.

Chương 2 này sẽ tập trung vào việc trình bày **phương pháp nghiên cứu** để kiểm định mô hình và các giả thuyết đã được đề xuất ở Chương 1, bao gồm thiết kế bảng hỏi, thu thập dữ liệu và các kỹ thuật phân tích thống kê.

2.2.2. Xây dựng mô hình nghiên cứu và giả thuyết

2.2.2.1. Sự phù hợp của mô hình với Công ty Điện lực Lâm Đồng

Mô hình nghiên cứu năm yếu tố (TEC-HUM-ORG-FIN-SEC → EFF) có sự phù hợp cao với bối cảnh Công ty Điện lực Lâm Đồng vì năm lý do sau:

Về công nghệ (TEC): Công ty đang triển khai nhiều hệ thống IoT bao gồm SCADA (hệ thống giám sát và thu thập dữ liệu), AMI (hệ thống đo đếm thông minh), Appmeter (ứng dụng giám sát lưới điện), PMIS (phần mềm quản lý kỹ thuật), EMS (quản lý năng lượng) và DR (điều chỉnh phụ tải) ở các giai đoạn khác nhau từ thí điểm đến vận hành chính thức. Đánh giá yếu tố này giúp xác định chất lượng hạ tầng hiện có và khả năng hỗ trợ cho việc mở rộng ứng dụng IoT.

Về nhân lực (HUM): Đội ngũ cán bộ kỹ thuật có trình độ đào tạo đa dạng từ trung cấp đến sau đại học trong các chuyên ngành điện và công nghệ thông tin. Tuy nhiên, công nghệ IoT và các hệ thống thông minh là tương đối mới so với hệ thống vận hành truyền thống. Đánh giá năng lực nhân sự giúp xác định mức độ sẵn sàng và đề xuất các chương trình đào tạo phù hợp.

Về tổ chức (ORG): Công ty hoạt động theo mô hình phân cấp với nhiều phòng ban chức năng (Điều độ, Vận hành lưới điện, Công nghệ thông tin, Kỹ thuật) đòi hỏi sự phối hợp chặt chẽ khi triển khai IoT. Yếu tố này cần được đánh giá để xác định mức độ rõ ràng trong phân công trách nhiệm và hiệu quả của quy trình làm việc.

Về tài chính (FIN): Các dự án công nghệ IoT đòi hỏi đầu tư ban đầu lớn cho thiết bị, hạ tầng và đào tạo cùng chi phí vận hành thường xuyên. Đánh giá khả năng tài chính giúp đề xuất các giải pháp phù hợp với điều kiện ngân sách của công ty trực thuộc EVNSPC.

Về bảo mật (SEC): Các hệ thống SCADA và IoT trong lưới điện là hạ tầng thiết yếu quốc gia. An toàn và bảo mật thông tin là ưu tiên hàng đầu cần được đánh giá kỹ lưỡng để đảm bảo vận hành an toàn và tin cậy.

2.2.2.2. *Vận hành hóa các biến trong bối cảnh cụ thể*

Các biến trong mô hình nghiên cứu được vận hành hóa cụ thể cho Công ty Điện lực Lâm Đồng như sau:

Biến TEC (Mức độ sẵn sàng công nghệ) được đo lường thông qua đánh giá chất lượng của các hệ thống cụ thể đang triển khai. Câu hỏi tập trung vào độ chính xác và độ tin cậy của thiết bị cảm biến và công tơ thông minh, độ ổn định của hệ thống truyền thông dữ liệu qua cáp quang, PLC hoặc RF mesh, khả năng tích hợp giữa SCADA và các hệ thống khác, khả năng mở rộng số lượng thiết bị khi cần và độ tin cậy tổng thể trong điều kiện vận hành thực tế.

Biến HUM (Năng lực nhân sự kỹ thuật) được đo lường qua đánh giá năng lực của cán bộ tại các phòng Điều độ, Vận hành lưới điện và Công nghệ thông tin. Câu hỏi đánh giá trình độ đào tạo chuyên môn, kinh nghiệm thực tế trong vận hành hệ

thống tự động hóa, kỹ năng xử lý sự cố liên quan đến IoT, khả năng tự học và cập nhật kiến thức mới, và thái độ sẵn sàng thích ứng với công nghệ mới.

Biến ORG (Hệ thống tổ chức và quy trình) được đo lường qua đánh giá cấu trúc tổ chức và quy trình làm việc hiện tại. Câu hỏi đánh giá sự rõ ràng trong phân công trách nhiệm khi triển khai IoT, tính hiệu quả và chuẩn hóa của quy trình quản lý dữ liệu, mức độ phối hợp giữa các phòng ban, sự hỗ trợ và cam kết của Ban Giám đốc, và văn hóa tổ chức khuyến khích đổi mới.

Biến FIN (Nguồn lực tài chính) được đo lường qua đánh giá khả năng tài chính hỗ trợ dự án IoT. Câu hỏi tập trung vào mức độ đầy đủ của ngân sách đầu tư thiết bị, ngân sách đào tạo nhân viên, chi phí bảo trì và nâng cấp thường xuyên, và khả năng huy động vốn từ các nguồn khác.

Biến SEC (An toàn và bảo mật thông tin) được đo lường qua đánh giá các biện pháp và năng lực bảo mật hiện có. Câu hỏi đánh giá sự rõ ràng của chính sách bảo mật, việc áp dụng công nghệ mã hóa dữ liệu, cơ chế xác thực người dùng và thiết bị, hệ thống giám sát và phát hiện xâm nhập, và quy trình xử lý sự cố bảo mật.

Biến EFF (Hiệu quả ứng dụng IoT) được đo lường qua bốn khía cạnh trong bối cảnh công ty: hiệu quả kỹ thuật (cải thiện SAIDI/SAIFI, giảm tổn thất điện, tăng chất lượng điện áp), hiệu quả vận hành (giảm thời gian xử lý sự cố, tăng độ chính xác dự báo, cải thiện bảo trì), hiệu quả kinh tế (tiết kiệm chi phí, tối ưu đầu tư, tăng năng suất), và hiệu quả dịch vụ (tăng hài lòng khách hàng, cải thiện độ chính xác hóa đơn, giảm thời gian giải quyết khiếu nại).

2.2.2.3. *Biến phụ thuộc: Hiệu quả ứng dụng IoT (EFF)*

Biến phụ thuộc trong mô hình là hiệu quả ứng dụng IoT (EFF) được định nghĩa là mức độ mà các hệ thống IoT đã triển khai đáp ứng được các mục tiêu kỹ thuật, vận hành, kinh tế và dịch vụ đề ra. Khác với các nghiên cứu trước chỉ tập trung vào việc đo lường ý định sử dụng hoặc mức độ chấp nhận công nghệ, nghiên cứu này quan tâm đến hiệu quả thực tế của việc ứng dụng sau khi hệ thống đã được triển khai.

Hiệu quả ứng dụng IoT được đo lường qua bốn khía cạnh chính dựa trên khung đánh giá của Paul và cộng sự (2014) và World Bank (2016). **Hiệu quả kỹ thuật** bao

gồm cải thiện độ tin cậy cung cấp điện (giảm SAIDI/SAIFI), giảm tổn thất điện năng và cải thiện chất lượng điện năng. **Hiệu quả vận hành** bao gồm giảm thời gian phát hiện và xử lý sự cố, tăng độ chính xác dự báo phụ tải và cải thiện hiệu quả bảo trì thiết bị. **Hiệu quả kinh tế** bao gồm tiết kiệm chi phí vận hành, tối ưu hóa đầu tư tài sản và tăng năng suất lao động. **Hiệu quả dịch vụ** bao gồm nâng cao mức độ hài lòng của khách hàng, cải thiện chất lượng dịch vụ và tăng tính minh bạch trong giao dịch.

Mỗi khía cạnh được đo lường thông qua 3-4 câu hỏi trên thang đo Likert 5 mức độ, tổng cộng khoảng 4 câu hỏi cho biến phụ thuộc. Điểm trung bình của các câu hỏi này sẽ được sử dụng làm điểm số tổng hợp cho biến EFF trong phân tích hồi quy.

2.2.3. Thiết kế bảng hỏi khảo sát

Bảng hỏi khảo sát là công cụ chính để thu thập dữ liệu sơ cấp. Việc thiết kế được thực hiện theo quy trình khoa học nghiêm ngặt gồm năm bước.

Bước 1 - Xác định cấu trúc: Bảng hỏi gồm ba phần chính. Phần A giới thiệu mục đích nghiên cứu, cam kết bảo mật và hướng dẫn trả lời. Phần B thu thập thông tin cá nhân (vị trí công tác, thời gian công tác, trình độ, kinh nghiệm với IoT). Phần C gồm 28 câu hỏi đo lường các biến trong mô hình (TEC: 5 câu, HUM: 5 câu, ORG: 5 câu, FIN: 4 câu, SEC: 5 câu, EFF: 4 câu).

Bước 2 - Lựa chọn thang đo: Sử dụng thang đo Likert 5 mức độ cho tất cả câu hỏi: 1 = Hoàn toàn không đồng ý, 2 = Không đồng ý, 3 = Trung lập, 4 = Đồng ý, 5 = Hoàn toàn đồng ý. Theo Likert (1932), thang đo 5 điểm là sự cân bằng tối ưu giữa độ chi tiết thông tin và khả năng phân biệt của người trả lời.

Bước 3 - Phát triển biến đo lường: Các câu hỏi được xây dựng dựa trên thang đo đã kiểm định trong các nghiên cứu trước (xem Bảng 1.3, mục 1.1.7.4) và điều chỉnh cho phù hợp với bối cảnh ngành điện lực Việt Nam. Ví dụ, biến TEC được đo qua câu hỏi về chất lượng thiết bị IoT đang sử dụng tại công ty, độ ổn định hệ thống truyền thông hiện có, khả năng tích hợp với các hệ thống cũ và khả năng mở rộng trong tương lai.

Bước 4 - Kiểm tra và điều chỉnh: Bảng hỏi được gửi cho 3-5 chuyên gia (cán bộ quản lý cấp cao và giảng viên chuyên ngành) để xin ý kiến về tính rõ ràng của

ngôn ngữ, tính phù hợp của nội dung và độ dài hợp lý. Dựa trên phản hồi, bảng hỏi được điều chỉnh để đảm bảo dễ hiểu và phù hợp với thực tế công việc.

Bước 5 - Thử nghiệm (pilot test): Bảng hỏi được thử nghiệm với 20-30 người đại diện. Dữ liệu từ thử nghiệm được phân tích Cronbach's Alpha để kiểm tra độ tin cậy. Các câu hỏi có hệ số tương quan biến-tổng thấp hoặc làm giảm Cronbach's Alpha sẽ được điều chỉnh hoặc loại bỏ.

2.2.4. Thu thập dữ liệu

Quá trình thu thập dữ liệu được thực hiện theo kế hoạch chi tiết để đảm bảo tính hệ thống và đạo đức nghiên cứu.

Phương pháp chọn mẫu: Sử dụng phương pháp chọn mẫu thuận tiện có mục đích (purposive convenience sampling). Đối tượng là cán bộ kỹ thuật, quản lý vận hành và chuyên viên IT tại Công ty Điện lực Lâm Đồng có liên quan đến các hệ thống IoT. Tiêu chí bao gồm có ít nhất 1 năm kinh nghiệm, hiểu biết về ít nhất một hệ thống IoT và tự nguyện tham gia.

Xác định cỡ mẫu: Theo Hair và cộng sự (2010), cỡ mẫu tối thiểu là 5-10 quan sát/biến độc lập. Với 5 biến độc lập, nghiên cứu đặt mục tiêu thu thập 180 bảng hỏi hợp lệ (tỷ lệ 36:1, vượt xa yêu cầu). Dự kiến phát 220-250 bảng hỏi với tỷ lệ phản hồi ước tính 75-80%.

Quy trình phát và thu: Sau khi được Ban Giám đốc chấp thuận, bảng hỏi được phát qua hai hình thức: bảng hỏi giấy (phát trực tiếp tại cuộc họp hoặc qua trưởng phòng) và bảng hỏi điện tử (qua email hoặc Google Forms). Mỗi bảng hỏi có lời giới thiệu rõ ràng về mục đích, cam kết bảo mật và thời gian hoàn thành (10-15 phút).

Thời gian thu thập: Quá trình diễn ra trong 4-6 tuần. Người nghiên cứu có mặt tại công ty để giải đáp thắc mắc và thu hồi bảng hỏi. Bảng hỏi được kiểm tra ngay sau khi thu về để phát hiện và xử lý kịp thời các vấn đề.

Đảm bảo đạo đức: Người tham gia được thông báo rõ về quyền tự nguyện, quyền từ chối và quyền rút lui. Thông tin cá nhân được bảo mật tuyệt đối và chỉ dùng cho mục đích nghiên cứu. Dữ liệu được mã hóa và lưu trữ an toàn.

2.2.5. Phân tích dữ liệu

Sau khi thu thập, dữ liệu được xử lý và phân tích theo quy trình năm bước sử dụng phần mềm SPSS 26.0.

Bước 1 - Làm sạch dữ liệu: Loại bỏ bảng hỏi thiếu >20% câu trả lời hoặc có dấu hiệu trả lời theo mẫu. Dữ liệu hợp lệ được mã hóa (1-5 cho Likert) và nhập vào SPSS. Kiểm tra giá trị thiếu, giá trị ngoại lai và giả định phân phối chuẩn. Giá trị thiếu <5% được xử lý bằng mean imputation.

Bước 2 - Thống kê mô tả: Tính tần số và tỷ lệ % cho biến định tính (giới tính, vị trí, trình độ). Tính mean, độ lệch chuẩn, min, max cho biến định lượng. Phân tích tương quan Pearson giữa các biến.

Bước 3 - Kiểm định độ tin cậy: Tính Cronbach's Alpha cho từng nhóm biến (TEC, HUM, ORG, FIN, SEC, EFF). Theo Nunnally và Bernstein (1994), Alpha ≥ 0.7 là chấp nhận được, ≥ 0.8 là tốt. Loại biến có item-total correlation < 0.3 hoặc làm tăng Alpha khi bị loại bỏ.

Bước 4 - Phân tích nhân tố EFA: Kiểm định KMO (≥ 0.5) và Bartlett's Test ($p < 0.05$). Sử dụng Principal Axis Factoring và xoay Promax. Giữ nhân tố có Eigenvalue > 1. Loại biến có factor loading < 0.5 hoặc cross-loading (chênh lệch < 0.3). Tổng phương sai trích tối thiểu 50%.

Bước 5 - Hồi quy tuyến tính: Kiểm tra các giả định (VIF < 5 cho đa cộng tuyến, P-P plot cho phân phối chuẩn phần dư, Durbin-Watson 1.5-2.5 cho tự tương quan, scatter plot cho phương sai đồng nhất). Đánh giá mô hình qua R^2 , kiểm định F và hệ số Beta. Chấp nhận giả thuyết H1-H5 (đã đề xuất tại mục 1.1.7.3) nếu Beta có $p < 0.05$ và dấu phù hợp.

2.3. Đối tượng và mẫu khảo sát

2.3.1. Đối tượng khảo sát

Đối tượng khảo sát là cán bộ kỹ thuật và quản lý tại Công ty Điện lực Lâm Đồng có liên quan đến các hệ thống IoT. Họ được chia thành ba nhóm chính:

Bảng 2.2: Phân loại đối tượng khảo sát

Nhóm	Vai trò	Tỷ lệ	Lý do chọn
Cán bộ kỹ thuật vận hành	Điều độ viên, kỹ sư vận hành, kỹ thuật viên kiểm tra lưới điện	60%	Trực tiếp sử dụng SCADA, AMI, Appmeter hàng ngày, có hiểu biết thực tế về hiệu quả hệ thống
Cán bộ quản lý	Trưởng/phó phòng, quản đốc đội	25%	Ra quyết định dựa trên thông tin IoT, có góc nhìn toàn diện về hiệu quả tổng thể
Chuyên viên IT	Nhân viên phòng Công nghệ thông tin	15%	Triển khai, bảo trì hạ tầng công nghệ, chuyên sâu về kỹ thuật và bảo mật

Nguồn: Thiết kế của tác giả

Ba nhóm này bao phủ đầy đủ các góc nhìn: người dùng cuối (nhóm 1), người quản lý (nhóm 2) và người hỗ trợ kỹ thuật (nhóm 3), đảm bảo tính toàn diện của đánh giá hiệu quả ứng dụng IoT.

2.3.2. Kích thước mẫu và cơ sở xác định

Cơ sở xác định: Hair và cộng sự (2010) khuyến nghị 10-15 quan sát cho mỗi biến độc lập trong hồi quy. Bartlett và cộng sự (2001) đề xuất tối thiểu 150 mẫu cho phân tích nhân tố khám phá (EFA). Comrey và Lee (1992) xếp 200 mẫu ở mức "khá" và 300 mẫu là "tốt".

Cỡ mẫu mục tiêu: 180 bảng hỏi hợp lệ

Lý do lựa chọn:

Với 5 biến độc lập, 180 mẫu cho tỷ lệ 36:1, vượt xa yêu cầu tối thiểu 10-15:1, đảm bảo độ tin cậy cao cho phân tích hồi quy

- Đáp ứng tốt yêu cầu cho EFA (> 150 mẫu)
- Chiếm 60-64% tổng thể (~280-300 cán bộ liên quan đến IoT), đảm bảo tính đại diện cao

Chiến lược đạt cỡ mẫu: Phát 230-250 bảng hỏi (dự kiến tỷ lệ phản hồi 75-80%, loại trừ 5-10% không hợp lệ). Biện pháp tăng tỷ lệ phản hồi: ủng hộ của Ban Giám đốc, bảng hỏi ngắn gọn (10-15 phút), nhiều hình thức trả lời (giấy và điện tử), nhắc nhở nhẹ nhàng sau 1-2 tuần.

2.3.3. Tiêu chí lựa chọn đối tượng khảo sát

Tiêu chí bắt buộc:

Cán bộ nhân viên chính thức đang làm việc tại Công ty Điện lực Lâm Đồng

- Thời gian công tác tại công ty ≥ 12 tháng;
- Vị trí công tác liên quan đến IoT: vận hành lưới điện, điều độ, quản lý kỹ thuật, công nghệ thông tin hoặc quản lý cấp phòng ban;
- Có hiểu biết hoặc trải nghiệm với ít nhất một hệ thống IoT (SCADA, AMI, Appmeter, PMIS, EMS, DR).

Tiêu chí ưu tiên:

- Trình độ từ trung cấp chuyên ngành điện trở lên (cao đẳng, đại học, sau đại học);
- Thời gian công tác ≥ 3 năm (có góc nhìn về sự thay đổi trước và sau triển khai IoT);
- Đã tham gia đào tạo hoặc tập huấn về sử dụng hệ thống IoT;
- Có vai trò trực tiếp trong vận hành hoặc ra quyết định dựa trên dữ liệu IoT.

Tiêu chí loại trừ:

- Cán bộ làm việc tại phòng ban hành chính, tài chính, nhân sự không liên quan đến vận hành kỹ thuật;
- Nhân viên thời vụ, hợp đồng ngắn hạn hoặc thực tập sinh;
- Người đã nghỉ việc hoặc chuyển công tác tại thời điểm khảo sát;
- Người từ chối tham gia hoặc không hoàn thành bảng hỏi sau hai lần nhắc nhở.

2.4. Công cụ và phương pháp xử lý dữ liệu

2.4.1. Phần mềm SPSS

Nghiên cứu sử dụng phần mềm IBM SPSS Statistics phiên bản 26.0 làm công cụ chính cho xử lý và phân tích dữ liệu. SPSS được lựa chọn vì ba lý do: (1) là phần mềm thống kê được sử dụng rộng rãi nhất trong nghiên cứu khoa học xã hội với hơn 50 năm phát triển, (2) cung cấp đầy đủ các công cụ phân tích cần thiết (thống kê mô tả, Cronbach's Alpha, EFA, tương quan, hồi quy) với giao diện thân thiện, (3) kết quả

được trình bày dưới dạng bảng biểu chuẩn, thuận tiện cho báo cáo. Microsoft Excel được sử dụng bổ sung để tổ chức, lưu trữ dữ liệu ban đầu và tạo biểu đồ trực quan.

2.4.2. Các bước xử lý dữ liệu

Dữ liệu được phân tích theo quy trình năm bước chuẩn như sau:

Bảng 2.3: Quy trình phân tích dữ liệu

Bước	Mục đích	Công cụ/Kỹ thuật	Tiêu chuẩn chấp nhận
1. Làm sạch dữ liệu	Loại bỏ dữ liệu thiếu, không hợp lệ	Kiểm tra thủ công + SPSS	Thiếu <20% câu hỏi; Không có mẫu lặp
2. Thống kê mô tả	Hiểu đặc điểm mẫu và biến	SPSS Descriptive Statistics	Mean, SD, Min, Max, Tần số
3. Kiểm định độ tin cậy	Đánh giá tính nhất quán thang đo	Cronbach's Alpha	Alpha ≥ 0.7 ; Item-total correlation ≥ 0.3
4. Phân tích nhân tố EFA	Kiểm định giá trị hội tụ và phân biệt	Principal Axis + Promax	KMO ≥ 0.5 ; Factor loading ≥ 0.5 ; Eigenvalue > 1
5. Hồi quy tuyến tính	Kiểm định giả thuyết H1-H5	Multiple Regression (Enter)	VIF < 5 ; Durbin-Watson 1.5-2.5; $p < 0.05$

Nguồn: Thiết kế của tác giả

Chi tiết các bước thực hiện:

Bước 1 - Làm sạch dữ liệu: Loại bỏ bảng hỏi thiếu trên 20% câu trả lời hoặc có dấu hiệu trả lời theo mẫu (tất cả đều chọn cùng một mức độ) hoặc không nhất quán (câu trả lời mâu thuẫn). Dữ liệu hợp lệ được mã hóa số (1-5 cho thang Likert, 1-2 cho biến phân loại) và nhập vào SPSS. Kiểm tra lại để phát hiện lỗi nhập liệu thông qua kiểm tra giá trị nằm ngoài phạm vi và so sánh ngẫu nhiên với dữ liệu gốc.

Bước 2 - Thống kê mô tả: Đối với biến định tính (giới tính, vị trí công tác, trình độ), tính toán tần số và tỷ lệ phần trăm, trình bày dưới dạng bảng và biểu đồ.

Đối với biến định lượng (các biến trong mô hình), tính mean, độ lệch chuẩn, min, max, phương sai. Tính ma trận tương quan Pearson để xem xét mối quan hệ ban đầu và phát hiện đa cộng tuyến tiềm ẩn.

Bước 3 - Phân tích độ tin cậy: Tính Cronbach's Alpha cho từng nhóm biến (TEC, HUM, ORG, FIN, SEC, EFF). Theo Nunnally và Bernstein (1994), $\text{Alpha} \geq 0.7$ là chấp nhận được, ≥ 0.8 là tốt, ≥ 0.9 là rất tốt. Xem xét hệ số tương quan biến-tổng (corrected item-total correlation) của từng biến quan sát. Các biến có hệ số < 0.3 hoặc làm tăng Alpha khi bị loại bỏ sẽ được xem xét loại bỏ. Quá trình lặp lại cho đến khi tất cả nhóm biến đạt $\text{Alpha} \geq 0.7$.

Bước 4 - Phân tích nhân tố khám phá (EFA): EFA được thực hiện để kiểm định giá trị hội tụ (convergent validity) và giá trị phân biệt (discriminant validity). Kiểm định KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) và Bartlett's Test trước khi chạy EFA. KMO ≥ 0.5 và Bartlett's Test có $p < 0.05$ cho thấy dữ liệu phù hợp. EFA được thực hiện riêng cho các biến độc lập và biến phụ thuộc sử dụng Principal Axis Factoring và xoay Promax. Giữ nhân tố có Eigenvalue > 1 . Loại biến có factor loading < 0.5 hoặc cross-loading với chênh lệch < 0.3 . Tổng phương sai trích tối thiểu 50%.

Bước 5 - Phân tích hồi quy tuyến tính đa biến: Sau khi thang đo đã được kiểm định, thực hiện hồi quy với phương pháp Enter (tất cả biến độc lập đưa vào cùng lúc). Kiểm tra các giả định: không có đa cộng tuyến ($\text{VIF} < 5$), phân phối chuẩn của phần dư (P-P plot), không có tự tương quan (Durbin-Watson 1.5-2.5), phương sai đồng nhất (scatter plot giữa giá trị dự đoán và phần dư chuẩn hóa). Đánh giá mô hình qua R^2 và R^2 hiệu chỉnh, kiểm định F và các hệ số Beta chuẩn hóa. Các giả thuyết H1-H5 (đã đề xuất tại mục 1.1.7.3, Chương 1) được chấp nhận nếu hệ số Beta tương ứng có ý nghĩa thống kê ($p < 0.05$) và có dấu phù hợp với dự đoán (dương).

2.5. Tóm tắt chương 2

Chương 2 đã trình bày phương pháp nghiên cứu được sử dụng nhằm kiểm định mô hình và các giả thuyết nghiên cứu về các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả ứng dụng công nghệ IoT trong quản lý lưới điện thông minh tại Công ty Điện lực Lâm Đồng.

Nội dung chương làm rõ thiết kế nghiên cứu định lượng, lý do lựa chọn phương pháp cũng như những ưu điểm và hạn chế của cách tiếp cận này.

Chương cũng mô tả chi tiết quy trình nghiên cứu, từ tổng quan lý thuyết và nghiên cứu trước, xây dựng mô hình nghiên cứu và giả thuyết, thiết kế bảng hỏi khảo sát, thu thập dữ liệu đến phân tích và xử lý dữ liệu. Đối tượng khảo sát, phương pháp chọn mẫu và kích thước mẫu được xác định nhằm đảm bảo tính đại diện và độ tin cậy của dữ liệu nghiên cứu.

Bên cạnh đó, chương giới thiệu các công cụ và phương pháp xử lý dữ liệu, trong đó phần mềm SPSS được sử dụng để kiểm định độ tin cậy của thang đo (Cronbach's Alpha), phân tích nhân tố khám phá (EFA) và phân tích hồi quy tuyến tính. Những nội dung này là cơ sở phương pháp luận quan trọng để trình bày và thảo luận kết quả nghiên cứu ở Chương 3.

Chương 3: PHÂN TÍCH KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

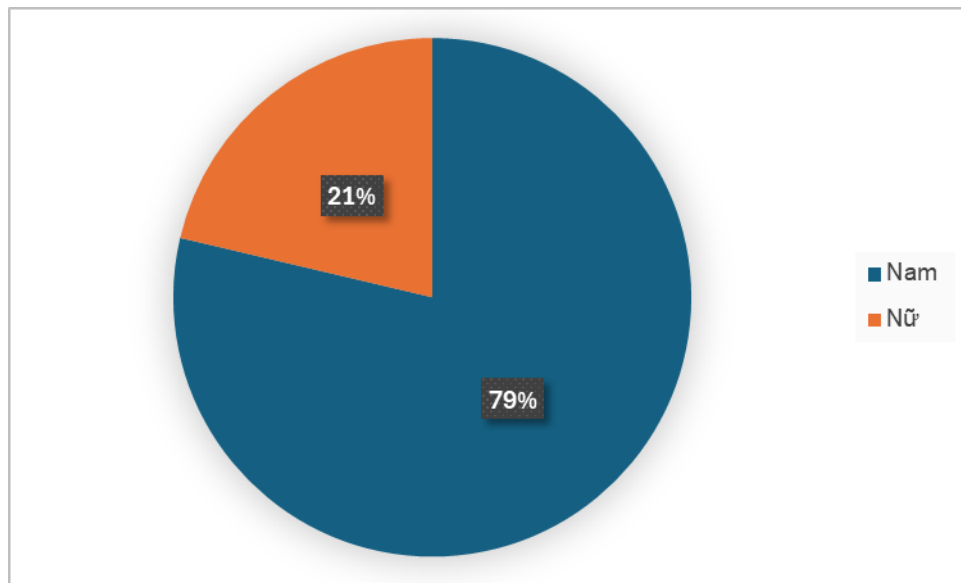
3.1. Mô tả mẫu khảo sát

Bảng 3.1: Mô tả mẫu khảo sát

		Số lượng	Tần suất (%)
Giới tính	Nam	155	78.68%
	Nữ	42	21.32%
Tuổi	Dưới 25 tuổi	73	37.06%
	25 - 35 tuổi	66	33.50%
	36 - 45 tuổi	53	26.90%
	Trên 45 tuổi	5	2.54%
Trình độ học vấn	THPT	28	14.21%
	Đại học/ Cao Đẳng	134	68.02%
	Sau Đại học	35	17.77%
Tổng		197	100.00%

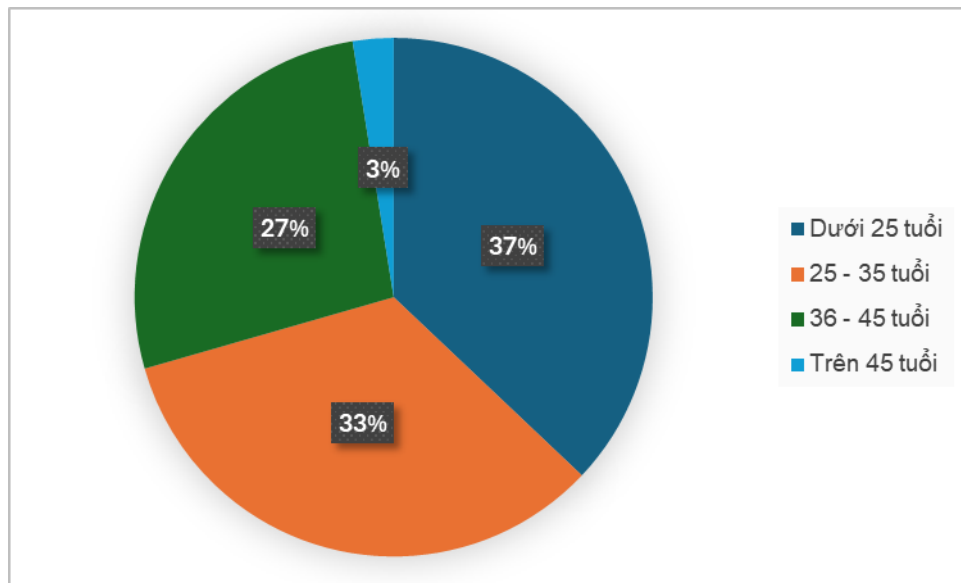
(Nguồn: Tổng hợp từ kết quả khảo sát)

Nghiên cứu được tiến hành với đối tượng khảo sát là cán bộ kỹ thuật, cán bộ quản lý vận hành và chuyên viên công nghệ thông tin hiện đang công tác tại Công ty Điện lực Lâm Đồng, có liên quan trực tiếp đến việc triển khai, vận hành hoặc quản lý các hệ thống Internet vạn vật (IoT) trong lưới điện thông minh. Sau quá trình thu thập và sàng lọc dữ liệu, tác giả thu được 197 bảng khảo sát hợp lệ, đảm bảo đúng đối tượng và tiêu chí nghiên cứu đề ra.



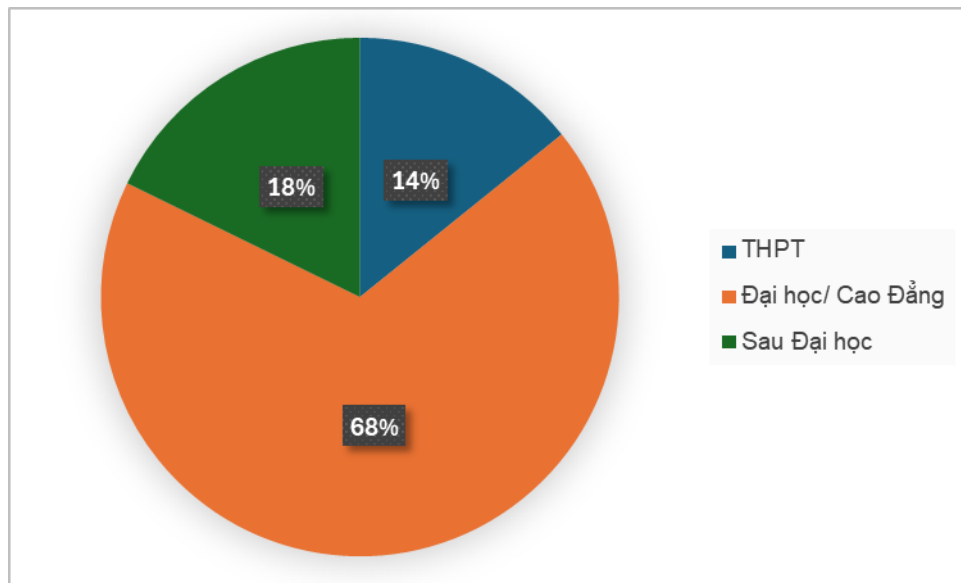
Hình 3.1: Giới tính (Nguồn: Tác giả tự thiết kế)

Xét về giới tính, trong tổng số 197 người tham gia khảo sát, có 155 nam (chiếm 78,68%) và 42 nữ (chiếm 21,32%). Tỷ lệ nam giới chiếm ưu thế lớn phản ánh đúng đặc thù của lĩnh vực điện lực và công nghệ, nơi yêu cầu cao về kỹ thuật, cường độ lao động và khả năng làm việc trong môi trường công nghiệp thường thu hút lực lượng lao động nam nhiều hơn. Mặc dù vậy, tỷ lệ nữ giới tham gia (trên 20%) vẫn cho thấy sự tham gia ngày càng tăng của lao động nữ trong lĩnh vực công nghệ điện lực, đặc biệt ở các vị trí quản lý, vận hành hoặc hỗ trợ công nghệ thông tin. Cấu trúc giới tính này vì thế được xem là phù hợp và có tính đại diện cho đặc điểm nhân sự của Công ty Điện lực Lâm Đồng.



Hình 3.2: Tuổi (Nguồn: Tác giả tự thiết kế)

Về độ tuổi, mẫu khảo sát có sự phân bố tương đối hợp lý giữa các nhóm tuổi, trong đó nhóm dưới 25 tuổi chiếm 37,06%, từ 25–35 tuổi chiếm 33,50%, từ 36–45 tuổi chiếm 26,90%, và chỉ có 2,54% trên 45 tuổi. Cấu trúc này cho thấy lực lượng lao động của Công ty tập trung chủ yếu ở nhóm tuổi trẻ và trung niên, chiếm gần 70% tổng mẫu. Đây là nhóm có khả năng tiếp cận và thích ứng nhanh với công nghệ mới, đồng thời có năng lực thực hành kỹ thuật tốt. Độ tuổi trung bình tương đối trẻ cũng là một yếu tố thuận lợi cho việc triển khai, vận hành và duy trì các giải pháp công nghệ IoT — vốn đòi hỏi khả năng cập nhật liên tục, tư duy sáng tạo và sự linh hoạt trong công việc.



Hình 3.3: Trình độ học vấn (Nguồn: Tác giả tự thiết kế)

Xét về trình độ học vấn, kết quả cho thấy có 28 người có trình độ Trung học phổ thông (14,21%), 134 người tốt nghiệp Đại học hoặc Cao đẳng (68,02%), và 35 người có trình độ sau Đại học (17,77%). Tỷ lệ người có trình độ từ Đại học trở lên chiếm tới 85,79%, phản ánh rõ chất lượng nguồn nhân lực của Công ty Điện lực Lâm Đồng – một đơn vị hoạt động trong lĩnh vực công nghệ cao và kỹ thuật phức tạp. Điều này đồng thời đảm bảo độ tin cậy của thông tin khảo sát, bởi những người tham gia đều có đủ hiểu biết chuyên môn để đánh giá khách quan, chính xác về mức độ sẵn sàng công nghệ, năng lực nhân sự, hệ thống tổ chức và hiệu quả ứng dụng IoT.

Tổng quát, mẫu khảo sát có đặc điểm nổi bật là lực lượng lao động kỹ thuật chiếm đa số, trình độ học vấn cao, độ tuổi trẻ và phân bố giới tính phù hợp với đặc thù ngành điện lực. Những đặc điểm này cho thấy mẫu nghiên cứu có tính đại diện tương đối tốt cho lực lượng nhân sự đang trực tiếp tham gia ứng dụng IoT trong quản lý lưới điện thông minh tại Công ty Điện lực Lâm Đồng. Đồng thời, cấu trúc mẫu như vậy tạo điều kiện thuận lợi cho việc thu thập dữ liệu có chất lượng và phản ánh trung thực nhận thức, đánh giá cũng như kinh nghiệm thực tế của đội ngũ chuyên môn trong quá trình triển khai công nghệ mới này.

3.2. Kiểm tra độ tin cậy thang đo Cronbach's Alpha

Kết quả phân tích độ tin cậy Cronbach's Alpha đối với biến Nguồn lực tài chính (FIN) cho thấy hệ số Cronbach's Alpha đạt giá trị 0,624, thấp hơn ngưỡng chấp nhận thông thường là 0,7, cho thấy thang đo này chưa đảm bảo độ tin cậy cần thiết. Xét chi tiết các chỉ số, hai biến quan sát FIN2 và FIN3 có hệ số tương quan biến tổng lần lượt là 0,286 và 0,243, đều nhỏ hơn 0,3, cho thấy mức độ tương quan yếu với thang đo tổng thể. Đồng thời, khi loại bỏ hai biến này, giá trị Cronbach's Alpha của thang đo tăng lên (từ 0,624 lên lần lượt 0,639 và 0,673), điều này chứng tỏ FIN2 và FIN3 làm giảm độ tin cậy chung của thang đo. Sau khi loại bỏ hai biến này, thang đo Nguồn lực tài chính còn lại hai biến quan sát là FIN1 và FIN4.

Bảng 3.2: Bảng kết quả kiểm định độ tin cậy Cronbach's Alpha cho biến FIN

	Trung bình thang đo nếu loại biến	Phương sai thang đo nếu loại biến	Hệ số tương quan biến tổng	Hệ số Cronbach's Alpha nếu loại biến
Nguồn lực tài chính (FIN)- Cronbach's Alpha's = 0,624				
FIN1	10.8376	4.994	0.557	0.443
FIN2	10.9391	6.466	0.286	0.639
FIN3	10.8934	6.422	0.243	0.673
FIN4	10.9594	4.835	0.579	0.422

(Nguồn: Kết quả phân tích bằng phần mềm SPSS)

Trong lần kiểm định độ tin cậy Cronbach's Alpha đầu tiên, một số biến quan sát có hệ số tương quan biến – tổng thấp hơn 0,3 và làm giảm giá trị Cronbach's Alpha tổng thể của thang đo, do đó bị loại khỏi mô hình. Cụ thể, ở biến Mức độ sẵn sàng công nghệ (TEC), biến quan sát TEC1 có hệ số tương quan biến – tổng nhỏ hơn 0,3, cho thấy mức độ đóng góp yếu vào thang đo, đồng thời khi loại bỏ biến này thì hệ số Cronbach's Alpha của thang đo tăng lên đáng kể. Vì vậy, biến TEC1 được loại bỏ khỏi mô hình, và thang đo TEC sau khi loại bỏ biến này có hệ số Cronbach's Alpha đạt 0,823, vượt ngưỡng chấp nhận 0,7, chứng tỏ thang đo này đạt độ tin cậy tốt.

Đối với biến An toàn và bảo mật thông tin (SEC), biến quan sát SEC2 có hệ số tương quan biến – tổng nhỏ hơn 0,3 và đồng thời khi loại bỏ biến này thì Cronbach's Alpha của thang đo tăng lên, cho thấy biến này không phản ánh tốt bản chất khái niệm cần đo. Do đó, SEC2 được loại bỏ, và kết quả sau khi hiệu chỉnh cho thấy hệ số Cronbach's Alpha của biến SEC đạt 0,841, chứng tỏ thang đo đảm bảo độ tin cậy cao với các biến quan sát còn lại.

Với thang đo Hiệu quả ứng dụng IoT (EFF), biến quan sát EFF3 cũng bị loại bỏ vì có hệ số tương quan biến – tổng thấp và làm giảm giá trị Cronbach's Alpha của toàn thang đo. Sau khi loại bỏ EFF3, hệ số Cronbach's Alpha của thang đo tăng lên 0,887, cho thấy độ tin cậy rất cao, đồng thời các biến quan sát còn lại (EFF1, EFF2, EFF4) đều có hệ số tương quan biến – tổng lớn hơn 0,7, thể hiện tính nhất quán nội tại tốt.

Bảng 3.3: Bảng kết quả kiểm định độ tin cậy Cronbach's Alpha cho các biến độc lập và phụ thuộc

	Trung bình thang đo nếu loại biến	Phương sai thang đo nếu loại biến	Hệ số tương quan biến tổng	Hệ số Cronbach's Alpha nếu loại biến
Mức độ sẵn sàng công nghệ (TEC)- Cronbach's Alpha's = 0,823				
TEC2	11,5279	5,046	0,614	0,791
TEC3	11,4873	5,18	0,552	0,818
TEC4	11,5736	4,572	0,674	0,764
TEC5	11,5228	4,557	0,752	0,727
Năng lực nhân sự kỹ thuật (HUM) - Cronbach's Alpha's = 0,792				
HUM1	14,198	15,568	0,751	0,866
HUM2	14,1015	15,398	0,725	0,873
HUM3	14,198	15,476	0,768	0,863
HUM4	14,269	15,789	0,724	0,873
HUM5	14,2995	15,609	0,721	0,873
Hệ thống tổ chức và quy trình (ORG) - Cronbach's Alpha's = 0,822				
ORG1	14,5635	15,064	0,495	0,819
ORG2	14,4365	11,87	0,75	0,743
ORG3	14,4365	13,472	0,673	0,77
ORG4	14,2843	14,062	0,609	0,789
ORG5	14,2589	14,581	0,556	0,803

An toàn và bảo mật thông tin (SEC) - Cronbach's Alpha's = 0,841				
SEC1	10,6751	6,69	0,715	0,781
SEC3	10,6853	6,727	0,734	0,775
SEC4	10,8985	7	0,499	0,883
SEC5	10,5939	6,324	0,787	0,749
Nguồn lực tài chính (FIN) - Cronbach's Alpha's = 0,798				
FIN1	3,584	1,275	0,664	
FIN4	3,706	1,229	0,664	
Hiệu quả ứng dụng IoT (EFF) - Cronbach's Alpha's = 0,887				
EFF1	6,868	4,391	0,838	0,787
EFF2	6,6599	5,032	0,809	0,818
EFF4	6,8274	5,144	0,702	0,906

(Nguồn: Kết quả phân tích bằng phần mềm SPSS)

Tổng quan, đối với các biến độc lập trong mô hình nghiên cứu, hệ số Cronbach's Alpha của các thang đo sau khi loại bỏ các biến quan sát không đạt yêu cầu lần lượt là:

- Mức độ sẵn sàng công nghệ (TEC): 0,823
- Năng lực nhân sự kỹ thuật (HUM): 0,792
- Hệ thống tổ chức và quy trình (ORG): 0,822
- An toàn và bảo mật thông tin (SEC): 0,841
- Nguồn lực tài chính (FIN): 0,798
- Hiệu quả ứng dụng IoT (EFF): 0,887

Các hệ số Cronbach's Alpha này đều lớn hơn 0,6 – ngưỡng chấp nhận theo đề xuất của Nunnally & Burnstein (1994), chứng tỏ các thang đo có độ tin cậy tốt và tính nhất quán nội tại cao. Các biến quan sát còn lại trong từng thang đo đều có hệ số tương quan biến – tổng lớn hơn 0,3, cho thấy mỗi biến đều có mối quan hệ chặt chẽ với thang đo tổng thể. Đồng thời, hệ số Cronbach's Alpha nếu loại bỏ từng biến đều nhỏ hơn hệ số Cronbach's Alpha chung, điều này khẳng định không có biến nào cần tiếp tục bị loại khỏi mô hình.

Trong quá trình kiểm định độ tin cậy, các biến quan sát FIN2, FIN3, TEC1, SEC2 và EFF3 bị loại bỏ do không đạt ngưỡng hệ số tương quan biến – tổng 0,3 hoặc làm giảm hệ số Cronbach's Alpha của thang đo tương ứng. Sau khi loại bỏ, các thang

đo còn lại đều đạt được độ tin cậy cần thiết, đảm bảo điều kiện để đưa vào phân tích nhân tố khám phá (EFA) ở bước tiếp theo.

3.3. Phân tích nhân tố khám phá EFA

3.3.1. Phân tích nhân tố khám phá EFA cho các biến độc lập

Sau khi loại một số biến quan sát ở kiểm định Cronbach's Alpha, các biến quan sát còn lại biến độc lập được đưa ra phân tích khám phá. Ở lần chạy phân tích lần thứ nhất, các biến quan sát đều đạt yêu cầu, tuy nhiên có biến quan sát FIN4 không xuất hiện hệ số tải và FIN1 xuất hiện hệ số tải ở cả 2 nhân tố nên tác giả thực hiện loại lần lượt 2 biến quan sát này.

Trước khi tiến hành phân tích nhân tố khám phá (EFA) cho các biến độc lập, tác giả kiểm định mức độ phù hợp của dữ liệu thông qua chỉ số Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) và kiểm định Bartlett's Test of Sphericity. Kết quả cho thấy chỉ số KMO = 0,830, nằm trong khoảng từ 0,8 đến 1,0, thể hiện rằng mẫu dữ liệu có mức độ thích hợp cao cho việc phân tích nhân tố (Hair et al., 2010). Giá trị này chứng tỏ các biến quan sát có mối tương quan đủ lớn để hình thành các nhóm nhân tố đại diện.

Bên cạnh đó, kiểm định Bartlett's Test of Sphericity có giá trị Chi-square = 1756,900, với bậc tự do (df) = 153 và mức ý nghĩa Sig. = 0,000 < 0,05, cho thấy ma trận tương quan giữa các biến quan sát khác ma trận đơn vị, nghĩa là giữa các biến có mối tương quan tuyến tính đáng kể và dữ liệu hoàn toàn phù hợp để tiến hành EFA.

Bảng 3.4: Hệ số KMO và kiểm định Bartlett các biến độc lập

Chỉ số KMO (Kaiser-Meyer-Olkin)		0,830
Kiểm định Bartlett's	Kiểm định Chi bình phương	1756,900
	df	153
	Sig.	0,000

(Nguồn: Kết quả phân tích bằng phần mềm SPSS)

Giá trị hệ số Eigenvalues của 4 biến đều > 1 thỏa tiêu chuẩn đã nêu nên ta có thể giữ lại tất cả 4 biến này trong mô hình.

Giá trị tổng phương sai trích = 66,571% > 50% thoả tiêu chuẩn đã nêu và kết luận rằng các biến độc lập giải thích 66,571% biến thiên của dữ liệu.

Bảng 3.5: Ma trận xoay

	Thành phần			
	1	2	3	4
HUM1	0,829			
HUM3	0,817			
HUM5	0,812			
HUM4	0,788			
HUM2	0,783			
ORG2		0,848		
ORG3		0,822		
ORG5		0,726		
ORG4		0,709		
ORG1		0,603		
SEC5			0,843	
SEC3			0,83	
SEC1			0,811	
SEC4			0,665	
TEC5				0,877
TEC4				0,805
TEC2				0,782
TEC3				0,739

(Nguồn: Kết quả phân tích bằng phần mềm SPSS)

Từ bảng kết quả trên cho thấy 18 biến quan sát được đưa vào được phân tích đã hội tụ thành 4 nhóm nhân tố. Tất cả các biến quan sát đều có hệ số tải nhân tố $\geq 0,5$ và không có trường hợp có biến nào bị vi phạm cùng lúc tải lên cả hai nhân tố với hệ số tải gần nhau. Vì vậy, có thể kết luận các nhân tố đều đảm bảo được giá trị hội tụ cao.

Vậy kết luận sau khi phân tích nhân tố bằng ma trận nhân tố với phương pháp xoay tất cả các biến quan sát của các biến độc lập được giữ nguyên và phù hợp để thực hiện các bước phân tích sau.

3.3.2. Phân tích nhân tố khám phá EFA cho các biến phụ thuộc

Bảng 3.6: KMO và Kiểm định Bartlett's cho các biến phụ thuộc

Chỉ số KMO (Kaiser-Meyer-Olkin)		0,71
Kiểm định Bartlett's	Kiểm định Chi bình phương	364,033
	df	3
	Sig.	0,000

(Nguồn: Kết quả phân tích bằng phần mềm SPSS)

Kết quả phân tích nhân tố từ Bảng trên cho thấy chỉ số KMO là 0,71 ($0,5 \leq KMO \leq 1$), điều này thể hiện rằng dữ liệu dùng để phân tích nhân tố là hoàn toàn thích hợp. Kiểm định Bartlett's Test có Sig = 0,000 < 0,05 nên ta bác bỏ giả thuyết H_0 - Các biến quan sát không có tương quan với nhau trong tổng thể. Vậy kết luận các biến quan sát có tương quan với nhau và thoả điều kiện phân tích nhân tố. Giá trị hệ số Eigenvalues của nhân tố có giá trị > 1 thoả tiêu chuẩn đã nêu nên có thể giữ lại trong mô hình.

Bảng 3.7: Giải thích tổng phương sai

Thành phần	Giá trị Eigenvalues			Trích xuất tổng bình phương tải		
	Tổng	Phần trăm phương sai	Phần trăm lũy kế	Tổng	Phần trăm phương sai	Phần trăm lũy kế
1	2,454	81,79	81,79	2,454	81,79	81,79
2	0,383	12,771	94,562			

3	0,163	5,438	100			
---	-------	-------	-----	--	--	--

(Nguồn: Kết quả phân tích bằng phần mềm SPSS)

Giá trị tổng phương sai trích (Tổng variance explained (%) = 81,79% > 50% thoả tiêu chuẩn đã nêu và kết luận rằng các nhân tố của biến phụ thuộc này giải thích 81,79% biến thiên của dữ liệu.

3.4. Kết quả hồi quy tuyến tính

3.4.1. Phân tích Hệ số tương quan - Pearson Correlation

Bảng 3.8: Hệ số tương quan

		EFF	HUM	ORG	SEC	TEC
EFF	Tương quan Pearson	1	0,545	0,371	0,577	0,195
	Sig. (2-tailed)		0	0	0	0,006
HUM	Tương quan Pearson	0,545	1	0,299	0,431	0,202
	Sig. (2-tailed)	0		0	0	0,004
ORG	Tương quan Pearson	0,371	0,299	1	0,353	0,067
	Sig. (2-tailed)	0	0		0	0,346
SEC	Tương quan Pearson	0,577	0,431	0,353	1	0,097
	Sig. (2-tailed)	0	0	0		0,177
TEC	Tương quan Pearson	0,195	0,202	0,067	0,097	1
	Sig. (2-tailed)	0,006	0,004	0,346	0,177	

(Nguồn: Kết quả phân tích bằng phần mềm SPSS)

Kết quả phân tích tương quan Pearson giữa các biến độc lập và biến phụ thuộc (Bảng ...) cho thấy hầu hết các hệ số tương quan đều mang ý nghĩa thống kê ở mức tin cậy 99% (Sig. < 0,01), ngoại trừ một vài cặp biến có mức ý nghĩa lớn hơn 0,05.

Cụ thể, biến Hiệu quả ứng dụng IoT (EFF) có mối tương quan dương và có ý nghĩa thống kê với các biến độc lập:

- Năng lực nhân sự kỹ thuật (HUM) với hệ số tương quan $r = 0,545$,
- Hệ thống tổ chức và quy trình (ORG) với $r = 0,371$,
- An toàn và bảo mật thông tin (SEC) với $r = 0,577$,
- Mức độ sẵn sàng công nghệ (TEC) với $r = 0,195$.

Tất cả các mối tương quan này đều có Sig. $< 0,01$, chứng tỏ mối quan hệ giữa các biến độc lập và biến phụ thuộc là tuyến tính và có ý nghĩa thống kê. Trong đó, biến SEC có hệ số tương quan cao nhất với EFF ($r = 0,577$), cho thấy an toàn và bảo mật thông tin có thể là yếu tố tác động mạnh nhất đến hiệu quả ứng dụng IoT trong quản lý lưới điện thông minh tại Công ty Điện lực Lâm Đồng.

Đối với mối quan hệ giữa các biến độc lập, phần lớn các hệ số tương quan đều dưới 0,6, phản ánh rằng không xảy ra hiện tượng đa cộng tuyến nghiêm trọng giữa các biến trong mô hình. Các cặp biến có tương quan trung bình như HUM–SEC ($r = 0,431$), HUM–ORG ($r = 0,299$) hay ORG–SEC ($r = 0,353$) cho thấy mối quan hệ đồng biến ở mức vừa phải và chấp nhận được trong phân tích hồi quy. Tuy nhiên, các mối tương quan giữa ORG–TEC ($r = 0,067$) và SEC–TEC ($r = 0,097$) không có ý nghĩa thống kê (Sig. $> 0,05$), cho thấy mức độ sẵn sàng công nghệ ít liên hệ trực tiếp với các yếu tố tổ chức và bảo mật thông tin.

3.4.2. Đánh giá mức độ phù hợp của mô hình

Nhằm đánh giá mô hình, tác giả tiến hành phân tích và sử dụng kết quả của hệ số R2 hiệu chỉnh do độ chính xác của nó cao hơn hệ số R2.

Bảng 3.9: Tóm tắt mô hình

Mô hình	R	R bình phương	R bình phương điều chỉnh	Sai số chuẩn
1	0,680a	0,463	0,451	0,79399

(Nguồn: Kết quả phân tích bằng phần mềm SPSS)

Theo bảng Model Summary, ta thấy R2 hiệu chỉnh là 0,451 gần ngưỡng 0,5. Chỉ số này thể hiện biến độc lập trong mô hình đã giải thích được 45,1% sự thay đổi của biến phụ thuộc.

Bảng 3.10: ANOVAa

Mô hình		Tổng các bình phương	df	Bình phương trung bình	F	Sig.
1	Phân tích hồi	104,158	4	26,039	41,305	0,000 ^b
	Phần dư	121,040	192	0,630		
	Tổng	225,198	196			

(Nguồn: Kết quả phân tích bằng phần mềm SPSS)

Kiểm định F là một phép kiểm định giả thuyết về độ phù hợp của mô hình hồi quy tuyến tính tổng thể. Giả thuyết H0 được đặt ra trong mô hình: $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4$ (tất cả các hệ số hồi quy bằng 0). Ta thấy Sig. = 0,000 < 0,005 nên bác bỏ H0.

3.4.3. Đánh giá các hệ số hồi quy

Kết quả phân tích hồi quy tuyến tính đa biến cho thấy mối quan hệ giữa các yếu tố độc lập gồm Nguồn lực con người (HUM), Nguồn lực tổ chức (ORG), Nguồn lực bảo mật và an toàn thông tin (SEC), và Nguồn lực công nghệ (TEC) đối với hiệu quả ứng dụng IoT trong quản lý lưới điện thông minh (EFF).

Phương trình hồi quy được xác định như sau:

$$EFF = 0.323 * HUM + 0.134 * ORG + 0.382 * SEC + 0.084 * TEC$$

Bảng 3.11: Hệ số beta

Mô hình	Hệ số không chuẩn hóa		Hệ số chuẩn hóa	t	Sig.	Đa cộng tuyến	
	B	Độ lệch chuẩn	Beta			Dung sai	VIF
1	(Constant)	-0,647	0,403	-1,603	0,111		
	HUM	0,353	0,066	0,323	5,344	0,000	0,765 1,306

	ORG	0,158	0,068	0,134	2,339	0,020	0,849	1,178
	SEC	0,487	0,078	0,382	6,290	0,000	0,759	1,317
	TEC	0,126	0,081	0,084	1,548	0,123	0,959	1,043

(Nguồn: Kết quả phân tích bằng phần mềm SPSS)

3.4.3.1. Kiểm định hiện tượng đa cộng tuyến

Kết quả kiểm định đa cộng tuyến cho thấy giá trị hệ số phóng đại phương sai (VIF) của các biến độc lập đều nhỏ hơn 2 (cụ thể HUM = 1.306; ORG = 1.178; SEC = 1.317; TEC = 1.043). Các giá trị này nằm trong ngưỡng cho phép (VIF < 10), chứng tỏ mô hình hồi quy không xảy ra hiện tượng đa cộng tuyến, các biến độc lập không có mối tương quan tuyến tính quá cao với nhau, đảm bảo độ tin cậy cho mô hình..

3.4.3.2. Kiểm tra giá trị P-value của các biến độc lập

Kết quả kiểm định ý nghĩa cho thấy ba biến độc lập là Nguồn lực con người (HUM), Nguồn lực tổ chức (ORG) và Nguồn lực bảo mật và an toàn thông tin (SEC) đều có giá trị Sig. < 0,05, lần lượt là 0,000; 0,020 và 0,000. Do đó, có thể kết luận rằng các biến này có ý nghĩa thống kê ở mức tin cậy 95%, tức là chúng có ảnh hưởng đáng kể đến biến phụ thuộc là hiệu quả ứng dụng IoT trong quản lý lưới điện thông minh.

Riêng biến Nguồn lực công nghệ (TEC) có giá trị Sig. = 0,123 > 0,05, do đó chưa đủ điều kiện để khẳng định có tác động đáng kể đến hiệu quả ứng dụng IoT trong quản lý lưới điện thông minh. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng giá trị Sig. của biến TEC cũng tương đối thấp, thể hiện rằng biến này tiềm ẩn khả năng ảnh hưởng đến hiệu quả ứng dụng IoT trong quản lý lưới điện thông minh trong một số điều kiện khác (ví dụ khi mẫu lớn hơn, hoặc khi tác động gián tiếp được xét đến). Vì vậy, tuy không có ý nghĩa thống kê trong mô hình hiện tại, biến Nguồn lực công nghệ vẫn là yếu tố đáng được quan tâm trong các nghiên cứu tiếp theo.

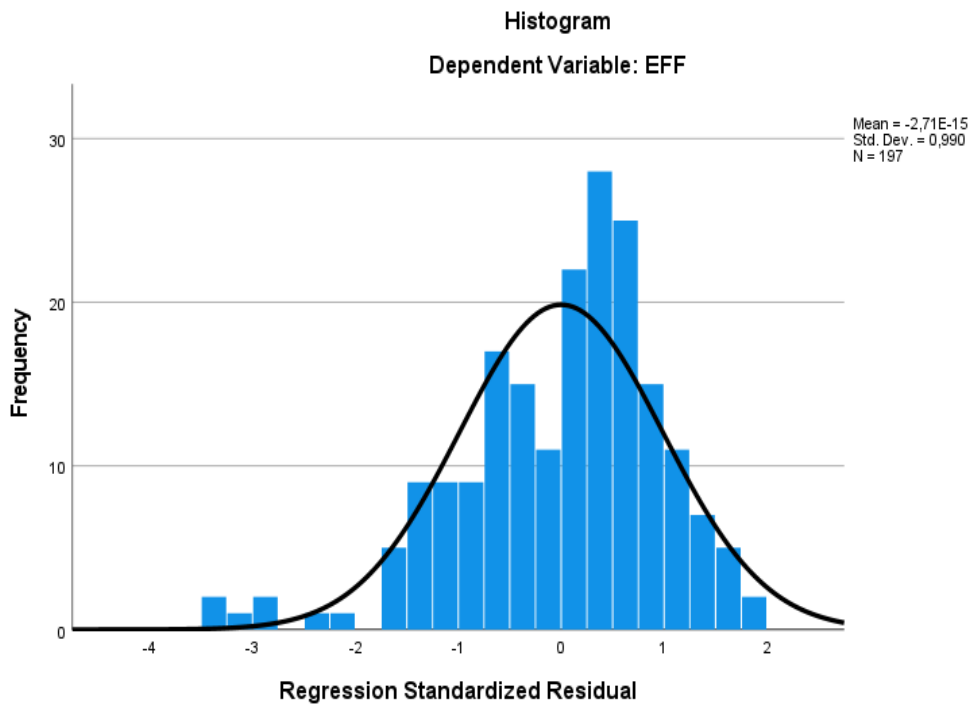
3.4.3.3. *Đánh giá mức độ ảnh hưởng*

Dựa trên hệ số Beta chuẩn hóa, có thể thấy tất cả các biến có giá trị dương, chứng tỏ các nguồn lực đều có tác động cùng chiều đến hiệu quả ứng dụng IoT trong quản lý lưới điện thông minh. Cụ thể:

- Nguồn lực bảo mật và an toàn thông tin (SEC) có mức độ ảnh hưởng mạnh nhất (Beta = 0,382), cho thấy rằng các yếu tố về bảo mật thông tin, an toàn dữ liệu và cơ chế kiểm soát rủi ro đóng vai trò then chốt trong việc nâng cao hiệu quả ứng dụng IoT trong quản lý lưới điện thông minh.
- Nguồn lực con người (HUM) đứng thứ hai (Beta = 0,323), phản ánh tầm quan trọng của chất lượng nhân sự, trình độ chuyên môn, và khả năng sáng tạo trong việc thúc đẩy hiệu quả ứng dụng IoT trong quản lý lưới điện thông minh.
- Nguồn lực tổ chức (ORG) có ảnh hưởng ở mức trung bình (Beta = 0,134), cho thấy cơ cấu quản lý, quy trình điều hành và sự linh hoạt của tổ chức cũng góp phần vào hiệu quả ứng dụng IoT trong quản lý lưới điện thông minh.
- Nguồn lực công nghệ (TEC) tuy có hệ số Beta thấp (Beta = 0,084) và chưa đạt mức ý nghĩa thống kê, nhưng dấu dương của hệ số cho thấy xu hướng tác động tích cực, gợi ý rằng đầu tư vào công nghệ vẫn có thể mang lại hiệu quả trong dài hạn nếu được phát triển đúng hướng.

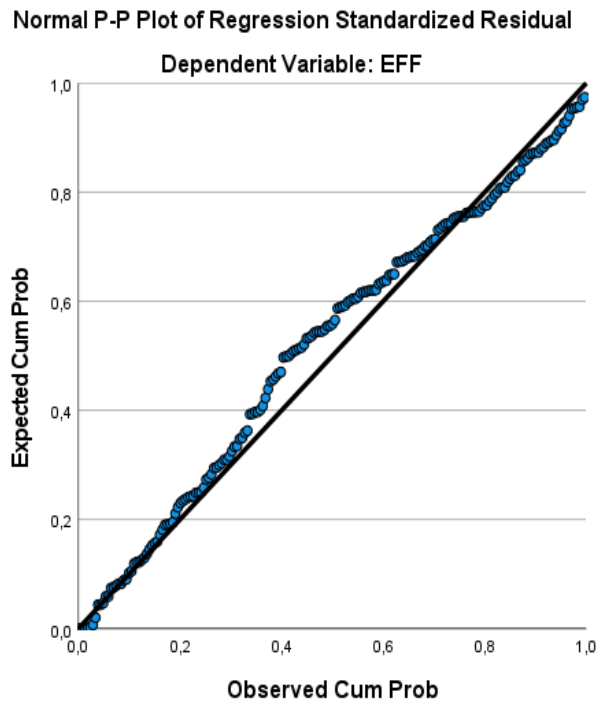
Tổng hợp các kết quả trên cho thấy, mô hình hồi quy phù hợp và không vi phạm các giả định cơ bản. Ba yếu tố gồm nguồn lực con người, nguồn lực tổ chức và nguồn lực bảo mật - an toàn thông tin có ảnh hưởng tích cực và có ý nghĩa thống kê đến hiệu quả ứng dụng IoT trong quản lý lưới điện thông minh. Biến nguồn lực công nghệ mặc dù chưa có ý nghĩa ở mức 95%, nhưng với Sig. = 0,123, có thể xem đây là yếu tố tiềm năng cần được xem xét trong các mô hình mở rộng hoặc trong nghiên cứu tiếp theo.

3.4.4. Kiểm định phân phối chuẩn phần dư



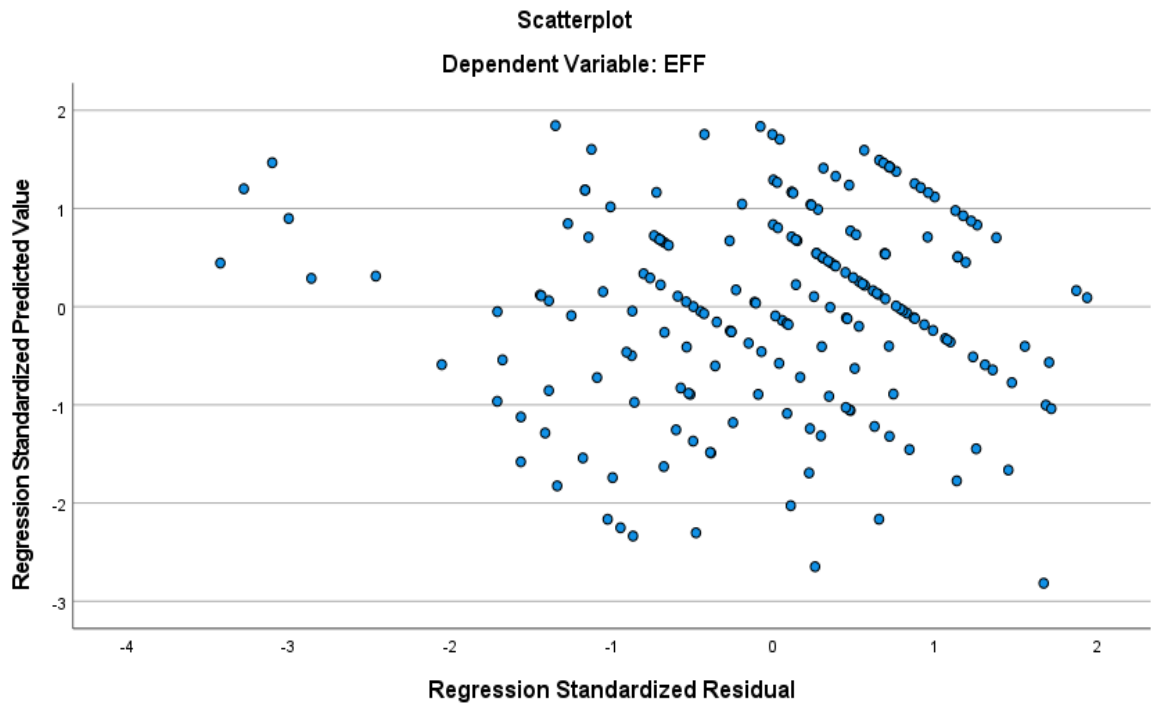
Biểu đồ 3.4: Tần số phần dư chuẩn hóa Histogram (Nguồn: Kết quả phân tích bằng phần mềm SPSS)

Dựa vào kết quả Hình 4.3 cho thấy giá trị trung bình Mean gần như bằng 0 (mean = 2,71E – 17) và độ lệch chuẩn Std.Dev = 0,990 (xấp xỉ 1). Bên cạnh đó, nhìn vào hình dạng Hình có đường cong phân phối chuẩn dạng hình chuông được đặt chồng lên Hình tần số. Như vậy, ta có thể khẳng định rằng phần dư của mô hình hồi quy bội trong bài nghiên cứu có phân phối chuẩn và các giả thiết phân phối chuẩn của phần dư không bị vi phạm. từ đó, mô hình được đánh giá là mô hình tốt và tiến hành kiểm tra các giả định cần khác.



Biểu đồ 3.5: Phần dư chuẩn hóa Normal P-P Plot (Nguồn: Kết quả phân tích bằng phần mềm SPSS)

Với Hình Normal P-P Plot trên ta thấy các điểm phân vị trong phân phối của phần dư đều tập trung thành một đường chéo dày đặc nên ta có thể kết luận rằng sau khi vẽ mô hình Phần dư chuẩn hoá P-P Plot trên có thể thấy mô hình của biến phụ thuộc có hình dạng phân phối chuẩn và không vi phạm giả định hồi quy về phân phối chuẩn ban đầu.



Biểu đồ 3.6: Scatter Plot kiểm tra giả định liên hệ tuyến tính (Nguồn: Kết quả phân tích bằng phần mềm SPSS)

Nếu giả định tuyến tính được thỏa mãn đúng thì phần dư phải phân tán ngẫu nhiên trong một vòng xung quanh đường đi qua tung độ 0 của đồ thị phân tán của phần dư chuẩn hóa (Standardized Residual) và giá trị dự đoán chuẩn hóa (Standardized predicted value) và nếu phương sai không đổi thì các phần dư phải phân tán ngẫu nhiên quanh trục.

Kết quả Hình trên xuất ra, các điểm phân bố của phần dư dao động xung quanh đường tung độ 0 và không phân tán đi quá xa nên ta kết luận rằng mô hình hồi quy của biến phụ thuộc có phân phối chuẩn và giả định quan hệ tuyến tính không bị vi phạm.

3.5. Thảo luận kết quả nghiên cứu

Kết quả phân tích cho thấy, các yếu tố nhân lực, tổ chức và an toàn – bảo mật thông tin đóng vai trò quan trọng và có ảnh hưởng đáng kể đến hiệu quả ứng dụng IoT trong quản lý lưới điện thông minh tại Công ty Điện lực Lâm Đồng. Cụ thể, Năng lực nhân sự kỹ thuật (HUM) với các khía cạnh về trình độ chuyên môn, kỹ năng công

nghe thông tin, kinh nghiệm thực tế và thái độ tích cực đối với công nghệ, được xác định là có tác động mạnh mẽ đến hiệu quả ứng dụng IoT, với hệ số Beta chuẩn hóa đạt 0,323 và giá trị Sig. = 0,000, cho thấy mối quan hệ có ý nghĩa thống kê. Kết quả này phù hợp với lý thuyết TAM của Davis (1989), theo đó năng lực và thái độ của người sử dụng là yếu tố quyết định việc chấp nhận và khai thác hiệu quả các hệ thống công nghệ mới. Nghiên cứu trước của Iyengar và cộng sự (2003) cũng chỉ ra rằng năng lực và kinh nghiệm thực tế của người dùng có ảnh hưởng lâu dài đến khả năng chấp nhận và sử dụng công nghệ, điều này lý giải tại sao yếu tố nhân lực trở thành một trong những nhân tố quan trọng hàng đầu trong mô hình của nghiên cứu hiện tại.

Tương tự, yếu tố tổ chức (ORG) được xác định cũng có tác động tích cực đến hiệu quả ứng dụng IoT, với Beta chuẩn hóa 0,134 và Sig. = 0,020. Điều này cho thấy các cấu trúc tổ chức rõ ràng, quy trình làm việc hiệu quả, sự phối hợp giữa các phòng ban và văn hóa đổi mới có vai trò hỗ trợ mạnh mẽ trong việc triển khai IoT. Kết quả này phù hợp với lý thuyết năng lực tổ chức (Organizational Capability Theory) của Teece (2007) và quan điểm RBV của Barney (1991), theo đó năng lực tổ chức và các nguồn lực nội tại là cơ sở quan trọng để một tổ chức có thể triển khai thành công công nghệ mới, đặc biệt là trong môi trường có nhiều thay đổi và yêu cầu vận hành khắt khe như lưới điện thông minh.

Đáng chú ý, yếu tố an toàn và bảo mật thông tin (SEC) được xác định là nhân tố có tác động mạnh nhất đến hiệu quả ứng dụng IoT, với Beta chuẩn hóa 0,382 và Sig. = 0,000. Điều này phản ánh thực trạng tại các hệ thống Smart Grid, nơi mà các mối đe dọa mạng như tấn công DDoS, thay đổi dữ liệu, hay đánh cắp thông tin có thể gây gián đoạn nghiêm trọng. Kết quả này hoàn toàn phù hợp với nghiên cứu của Arastoo và cộng sự (2024), cũng như các khuyến cáo của Sethi & Sarangi (2017), nhấn mạnh rằng việc triển khai IoT không chỉ phụ thuộc vào hạ tầng kỹ thuật hay con người mà còn yêu cầu cơ chế bảo mật toàn diện, bao gồm mã hóa, xác thực, giám sát liên tục và tuân thủ các tiêu chuẩn quốc tế như ISO/IEC 27001 và NERC CIP. Việc đầu tư vào bảo mật, do đó, trở thành yếu tố chiến lược để bảo đảm hiệu quả vận hành và độ tin cậy của hệ thống.

Trong khi đó, yếu tố công nghệ (TEC) mặc dù chưa đạt mức ý nghĩa thống kê ở mức 95% trong mô hình hồi quy (Sig. = 0,123) nhưng vẫn có Beta chuẩn hóa dương 0,084, cho thấy công nghệ có tiềm năng tác động tích cực đến hiệu quả ứng dụng IoT. Kết quả này tương thích với nghiên cứu của Burhan và cộng sự (2018), trong đó nhấn mạnh rằng chất lượng thiết bị, khả năng tích hợp, độ ổn định hệ thống và khả năng mở rộng là những yếu tố cốt lõi để hệ thống IoT vận hành hiệu quả. Việc TEC chưa hiện rõ tác động có thể do thực trạng tại Công ty Điện lực Lâm Đồng, nơi mà hạ tầng công nghệ hiện tại vẫn đang trong giai đoạn triển khai, số lượng thiết bị chưa lớn và mức độ tích hợp hệ thống chưa cao. Điều này cũng gợi ý rằng khi quy mô triển khai tăng lên, cùng với việc nâng cấp hạ tầng công nghệ, TEC sẽ trở thành một yếu tố quyết định hơn trong việc nâng cao hiệu quả ứng dụng IoT.

Bên cạnh các yếu tố được xác định có ảnh hưởng đáng kể, kết quả phân tích hồi quy cho thấy yếu tố nguồn lực tài chính (FIN) không đạt mức ý nghĩa thống kê và do đó không được giữ lại trong mô hình nghiên cứu cuối cùng. Kết quả này cho thấy, trong bối cảnh nghiên cứu tại Công ty Điện lực Lâm Đồng, nguồn lực tài chính chưa thể hiện vai trò quyết định trực tiếp đến hiệu quả ứng dụng IoT trong quản lý lưới điện thông minh.

Xét về phương diện học thuật, kết quả này không phủ nhận vai trò của tài chính trong triển khai công nghệ, mà phản ánh đặc thù bối cảnh tổ chức của doanh nghiệp điện lực nhà nước. Theo quan điểm RBV của Barney (1991), nguồn lực tài chính thường được xem là điều kiện cần để đầu tư công nghệ, tuy nhiên tài chính chỉ phát huy tác động khi được chuyển hóa thành các nguồn lực có giá trị hơn như năng lực công nghệ, nhân sự và tổ chức. Trong trường hợp này, FIN có thể đóng vai trò gián tiếp, thông qua việc hỗ trợ đầu tư cho hạ tầng công nghệ, đào tạo nhân lực và hệ thống bảo mật, thay vì tác động trực tiếp đến hiệu quả vận hành IoT.

Từ góc độ thực tiễn, tại các công ty điện lực trực thuộc EVN, nguồn lực tài chính cho các dự án chuyển đổi số và ứng dụng IoT thường được phân bổ theo kế hoạch và định hướng chung từ cấp Tập đoàn. Điều này dẫn đến sự đồng đều tương đối về khả năng tiếp cận nguồn vốn giữa các đơn vị, làm giảm mức độ khác biệt cảm

nhận của cán bộ, nhân viên đối với yếu tố tài chính. Do đó, FIN có thể không được người trả lời khảo sát nhận diện như một yếu tố hạn chế hoặc thúc đẩy trực tiếp hiệu quả ứng dụng IoT trong hoạt động hàng ngày. Ngoài ra, trong giai đoạn đầu của quá trình triển khai IoT, hiệu quả ứng dụng công nghệ thường phụ thuộc nhiều hơn vào cách thức tổ chức triển khai, năng lực con người và mức độ đảm bảo an toàn – bảo mật, hơn là quy mô đầu tư tài chính tuyệt đối. Kết quả này cũng phù hợp với một số nghiên cứu cho rằng trong các dự án công nghệ công, khi nguồn vốn cơ bản đã được đảm bảo, các yếu tố phi tài chính mới là nhân tố quyết định hiệu quả sử dụng công nghệ (Teece, 2007; Bharadwaj, 2000).

Như vậy, việc yếu tố FIN không đạt ý nghĩa thống kê trong mô hình không làm suy giảm giá trị của nghiên cứu, mà ngược lại góp phần làm rõ rằng trong bối cảnh cụ thể của Công ty Điện lực Lâm Đồng, hiệu quả ứng dụng IoT chịu tác động mạnh mẽ hơn từ các yếu tố về con người, tổ chức và an toàn – bảo mật thông tin, thay vì từ nguồn lực tài chính thuần túy. Đây là một phát hiện có ý nghĩa thực tiễn, giúp các nhà quản lý tập trung ưu tiên nguồn lực vào các yếu tố mang lại hiệu quả cao hơn trong giai đoạn hiện nay.

3.6. Tóm tắt chương 3

Chương 3 trình bày toàn bộ kết quả phân tích dữ liệu khảo sát và thảo luận các phát hiện chính của nghiên cứu về các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả ứng dụng công nghệ IoT trong quản lý lưới điện thông minh. Trên cơ sở dữ liệu thu thập được từ đối tượng khảo sát, chương này tập trung đánh giá mức độ tin cậy của thang đo, kiểm định cấu trúc các nhân tố và xác định mối quan hệ giữa các biến nghiên cứu thông qua các kỹ thuật phân tích thống kê phù hợp.

Kết quả kiểm định độ tin cậy và phân tích nhân tố cho thấy các thang đo được sử dụng trong nghiên cứu đạt yêu cầu về tính nhất quán và giá trị đo lường, qua đó khẳng định sự phù hợp của mô hình nghiên cứu đề xuất. Các nhân tố độc lập được rút trích rõ ràng, phản ánh đầy đủ các khía cạnh cốt lõi liên quan đến tổ chức, nguồn nhân lực, an toàn – bảo mật và công nghệ trong quá trình triển khai IoT. Điều này tạo

cơ sở vững chắc cho việc tiếp tục phân tích mối quan hệ giữa các biến trong mô hình hồi quy.

Thông qua phân tích hồi quy tuyến tính, chương 3 đã xác định được các yếu tố có ảnh hưởng đáng kể đến hiệu quả ứng dụng IoT, đồng thời làm rõ mức độ và chiều hướng tác động của từng yếu tố. Kết quả cho thấy các yếu tố được đưa vào mô hình đều có tác động thuận chiều đến biến phụ thuộc, tuy nhiên mức độ ảnh hưởng giữa các yếu tố có sự khác biệt rõ rệt. Những phát hiện này không chỉ giúp kiểm định các giả thuyết nghiên cứu đã đề xuất mà còn cung cấp căn cứ khoa học cho việc xác định thứ tự ưu tiên trong quá trình xây dựng các giải pháp quản trị và kỹ thuật.

Trên cơ sở kết quả định lượng, phần thảo luận của chương 3 tiến hành so sánh, đối chiếu các phát hiện của nghiên cứu với các nghiên cứu trước đây trong và ngoài nước, qua đó làm rõ tính tương đồng cũng như những điểm khác biệt trong bối cảnh nghiên cứu cụ thể. Các kết quả phân tích được lý giải gắn với đặc thù hoạt động của ngành điện lực và điều kiện triển khai IoT tại đơn vị nghiên cứu, góp phần làm sâu sắc thêm ý nghĩa thực tiễn của nghiên cứu. Qua đó, Chương 3 đóng vai trò cầu nối quan trọng giữa cơ sở lý thuyết và các hàm ý quản trị, tạo nền tảng cho việc đề xuất giải pháp và kiến nghị ở các chương tiếp theo.

Chương 4: KẾT LUẬN VÀ HÀM Ý QUẢN TRỊ

4.1. Xác định mức độ ưu tiên các giải pháp

Dựa trên kết quả phân tích định lượng ở chương 3, tác giả đã xác định được rằng có 3 biến đều có tác động và tác động thuận chiều đến hiệu quả ứng dụng công nghệ IoT. Mức độ tác động của các biến được xác định dựa trên giá trị Beta chuẩn hóa của bảng Coefficients và được tổng hợp trong bảng 4.1 bên dưới:

Bảng 4.1: Tóm tắt về mức độ ảnh hưởng của các biến độc lập

Tên biến	Chiều tác động	Hệ số Beta chuẩn hóa	Xếp hạng mức độ tác động
Năng lực nhân sự kỹ thuật (HUM)	Thuận chiều	0,323	2
Hệ thống tổ chức và quy trình (ORG)	Thuận chiều	0,134	3
An toàn và bảo mật thông tin (SEC)	Thuận chiều	0,382	1

(Nguồn: Tác giả tổng hợp)

Kết quả cho thấy an toàn và bảo mật thông tin (SEC) là yếu tố có mức độ tác động mạnh nhất với hệ số Beta chuẩn hóa 0,382, do đó cần được ưu tiên hàng đầu khi triển khai các giải pháp nâng cao hiệu quả ứng dụng IoT. Nguồn lực nhân sự (HUM) xếp thứ hai với hệ số Beta 0,323, cho thấy vai trò quan trọng của đội ngũ kỹ thuật trong vận hành và khai thác hệ thống IoT. Hệ thống tổ chức và quy trình (ORG) có mức độ tác động thấp hơn (Beta = 0,134) nhưng vẫn ảnh hưởng tích cực và cần được xem xét nhằm đảm bảo tính đồng bộ trong quản lý. Biến TEC tuy không có tác động nhưng là một yếu tố tiềm năng tác động đến biến phụ thuộc nên tác giả vẫn sẽ thực hiện phân tích thống kê mô tả và đưa ra hàm ý quản trị cho biến này.

Từ các kết quả trên, thứ tự ưu tiên triển khai các giải pháp được xác định là: (1) an toàn và bảo mật thông tin, (2) nguồn lực nhân sự, (3) hệ thống tổ chức và (4) Mức độ sẵn sàng công nghệ (TEC). Đây là căn cứ quan trọng để đề xuất các giải pháp phù hợp với điều kiện thực tiễn của đơn vị nghiên cứu.

4.2. Kết quả thống kê mô tả biến An toàn và bảo mật thông tin (SEC) và hàm ý quản trị

Bảng 4.2: Kết quả thống kê mô tả biến an toàn và bảo mật

Biến	Biến quan sát	Trung bình	Độ lệch chuẩn
An toàn và bảo mật thông tin (SEC)	Công ty có chính sách và quy định rõ ràng về bảo mật thông tin trong hệ thống IoT.	3,6091	0,98173
	Hệ thống IoT có cơ chế xác thực người dùng rõ ràng và an toàn.	3,599	0,9565
	Hoạt động giám sát và phát hiện các mối đe dọa an ninh mạng được thực hiện thường xuyên.	3,3858	1,13542
	Công ty có quy trình xử lý kịp thời khi xảy ra sự cố bảo mật trong hệ thống IoT.	3,6904	1,00028
Trung bình của biến		3,591	

(Nguồn: Tác giả tổng hợp)

Dựa trên kết quả thống kê mô tả về biến An toàn và bảo mật thông tin (SEC) trong hệ thống IoT tại Công ty Điện lực Lâm Đồng, có thể thấy nhìn chung các biện pháp bảo mật được đánh giá tương đối cao với trung bình 3,591 trên thang điểm 5. Tuy nhiên, khi phân tích chi tiết từng quan sát, một số khía cạnh vẫn chưa đạt mức cao như mong đợi và cần được cải thiện để nâng cao hiệu quả ứng dụng IoT trong quản lý lưới điện thông minh.

Quan sát liên quan đến hoạt động giám sát và phát hiện các mối đe dọa an ninh mạng được thực hiện thường xuyên có điểm trung bình thấp nhất, chỉ đạt 3,386. Kết quả này cho thấy hiện tại các hoạt động giám sát chưa thật sự được tiến hành một cách liên tục và chủ động. Do đó, công ty cần đầu tư vào hệ thống giám sát mạng tự động, kết hợp với các công cụ phân tích dữ liệu theo thời gian thực, giúp phát hiện sớm các mối nguy cơ tiềm ẩn. Việc tổ chức các buổi diễn tập mô phỏng các tấn công mạng định kỳ cũng là một giải pháp hiệu quả để nhân viên nâng cao khả năng phản ứng nhanh, từ đó giảm thiểu thiệt hại do sự cố an ninh mạng gây ra.

Bên cạnh đó, quan sát về chính sách và quy định bảo mật thông tin trong hệ thống IoT cũng chỉ đạt trung bình 3,609, trong khi cơ chế xác thực người dùng rõ ràng và an toàn được đánh giá 3,599. Những con số này phản ánh rằng mặc dù công ty đã có một số quy định và cơ chế bảo mật, nhưng việc triển khai chưa đồng bộ hoặc chưa thực sự tạo được nhận thức và niềm tin ở bộ phận vận hành. Để khắc phục, công ty cần rà soát và hoàn thiện các chính sách bảo mật, đảm bảo các quy định rõ ràng về quyền truy cập, lưu trữ và xử lý dữ liệu IoT. Đồng thời, việc triển khai cơ chế xác thực đa lớp kết hợp phân quyền theo vai trò sẽ nâng cao an toàn và giúp hạn chế truy cập trái phép. Không chỉ dừng lại ở kỹ thuật, công tác đào tạo và nâng cao nhận thức của nhân viên về bảo mật cũng đóng vai trò quan trọng, giúp mọi người hiểu rõ tầm quan trọng của quy trình và tuân thủ nghiêm ngặt các hướng dẫn.

Mặc dù quan sát về quy trình xử lý kịp thời khi xảy ra sự cố bảo mật có điểm trung bình cao hơn, đạt 3,690, vẫn còn tiềm năng để tối ưu hóa. Việc xây dựng các kịch bản ứng phó chi tiết cho từng loại sự cố và phân công trách nhiệm rõ ràng sẽ giúp nâng cao tốc độ phản ứng và hiệu quả xử lý. Hơn nữa, việc đánh giá và báo cáo sau mỗi sự cố sẽ tạo cơ hội cải tiến liên tục, đồng thời củng cố sự tin tưởng của nhân viên và các bên liên quan vào hệ thống IoT.

Nhìn chung, để nâng cao hiệu quả ứng dụng công nghệ IoT trong quản lý lưới điện thông minh, Công ty Điện lực Lâm Đồng cần triển khai đồng bộ các giải pháp về giám sát tự động, cơ chế xác thực nâng cao, hoàn thiện chính sách bảo mật, đào tạo nhân viên và cải tiến quy trình ứng phó sự cố. Sự kết hợp này sẽ đảm bảo hệ thống IoT hoạt động ổn định, an toàn, đồng thời góp phần tăng cường hiệu quả vận hành và quản lý lưới điện, đáp ứng nhu cầu ngày càng cao về độ tin cậy và an toàn trong môi trường công nghệ số hiện nay.

4.3. Kết quả thống kê mô tả biến Năng lực nhân sự kỹ thuật (HUM) và hàm ý quản trị

Bảng 4.3: Kết quả thống kê mô tả biến năng lực nhân sự kỹ thuật

Biến	Biến quan sát	Trung bình	Độ lệch chuẩn
Năng lực nhân sự kỹ thuật (HUM)	Cán bộ kỹ thuật được đào tạo bài bản về các công nghệ IoT và hệ thống điều khiển điện.	3,5685	1,14803
	Nhân viên có nhiều kinh nghiệm thực tế trong việc vận hành và bảo trì hệ thống IoT.	3,665	1,2035
	Nhân viên có khả năng xử lý nhanh các sự cố kỹ thuật phát sinh trong hệ thống IoT.	3,5685	1,14358
	Nhân viên thường xuyên chủ động học hỏi, cập nhật kiến thức mới về IoT.	3,4975	1,14564
	Đội ngũ nhân sự có thái độ tích cực và sẵn sàng tiếp nhận công nghệ IoT mới.	3,467	1,17594
Trung bình của biến		3,553	

(Nguồn: Tác giả tổng hợp)

Dựa trên kết quả thống kê mô tả về biến Năng lực nhân sự kỹ thuật (HUM) trong việc ứng dụng công nghệ IoT tại Công ty Điện lực Lâm Đồng, có thể nhận thấy nhìn chung các yếu tố liên quan đến nhân lực được đánh giá tương đối cao với trung bình chung đạt 3,553 trên thang điểm 5. Điều này cho thấy công ty đã có sự quan tâm đáng kể đến việc phát triển năng lực nhân lực nhằm đảm bảo hiệu quả triển khai và vận hành hệ thống IoT trong quản lý lưới điện thông minh.

Tuy nhiên, khi đi sâu vào từng quan sát, một số khía cạnh vẫn chưa đạt mức cao lý tưởng, phản ánh những điểm cần cải thiện để nâng cao hơn nữa hiệu quả ứng dụng công nghệ. Cụ thể, quan sát về việc "Nhân viên thường xuyên chủ động học hỏi, cập nhật kiến thức mới về IoT" và "Đội ngũ nhân sự có thái độ tích cực và sẵn sàng tiếp

nhận công nghệ IoT mới" có điểm trung bình lần lượt là 3,498 và 3,467, thấp hơn so với các quan sát còn lại. Kết quả này cho thấy mặc dù đội ngũ nhân lực đã được đào tạo và có kinh nghiệm thực tế, nhưng việc tự chủ động học hỏi và thái độ tiếp nhận công nghệ mới chưa được thể hiện một cách mạnh mẽ.

Để cải thiện tình trạng này, công ty cần xây dựng một chương trình đào tạo liên tục, không chỉ tập trung vào kỹ năng vận hành và bảo trì hệ thống IoT mà còn hướng tới việc nâng cao kiến thức về các công nghệ mới, xu hướng IoT, và các giải pháp tối ưu hóa quản lý lưới điện thông minh. Việc khuyến khích nhân viên tham gia các khóa học trực tuyến, hội thảo chuyên ngành, hoặc các chương trình trao đổi kiến thức với các công ty điện lực khác sẽ giúp họ cập nhật nhanh chóng các tiến bộ công nghệ và nâng cao khả năng thích ứng.

Bên cạnh đó, để thúc đẩy thái độ tích cực và sẵn sàng tiếp nhận công nghệ mới, công ty cần triển khai các biện pháp tạo động lực cho nhân viên. Ví dụ, việc công nhận và khen thưởng những cá nhân hoặc nhóm có sáng kiến cải tiến hệ thống IoT, tổ chức các buổi thử nghiệm công nghệ mới hoặc dự án thí điểm với sự tham gia của nhân viên sẽ tạo ra môi trường học hỏi và đổi mới. Điều này không chỉ nâng cao năng lực cá nhân mà còn góp phần củng cố văn hóa đổi mới trong toàn công ty.

Ngoài ra, công ty nên thiết lập các cơ chế hỗ trợ và tư vấn kỹ thuật nhanh chóng khi nhân viên gặp khó khăn trong quá trình vận hành hệ thống IoT, từ đó giảm bớt áp lực và khuyến khích sự chủ động học hỏi. Việc kết hợp giữa đào tạo bài bản, hỗ trợ thường xuyên và tạo động lực tích cực sẽ giúp Nâng lực nhân sự kỹ thuật tại Công ty Điện lực Lâm Đồng trở nên vững mạnh hơn, từ đó nâng cao hiệu quả ứng dụng công nghệ IoT trong quản lý lưới điện thông minh một cách bền vững.

4.4. Kết quả thống kê mô tả biến Hệ thống tổ chức và quy trình (ORG) và hàm ý quản trị

Bảng 4.4: Kết quả thống kê mô tả biến hệ thống tổ chức và quy trình

Biến	Biến quan sát	Trung bình	Độ lệch chuẩn
Hệ thống tổ chức và quy trình (ORG)	Trách nhiệm và vai trò của các bộ phận trong triển khai IoT được phân công rõ ràng.	3,4315	1,12559
	Quy trình làm việc trong quản lý và khai thác hệ thống IoT được xây dựng hợp lý, hiệu quả.	3,5584	1,34881
	Có sự phối hợp chặt chẽ giữa các phòng ban liên quan trong việc vận hành IoT.	3,5584	1,17495
	Ban lãnh đạo Công ty luôn quan tâm và hỗ trợ cho việc ứng dụng IoT.	3,7107	1,15287
	Văn hóa làm việc tại Công ty khuyến khích đổi mới và ứng dụng công nghệ mới.	3,736	1,13
Trung bình của biến		3,599	

(Nguồn: Tác giả tổng hợp)

Dựa trên kết quả thống kê mô tả về Hệ thống tổ chức và quy trình (ORG) trong việc triển khai và ứng dụng công nghệ IoT tại Công ty Điện lực Lâm Đồng, có thể nhận thấy trung bình chung của biến đạt 3,599 trên thang điểm 5, cho thấy mức đánh giá tích cực từ phía các nhân viên về cơ cấu tổ chức, quy trình làm việc và văn hóa công ty. Kết quả này phản ánh rằng Công ty đã tạo được một nền tảng tổ chức tương đối vững chắc, hỗ trợ hiệu quả cho việc triển khai và vận hành các hệ thống IoT trong quản lý lưới điện thông minh.

Tuy nhiên, khi phân tích chi tiết các quan sát, một số điểm vẫn cần được cải thiện để nâng cao hiệu quả tổ chức hơn nữa. Quan sát về "Trách nhiệm và vai trò của

các bộ phận trong triển khai IoT được phân công rõ ràng" có điểm trung bình 3,4315, thấp hơn đáng kể so với các quan sát khác. Điều này cho thấy, mặc dù cơ cấu tổ chức tổng thể đã được xây dựng, vẫn còn tình trạng một số nhân viên chưa thực sự nắm rõ nhiệm vụ, trách nhiệm của mình trong quá trình triển khai IoT, dẫn đến nguy cơ chông chéo công việc hoặc thiếu phối hợp hiệu quả.

Để cải thiện tình trạng này, Công ty có thể xem xét việc rà soát và cập nhật lại ma trận phân công nhiệm vụ cho các bộ phận liên quan, đảm bảo rằng mỗi phòng ban và cá nhân đều nắm rõ phạm vi trách nhiệm và mối quan hệ phối hợp với các đơn vị khác. Đồng thời, việc tổ chức các buổi đào tạo nội bộ, hội thảo chuyên đề về vai trò và nhiệm vụ trong vận hành IoT cũng sẽ giúp nhân viên nhận thức rõ hơn về trách nhiệm của mình, từ đó nâng cao hiệu quả làm việc nhóm và phối hợp liên phòng ban.

Một số quan sát khác như "Quy trình làm việc trong quản lý và khai thác hệ thống IoT được xây dựng hợp lý, hiệu quả" và "Có sự phối hợp chặt chẽ giữa các phòng ban liên quan trong việc vận hành IoT" đạt mức trung bình 3,5584, thể hiện rằng mặc dù đã có quy trình và sự phối hợp, vẫn có khoảng trống để tối ưu hóa các quy trình hiện tại. Công ty nên xem xét tinh gọn các quy trình vận hành, áp dụng các công cụ quản lý dự án và hệ thống thông tin quản lý để theo dõi tiến độ và chất lượng công việc, đồng thời đảm bảo rằng tất cả các phòng ban đều hoạt động đồng bộ và hiệu quả.

Điểm trung bình cao nhất thuộc về các quan sát liên quan đến vai trò lãnh đạo và văn hóa đổi mới, cụ thể là "Ban lãnh đạo Công ty luôn quan tâm và hỗ trợ cho việc ứng dụng IoT" với 3,7107 và "Văn hóa làm việc tại Công ty khuyến khích đổi mới và ứng dụng công nghệ mới" với 3,736. Điều này cho thấy lãnh đạo và văn hóa đổi mới là những điểm mạnh quan trọng, giúp nhân viên có động lực để áp dụng các công nghệ mới và sáng tạo trong công việc. Để tận dụng thế mạnh này, Công ty có thể thiết lập các chương trình khen thưởng và công nhận sáng kiến đổi mới, khuyến khích nhân viên chủ động đề xuất các cải tiến trong quản lý lưới điện thông minh.

Ngoài ra, việc tạo ra các buổi trao đổi kinh nghiệm và nhóm học tập nội bộ cũng sẽ giúp lan tỏa văn hóa đổi mới và nâng cao khả năng phối hợp giữa các phòng ban,

từ đó tăng hiệu quả triển khai IoT. Kết hợp với việc rà soát nhiệm vụ, tối ưu hóa quy trình và phát triển kỹ năng phối hợp, Công ty Điện lực Lâm Đồng sẽ có thể xây dựng một hệ thống tổ chức vững chắc, đồng bộ và linh hoạt, sẵn sàng đáp ứng các thách thức công nghệ trong quản lý lưới điện thông minh.

4.5. Kết quả thống kê mô tả biến Công nghệ (TEC) và hàm ý quản trị

Bảng 4.5: Kết quả thống kê mô tả biến công nghệ

Biến	Biến quan sát	Trung bình	Độ lệch chuẩn
Công nghệ (TEC)	Hệ thống truyền thông dữ liệu (mạng, cảm biến, kết nối) hoạt động ổn định, ít xảy ra lỗi.	3,8426	0,85153
	Các thiết bị và nền tảng IoT có khả năng tích hợp dễ dàng với các hệ thống quản lý khác.	3,8832	0,86989
	Hạ tầng IoT có khả năng mở rộng khi nhu cầu sử dụng tăng lên.	3,797	0,93098
	Tổng thể hạ tầng IoT tại Công ty đáng tin cậy và đáp ứng tốt cho quản lý lưới điện thông minh.	3,8477	0,87316
Trung bình của biến		3,843	

(Nguồn: Tác giả tổng hợp)

Dựa trên kết quả thống kê mô tả về biến Công nghệ (TEC) trong việc triển khai IoT tại Công ty Điện lực Lâm Đồng, trung bình chung của biến đạt 3,843 trên thang điểm 5, phản ánh mức đánh giá tích cực từ phía nhân viên đối với hạ tầng công nghệ và hệ thống thiết bị IoT của công ty. Điều này cho thấy công nghệ hiện tại tương đối ổn định, có khả năng hỗ trợ hiệu quả cho việc quản lý lưới điện thông minh, đồng thời tạo nền tảng tốt để triển khai các giải pháp công nghệ tiên tiến trong tương lai.

Khi quan sát chi tiết các biến quan sát, có thể thấy rằng điểm trung bình cao nhất thuộc về "Các thiết bị và nền tảng IoT có khả năng tích hợp dễ dàng với các hệ

thống quản lý khác" với 3,8832, cho thấy nhân viên đánh giá khả năng tương thích và tích hợp của hạ tầng IoT là một điểm mạnh. Điều này cho phép Công ty dễ dàng mở rộng và nâng cấp các hệ thống quản lý hiện tại, kết nối các thiết bị và dữ liệu từ nhiều nguồn khác nhau, đồng thời hỗ trợ việc ra quyết định dựa trên dữ liệu một cách nhanh chóng và hiệu quả.

Tuy nhiên, một số biến quan sát vẫn có điểm trung bình thấp hơn so với các quan sát còn lại, điển hình là "Hạ tầng IoT có khả năng mở rộng khi nhu cầu sử dụng tăng lên" với 3,797. Mức điểm này cho thấy khả năng mở rộng của hạ tầng hiện tại chưa thực sự được đánh giá cao, phản ánh tiềm năng cải thiện trong việc đáp ứng các nhu cầu phát triển về số lượng thiết bị, dữ liệu và tốc độ truyền tải trong tương lai.

Để nâng cao hiệu quả ứng dụng công nghệ, Công ty Điện lực Lâm Đồng nên tập trung vào việc tăng cường khả năng mở rộng và linh hoạt của hạ tầng IoT. Cụ thể, công ty có thể đầu tư vào các thiết bị cảm biến và nền tảng mạng có khả năng mở rộng theo kiến trúc module, cho phép bổ sung thiết bị mới mà không ảnh hưởng đến hệ thống hiện tại. Bên cạnh đó, cần xây dựng các tiêu chuẩn tích hợp và kiểm thử định kỳ để đảm bảo rằng các thiết bị và nền tảng mới có thể hoạt động đồng bộ với hệ thống quản lý lưới điện thông minh.

Một hướng giải pháp khác là phát triển các công cụ giám sát và quản lý hiệu suất hạ tầng IoT để theo dõi tình trạng hoạt động, xác định sớm các điểm nghẽn hoặc thiết bị có nguy cơ lỗi, từ đó thực hiện bảo trì dự đoán và nâng cấp kịp thời. Đồng thời, việc cung cấp đào tạo chuyên sâu cho nhân viên về công nghệ IoT và các nền tảng tích hợp sẽ giúp đội ngũ vận hành hiểu rõ hơn về khả năng của hệ thống và khai thác tối đa các tính năng công nghệ hiện có.

Nhìn chung, mặc dù các đánh giá về công nghệ hiện tại là tích cực, việc tập trung vào nâng cao khả năng mở rộng, tối ưu hóa hiệu suất và chuẩn hóa tích hợp sẽ giúp Công ty Điện lực Lâm Đồng phát huy tối đa hiệu quả của IoT, đáp ứng các yêu cầu vận hành lưới điện thông minh ngày càng phức tạp và năng động, đồng thời tạo tiền đề cho các ứng dụng công nghệ mới trong tương lai.

4.6. Hạn chế và hướng nghiên cứu tiếp theo

Mặc dù nghiên cứu đã cung cấp những kết quả quan trọng về các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả ứng dụng IoT trong quản lý lưới điện thông minh tại Công ty Điện lực Lâm Đồng, vẫn tồn tại một số hạn chế cần được lưu ý. Trước hết, phạm vi khảo sát chủ yếu tập trung vào nhân viên và cán bộ kỹ thuật của công ty, do đó những đánh giá thu thập được phản ánh quan điểm và trải nghiệm của nhóm đối tượng này. Điều này có thể chưa phản ánh đầy đủ các yếu tố từ góc độ khách hàng, đối tác cung cấp công nghệ hoặc các cơ quan quản lý nhà nước, vốn cũng có vai trò quan trọng trong việc ảnh hưởng đến hiệu quả triển khai IoT.

Một hạn chế khác liên quan đến thiết kế nghiên cứu cắt ngang, khi dữ liệu chỉ được thu thập tại một thời điểm nhất định. Điều này khiến việc đánh giá tác động lâu dài của các yếu tố như năng lực công nghệ, Năng lực nhân sự kỹ thuật, hệ thống tổ chức và bảo mật trở nên hạn chế. Trên thực tế, các yếu tố này có thể thay đổi theo thời gian, đặc biệt là khi công nghệ IoT được nâng cấp, các quy trình vận hành được cải thiện hoặc văn hóa tổ chức phát triển. Việc nghiên cứu trong một khoảng thời gian dài hơn sẽ giúp nắm bắt tốt hơn các xu hướng và sự thay đổi trong quá trình triển khai.

Ngoài ra, nghiên cứu chủ yếu dựa trên phương pháp khảo sát định lượng và phân tích thống kê, điều này cung cấp cái nhìn tổng quan về mức độ tác động của các yếu tố nhưng chưa đi sâu vào cơ chế vận hành thực tế. Những vấn đề như khả năng mở rộng hạ tầng IoT, tích hợp hệ thống, mức độ chủ động học hỏi của nhân viên, hay các rủi ro bảo mật trong vận hành vẫn chưa được khai thác chi tiết. Thực tế, mặc dù các biến như công nghệ (TEC) và Năng lực nhân sự kỹ thuật (HUM) có điểm trung bình cao, một số quan sát vẫn cho thấy mức đánh giá thấp ở những khía cạnh như khả năng mở rộng hạ tầng, cập nhật kiến thức mới hay xử lý nhanh sự cố. Điều này cho thấy cần phải có những cải thiện cụ thể để nâng cao hiệu quả ứng dụng IoT.

Trên cơ sở những hạn chế này, các nghiên cứu tiếp theo có thể mở rộng phạm vi khảo sát để bao gồm nhiều đối tượng hơn, chẳng hạn như bộ phận quản lý cấp cao, nhân viên vận hành hiện trường, đối tác công nghệ và khách hàng. Việc này giúp

đánh giá toàn diện các yếu tố tác động và mối quan hệ đa chiều trong quá trình triển khai IoT. Đồng thời, thiết kế nghiên cứu theo chiều dài thời gian sẽ cho phép đánh giá tác động lâu dài của các yếu tố kỹ thuật, nhân lực và tổ chức, từ đó xây dựng các chiến lược phát triển bền vững cho lưới điện thông minh.

Cùng với đó, việc kết hợp các phương pháp nghiên cứu định tính như phỏng vấn sâu hoặc nghiên cứu tình huống sẽ giúp hiểu rõ các rào cản thực tế trong quá trình triển khai, bao gồm những khó khăn về tích hợp hệ thống, quản lý dữ liệu và thích ứng của nhân viên với công nghệ mới. Ngoài ra, nghiên cứu tiếp theo cũng có thể tập trung đánh giá chi tiết các yếu tố công nghệ và bảo mật, nhằm đề xuất các giải pháp nâng cao tính sẵn sàng kỹ thuật, độ ổn định của hạ tầng IoT và bảo đảm an toàn dữ liệu trong vận hành lưới điện thông minh. Cuối cùng, việc xây dựng các mô hình dự báo hiệu quả ứng dụng IoT dựa trên dữ liệu thực tế sẽ giúp công ty lập kế hoạch nâng cấp hạ tầng, phân bổ nguồn lực hiệu quả và tối ưu hóa hiệu quả vận hành, từ đó nâng cao năng lực cạnh tranh và hiệu quả quản lý lưới điện thông minh tại Lâm Đồng.

4.7. Tóm tắt chương 4

Chương 4 làm rõ bức tranh tổng thể về các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả ứng dụng công nghệ IoT trong quản lý lưới điện thông minh tại Công ty Điện lực Lâm Đồng, trên cơ sở diễn giải và thảo luận kết quả nghiên cứu định lượng. Nội dung chương tập trung phân tích mức độ và tính chất tác động của từng yếu tố, qua đó cho thấy hiệu quả triển khai IoT không chỉ phụ thuộc vào yếu tố công nghệ mà còn chịu ảnh hưởng mạnh mẽ từ các điều kiện về tổ chức, con người và bảo mật thông tin.

Kết quả nghiên cứu cho thấy an toàn và bảo mật thông tin giữ vai trò then chốt trong việc nâng cao hiệu quả ứng dụng IoT, phản ánh yêu cầu đặc thù của ngành điện lực đối với tính ổn định, an toàn và độ tin cậy của hệ thống. Bên cạnh đó, năng lực và mức độ sẵn sàng của nguồn nhân lực, cùng với sự phù hợp của cơ cấu tổ chức và quy trình quản lý, cũng có tác động tích cực và đáng kể, góp phần quyết định khả năng khai thác hiệu quả các giải pháp IoT trong thực tiễn vận hành lưới điện thông minh.

Thông qua việc phân tích và đối chiếu kết quả nghiên cứu với thực tiễn tại đơn vị, chương 4 nhấn mạnh rằng việc nâng cao hiệu quả ứng dụng IoT cần được tiếp cận theo hướng tổng thể, kết hợp đồng bộ giữa đầu tư công nghệ, hoàn thiện cơ chế tổ chức và phát triển nguồn nhân lực. Những luận điểm được trình bày trong chương này tạo cơ sở khoa học và thực tiễn quan trọng cho việc đề xuất các giải pháp và kiến nghị cụ thể ở chương tiếp theo.

Chương 5: KẾ HOẠCH THỰC HIỆN

5.1. Cơ sở xây dựng kế hoạch

Kế hoạch thực hiện được xây dựng trên cơ sở kết quả phân tích định lượng ở Chương 3 và các hàm ý quản trị ở Chương 4. Kết quả hồi quy cho thấy bốn nhóm yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả ứng dụng công nghệ IoT trong quản lý lưới điện thông minh tại Công ty Điện lực Lâm Đồng, với mức độ tác động được sắp xếp theo thứ tự: an toàn và bảo mật thông tin (SEC), năng lực nhân sự kỹ thuật (HUM), hệ thống tổ chức và quy trình (ORG) và mức độ sẵn sàng công nghệ (TEC).

Bên cạnh đó, kết quả thống kê mô tả cho thấy đa số các biên quan sát chỉ đạt mức trung bình khá, phản ánh thực trạng ứng dụng IoT tại Công ty đã hình thành nền tảng ban đầu nhưng chưa thực sự đồng bộ và tối ưu. Một số chỉ báo quan trọng như giám sát an ninh mạng, phân định trách nhiệm giữa các bộ phận và trình độ chuyên môn về IoT của nhân sự còn ở mức chưa cao.

Do đó, kế hoạch thực hiện được xây dựng theo nguyên tắc: (i) ưu tiên theo đúng mức độ ảnh hưởng của các yếu tố, (ii) tập trung xử lý các chỉ báo có giá trị trung bình thấp, và (iii) kết hợp giữa mục tiêu ngắn hạn và định hướng phát triển dài hạn. Cách tiếp cận này nhằm bảo đảm sử dụng hiệu quả nguồn lực, tránh đầu tư dàn trải và tạo nền tảng vững chắc cho quá trình chuyển đổi số trong quản lý lưới điện.

5.2. Kế hoạch cải thiện theo từng nhóm yếu tố

5.2.1. Cải thiện về An toàn & bảo mật thông tin (Ưu tiên số 1)

An toàn và bảo mật thông tin là yếu tố có tác động mạnh nhất đến hiệu quả ứng dụng IoT. Tuy nhiên, kết quả thống kê mô tả cho thấy hoạt động giám sát và phát hiện các mối đe dọa an ninh mạng chưa được thực hiện thường xuyên, trong khi cơ chế xác thực và chính sách bảo mật mới chỉ đạt mức trung bình khá.

Vì vậy, kế hoạch tập trung trước hết vào việc nâng cao năng lực bảo vệ hệ thống IoT. Công ty cần đầu tư các giải pháp giám sát an ninh mạng theo thời gian thực, áp dụng các công cụ phát hiện xâm nhập và cảnh báo sớm. Đồng thời, cần hoàn thiện chính sách bảo mật nội bộ, xây dựng quy trình xử lý sự cố chi tiết cho từng tình huống, gán trách nhiệm cụ thể cho từng bộ phận.

Bên cạnh giải pháp kỹ thuật, yếu tố con người đóng vai trò then chốt trong bảo đảm an toàn thông tin. Do đó, Công ty cần tổ chức đào tạo định kỳ về an toàn – bảo mật cho toàn bộ nhân sự liên quan đến hệ thống IoT, giúp nâng cao nhận thức và khả năng tuân thủ các quy trình bảo mật trong quá trình vận hành.

5.2.2. Cải thiện về Năng lực nhân sự kỹ thuật (Ưu tiên số 2)

Năng lực nhân sự kỹ thuật là yếu tố có mức độ ảnh hưởng lớn thứ hai đến hiệu quả ứng dụng IoT. Tuy nhiên, kết quả khảo sát cho thấy trình độ chuyên môn về IoT, hệ thống điều khiển và phân tích dữ liệu của đội ngũ cán bộ kỹ thuật chưa thật sự đồng đều.

Do đó, kế hoạch cải thiện tập trung vào việc xây dựng chương trình đào tạo bài bản và có lộ trình. Các chương trình đào tạo cần được phân tầng theo mức độ từ cơ bản đến nâng cao, kết hợp giữa đào tạo nội bộ và hợp tác với các đơn vị chuyên môn bên ngoài. Nội dung đào tạo không chỉ dừng lại ở kỹ thuật vận hành mà còn bao gồm phân tích dữ liệu, an ninh mạng và xử lý sự cố.

Song song với đào tạo, Công ty cần xây dựng cơ chế khuyến khích nhân sự chủ động học tập và đổi mới, thông qua việc ghi nhận sáng kiến, gắn kết quả học tập với đánh giá thi đua và cơ hội thăng tiến. Mục tiêu là hình thành đội ngũ kỹ thuật có năng lực chuyên sâu, đủ khả năng khai thác hiệu quả hệ thống IoT trong thực tiễn.

5.2.3. Cải thiện hệ thống tổ chức và quy trình (Ưu tiên số 3)

Mặc dù hệ thống tổ chức và quy trình có mức độ tác động thấp hơn hai yếu tố trên, nhưng vẫn có ý nghĩa thống kê và ảnh hưởng tích cực đến hiệu quả ứng dụng IoT. Kết quả khảo sát cho thấy trách nhiệm giữa các bộ phận trong các hoạt động liên quan đến IoT chưa được phân định rõ ràng và mức độ phối hợp liên phòng ban còn hạn chế.

Trên cơ sở đó, Công ty cần tiến hành rà soát lại cơ cấu tổ chức liên quan đến hoạt động IoT, xây dựng ma trận trách nhiệm cho các khâu từ triển khai thiết bị, thu thập dữ liệu, bảo trì đến xử lý sự cố. Các quy trình làm việc cần được chuẩn hóa và số hóa nhằm tăng tính minh bạch và khả năng kiểm soát.

Ngoài ra, cần thúc đẩy văn hóa phối hợp và chia sẻ trong tổ chức thông qua các buổi sinh hoạt chuyên môn, hội thảo nội bộ và hoạt động trao đổi kinh nghiệm định kỳ. Mục tiêu là hình thành cơ chế vận hành thống nhất, hạn chế tình trạng chồng chéo hoặc bỏ sót trách nhiệm trong quá trình quản lý hệ thống IoT.

5.2.4. Cải thiện về Công nghệ (Ưu tiên số 4)

Mặc dù yếu tố công nghệ chưa có ý nghĩa thống kê trong mô hình hồi quy, nhưng vẫn đóng vai trò là nền tảng cho toàn bộ hệ thống IoT. Thống kê mô tả cho thấy mức độ sẵn sàng công nghệ mới chỉ đạt mức trung bình khá, chưa thật sự đồng bộ và linh hoạt.

Vì vậy, kế hoạch công nghệ tập trung vào việc từng bước nâng cấp hạ tầng IoT theo hướng đồng bộ và có khả năng mở rộng. Công ty cần ưu tiên các giải pháp có khả năng tích hợp với các hệ thống hiện có như SCADA, AMI, DMS, OMS và nền tảng dữ liệu tập trung. Việc đầu tư công nghệ cần được thực hiện theo từng giai đoạn, thông qua các dự án thí điểm trước khi nhân rộng nhằm giảm thiểu rủi ro.

5.3. Lộ trình triển khai kế hoạch

5.3.1. Giai đoạn 2025 – 2026 (Ngắn hạn)

Tập trung xử lý các điểm yếu cấp bách:

- Tăng cường giám sát an ninh mạng, cập nhật chính sách bảo mật.
- Thiết kế và triển khai chương trình đào tạo nền tảng về IoT.
- Rà soát và phân định rõ trách nhiệm trong quy trình IoT.
- Đánh giá lại hiện trạng hạ tầng IoT để xây dựng kế hoạch nâng cấp.

5.3.2. Giai đoạn 2026 – 2028 (Trung hạn)

- Tự động hóa một phần quy trình giám sát và ứng phó sự cố.
- Xây dựng đội ngũ chuyên gia IoT nội bộ.
- Nâng cấp hệ thống truyền thông và khả năng mở rộng hạ tầng IoT.
- Tối ưu hóa quy trình phối hợp giữa các phòng ban.

5.3.3. Giai đoạn 2028 – 2030 (Dài hạn)

- Ứng dụng AI trong phân tích dữ liệu IoT và dự báo sự cố.

- Triển khai nền tảng quản trị IoT thông minh tích hợp (IoT Management Platform).
- Hoàn thiện văn hóa đổi mới sáng tạo trong toàn Công ty.
- Đánh giá tổng thể hiệu quả triển khai và đề xuất chiến lược mở rộng giai đoạn sau 2030.

5.4. Điều kiện bảo đảm thực hiện

Để kế hoạch đạt hiệu quả, Công ty cần:

- Cam kết mạnh từ lãnh đạo trong đầu tư và điều phối triển khai.
- Ngân sách phù hợp cho nâng cấp bảo mật, đào tạo và mua sắm thiết bị.
- Cơ chế phối hợp liên phòng ban rõ ràng và nhất quán.
- Hệ thống theo dõi kết quả (KPI) gắn với từng nhóm giải pháp.

5.5. Kết luận chương 5

Kế hoạch cải thiện này được thiết kế dựa trên kết quả phân tích thực nghiệm, đảm bảo tính ưu tiên theo mức độ ảnh hưởng của các yếu tố và tập trung xử lý các điểm yếu nổi bật. Nếu được triển khai đúng lộ trình, Công ty Điện lực Lâm Đồng sẽ nâng cao đáng kể hiệu quả ứng dụng IoT, đảm bảo an toàn – tin cậy – linh hoạt trong quản lý lưới điện thông minh, phù hợp với định hướng chuyển đổi số của ngành điện.

5.6. Tóm tắt chương 5

Chương 5 đã tập trung xây dựng kế hoạch thực hiện nhằm cụ thể hóa các kết quả phân tích và hàm ý quản trị đã được rút ra từ các chương trước, hướng đến việc nâng cao hiệu quả ứng dụng công nghệ IoT trong quản lý lưới điện thông minh tại Công ty Điện lực Lâm Đồng. Nội dung chương nhấn mạnh tính khả thi, tính hệ thống và tính lộ trình trong quá trình triển khai các giải pháp, bảo đảm phù hợp với điều kiện thực tiễn của đơn vị nghiên cứu.

Trên cơ sở mức độ ảnh hưởng và thứ tự ưu tiên của các yếu tố đã được xác định, kế hoạch thực hiện được xây dựng theo hướng tiếp cận tổng thể nhưng có trọng tâm, trong đó các giải pháp được phân nhóm và sắp xếp theo mức độ ưu tiên triển khai. Cách tiếp cận này nhằm bảo đảm việc phân bổ nguồn lực hợp lý, tránh dàn trải, đồng

thời tạo hiệu quả lan tỏa trong quá trình ứng dụng IoT vào vận hành và quản lý lưới điện thông minh.

Bên cạnh việc xác định nội dung cải thiện đối với từng nhóm yếu tố, chương 5 còn làm rõ lộ trình triển khai theo các giai đoạn ngắn hạn, trung hạn và dài hạn. Việc phân chia lộ trình giúp đơn vị chủ động trong công tác tổ chức thực hiện, từng bước hoàn thiện năng lực nội tại, đồng thời thích ứng với sự phát triển nhanh chóng của công nghệ và yêu cầu ngày càng cao về an toàn, độ tin cậy của hệ thống điện.

Ngoài ra, chương 5 cũng nhấn mạnh vai trò của các điều kiện bảo đảm thực hiện, bao gồm sự cam kết của lãnh đạo, sự phối hợp giữa các bộ phận chức năng và khả năng huy động, sử dụng hiệu quả các nguồn lực cần thiết. Qua đó, Chương 5 không chỉ dừng lại ở việc đề xuất giải pháp, mà còn cung cấp một khung kế hoạch mang tính định hướng và thực tiễn, tạo cơ sở để Công ty Điện lực Lâm Đồng từng bước triển khai và nâng cao hiệu quả ứng dụng công nghệ IoT trong quản lý lưới điện thông minh.

PHẦN III: KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết quả phân tích định lượng cho thấy bốn nhóm yếu tố trong mô hình đều có ảnh hưởng tích cực đến hiệu quả ứng dụng IoT. Trong đó, An toàn & bảo mật thông tin (SEC) là yếu tố có tác động mạnh nhất, phản ánh yêu cầu cấp thiết về bảo vệ dữ liệu và duy trì tính liên tục của hệ thống IoT trong bối cảnh lưới điện ngày càng số hóa. Nguồn nhân lực (HUM) là yếu tố tác động mạnh thứ hai, cho thấy vai trò quan trọng của kỹ năng, thái độ và mức độ sẵn sàng của đội ngũ cán bộ trong việc tiếp nhận và vận hành công nghệ mới. Yếu tố Tổ chức (ORG) và Công nghệ (TEC) cũng có ảnh hưởng tích cực, dù mức độ thấp hơn, thể hiện nhu cầu cải thiện quy trình phối hợp, phân định trách nhiệm và tiếp tục đầu tư nâng cấp hạ tầng IoT theo hướng linh hoạt và dễ mở rộng.

Bên cạnh đó, mô tả thống kê đã chỉ ra nhiều điểm cần cải thiện như tần suất giám sát an ninh chưa cao, nhân viên còn hạn chế trong việc chủ động cập nhật kiến thức mới, phân công nhiệm vụ giữa các bộ phận chưa rõ ràng, cũng như hạ tầng IoT chưa thật sự đáp ứng yêu cầu mở rộng. Những kết quả này là cơ sở quan trọng để luận văn đề xuất hệ thống hàm ý quản trị nhằm nâng cao hiệu quả ứng dụng IoT trong thời gian tới.

Dựa trên kết quả phân tích và mức độ tác động đã được kiểm định, luận văn đã đề xuất kế hoạch cải thiện tập trung vào bốn hướng chính: (1) tăng cường năng lực bảo mật an toàn thông tin; (2) phát triển chất lượng nguồn nhân lực, đặc biệt về kỹ năng vận hành IoT và phân tích dữ liệu; (3) hoàn thiện cơ cấu tổ chức, phân công nhiệm vụ và cơ chế phối hợp; và (4) nâng cấp công nghệ theo hướng mở, tích hợp và dễ mở rộng. Những giải pháp này được xây dựng theo lộ trình ngắn hạn – trung hạn – dài hạn, phù hợp với điều kiện thực tế của Công ty Điện lực Lâm Đồng và bám sát định hướng chuyển đổi số của EVN.

Kết quả nghiên cứu không chỉ có ý nghĩa đối với Công ty Điện lực Lâm Đồng mà còn có giá trị tham khảo cho các đơn vị điện lực khác trong việc ứng dụng IoT vào quản lý – vận hành lưới điện phân phối. Việc triển khai đồng bộ các giải pháp nêu trên được kỳ vọng sẽ góp phần nâng cao độ tin cậy cung cấp điện, tối ưu hóa chi

phí, nâng cao năng lực quản trị và từng bước hiện đại hóa lưới điện theo định hướng lưới điện thông minh.

Tuy nhiên, nghiên cứu vẫn có những hạn chế nhất định. Mẫu khảo sát chủ yếu tập trung tại một đơn vị điện lực nên chưa phản ánh đầy đủ sự khác biệt giữa các khu vực trong ngành điện. Ngoài ra, các yếu tố bên ngoài như chính sách của Nhà nước, quy định kỹ thuật mới của EVN hay thay đổi công nghệ nhanh chóng có thể ảnh hưởng đến mức độ ứng dụng IoT nhưng chưa được phân tích sâu trong phạm vi luận văn. Do đó, các nghiên cứu tiếp theo có thể mở rộng phạm vi khảo sát, bổ sung thêm biến quan sát hoặc áp dụng các mô hình phân tích tiên tiến hơn nhằm tăng tính tổng quát và độ chính xác của kết quả.

Tổng thể, luận văn đã đạt được mục tiêu đề ra khi hệ thống hóa cơ sở lý thuyết, đánh giá thực trạng, kiểm định mô hình tác động và đề xuất giải pháp nâng cao hiệu quả ứng dụng IoT trong vận hành lưới điện. Đây là cơ sở quan trọng để Công ty Điện lực Lâm Đồng tiếp tục hoàn thiện công tác quản trị, phát triển nguồn lực và thúc đẩy chuyển đổi số trong giai đoạn 2025–2030.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt:

1. Công ty Điện lực Bình Thuận (2023), *'PC Bình Thuận: Quản lý vận hành ngày càng tiện lợi nhờ chuyển đổi số*, Tập đoàn Điện lực Việt Nam, Hà Nội.
2. Cục Điều tiết Điện lực (2020), *Quyết định 41/QĐ-ĐTĐL về ban hành quy trình quản lý vận hành hệ thống công nghệ thông tin điều hành thị trường điện*, Hà Nội.
3. EVN (2022), *Tiết kiệm điện đơn giản với giải pháp điều chỉnh phụ tải điện DR*, Tập đoàn Điện lực Việt Nam.
4. EVN (2023), *Đồng hồ đo điện thông minh AMI có gì nổi bật?*, Tập đoàn Điện lực Việt Nam.
5. EVN Hà Nội (2024), *Hệ thống SCADA là gì?*, Tổng Công ty Điện lực Hà Nội.
6. Nguyễn Mạnh Hiền (2021), *Chuyển đổi số trong ngành năng lượng và kết quả nghiên cứu của IEA*, *Tạp chí Năng lượng Việt Nam*.
7. Các báo cáo liên quan của Công ty Điện lực Lâm Đồng.

Tiếng Anh:

1. Ahmad, T. & Zhang, D. (2021), Using the internet of things in smart energy systems and networks, *Sustainable Cities and Society*, 68, 102783.
2. Arastoo, Z., Farnoosh, K., Shengping, B., Tao, H. & Tao, W. (2024), A comprehensive survey on the security of smart grid: Challenges, mitigations, and future research opportunities, *arXiv preprint arXiv:2407.07966*.
3. Barney, J. (1991), Firm resources and sustained competitive advantage, *Journal of Management*, 17(1), pp. 99-120.
4. Bharadwaj, A. S. (2000), A resource-based perspective on information technology capability and firm performance, *MIS Quarterly*, 24(1), pp. 169-196.
5. Burhan, M., Rehman, R. A., Khan, B. & Kim, B. (2018), IoT elements, layered architectures and security issues: A comprehensive survey, *Sensors*, 18(9), 2796.

6. Cakir, M., Guvenc, M. A., Mistikoglu, S. & Karakulak, E. (2022), Advantages of using renewable energy sources in smart grids, 2022 IEEE 2nd International Conference on Digital Twins and Parallel Intelligence (DTPI), pp. 257-260.
7. Davis, F. D. (1989), Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology, *MIS Quarterly*, 13(3), pp. 319-340.
8. Domínguez-Bolaño, T., Campos-Gaviño, O., García-Naya, J. A. & Castedo, L. (2022), An overview of IoT architectures, technologies, and existing open-source projects, *Internet of Things*, 20, 100626.
9. Energy.gov (2016), *Advanced metering infrastructure and customer systems: Results from the smart grid investment grant program*, Washington, DC: U.S. Department of Energy.
10. Fredrik, E. A., Yun, A. & Michael, C. (2021), Communication technologies for smart grid: A comprehensive survey, *arXiv preprint arXiv:2103.11657*.
11. Hiatt, J. M. (2006) *ADKAR: A model for change in business, government and our community*, Loveland, CO: Prosci Learning Center Publications.
12. Iyengar, K., Sweeney, J. R. & Montealegre, R. (2003), Information technology use as a learning opportunity, *Journal of Management Information Systems*, 20(2), pp. 31-56.
13. Khare, V. R. (2024), Internet of things in smart grid: A comprehensive review of opportunities, trends, and challenges, *Qeios*.
14. Kotter, J. P. (1996) *Leading change*, Boston, MA: Harvard Business School Press.
15. Lewin, K. (1947), Frontiers in group dynamics, *Human Relations*, 1(1), pp. 5-41.
16. Parasuraman, A. (2000), Technology readiness index (TRI): A multiple-item scale to measure readiness to embrace new technologies, *Journal of Service Research*, 2(4), pp. 307-320.
17. Paul, S., Rabbani, M. S., Kundu, R. K. & Zaman, S. M. R. K. (2014), A review of smart technology (smart grid) and its features, 2014 1st International Conference on Non Conventional Energy (ICONCE 2014), pp. 200-203.

18. Ross, J. W., Beath, C. M. & Goodhue, D. L. (1996), Develop long-term competitiveness through IT assets, *Sloan Management Review*, 38(1), pp. 31-42.
19. Sethi, P. & Sarangi, S. R. (2017), Internet of things: Architectures, protocols, and applications, *Journal of Electrical and Computer Engineering*, 2017, 9324035.
20. Snyder-Halpern, R. (2001), Indicators of organizational readiness for clinical information technology/systems innovation, *Informatics for Health and Social Care*, 26(3), pp. 179-204.
21. Teece, D. J., Pisano, G. & Shuen, A. (1997), Dynamic capabilities and strategic management, *Strategic Management Journal*, 18(7), pp. 509-533.
22. Teece, D. J. (2007), Explicating dynamic capabilities: The nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance, *Strategic Management Journal*, 28(13), pp. 1319-1350.
23. Venkatesh, V. & Davis, F. D. (2000), A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies, *Management Science*, 46(2), pp. 186-204.
24. Venkatesh, V. & Bala, H. (2008), Technology acceptance model 3 and a research agenda on interventions, *Decision Sciences*, 39(2), pp. 273-315.
25. Verma, N., Sood, N. & Sharma, A. K. (2021), A review on existing IoT architecture and communication protocols, 2021 9th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (ICRITO), pp. 1-6.
26. Wernerfelt, B. (1984), A resource-based view of the firm, *Strategic Management Journal*, 5(2), pp. 171-180.
27. World Bank (2016) *Smart grid to enhance power transmission in Vietnam*, Washington, DC: World Bank Group.

PHỤ LỤC

Phụ lục: Bảng câu hỏi khảo sát

Kính chào Anh/Chị,

PHẦN I. Xin Anh/Chị vui lòng cho biết đánh giá của Anh/Chị về các phát biểu dưới đây.

Đối với mỗi phát biểu . Anh/Chị hãy đánh dấu X vào một trong các ô tương ứng có số thứ tự từ 1 đến 5 , theo quy ước số càng lớn là Anh/Chị càng đồng ý.

1. Hoàn toàn không đồng ý. 3. Bình Thường. 5. Hoàn toàn đồng ý
2. Không đồng ý. 4. Đồng ý

Tên biến	Biến quan sát	Mức độ đồng ý				
		Hoàn toàn không đồng ý	Không đồng ý	Bình Thường	Đồng ý	Hoàn toàn đồng ý
Mức độ sẵn sàng công nghệ (TEC)	Các thiết bị IoT hiện nay tại Công ty có chất lượng tốt và hoạt động ổn định.	1	2	3	4	5
	Hệ thống truyền thông dữ liệu (mạng, cảm biến, kết nối) hoạt động ổn định, ít xảy ra lỗi.	1	2	3	4	5
	Các thiết bị và nền tảng IoT có khả năng tích hợp dễ dàng với các hệ thống quản lý khác.	1	2	3	4	5
	Hạ tầng IoT có khả năng mở rộng khi nhu cầu sử dụng tăng lên.	1	2	3	4	5
	Tổng thể hạ tầng IoT tại Công ty đáng tin cậy và đáp ứng tốt cho quản lý lưới điện thông minh.	1	2	3	4	5
Năng lực nhân sự kỹ thuật (HUM)	Cán bộ kỹ thuật được đào tạo bài bản về các công nghệ IoT và hệ thống điều khiển điện.	1	2	3	4	5
	Nhân viên có nhiều kinh nghiệm thực tế trong việc vận hành và bảo trì hệ thống IoT.	1	2	3	4	5
	Nhân viên có khả năng xử lý nhanh các sự cố kỹ thuật phát sinh trong hệ thống IoT.	1	2	3	4	5

Tên biến	Biến quan sát	Mức độ đồng ý				
		Hoàn toàn không đồng ý	Không đồng ý	Bình Thường	Đồng ý	Hoàn toàn đồng ý
	Nhân viên thường xuyên chủ động học hỏi, cập nhật kiến thức mới về IoT.	1	2	3	4	5
	Đội ngũ nhân sự có thái độ tích cực và sẵn sàng tiếp nhận công nghệ IoT mới.	1	2	3	4	5
Hệ thống tổ chức và quy trình (ORG)	Trách nhiệm và vai trò của các bộ phận trong triển khai IoT được phân công rõ ràng.	1	2	3	4	5
	Quy trình làm việc trong quản lý và khai thác hệ thống IoT được xây dựng hợp lý, hiệu quả.	1	2	3	4	5
	Có sự phối hợp chặt chẽ giữa các phòng ban liên quan trong việc vận hành IoT.	1	2	3	4	5
	Ban lãnh đạo Công ty luôn quan tâm và hỗ trợ cho việc ứng dụng IoT.	1	2	3	4	5
	Văn hóa làm việc tại Công ty khuyến khích đổi mới và ứng dụng công nghệ mới.	1	2	3	4	5
Nguồn lực tài chính (FIN)	Công ty có đủ nguồn vốn để đầu tư cho thiết bị và hạ tầng IoT.	1	2	3	4	5
	Có ngân sách riêng cho đào tạo nhân viên liên quan đến công nghệ IoT.	1	2	3	4	5
	Kinh phí bảo trì và nâng cấp hệ thống IoT được phân bổ hợp lý, đầy đủ.	1	2	3	4	5
	Công ty có khả năng huy động vốn khi cần mở rộng hoặc nâng cấp hệ thống IoT.	1	2	3	4	5
An toàn và bảo mật thông tin (SEC)	Công ty có chính sách và quy định rõ ràng về bảo mật thông tin trong hệ thống IoT.	1	2	3	4	5
	Các dữ liệu IoT được bảo vệ bằng các công nghệ mã hóa hiệu quả.	1	2	3	4	5
	Hệ thống IoT có cơ chế xác thực người dùng rõ ràng và an toàn.	1	2	3	4	5
	Hoạt động giám sát và phát hiện các mối đe dọa an ninh mạng được thực hiện thường xuyên.	1	2	3	4	5

Tên biến	Biến quan sát	Mức độ đồng ý				
		Hoàn toàn không đồng ý	Không đồng ý	Bình Thường	Đồng ý	Hoàn toàn đồng ý
	Công ty có quy trình xử lý kịp thời khi xảy ra sự cố bảo mật trong hệ thống IoT.	1	2	3	4	5
Hiệu quả ứng dụng IoT (EFF)	Hệ thống IoT cải thiện hiệu quả kỹ thuật trong giám sát và vận hành thiết bị lưới điện.	1	2	3	4	5
	Ứng dụng IoT nâng cao hiệu quả vận hành (giảm thời gian xử lý sự cố, tối ưu bảo dưỡng).	1	2	3	4	5
	Việc triển khai IoT mang lại hiệu quả kinh tế rõ rệt (tiết kiệm chi phí, tăng hiệu suất sử dụng nguồn lực).	1	2	3	4	5
	IoT góp phần cải thiện chất lượng dịch vụ khách hàng (phản hồi nhanh, độ chính xác thông tin cao).	1	2	3	4	5

PHẦN II. Thông tin nhân khẩu học

1. Giới tính của Anh/ Chị là:

- Nam
 Nữ

2. Độ tuổi của Anh/ Chị là:

- Dưới 25 tuổi
 25 - 35 tuổi
 36 - 45 tuổi
 Trên 45 tuổi

3. Trình học vấn cao nhất của Anh/ Chị là:

- THPT
 Đại học/ Cao Đẳng

Sau Đại học

Xin chân thành cảm ơn Anh/Chị đã dành thời gian trả lời bảng khảo sát.

Chúc Anh/Chị sức khỏe và thành công.