

جامعة ميد أوشن



كلية الإدارة

ماجستير إدارة أعمال

أثر تدريب الكوادر الفنية على جودة الصيانة الكهربائية للمعدات
بالتطبيق على محطات توليد الكهرباء

إعداد الطالب/

تركي سويلم الجني

243001314

إشراف/

د. الفيصل عبد الحميد محمد حسن

العام الدراسي:

2025

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

إهداء

وصلت رحلتي الجامعية إلى نهايتها بعد تعب ومشقة، وها أنا اختتم بحث تخرجي بكل

همة ونشاط ما كنت لأفعل لولا فضل الله فالحمد لله عند البدء وعند الختام

أهدي هذا الجهد المتواضع

إلى من منحاني روح الحياة وضاء لي عتمة الدنيا إلى من كانا سببا في وجودي بعد الله

وسببا في اشغال وقود همتي ويغمراني بدعواتهم الصادقة، إلى من غرسا في حب العلم والتعلم،

إلى من حبهم يعلو فوق كل حب إلى من ساندوني ووفروا لي سبل السعادة والنجاح إلى والدي

حفظهم الله .

إلى جميع من كان سند وقوه لي بعد الله في مشواري إلى كل القلوب التي ذكرتني

ودعت لي وتمنت لي كل خير.



نحمد الله عزوجل الذي وفقنا في إتمام هذا البحث العلمي،

والذي ألهمنا الصحة والعافية والعزيمة.

فالحمد لله حمداً كثيراً

نتقدم بجزيل الشكر والتقدير إلى الأستاذ الدكتور/

أ.د / الفصيصل عبد الحميد محمد

على كل ما قدمه لنا من توجيهات ومعلومات قيمة ساهمت في إثراء موضوع

دراستنا في جوانبها المختلفة.

والشكر والتقدير موصول إلى إدارة جامعة ميد أوشن ممثلة بالكادر الأكاديمي

والإداري، لما قدموه من تسهيلات وتشجيع وتوفير الخدمات المطلوبة.

كما أتقدم بالشكر الجزيل لكل من لم يسعنا الحظ بذكر أسمائهم راجياً من المولي

عزوجل أن تكون هذه الدراسة نافذة لدراسات أخرى .

المستخلص

هدفت هذه الدراسة إلى تحليل أثر تدريب الكوادر الفنية بأبعاده المتمثلة في (المعرفة التقنية، تشخيص الأعطال، تطوير القدرات الذاتية، الالتزام بمعايير السلامة) على جودة الصيانة الكهربائية للمعدات على محطات توليد الكهرباء، واعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، حيث تم تصميم استبانة موجهة إلى عينة عشوائية طبقية من الفنيين العاملين بمحطات توليد الكهرباء، بلغ عددهم (361) مفردة. وتم تحليل البيانات باستخدام برنامج (SPSS)، من خلال الأساليب الإحصائية المناسبة.

أظهرت نتائج الدراسة أن جميع أبعاد التدريب الفني تؤثر بشكل دال إحصائيًا على جودة الصيانة الكهربائية، حيث جاء بُعد المعرفة التقنية في مقدمة المؤثرات، يليه الالتزام بمعايير السلامة، ثم تشخيص الأعطال، وأخيرًا تطوير القدرات الذاتية، وقد كشفت النتائج أن التدريب الفني يمثل عاملاً حاسماً في تحسين جودة تنفيذ عمليات الصيانة وتقليل الأعطال ورفع الكفاءة التشغيلية للمعدات.

وتوصي الدراسة بضرورة تعزيز التدريب العملي والميداني، وتحديث المحتوى التدريبي بما يواكب التحولات الرقمية في قطاع الكهرباء، بالإضافة إلى تكريس ثقافة السلامة المهنية كمكون أساسي في تدريب الكوادر الفنية.

الكلمات المفتاحية: تدريب الكوادر الفنية، المعرفة التقنية، تشخيص الأعطال، معايير السلامة، جودة الصيانة، محطات توليد الكهرباء.

قائمة المحتويات

أ.....	بسم الله الرحمن الرحيم
ب.....	الإهداء
ج.....	الشكروالتقدير
د.....	المستخلص
ه.....	قائمة المحتويات
ط.....	قائمة الجداول
1.....	الفصل الأول: الإطار العام للدراسة
1.....	1.1 المقدمة
2.....	2.1 مشكلة الدراسة:
3.....	3.1 أهمية الدراسة:
3.....	1.3.1 الأهمية النظرية:
3.....	2.3.1 الأهمية التطبيقية:
4.....	4.1 أهداف الدراسة:
4.....	5.1 تساؤلات الدراسة
5.....	6.1 فروض الدراسة:
6.....	7.1 الدراسات السابقة:
10.....	8.1 الفجوة البحثية:
11.....	9.1 المنطلقات النظرية للدراسة:
14.....	10.1 المنهجية وطرق البحث:

11.1	مصادر جمع البيانات	14
12.1	أدوات الدراسة:	15
13.1	الأساليب الإحصائية المستخدمة	15
14.1	أداة الدراسة	15
15.1	حدود الدراسة:	16
17	الفصل الثاني: الإطار النظري	17
17	المبحث الأول: تدريب الكوادر الفنية	17
1.1.2	تمهيد	17
2.1.2	مفهوم تدريب الكوادر الفنية	17
3.1.2	أهمية تدريب الكوادر الفنية	18
4.1.2	أهداف تدريب الكوادر الفنية	19
5.1.2	أبعاد تدريب الكوادر الفنية	21
6.1.2	العلاقة بين تدريب الكوادر الفنية وجودة الأداء الفني	23
7.1.2	تحديات تدريب الكوادر الفنية	24
المبحث الثاني: جودة الصيانة الكهربائية للمعدات	25	
1.2.2	تمهيد	25
2.2.2	مفهوم جودة الصيانة الكهربائية	25
3.2.2	أهمية جودة الصيانة الكهربائية	26
4.2.2	العوامل المؤثرة في جودة الصيانة الكهربائية	28
5.2.2	العلاقة بين جودة الصيانة وكفاءة التشغيل	30

31.....	6.2.2 التحديات التي تواجه تحسين جودة الصيانة الكهربائية
33.....	الفصل الثالث: المنهجية
33.....	1.3 منهج الدراسة
33.....	2.3 مجتمع وعينة الدراسة
34.....	3.3 أداة الدراسة
35.....	4.3 صدق أداة الدراسة
36.....	5.3 ثبات أداة الدراسة
37.....	6.3 أساليب التحليل الإحصائي
39.....	الفصل الرابع: تحليل البيانات ونتائج الدراسة
39.....	1.4 تمهيد
39.....	2.4 التحليل الوصفي للبيانات الديموغرافية لعينة الدراسة
41.....	3.4 التحليل الوصفي لُبعد "المعرفة التقنية"
42.....	4.4 التحليل الوصفي لُبعد "تشخيص الأعطال"
44.....	5.4 التحليل الوصفي لُبعد "تطوير القدرات الذاتية"
45.....	6.4 التحليل الوصفي لُبعد "الالتزام بمعايير السلامة"
46.....	7.4 التحليل الوصفي لمتغير "جودة الصيانة الكهربائية للمعدات"
49.....	8.4 اختبار فرضيات الدراسة
53.....	الفصل الخامس: النتائج والتوصيات
53.....	1.5 تمهيد
53.....	2.5 مناقشة النتائج الوصفية

54.....	3.5 مناقشة نتائج الفرضيات.....
55.....	4.5 التوصيات.....
57.....	Abstract.....
58.....	قائمة المراجع.....
58.....	أولاً: المراجع العربية.....
60.....	ثانياً: المراجع الأجنبية.....
63.....	الملاحق.....
64.....	استمارة استبيان.....

قائمة الجداول

رقم الصفحة	اسم الجدول	رقم الجدول
37	الجدول (1) مصفوفة الارتباط بين أبعاد المتغير المستقل "تدريب الكوادر الفنية"	1.
38	الجدول (2) قيمة ألفا كرونباخ	2.
40	الجدول (3): توزيع أفراد العينة حسب المتغيرات الديموغرافية	3.
42	الجدول (4): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد "المعرفة التقنية" (عدد = 361)	4.
44	الجدول (5): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد "تشخيص الأعطال" (عدد = 361)	5.
45	الجدول (6): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد "تطوير القدرات الذاتية" (عدد = 361)	6.
47	الجدول (7): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد "الالتزام بمعايير السلامة" (عدد = 361)	7.
48	الجدول (8): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات متغير "جودة الصيانة الكهربائية للمعدات" (عدد = 361)	8.
51	الجدول (9): نتائج تحليل الانحدار الخطي المتعدد لأثر أبعاد تدريب الكوادر الفنية على جودة الصيانة الكهربائية للمعدات	9.
52	الجدول (10) نتائج الفرضية الفرعية الأولى: (H1-1)	10.
53	الجدول (11) نتائج الفرضية الفرعية الثانية: (H1-2)	11.
53	الجدول (12) الفرضية الفرعية الثالثة: (H1-3)	12.
54	الجدول (13) الفرضية الفرعية الرابعة: (H1-4)	13.

الفصل الأول: الإطار العام للدراسة

1.1 المقدمة

يمثل التدريب أداة استراتيجية بالغة الأهمية في تطوير رأس المال البشري ورفع كفاءته في مختلف المنظمات، وقد أصبحت برامج التدريب الحديثة ركيزة أساسية في دعم خطط التحول المؤسسي ومواكبة التغيرات التقنية والتشغيلية المتسارعة. ومع التوسع في استخدام التكنولوجيا والرقمنة داخل المؤسسات، لم يعد التدريب خيارًا تكميليًا بل ضرورة لضمان التكيف المني والتشغيلي للكوادر البشرية (Tripathi, 2024).

ويعد تدريب الكوادر الفنية من أبرز أنواع التدريب الذي يركز على تنمية المهارات التطبيقية والمعرفة التقنية للفنيين والمهندسين الميدانيين، خصوصًا في القطاعات الحيوية كالصناعة والطاقة. إذ يسهم هذا النوع من التدريب في تعزيز قدرة الكوادر الفنية على تنفيذ مهامها بدقة، والتعامل مع الأعطال والمخاطر، وتطبيق معايير السلامة، مما ينعكس مباشرة على كفاءة النظام التشغيلي وجودة المخرجات، كما تبين أن الكفاءة المهنية للكوادر الفنية تتناسب طرديًا مع درجة تأهيلهم العملي، وتنوع البرامج التدريبية التي خضعوا لها. (Silvester et al., 2024)

و تمثل الصيانة محورًا حيويًا في دعم استمرارية عمل المنشآت الإنتاجية والخدمية، حيث تهدف إلى المحافظة على كفاءة المعدات، وتقليل التوقفات الطارئة، وإطالة العمر التشغيلي للأنظمة. وتتسع أهمية الصيانة في المنشآت ذات الحساسية التشغيلية العالية، مثل محطات توليد الكهرباء، التي يتطلب عملها مستوىً عاليًا من الجاهزية الفنية والاعتمادية التشغيلية. (Al Ameer et al., 2023)

ويبرز مفهوم جودة الصيانة كأحد مؤشرات الأداء المؤسسي التي تقيس مدى كفاءة إجراءات الصيانة من حيث سرعة الاستجابة، دقة التنفيذ، تقليل الأعطال المتكررة، والالتزام بالمعايير الفنية، وتعتمد جودة الصيانة على عدة مكونات، منها: أنظمة العمل، توفر المعدات، ومهارات الأفراد المنفذين. (Herrera-Arcila et al., 2024).

من هنا تنطلق هذه الدراسة من خلال تحليل أثر تدريب الكوادر الفنية – بأبعاده (المعرفة التقنية، تشخيص الأعطال، تطوير القدرات الذاتية، الالتزام بمعايير السلامة) على جودة الصيانة الكهربائية، وذلك بالتطبيق على محطات توليد الكهرباء.

2.1 مشكلة الدراسة:

تُعد محطات توليد الكهرباء من المنشآت الحيوية ذات الطبيعة التشغيلية المعقدة، التي تتطلب استمرارية الأداء وفعالية نظم الصيانة للحفاظ على جاهزيتها. وتُشكل الصيانة الكهربائية للمعدات أحد أهم العوامل المؤثرة في تقليل الأعطال، وتحسين موثوقية الأداء، وخفض التكاليف التشغيلية غير المباشرة (Al Ameer et al., 2023).

ومع تزايد الاعتماد على التكنولوجيا الذكية والتقنيات المتقدمة في إدارة وتشغيل محطات الكهرباء، برزت الحاجة إلى كوادر فنية مؤهلة ومُدرّبة تمتلك المعارف التقنية والمهارات التطبيقية اللازمة للتعامل مع هذه الأنظمة المعقدة. وتشير الأدبيات إلى أن التدريب الفني المتخصص يمثل عاملاً حاسماً في تحسين الأداء الفني وتقليل معدلات الأعطال. (Herrera-Arcila et al., 2024)

ورغم وجود العديد من الدراسات التي تناولت أثر التدريب على متغيرات عامة مثل الإنتاجية أو الرضا الوظيفي أو السلامة المهنية، فإن معظمها لم يتناول العلاقة المباشرة بين أبعاد التدريب الفني وجودة الصيانة الكهربائية بشكل خاص، ولم تركز على بيئة التشغيل المعقدة لمحطات التوليد. (Silvester et al., 2024)

وأكدت دراسة (Brennan et al., 2023) أثر التدريب على تقليل الأعطال وتحسين الأداء ركزت على بيئات صناعية مختلفة مثل مصانع المعالجات الدقيقة، ولم تتناول البيئة الكهربائية أو أبعاد التدريب المرتبطة بتشخيص الأعطال وتطوير القدرات الذاتية.

وركزت دراسات أخرى على تقنيات الصيانة الذكية أو تحليل الأعطال دون النظر إلى تأثير العامل البشري، مثل دراسة (Khuntia et al., 2023) التي اهتمت بجودة البيانات وتكرار الأعطال، ودراسة

Ogunfowora & Najjaran (2023) التي ناقشت دور الذكاء الاصطناعي، لكن دون التطرق للعلاقة بين مستوى التدريب الفني وجودة تنفيذ مهام الصيانة.

انطلاقاً من ذلك، تتمثل مشكلة الدراسة في تحليل العلاقة بين أبعاد التدريب الفني (المعرفة التقنية، تشخيص الأعطال، تطوير القدرات الذاتية، الالتزام بالسلامة) وجودة الصيانة الكهربائية في محطات توليد الكهرباء.

3.1 أهمية الدراسة:

تعتمد أهمية هذه الدراسة على إسهاماتها النظرية والتطبيقية فيما يلي :

1.3.1 الأهمية النظرية:

- ✓ إثراء الأدبيات العلمية في مجال صيانة المعدات الكهربائية من خلال دراسة العلاقة بين أبعاد التدريب الفني وجودة الصيانة في بيئة حيوية مثل محطات توليد الكهرباء.
- ✓ تقديم إطار نظري حديث يربط بين عناصر التدريب الفني (المعرفة التقنية، تشخيص الأعطال، تطوير القدرات الذاتية، الالتزام بالسلامة) ومخرجات الأداء الفني.
- ✓ سد فجوة معرفية في مجال الدراسات الفنية العربية التي تناولت موضوع التدريب الفني المتخصص وتأثيره المباشر على كفاءة وفعالية أعمال الصيانة الكهربائية.
- ✓ المساهمة في تطوير أدوات القياس والاختبارات التي يمكن استخدامها لاحقاً في تقييم أثر البرامج التدريبية على أداء الكوادر الفنية.

2.3.1 الأهمية التطبيقية:

- ✓ دعم متخذي القرار في قطاع الطاقة بمعلومات دقيقة حول أثر تدريب الفنيين على جودة الصيانة، مما يساعد في تصميم برامج تدريب أكثر فعالية.
- ✓ تحسين كفاءة محطات توليد الكهرباء من خلال تقديم توصيات مبنية على نتائج علمية تساهم في تقليل الأعطال وزيادة عمر المعدات.

- ✓ رفع مستوى أداء الفنيين من خلال تسليط الضوء على أهمية أبعاد معينة في التدريب مثل التشخيص العملي والالتزام بالسلامة.
- ✓ تحقيق وفورات مالية وفنية عبر تقليل الأعطال الطارئة وتحسين جودة أعمال الصيانة، ما ينعكس على استمرارية التشغيل وكفاءة الإنتاج الكهربائي.

4.1 أهداف الدراسة:

- تهدف الدراسة إلى تحقيق مجموعة من الأهداف التي تساهم في فهم تأثير تدريب الكوادر الفنية بأبعادها (المعرفة التقنية- تشخيص الأعطال - تطوير القدرات الذاتية - الالتزام بمعايير السلامة) على جودة الصيانة الكهربائية للمعدات بالتطبيق على محطات توليد الكهرباء ، ويتفرع منه مجموعة من الأهداف الفرعية:
- ✓ التعرف على مستوى المعرفة التقنية لدى الكوادر الفنية ومدى انعكاسها على كفاءة عمليات الصيانة الكهربائية في محطات توليد الكهرباء.
- ✓ قياس مدى قدرة الفنيين على تشخيص الأعطال الكهربائية بدقة، ودراسة أثر ذلك في الحد من الأعطال المفاجئة وتقليل فترات التوقف.
- ✓ تحليل أثر تنمية القدرات الذاتية (مثل التعلم الذاتي وحل المشكلات) لدى الكوادر الفنية على جودة تنفيذ إجراءات الصيانة ومهارات اتخاذ القرار في المواقف الطارئة.
- ✓ تحديد مدى التزام الفنيين بمعايير وإجراءات السلامة المهنية أثناء تنفيذ مهام الصيانة الكهربائية، وأثر ذلك في تقليل الحوادث ورفع مستوى الأداء الفني.
- ✓ اقتراح مجموعة من التوصيات التدريبية والفنية التي تساهم في تحسين جودة الصيانة الكهربائية بناءً على نتائج الدراسة وتحليل الواقع التطبيقي في محطات التوليد.

5.1 تساؤلات الدراسة

- السؤال الرئيسي الأول: ما أثر تدريب الكوادر الفنية بأبعاده (المعرفة التقنية، تشخيص الأعطال، تطوير القدرات الذاتية، الالتزام بمعايير السلامة) على جودة الصيانة الكهربائية للمعدات في محطات توليد الكهرباء؟، وتتفرع منه عدة أسئلة فرعية كالتالي:

- إلى أي مدى تسهم المعرفة التقنية المكتسبة من التدريب في تحسين جودة الصيانة الكهربائية في محطات التوليد؟
- ما أثر قدرة الفنيين على تشخيص الأعطال بدقة على الحد من الأعطال ورفع كفاءة الصيانة؟
- كيف يؤثر تطوير القدرات الذاتية لدى الكوادر الفنية (مثل حل المشكلات والتعلم الذاتي) على جودة تنفيذ أعمال الصيانة الكهربائية؟
- ما مدى تأثير الالتزام بمعايير السلامة المهنية على جودة أداء مهام الصيانة وتقليل الحوادث في محطات التوليد؟

6.1 فروض الدراسة:

لتحقيق أهداف الدراسة والإجابة على تساؤلاتها يمكن للباحث اعتماداً على الإطار النظري المتعلق بالدراسة، واستناداً إلى نتائج الدراسات السابقة تم صياغة الفرضيات التالية:

الفرضية الرئيسة الأولى: لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لتدريب الكوادر الفنية بأبعاده (المعرفة التقنية، تشخيص الأعطال، تطوير القدرات الذاتية، الالتزام بمعايير السلامة) على جودة الصيانة الكهربائية للمعدات في محطات توليد الكهرباء.

وينبثق من هذه الفرضية الفرضيات الفرعية الثلاث التالية:

- لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية للمعرفة التقنية المكتسبة من التدريب الفني على جودة الصيانة الكهربائية في محطات توليد الكهرباء.
- لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لقدرة الفنيين على تشخيص الأعطال على جودة الصيانة الكهربائية في محطات توليد الكهرباء.
- لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لتطوير القدرات الذاتية (مثل التعلم الذاتي وحل المشكلات) لدى الكوادر الفنية على جودة الصيانة الكهربائية.
- لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية للالتزام بمعايير السلامة المهنية على جودة الصيانة الكهربائية للمعدات في محطات توليد الكهرباء.

7.1 الدراسات السابقة:

دراسات عن تدريب الكوادر الفنية وعلاقتها بمتغيرات أخرى

دراسة (Brennan et al., 2023) ✓

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر تطبيق برنامج "Eagle" للتدريب الفني، بأبعاده (انضباط جودة العمل، وعقلية التصنيع) على كفاءة الأداء التشغيلي وتقليل الأعطال في وحدات المعالجة بمصنع GlobalFoundries. Fab 8. وقد استخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي لتقييم فعالية البرنامج التدريبي المكوّن من أربع مستويات، واستندت إلى مؤشرات أداء تشغيلية بعد تطبيق البرنامج. وتكوّنت العينة من وحدات معالجة متعددة داخل المصنع خضعت لتنفيذ هذا البرنامج التدريبي. وتوصلت نتائج الدراسة إلى تحقيق تحسّن بنسبة تقارب 7% في صافي وقت التصنيع، وانخفاض في التوقفات غير المجدولة بنسبة 4.5%، بالإضافة إلى انخفاض كبير (~70%) في الحوادث المرتبطة بالسلامة والتقارير القريبة من الحوادث، كما ارتفع إنتاج الرقائق بنسبة تقارب 35% في المعدات التي تم تطبيق البرنامج عليها تجريبياً. وأوصت الدراسة بتعميم البرنامج التدريبي على باقي وحدات المعالجة، واعتماد النهج المزدوج القائم على الانضباط المهني والتفكير التصنيعي لتعزيز السلامة والجودة والإنتاجية داخل المصانع عالية التقنية.

دراسة (Silvester et al. (2024) ✓

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر برامج التدريب والتطوير بأبعاده (الإنتاجية، رضا الموظف، السلامة المهنية) على أداء العاملين في القطاع الصناعي في إندونيسيا. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي الكمي والنوعي، حيث تم تحليل بيانات كمية من استبيانات، ومقابلات نوعية مع العاملين. وتكوّنت العينة من مجموعة من الموظفين الفنيين والإداريين العاملين في عدد من المصانع الصناعية. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن التدريب المنتظم يسهم بشكل مباشر في تحسين أداء العاملين، وزيادة إنتاجيتهم، ورفع مستوى الرضا الوظيفي، بالإضافة إلى تقليل الحوادث المرتبطة بالسلامة ومعدل دوران العمالة. وأوصت

الدراسة بضرورة تبني ثقافة التعلم المستمر داخل المؤسسات الصناعية، وتحديث البرامج التدريبية بما يتوافق مع متطلبات سوق العمل والسلامة التشغيلية.

✓ دراسة Tripathi (2024)

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر التدريب والتطوير بأبعاده (اكتساب المهارات، مشاركة الموظفين، التوجه التنظيمي) على كفاءة الأداء الوظيفي في المؤسسات متعددة القطاعات، واستخدمت الدراسة المنهج التحليلي القائم على مراجعة أدبية موسعة مدعومة ببيانات ميدانية تم جمعها من عدة شركات، وتكوّنت العينة من مجموعة من الموظفين في مؤسسات مختلفة تم اختيارهم لقياس أثر البرامج التدريبية على أدائهم الفعلي.

وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن التدريب يعزز من اكتساب المهارات الفنية والسلوكية، ويساهم في رفع مستوى مشاركة الموظفين وولائهم للمؤسسة، كما ينعكس إيجاباً على التوجه الاستراتيجي للمنظمة، وأوصت الدراسة بضرورة دمج برامج التدريب ضمن الرؤية التنظيمية الشاملة، وربطها بأهداف الأداء المؤسسي لرفع الكفاءة والفاعلية في بيئة العمل.

✓ دراسة Loch et al. (2022)

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر التدريب الفني القائم على النمذجة بأبعاده (وضوح الإجراءات، دعم اتخاذ القرار، وسهولة التعلم) على كفاءة الصيانة اليدوية في نظم الإنتاج الآلي، واستخدمت الدراسة المنهج شبه التجريبي من خلال تصميم بيئة تدريب تفاعلية قائمة على نماذج SysML. وتكونت العينة من مجموعة من فنيي الصيانة العاملين في مصانع مؤتمتة خضعت لاختبار تدريبي تجريبي.

وتوصلت نتائج الدراسة إلى تحسّن ملحوظ في أداء الفنيين من حيث سرعة تنفيذ الإجراءات وتقليل الأخطاء، بالإضافة إلى ارتفاع رضا المستخدمين عن بيئة التدريب، وأوصت الدراسة بتطبيق التدريب القائم على النمذجة في البيئات الصناعية المعقدة لتعزيز فعالية وجودة أعمال الصيانة.

✓ دراسة (الأحمر، 2022)

كشفت الدراسة عن تدريب الموارد البشرية وأثره على أداء المؤسسات السياحية بمدينة صبراتة. اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي والتحليلي. تمثلت أداة الدراسة في الاستمارة، وتم تطبيقها على عينة عشوائية غير منتظمة مكونة من (200) عامل من العاملين بالقطاع السياحي بمدينة صبراتة، و جاءت النتائج مؤكدة على انتقاد السائحون لتدني مستوى النظافة في بعض مرافق الإيواء ومرافق تقديم الوجبات، وعدم وجود فنادق مناسبة في مناطق الجذب السياحية. كما بينت عدم وجود كوادر بشرية ماهرة ومدرّبة تدريباً عالياً على تقديم الخدمات اللازمة للسائحين، وقلة إلمامهم باللغات الأجنبية. مختتماً بعرض أهم التوصيات ومنها ضرورة إعداد وتنفيذ نظم ولوائح مشددة لحماية المناطق السياحية والتراث التاريخي الوطني، ومراجعة وتحديث برامج التدريب الحالية بمعاهد التدريب السياحي

دراسات عن جودة الصيانة وعلاقتها بمتغيرات أخرى

✓ دراسة (Al Ameer et al. (2023)

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر استراتيجيات الصيانة بأبعادها (الصيانة التصحيحية، الصيانة الوقائية، الصيانة التنبؤية) على موثوقية وأداء محطات توليد الكهرباء في بيئات تشغيل متعددة، واستخدمت الدراسة المنهج المختلط (الكمي والكمي) من خلال تحليل بيانات تشغيل فعلية من محطات طاقة، إلى جانب إجراء مقابلات مع مهندسي وفنيي الصيانة، وتكوّنت العينة من عدة محطات كهربائية تعمل في بيئات صناعية مختلفة، شملت تقنيات توليد تقليدية ومتجددة.

وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن اعتماد استراتيجية صيانة مناسبة لكل نوع من المعدات يساهم في تحسين مؤشرات الموثوقية وتقليل الأعطال المفاجئة، كما أن الصيانة التنبؤية كانت الأكثر فعالية من حيث تقليل التوقفات. وأوصت الدراسة بضرورة تطوير إطار تكاملي لاختيار استراتيجية الصيانة المثلى، على أن يأخذ في الاعتبار طبيعة المعدات، والبيئة التشغيلية، وتوافر الموارد الفنية.

✓ دراسة (Khuntia et al. (2023)

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر تحسين تخطيط صيانة محولات الجهد العالي بأبعاده (العمر التشغيلي، جودة بيانات الصيانة، وتكرار الأعطال) على موثوقية الأداء في محطات الضغط العالي في هولندا. واستخدمت الدراسة المنهج الكمي القائم على تحليل البقاء والمحاكاة الرقمية، وتكونت العينة من بيانات فشل وفحص لأكثر من 400 محول جهد عالي في شبكة النقل الكهربائي من عام 1989 حتى 2021.

وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن اعتماد نموذج البقاء أدى إلى تحسين دقة جداول الصيانة وتقليل عدد الانقطاعات المفاجئة، مع تقليل التكاليف التشغيلية بنسبة ملحوظة. وأوصت الدراسة باعتماد نهج الصيانة المبنية على النمذجة والتحليل الإحصائي لتحسين الاعتمادية في البنية التحتية الكهربائية.

✓ دراسة (Ogunfowora & Najjaran (2023)

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر تطبيق تقنيات التعلم المعزز والتعلم العميق بأبعاده (التخطيط، الجدولة، وتقليل التكاليف) على تحسين إدارة الصيانة في النظم الصناعية الحديثة، واستخدمت الدراسة المنهج التحليلي من خلال مراجعة منهجية لعدد كبير من الأبحاث التطبيقية، وتكونت العينة من دراسات منشورة بين عامي 2017 و2023 تناولت استخدام الذكاء الاصطناعي في صيانة المعدات الكهربائية.

وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن تقنيات التعلم المعزز تتيح بناء استراتيجيات صيانة مرنة وقادرة على التكيف مع التغيرات التشغيلية، مما يساهم في تقليل الأعطال وتحسين استغلال الوقت. وأوصت الدراسة بضرورة إدماج الذكاء الاصطناعي ضمن منظومات الصيانة الذكية في المنشآت الصناعية الكبرى.

✓ دراسة (Herrera-Arcila et al., 2024)

هدفت الدراسة إلى التعرف على استراتيجيات الصيانة التنبؤية للمعدات الكهربائية بأبعادها (المنهجيات، التطبيقات، والتحديات) وأثرها على تحسين الكفاءة التشغيلية وتقليل الأعطال في الأنظمة

الكهربائية الحيوية، وقد استخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي من خلال مراجعة أدبية منهجية شملت أحدث التقنيات المستخدمة في هذا المجال، مثل تحليل الاهتزازات، وتقنيات التعلم الآلي، ونماذج البيانات المستندة إلى تقنيات الاستشعار، وتناولت العينة دراسات وتطبيقات واقعية من قطاعات متعددة مثل توليد الطاقة والتصنيع.

وتوصلت الدراسة إلى أن الصيانة التنبؤية تسهم في تحسين جدولة الصيانة وتقليل التكاليف وزيادة موثوقية المعدات، مع التأكيد على أهمية التعاون متعدد التخصصات وضرورة تطوير حلول مبتكرة لمواجهة التحديات المتعلقة بجودة البيانات وتعقيد النماذج، وأوصت الدراسة بتبني نهج استباقي يعتمد على التكامل بين التكنولوجيا والبيانات لدعم التحول نحو صيانة أكثر ذكاءً وفعالية.

8.1 الفجوة البحثية:

تشترك الدراسة الحالية مع عدد من الدراسات السابقة في التأكيد على أهمية تدريب الكوادر الفنية بوصفه عاملاً مؤثراً في تحسين الأداء الفني والتشغيلي داخل المؤسسات الصناعية. على سبيل المثال، ركزت دراسة (Brennan et al. (2023 على أثر برنامج تدريبي متعدد المستويات على تقليل الأعطال وتحسين الإنتاجية، وهو ما يتقاطع مع هدف الدراسة الحالية في ربط التدريب بجودة الصيانة. كما اتفقت دراسة (Silvester et al. (2024 مع الدراسة الحالية في التركيز على أبعاد مثل السلامة والإنتاجية كنتاج مباشر للتدريب المستمر، وهو ما يدعم فكرة الدراسة حول ضرورة تطوير البرامج التدريبية بشكل دوري.

من ناحية المنهج، استخدمت غالبية الدراسات مناهج وصفية وتحليلية وشبه تجريبية، كما هو الحال في دراسة (Loch et al. (2022 التي اعتمدت بيئة تدريب تفاعلية لقياس أثر النمذجة على أداء فنيي الصيانة، وهو ما يتشابه مع التوجه المنهجي للدراسة الحالية في اختبار أثر التدريب من خلال أدوات كمية.

كذلك، تتفق الدراسة الحالية مع عدد من الأبحاث التي تناولت تحسين جودة الصيانة كمتغير تابع، مثل دراسة (Al Ameer et al. (2023 التي ربطت بين نوع استراتيجية الصيانة وجودة الأداء في محطات توليد الكهرباء، وهو ما يشكل جزءاً من السياق التطبيقي الذي تستهدفه الدراسة الحالية.

رغم أوجه الاتفاق العامة، إلا أن الدراسة الحالية تنفرد بعدة جوانب مقارنة بالدراسات السابقة. أولاً، تختلف في كونها تركز بشكل مباشر ومفصل على أثر تدريب الكوادر الفنية بأبعاده الأربعة المحددة (المعرفة التقنية، تشخيص الأعطال، تطوير القدرات الذاتية، الالتزام بمعايير السلامة)، بينما ركزت دراسات سابقة إما على أبعاد عامة (مثل الإنتاجية أو الرضا الوظيفي)، أو أبعاد غير مباشرة متعلقة بالتحول التقني.

ثانياً، تختلف الدراسة من حيث سياق التطبيق؛ فبينما تناولت معظم الدراسات بيئات صناعية عامة، أو صناعات متعددة كالتصنيع والإلكترونيات، فإن الدراسة الحالية تركز تحديداً على محطات توليد الكهرباء، وهي بيئة تشغيلية ذات طبيعة حساسة، تتطلب مهارات فنية دقيقة وتدريباً متخصصاً يتجاوز النماذج العامة.

ثالثاً، لم تركز معظم الدراسات السابقة على علاقة التدريب بجودة الصيانة الكهربائية تحديداً، وإنما على الأداء العام أو إنتاجية المؤسسة أو تقنيات الصيانة الحديثة، بينما تستهدف الدراسة الحالية قياس العلاقة المباشرة بين التدريب الفني وجودة أعمال الصيانة الكهربائية للمعدات، باستخدام أدوات كمية تُفصل هذا الأثر.

بناءً على ما سبق، تتحدد الفجوة البحثية التي تسدها هذه الدراسة في قلة الدراسات التي تناولت العلاقة المباشرة بين أبعاد تدريب الكوادر الفنية وجودة الصيانة الكهربائية في محطات توليد الكهرباء كبيئة تطبيق متخصصة، إلى جانب الحاجة إلى نماذج تدريبية واقعية تُصمم بناءً على تحليل علمي لعوامل مؤثرة في الأداء الفني اليومي، وتسعى الدراسة الحالية لسد هذه الفجوة من خلال بناء إطار بحثي يربط بشكل منهجي بين التدريب العملي والأداء الصياني في منشآت الطاقة.

9.1 المنطلقات النظرية للدراسة:

تمثل الكوادر الفنية المحور الأساسي لضمان كفاءة الأداء في المنشآت الصناعية، خاصة في القطاعات ذات الطبيعة الحيوية مثل محطات توليد الكهرباء، حيث تُعد الصيانة الكهربائية ركيزة

لاستدامة التشغيل وسلامة المعدات. وتكمن أهمية تدريب الكوادر الفنية في تعزيز معارفهم التقنية، وتطوير مهاراتهم العملية، ورفع مستوى وعيهم بالسلامة المهنية، مما ينعكس مباشرة على جودة عمليات الصيانة. وقد أشارت الدراسات الحديثة إلى أن البرامج التدريبية الفعالة تساهم في خفض الأعطال، وتحسين الإنتاجية، وزيادة موثوقية الأنظمة الكهربائية.(Silvester et al., 2024)

وتسعى هذه الدراسة إلى استكشاف أثر تدريب الكوادر الفنية بأبعاده المتعددة على جودة الصيانة الكهربائية في محطات توليد الكهرباء، من خلال بناء إطار نظري يركز على تحليل علمي منظم لمكونات التدريب وتأثيرها المباشر على جودة الأداء الفني.

ثانيًا: المحور الأول – التدريب الفني (المتغير المستقل)

يشير التدريب الفني إلى العملية التعليمية الموجهة التي تهدف إلى إكساب العاملين مهارات فنية محددة تتعلق بطبيعة أعمالهم، عبر برامج منهجية وممارسة عملية مباشرة، وقد عرّفه Tripathi (2024) بأنه: "العملية التي يتم من خلالها تمكين العاملين من تطوير معارفهم ومهاراتهم العملية والسلوكية لأداء مهامهم بكفاءة وجودة عالية."

وقد حددت هذه الدراسة أربعة أبعاد رئيسة للتدريب الفني:

1. **المعرفة التقنية:** وهي الإطار النظري الذي يمكّن الفني من فهم مكونات الدوائر الكهربائية، ورموز التشغيل، ومبادئ الأنظمة الذكية. وتعد المعرفة التقنية ركيزة أساسية في التدريب، كونها تمهد لتطبيق الصيانة وفق المعايير الفنية ، وأن تعزيز الجانب المعرفي يؤدي إلى تحسين الأداء التشغيلي بنسبة تفوق 7% (Brennan et al., 2023)
2. **تشخيص الأعطال:** يُقصد به قدرة الفني على تحليل المشكلات الفنية بدقة، واستخدام أدوات التشخيص لتحديد أسباب الخلل. ويعد هذا البعد من أبرز المهارات العملية المطلوبة في محطات التوليد، حيث يساهم في تقليل الأعطال المتكررة، إلى أن النمذجة التفاعلية في التدريب عززت من دقة التشخيص وتقليل الأخطاء. (Loch et al., 2022)

3. تطوير القدرات الذاتية: يشمل ذلك تنمية مهارات التفكير النقدي، وحل المشكلات، والتعلم الذاتي، وقد أوضحت دراسة (Tripathi (2024 أن الموظفين الذين يتلقون تدريبًا يدعم قدراتهم الذاتية أظهروا ولاءً ومشاركة أعلى في منظومة العمل.

4. الالتزام بمعايير السلامة: يُقصد به مدى تطبيق الفني لإجراءات السلامة المهنية أثناء العمل. ويمثل هذا البعد عنصرًا حاسمًا في بيئة محطات التوليد عالية الخطورة، وأكدت (Silvester et al. (2024 على أهمية تضمين السلامة كأحد مكونات التدريب المؤثرة على الأداء والاستقرار التشغيلي.

ثالثًا: المحور الثاني – جودة الصيانة الكهربائية (المتغير التابع)

تعني جودة الصيانة الكهربائية القدرة على تنفيذ عمليات الصيانة بكفاءة ودقة وفق الجدول الزمني والمعايير الفنية المعتمدة. وتشمل جودة الصيانة عددًا من المؤشرات، من أبرزها:

- دقة تنفيذ المهام الصيانية
- سرعة الاستجابة للأعطال الطارئة
- تقليل الأعطال المتكررة
- الالتزام بجداول الصيانة الوقائية
- تحسين العمر الافتراضي للمعدات

وأشار (Al Ameer et al. (2023 أن جودة الصيانة ترتبط بشكل مباشر بنوعية الاستراتيجية المستخدمة، لكنها تتأثر كذلك بمهارة العنصر البشري ومستوى تأهيله.

رابعًا: العلاقة بين التدريب الفني وجودة الصيانة الكهربائية

تشير الأدبيات إلى وجود علاقة ارتباط وتأثير قوية بين مستوى التدريب الفني وجودة الصيانة. فالفنيون المدربون قادرون على الاستجابة للأعطال بسرعة، وتطبيق الإجراءات بكفاءة، مما يؤدي إلى تحسين مؤشرات الأداء وخفض التكاليف، وقد بينت دراسة (Herrera-Arcila et al. (2024 أن الاستثمار في التدريب يُعد أحد عوامل نجاح برامج الصيانة التنبؤية.

و كشفت دراسة (Ogunfowora & Najjaran (2023 أن إدماج تقنيات الذكاء الاصطناعي في التدريب ساعد على بناء خطط صيانة مرنة تتكيف مع المتغيرات التشغيلية، وهو ما يعكس أهمية دمج التدريب الحديث بالمعرفة التطبيقية.

10.1 المنهجية وطرق البحث:

تم اتباع المنهج الوصفي والمنهج التحليلي كأسلوب مناسب للوصف، الذي يتطابق مع الفصول النظرية أما في الفصل التطبيقي التحليلي والمنهج الاستنباطي من أجل تحليل وتقييم البيانات المتحصل عليها في الاستبانة للمؤسسة محل الدراسة باعتباره ملائماً لتقرير الحقائق وفهم مكونات الموضوع، مع إخضاعه للدراسة الدقيقة وتحليل أبعاده، والتي سنتطرق إليها في الفصل التطبيقي في دراسة الحالة.

يعتمد اختيار المنهج الملائم لطبيعة البحث على طبيعة المشكلة والهدف من دراستها، ومن أجل الإحاطة بمختلف جوانب الدراسة سيتم الاعتماد على المنهج الوصفي التحليلي، فالأسلوب الوصفي مناسب للوصف الذي يتطابق مع الفصول النظرية، أما في الفصل التطبيقي التحليلي والمنهج الاستنباطي من أجل تحليل وتقييم البيانات المتحصل عليها في الاستبانة محل الدراسة، حيث يسهم هذا المنهج في الإجابة عن التساؤلات البحثية من خلال جمع البيانات ومن ثم تحليلها ومناقشتها. وهذا المنهج هو المستخدم في معظم الدراسات السابقة.

11.1 مصادر جمع البيانات

- المصادر الثانوية: وتشمل البيانات والمعلومات الموجودة في الكتب والمراجع، والرسائل الجامعية وأوراق العمل والمجلات والدوريات والمؤتمرات العلمية وورش العمل، بالإضافة إلى التقارير المنشورة وغير المنشورة التي تناولت الموضوع في مختلف المؤسسات ذات الصلة.
- المصادر الأولية: اعتمدت الدراسة على الاستبانة كأداة رئيسية في جمع البيانات من مصادرها والتي تم تصميمها خصيصاً لهذا الغرض على Google Forms وإرسال رابطها إلى مجتمع البحث.

12.1 أدوات الدراسة:

تعرف أداة البحث بأنها "الوسيلة التي تتم بواسطتها عملية جمع البيانات بهدف الإجابة عن تساؤلاته ، وسيعتمد الباحثين في جمع البيانات على الاستبانة، والتي تعرف بأنها "صيغة محددة من الفقرات والأسئلة تهدف إلى جمع البيانات من أفراد البحث"

حيث تكونت من قسمين رئيسيين هما:

- القسم الأول: وهو الجزء الخاص بالمتغيرات الديمغرافية لأفراد عينة الدراسة ، والمتمثلة بـ: النوع ، والعمر، والمؤهل العلمي، والمستوى الوظيفي.
- القسم الثاني: اشتمل القسم الثاني على الفقرات والأبعاد التي تقيس متغيرات الدراسة المستقل والتابع.

13.1 الأساليب الإحصائية المستخدمة

تم استخدام الأساليب الإحصائية التالية لتحقيق أهداف الدراسة:

- معامل " ألفا كرونباخ" لقياس ثبات أداة الدراسة ومعامل الارتباط بيرسون لقياس صدق أداة الدراسة والعلاقة بين المتغيرات
- التكرارات والنسب المئوية والمتوسط الحسابي والانحراف المعياري المتعلقة بمتغيرات الدراسة ولجميع الاستجابات على فقرات الاستبيان.
- معامل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر كل بعد من أبعاد المتغير المستقل على المتغير التابع

14.1 أداة الدراسة

تم تصميم الاستبانة في الدراسة الحالية لتتناسب مع متغيرات البحث من خلال الاطلاع على الدراسات السابقة ذات الصلة بموضوع الدراسة. تتكون الاستبانة من قسمين رئيسيين:

القسم الأول: يتناول المتغيرات الديمغرافية لأفراد عينة الدراسة من العاملين في وزارة الصحة

السعودية، ويشمل المسمى الوظيفي، العمر، المستوى التعليمي، وعدد سنوات الخبرة.

القسم الثاني: يحتوي على الفقرات التي تقيس المتغيرات المستقلة والتابعة في الدراسة.

أولاً: المتغير المستقل – تدريب الكوادر الفنية، ويُقاس من خلال 24 فقرة مقسمة أربعة أبعاد رئيسية:

1. المعرفة التقنية
2. تشخيص الأعطال
3. تطوير القدرات الذاتية
4. الالتزام بمعايير السلامة

ثانياً: المتغير التابع – جودة الصيانة الكهربائية للمعدات، ويُقاس من خلال (20) فقرة موزعة.

15.1 حدود الدراسة:

- حدود موضوعية: تقتصر الدراسة على تحليل أثر تدريب الكوادر الفنية بأبعاده (المعرفة التقنية – تشخيص الأعطال – تطوير القدرات الذاتية – الالتزام بمعايير السلامة) على جودة الصيانة الكهربائية للمعدات في محطات توليد الكهرباء.
- حدود مكانية: تُجرى الدراسة على محطة توليد كهرباء بالمملكة العربية السعودية.
- حدود زمنية: تم إعداد الدراسة في عام 2025.
- حدود بشرية: تقتصر الحدود البشرية لهذه الدراسة على الفنيين والمهندسين الكهربائيين العاملين في محطات توليد الكهرباء، ممن لديهم ارتباط مباشر بأعمال الصيانة الكهربائية للمعدات.

الفصل الثاني: الإطار النظري

المبحث الأول: تدريب الكوادر الفنية

1.1.2 تمهيد

تعد الكوادر الفنية المحور الحيوي في منظومة الصيانة الكهربائية بمحطات توليد الكهرباء، حيث تمثل الحلقة المباشرة التي تربط بين السياسات التشغيلية وبين كفاءة الأداء الفعلي للمعدات، وفي ظل التقدم التكنولوجي المتسارع وتزايد الاعتماد على الأنظمة الكهربائية المعقدة، بات تدريب الكوادر الفنية ضرورة استراتيجية لضمان موثوقية الأداء، والحد من الأعطال، ورفع مستوى السلامة والجودة في تنفيذ مهام الصيانة.

وعليه، يستعرض هذا المبحث المفهوم العام لتدريب الكوادر الفنية، وأهميته، وأهدافه، ثم يتناول تفصيلاً لأبعاده.

2.1.2 مفهوم تدريب الكوادر الفنية

اتفق العديد من الباحثين على أن تدريب الكوادر الفنية يُعد أحد المرتكزات الأساسية التي تقوم عليها كفاءة أداء الصيانة في بيئات العمل الصناعية المتقدمة، وخاصة في محطات توليد الكهرباء، وقد تنوعت تعريفاتهم لهذا المفهوم تبعاً للزاوية التي ينطلق منها كل باحث.

فقد عرفه Silvester et al. (2024) بأنه: "العملية المنهجية التي تهدف إلى تنمية معارف ومهارات العاملين الفنيين في المجالات الكهربائية من خلال برامج تدريبية عملية ونظرية، تسهم في رفع كفاءتهم وزيادة التزامهم بمعايير السلامة وجودة الأداء."

أما Yimam (2022) فاعتبر أن تدريب الكوادر الفنية هو "مجموعة من الأنشطة المنظمة التي تُصمم لتلبية الاحتياجات الفعلية للعاملين الفنيين، وتعمل على تطوير قدراتهم في التعامل مع المعدات

والأنظمة الكهربائية المعقدة بما يعزز قدرتهم على الاستجابة الفعالة للأعطال وتقديم حلول سريعة ودقيقة."

وأضاف (2023) Saeed أن التدريب الفني "يتجاوز مجرد نقل المعرفة التقنية، ليشمل بناء قدرات تحليلية ومهارات تشخيصية تُمكن الفني من التفاعل الذكي مع المشكلات التشغيلية، مما يعزز من جودة الصيانة ويخفض من زمن التعطل."

كما ذهب الزهراني (2021) إلى أن تدريب الكوادر الفنية هو "أداة استراتيجية تستخدمها المنظمات لتحسين أداء العاملين في المجالات الفنية من خلال تعزيز المعرفة المتخصصة، والمهارات العملية، والوعي بالسلامة المهنية، بهدف تحقيق الجاهزية الكاملة للعمل بكفاءة واستقلالية."

ويرى الباحث أن تدريب الكوادر الفنية في سياق محطات توليد الكهرباء يجب ألا يُختزل في البرامج التقليدية ذات الطابع النظري، بل يجب أن يكون تدريبًا شموليًا وتطبيقيًا يستند إلى تحليل دقيق للاحتياجات الفنية الحقيقية في بيئة العمل، ويهدف إلى إكساب العاملين معارف تقنية دقيقة، ومهارات عملية في تشخيص الأعطال، وقدرات ذاتية على التعلم المستمر، إلى جانب غرس الالتزام العميق بمعايير السلامة المهنية.

3.1.2 أهمية تدريب الكوادر الفنية

تتزايد أهمية تدريب الكوادر الفنية في ظل التحديات التقنية المتسارعة التي تشهدها بيئات العمل الكهربائية، خاصة داخل محطات توليد الكهرباء، حيث تتطلب طبيعة العمل الفني مستوى عالٍ من الجاهزية والمعرفة والقدرة على التفاعل مع الأعطال المعقدة والأنظمة الذكية، ولم يعد التدريب مجرد أداة تطوير مهني، بل أصبح عنصرًا استراتيجيًا لضمان استمرارية التشغيل، وتحقيق معايير الجودة والسلامة، وتقليل التكاليف المرتبطة بالأعطال المتكررة أو الصيانة الطارئة.

ويشير (2023) Al Ameer et al. إلى أن أهمية تدريب الكوادر الفنية تتجسد في:

1. تعزيز القدرة الفنية للتعامل مع الأنظمة الكهربائية الحديثة والمعقدة،
2. الارتقاء بكفاءة تنفيذ أعمال الصيانة، وتقليل الفاقد الزمني والمالي الناتج عن الأعطال،
3. دعم جاهزية الفنيين لتنفيذ الصيانة الاستباقية والتنبؤية بدلاً من الاكتفاء بالاستجابة للأعطال.

ويرى (Saeed (2023 أن أهمية تدريب الكوادر الفنية تنبع من كونه أداة محورية في:

1. تحسين مستوى تشخيص الأعطال بدقة وسرعة، وتقليل الحاجة إلى الاستعانة بمصادر خارجية،
2. تطبيق ممارسات السلامة المهنية والانضباط الفني، مما يؤدي إلى خفض معدلات الحوادث في بيئة العمل،
3. بناء كوادر مستقلة قادرة على تطوير نفسها ذاتياً والتكيف مع التغيرات التقنية دون اعتماد مفرط على الإشراف المباشر.

وقد أظهرت دراسة الزهراني (2021) في السياق العربي، أن المؤسسات التي تستثمر في تدريب كوادرها الفنية استطاعت تقليص الأعطال بنسبة تجاوزت 30% خلال عام واحد، مما يؤكد أن التدريب ليس مجرد أداة تحسين بل هو استثمار فعلي في كفاءة البنية التحتية التشغيلية.

كما بين (Tripathi (2024 أن التدريب المتخصص يساعد المؤسسات على تحقيق ميزة تنافسية قائمة على جودة الخدمات الفنية، من خلال تقليص الأخطاء، وتحسين وقت الاستجابة، والارتقاء برضا العملاء الداخليين والخارجيين.

وبهذا، فإن تدريب الكوادر الفنية يمثل أحد الأعمدة الجوهرية التي تقوم عليها كفاءة منظومة الصيانة الكهربائية، ويسهم في بناء قاعدة تشغيلية صلبة تُمكن المؤسسات من تحقيق أهدافها الإنتاجية والتشغيلية بكفاءة وأمان.

4.1.2 أهداف تدريب الكوادر الفنية

يُعد تحديد أهداف تدريب الكوادر الفنية من الخطوات الأساسية في تصميم البرامج التدريبية وتوجيه الموارد البشرية نحو تحقيق التحسين المستدام في أداء الصيانة الكهربائية. وتنبثق هذه الأهداف من التحديات الفنية والتشغيلية التي تواجهها محطات توليد الكهرباء، ومن الحاجة الملحة إلى تطوير قدرات الفنيين بما يتناسب مع تطور الأنظمة التكنولوجية المعقدة.

وقد أشارت دراسة (Silvester et al. (2024 إلى أن من أبرز أهداف التدريب الفني هو "إعداد الكوادر للتعامل مع النظم الكهربائية الحديثة، من خلال برامج منهجية تستهدف بناء المعرفة التقنية الدقيقة وتنمية مهارات حل المشكلات". وبمراجعة الأدبيات ذات الصلة (Brennan et al., 2023; Loch et al., 2022; عبدالرؤوف وآخرون، 2025)، يمكن تلخيص أهداف تدريب الكوادر الفنية في عدة محاور رئيسية:

1. تزويد الفنيين بالمعرفة الدقيقة حول الأنظمة الكهربائية، والمخططات الفنية، ومكونات وحدات التوليد، لتمكينهم من أداء المهام بكفاءة عالية ودقة متناهية.
2. تعزيز مهارات التحليل الفني والتفكير المنطقي في تتبع الأعطال الكهربائية المعقدة، مما يسرع من اكتشاف الخلل وتقليل زمن التوقف التشغيلي.
3. تمكين الفنيين من التعلم المستمر واتخاذ المبادرات الفنية دون الاعتماد الكامل على الإشراف المباشر، مما يخلق بيئة عمل أكثر مرونة واستقلالية.
4. غرس السلوكيات الآمنة وتدريب الفنيين على التعامل مع مخاطر الكهرباء والجهد العالي، مما يحد من الحوادث المهنية ويحافظ على سلامة الأفراد والمعدات.
5. رفع مستوى الدقة في تنفيذ إجراءات الصيانة الدورية والطارئة، مما يؤدي إلى تقليل معدلات الإخفاقات الفنية وزيادة موثوقية المعدات.
6. تدريب الفنيين على التعامل مع الأنظمة الذكية مثل تقنيات الاستشعار، والـ SCADA ، والتحكم الرقمي، بما يضمن جاهزيتهم للانتقال إلى الصيانة التنبؤية.
7. زيادة الإنتاجية وتقليل التكاليف التشغيلية: من خلال تقليل زمن الإصلاحات وتكرار الأعطال، يسهم التدريب في تحسين الكفاءة الاقتصادية العامة لمنظومة الصيانة داخل المحطات الكهربائية.

8. يرسّخ التدريب ثقافة التحسين المستمر والالتزام المهني، ما يسهم في بناء فريق فني قادر على التكيف طويل الأمد مع متغيرات بيئة العمل.
9. الارتقاء بمستوى رضا الإدارات التشغيلية والمستفيدين: الفني المؤهل يقدم خدمة أسرع وأكثر جودة، ما ينعكس على رضا الإدارات المشرفة، ويعزز ثقة الإدارة العليا بالكوادر الفنية.
10. يُسهم التدريب في تحويل المعرفة الفردية إلى معرفة تنظيمية قابلة للنقل والتوثيق والتوسع داخل بيئة العمل.

5.1.2 أبعاد تدريب الكوادر الفنية

يمثل تحليل أبعاد تدريب الكوادر الفنية خطوة أساسية لفهم العناصر العملية والمهارية التي يتعين تنميتها ضمن البرامج التدريبية، خصوصًا في البيئات المعقدة مثل محطات توليد الكهرباء، وقد تم تحديد أربعة أبعاد رئيسية تُشكل جوهر عملية التدريب الفني الفعّال: المعرفة التقنية، تشخيص الأعطال، تطوير القدرات الذاتية، والالتزام بمعايير السلامة. وفيما يلي تفصيل لهذه الأبعاد:

✓ المعرفة التقنية (Technical Knowledge)

تُعد المعرفة التقنية القاعدة الأساسية التي يُبنى عليها الأداء الفني للفنيين، وتشمل الإلمام النظري والعملية بأنظمة الكهرباء، والمكونات الداخلية للمعدات، ووثائق التشغيل والصيانة، ووفقًا لـ Loch et al. (2022)، فإن الفني الذي يمتلك قاعدة معرفية تقنية قوية يكون أكثر قدرة على تنفيذ المهام بكفاءة، وفهم التحديثات التكنولوجية، والتفاعل مع أعطال الأجهزة المعقدة.

كما أكد Herrera-Arcila et al. (2024) أن المعرفة التقنية لا تقتصر على الجوانب الأكاديمية، بل تشمل المهارات العملية المكتسبة من الميدان، والقدرة على قراءة المخططات الكهربائية، واستخدام أدوات القياس الحديثة، والتعرف على الأنظمة الرقمية وأنظمة التحكم مثل SCADA و PLC.

و أظهرت دراسة عبدالرؤوف وآخرون (2025) أن رفع المستوى المعرفي الفني من خلال التدريب أدى إلى تحسين أداء فنيي الصيانة بنسبة 42% في محطات الكهرباء.

✓ تشخيص الأعطال (Fault Diagnosis)

يُعتبر تشخيص الأعطال من أكثر المهارات الفنية أهمية في بيئة العمل الكهربائية، إذ يُمكن الفني من تحديد مواضع الخلل بدقة، وتحديد الأسباب الجذرية للعطل بدلاً من معالجة الأعراض فقط، ويرى (Alshammari (2025 أن 60% من الوقت الضائع في عمليات الصيانة يعود إلى ضعف قدرات التشخيص لدى الفنيين.

ويتطلب التشخيص الفعال فهماً عميقاً للدوائر الكهربائية، والقدرة على استخدام أجهزة القياس والتحليل، وفهم سلوك الأنظمة عند تعرضها للفشل، وقد أظهرت دراسة (Brennan et al. (2023 أن تدريب الفنيين على سيناريوهات أعطال واقعية ومحاكاة بيئة العمل يساهم بشكل مباشر في تطوير قدراتهم التحليلية واتخاذ القرار الفني السليم.

✓ تطوير القدرات الذاتية (Self-Development Capabilities)

يشير هذا البُعد إلى قدرة الفني على مواصلة التعلم الذاتي، وتنمية مهاراته باستمرار، ومواكبة التطورات التكنولوجية دون الاعتماد الكامل على التدريب الرسمي أو التوجيه المباشر، ووفقاً لـ Saeed (2023)، فإن الفنيين الذين يمتلكون روح التعلم الذاتي يكونون أكثر استعداداً للتعامل مع التقنيات الجديدة والمهام غير النمطية.

وتدعم دراسة (Tripathi (2024 هذا التوجه، حيث أظهرت أن المؤسسات التي ركزت على تنمية القدرات الذاتية لفنييها شهدت تحسناً في سرعة إنجاز مهام الصيانة بنسبة 33% خلال فترة لا تتجاوز ستة أشهر، إضافة إلى انخفاض الاعتماد على الدعم الفني الخارجي.

ويُعد هذا البُعد محورياً في بيئات العمل الديناميكية مثل محطات الكهرباء، والتي تتطلب من الفنيين القدرة على التكيف والاستجابة السريعة.

☑ الالتزام بمعايير السلامة (Compliance with Safety Standards)

في بيئة تتعامل مع الجهد العالي والتيارات القوية، يُعد الالتزام بإجراءات ومعايير السلامة مكونًا لا غنى عنه في تقييم كفاءة الفني، ويؤكد (Silvester et al. (2024 أن ضعف الوعي بإجراءات السلامة هو أحد الأسباب الرئيسية للحوادث المهنية في القطاعات الكهربائية.

يشمل هذا البُعد تدريب الفنيين على استخدام معدات الحماية الشخصية، وفهم تعليمات التشغيل الآمن، والتصرف السليم في حالات الطوارئ، بالإضافة إلى غرس ثقافة السلامة كجزء لا يتجزأ من الهوية المهنية للفني، وأكدت دراسة (du Toit et al. (2022 أن برامج التدريب التي تدمج السلامة في المحتوى الفني تؤدي إلى خفض معدلات الحوادث بنسبة تفوق 40%.

وأوضحت دراسة سلامة وآخرون (2021) أن الفنيين الذين تلقوا تدريبًا منتظمًا على إجراءات السلامة أظهروا التزامًا أعلى وانخفاضًا في نسب المخالفات المسجلة خلال فترات المراقبة التشغيلية.

6.1.2 العلاقة بين تدريب الكوادر الفنية وجودة الأداء الفني

يمثل تدريب الكوادر الفنية نقطة الانطلاق في بناء أداء فني عالي الجودة، حيث يرتبط التدريب الوثيق بتحقيق مستويات عليا من الدقة والكفاءة والجاهزية الفنية، وقد أشار (Johnson et al. (2024 إلى أن العلاقة بين التدريب وجودة الأداء هي علاقة طردية، حيث كلما زادت جودة التدريب وملاءمته لاحتياجات العمل، ارتفعت كفاءة الفنيين وتراجعت نسب الأعطال وال فشل التشغيلي.

ويؤكد (Saeed (2023 في دراسته التطبيقية بمحطات كهرباء بغداد أن الفنيين الذين خضعوا لبرامج تدريب مركزة على المهارات التطبيقية أظهروا انخفاضًا في أخطاء الصيانة بنسبة 47%، مقارنة بأولئك الذين لم يتلقوا تدريبًا منظمًا.

وتُعزز هذه العلاقة أيضًا من خلال تحسين الالتزام بإجراءات التشغيل، وزيادة القدرة على التنبؤ بالأعطال، وتحقيق الانضباط الفني أثناء أداء المهام، وهي عناصر جميعها تُسهم في تحسين جودة الصيانة وتدعم استدامة المعدات.

7.1.2 تحديات تدريب الكوادر الفنية

رغم الاعتراف الواسع بأهمية التدريب، إلا أن المؤسسات – خاصة في القطاعات الصناعية –

تواجه عددًا من التحديات في تنفيذ برامج تدريب فعالة للفنيين، ومن أبرزها: (Ghidini 2021)

1. ضعف الميزانيات المخصصة للتدريب الفني، خاصة في الدول النامية أو في المؤسسات ذات الطابع الحكومي.

2. نقص الكوادر التدريبية المؤهلة التي تجمع بين الخبرة العملية والقدرة على نقل المعرفة التقنية.

3. عدم ربط التدريب باحتياجات التشغيل الفعلية، مما يؤدي إلى فجوة بين ما يُدرّس وما يُمارس ميدانيًا.

4. ضعف ثقافة التعلم لدى بعض الفنيين، والاعتماد الزائد على الخبرة الشخصية بدلاً من التعلم المنهجي.

5. غياب أنظمة التقييم بعد التدريب لقياس أثر التدريب على الأداء الفعلي للفنيين.

المبحث الثاني: جودة الصيانة الكهربائية للمعدات

1.2.2 تمهيد

تُعد الصيانة الكهربائية واحدة من أهم الأنشطة التشغيلية في محطات توليد الكهرباء، كونها تمثل خط الدفاع الأول ضد الأعطال والانقطاعات التي قد تؤثر على كفاءة التوليد واستقرار الشبكة الكهربائية. وتعتمد جودة الصيانة الكهربائية على مدى دقة الإجراءات المتبعة، وكفاءة الكوادر الفنية، وتكامل النظم التشغيلية، ومدى الالتزام بمعايير السلامة والجودة.

وقد أصبحت جودة الصيانة الكهربائية محط اهتمام متزايد في ظل التحول نحو التشغيل الذكي للمحطات، مما يتطلب أن تكون الصيانة ليست فقط تصحيحية، بل تنبؤية ووقائية في آن واحد ويستعرض هذا المبحث المفهوم العام للجودة في الصيانة الكهربائية، وأهميتها، وأبعادها التطبيقية، والعوامل المؤثرة عليها، والتوجهات الحديثة لتحسينها.

2.2.2 مفهوم جودة الصيانة الكهربائية

يمثل مفهوم "جودة الصيانة الكهربائية" أحد المفاهيم المحورية في منظومة التشغيل الفني للمعدات، خاصة في البيئات عالية الحساسية مثل محطات توليد الكهرباء، حيث يؤدي أدنى خلل إلى توقف كامل في الإنتاج أو اضطراب في الشبكة الكهربائية، وقد تنوعت تعريفات الباحثين لهذا المفهوم وفقاً لاختلاف السياقات التي تم تناوله فيها، إلا أنها تجمع على كونه مقياساً لفعالية وكفاءة الأداء الصياني، وانعكاسه المباشر على جاهزية المعدات وسلامتها التشغيلية.

ويعرف (Saeed (2023 جودة الصيانة الكهربائية بأنها: "مدى التزام عمليات الصيانة بالمعايير الفنية المعتمدة، ومدى قدرتها على استعادة المعدات إلى حالتها التشغيلية المثلى بأقل زمن توقف ممكن، وضمن حدود التكلفة المخطط لها، مع تحقيق أعلى درجات الأمان الفني."

أما Herrera-Arcila et al. (2024) فيرون أن الجودة في الصيانة الكهربائية "تتجسد في قدرة الفرق الفنية على إنجاز المهام الصيانية وفق جداول زمنية دقيقة، دون تكرار للأعطال، وبما يضمن الحد الأدنى من تأثير الصيانة على استمرارية العمليات التشغيلية".

ويؤكد Woods et al. (2024) أن جودة الصيانة ترتبط ارتباطاً وثيقاً بجودة البيانات والمعلومات الفنية المتوفرة، ومدى استخدام التحليلات التنبؤية وأدوات التشخيص الدقيق لاتخاذ القرار الصحيح في الوقت المناسب، مما يُقلل من التدخلات العشوائية ويزيد من فعالية الصيانة.

و يرى عبدالمجيد (2023) أن جودة الصيانة الكهربائية هي "نتيجة تكامل بين البنية المؤسسية، وكفاءة الفنيين، ودقة إجراءات التشغيل، ومتابعة تنفيذ خطط الصيانة الوقائية، بما يحقق أداءً كهربائياً مستقرًا وآمنًا وفعالاً".

كما أشار العامري والعوادي (2021) إلى أن جودة الصيانة تتجاوز حدود إصلاح الأعطال إلى بناء نظام متكامل يضمن: تقليل زمن التوقف، وتقليل تكلفة الأعطال، وزيادة موثوقية المعدات، وتحسين أداء فرق العمل الفنية.

يرى الباحث أن "جودة الصيانة الكهربائية" في سياق محطات توليد الكهرباء يجب ألا تُفهم على أنها مجرد تنفيذ سليم لإجراءات الصيانة، بل هي نتاج لمجموعة متكاملة من العوامل تشمل: كفاءة الكادر الفني، استخدام التكنولوجيا الحديثة في الفحص والتشخيص، الالتزام بخطط الصيانة الوقائية، وتطبيق معايير السلامة والجودة في كل خطوة.

3.2.2 أهمية جودة الصيانة الكهربائية

تكتسب جودة الصيانة الكهربائية أهمية استراتيجية في بيئات التشغيل الصناعية المعقدة، وعلى وجه الخصوص في محطات توليد الكهرباء التي تُعد من أكثر القطاعات حساسية تجاه الأعطال والتوقفات غير المخططة، ولا تُقاس هذه الأهمية فقط بحجم التأثير الفني، بل تتعداه إلى الأبعاد الاقتصادية، والسلامة المهنية، واستدامة الأداء، والموثوقية التشغيلية.

يشير Herrera-Arcila et al. (2024) إلى أن جودة الصيانة الكهربائية تمثل عاملاً حاسماً في ضمان الأداء المستقر للمعدات، حيث ترتبط مباشرة بتقليل الأعطال المتكررة، وتحقيق استجابة سريعة وفعالة لأي خلل فني، مما يسهم في خفض زمن التوقف وتحقيق استمرارية التشغيل.

و أوضح (2022) da Costa & Cavalcante أن المؤسسات التي تطبق معايير صارمة في جودة الصيانة قادرة على التحكم بشكل أفضل في تكاليف التشغيل، إذ تؤدي الصيانة الجيدة إلى تقليل الحاجة للإصلاحات الجذرية أو استبدال المعدات، وبالتالي تُسهم في إطالة العمر الافتراضي للأصول الفنية.

كما بيّنت دراسة Saeed (2023) أن جودة الصيانة ترتبط ارتباطاً مباشراً بكفاءة المحطة الإنتاجية، حيث وجدت أن ارتفاع جودة التنفيذ الفني للصيانة ساعد في خفض الأعطال الكهربائية المفاجئة بنسبة 46% في إحدى محطات الكهرباء الحرارية خلال عام واحد فقط.

و أكد (2024) Silvester et al. أن الالتزام بجودة الصيانة يحدّ بشكل كبير من مخاطر التشغيل، ويعزز تطبيق قواعد السلامة الكهربائية، مما ينعكس على تقليل الحوادث المهنية بنسبة تتجاوز 35% في البيئات عالية الجهد الكهربائي.

وفي دراسة تطبيقية أجراها عبدالمجيد (2023) على إحدى شركات إنتاج الكهرباء، تبين أن رفع مستوى جودة الصيانة أدى إلى تحسين أداء المعدات بنسبة 40%، مع خفض تكاليف التشغيل بنسبة 22% خلال سنة مالية واحدة، مما يؤكد أن الصيانة ذات الجودة العالية تُعد استثماراً تشغيلياً لا عبثاً مالياً.

ويؤكد (2023) Ogunfowora & Najjaran أن أهمية جودة الصيانة تتزايد بمرور الوقت، خاصة مع التحول نحو استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي والصيانة التنبؤية، حيث إن هذه الأساليب تعتمد على دقة البيانات وجودة التنفيذ الفني لضمان فعاليتها.

ويمكن تلخيص أهمية جودة الصيانة الكهربائية في النقاط الآتية:

1. رفع كفاءة تشغيل المعدات واستقرار الأداء الفني.

2. تقليل الأعطال الفنية غير المخططة وتكاليف الإصلاح.
3. تعزيز السلامة المهنية للعاملين وتقليل نسب الحوادث.
4. تحقيق الاستدامة التشغيلية وإطالة العمر التشغيلي للمعدات.
5. الحد من الخسائر المالية الناتجة عن توقف الإنتاج أو تدني الكفاءة.
6. تهيئة بيئة فنية مهيكلية تدعم التحول الرقمي والصيانة الذكية.

4.2.2 العوامل المؤثرة في جودة الصيانة الكهربائية

تتأثر جودة الصيانة الكهربائية بمجموعة من العوامل المتداخلة التي تتوزع بين البعد البشري، والتقني، والتنظيمي، والبيئي، إذ لا يمكن تحقيق مستوى عالٍ من الجودة في أعمال الصيانة ما لم تتوفر منظومة متكاملة تدعم الكفاءة المهنية، وتوظف التكنولوجيا المناسبة، وتتبنى إجراءات تشغيل معيارية، ضمن بيئة تنظيمية داعمة.

وقد توصلت العديد من الدراسات إلى وجود علاقة وثيقة بين هذه العوامل وجودة المخرجات الصيانية، سواء من حيث تقليل الأعطال أو رفع موثوقية المعدات (Herrera-Arcila et al., 2024)؛ Riaz et al., 2024).

وفيما يلي أبرز العوامل المؤثرة:

➤ كفاءة الكوادر الفنية وتدريبهم المستمر

يُعد العامل البشري من أكثر المؤثرات حسماً في تحديد مستوى الجودة، إذ ترتبط دقة تنفيذ الصيانة بشكل مباشر بمهارات الفنيين ومدى تلقينهم للتدريب المناسب، وقد أوضحت دراسة Saeed (2023) أن الفرق الفنية التي تتلقى تدريباً تخصصياً دورياً أظهرت انخفاضاً كبيراً في معدلات الأخطاء الفنية وزيادة في سرعة الاستجابة للأعطال.

كما يؤكد (Elsafy & Oraby (2022 أن غياب التدريب أو الاكتفاء بالخبرة العملية يؤدي إلى نتائج صيانة غير مستقرة، ويفاقم من الأعطال المتكررة.

➤ مدى توافر المعدات والأدوات الفنية الدقيقة

تشكل جودة الأدوات والأجهزة المستخدمة في أعمال الفحص والصيانة عاملاً مهماً، حيث أن الاعتماد على أجهزة قياس غير دقيقة أو غير محدثة يؤدي إلى تشخيص غير صحيح للأعطال، ما ينعكس سلباً على فعالية أعمال الصيانة. (Johnson et al., 2024)

➤ فعالية خطط الصيانة الوقائية والتنبؤية

تؤثر جودة التخطيط الفني للصيانة على مخرجاتها، إذ تُعد الصيانة الوقائية والتنبؤية من أهم الأساليب التي تمنع الأعطال بدلاً من التعامل معها بعد وقوعها، وأن محطات التوليد التي تطبق برامج صيانة تنبؤية قائمة على تحليل البيانات حققت انخفاضاً في الأعطال الطارئة بنسبة 40% مقارنةً بتلك التي تكتفي بالصيانة التقليدية وأكد. (Arpilleda, 2023)

➤ دقة الوثائق الفنية وتكامل نظام المعلومات

أحد الجوانب المغفلة أحياناً هو دور الوثائق والمخططات المحدثة في تسهيل مهام الصيانة. فكلما توفرت بيانات دقيقة ومحدثة عن التركيبات الكهربائية وسجل الأعطال، زادت القدرة على المعالجة السريعة والدقيقة. (Woods et al., 2024)

➤ ثقافة السلامة والالتزام بالإجراءات التشغيلية

البيئة التي تشجع الالتزام بإجراءات التشغيل الموحدة ومعايير السلامة ترفع من جودة تنفيذ الصيانة، وتقلل من التسرع والأخطاء الناتجة عن العشوائية أو الضغط الزمني. وتؤكد دراسة Silvester et al. (2024) أن الالتزام الصارم بإجراءات السلامة الفنية كان من أكثر العوامل ارتباطاً بجودة التنفيذ واستقرار الأداء في المنشآت الكهربائية.

➤ الدعم الإداري والتنسيق بين الإدارات

يلعب الدور الإداري دوراً حاسماً في جودة الصيانة من خلال تخصيص الموارد، وتوفير التدريب، وضمان التنسيق بين الإدارات التشغيلية والفنية. فبدون دعم تنظيمي واضح، تفقد فرق الصيانة الفاعلية المؤسسية المطلوبة. (Tripathi, 2024)

5.2.2 العلاقة بين جودة الصيانة وكفاءة التشغيل

تُعد العلاقة بين جودة الصيانة وكفاءة التشغيل علاقة تكاملية طردية، إذ تؤدي الممارسات الصيانية الجيدة إلى رفع مستوى الأداء العام للأنظمة التشغيلية، وتقليل زمن التوقف، وتحقيق أعلى إنتاجية ممكنة بأقل موارد، خاصة في البيئات الصناعية الحساسة مثل محطات توليد الكهرباء، فكلما زادت جودة تنفيذ عمليات الصيانة من حيث التخطيط والتنفيذ والمتابعة، انعكس ذلك بشكل مباشر على موثوقية المعدات واستدامة تشغيلها.

يشير Riaz et al. (2024) إلى أن جودة الصيانة تشكل حجر الأساس في استقرار الأداء التشغيلي، إذ تسهم في تقليل الأعطال غير المخططة، وتمنع الخسائر التشغيلية الناتجة عن توقف مفاجئ للمعدات. وقد بيّنت دراسته أن محطات الكهرباء التي تطبق ممارسات صيانة عالية الجودة حققت زيادة في كفاءة التشغيل بنسبة 25% خلال فترة سنة واحدة فقط.

كما يرى da Costa & Cavalcante (2022) أن الصيانة الجيدة لا تقتصر على إصلاح الأعطال فحسب، بل تعمل على إعادة ضبط الأنظمة وتحسين أدائها، مما يؤدي إلى استخدام أكثر كفاءة للطاقة، وتقليل الفاقد الكهربائي، وزيادة الإنتاج الفعلي للمولدات دون تغيير في مدخلات التشغيل.

ويؤكد Saeed (2023) في دراسته الميدانية أن هناك علاقة ارتباط قوية بين جودة عمليات الصيانة وكفاءة المؤشرات التشغيلية، مثل: زمن التشغيل الصافي، والجاهزية الفنية للمعدات، ومتوسط الزمن بين الأعطال (MTBF)، مشيرًا إلى أن الصيانة الفعالة تسهم في رفع هذه المؤشرات بنسبة ملحوظة. و أشار Tripathi (2024) إلى أن تحسين جودة الصيانة يؤدي إلى خفض تكاليف التشغيل والصيانة بنسبة تصل إلى 30%، نتيجة تقليل الحاجة للإصلاحات الجذرية والاستبدال المتكرر، وتحسين استخدام الموارد البشرية والفنية.

و أوضحت دراسة عبدالمجيد (2023) أن جودة الصيانة انعكست إيجابيًا على كفاءة التشغيل في شركة المحطات المائية لإنتاج الكهرباء، حيث تم رصد انخفاض بنسبة 41% في الأعطال، وزيادة بنسبة 33% في عدد ساعات التشغيل الفعلية للمعدات بعد تطبيق برنامج تحسين جودة الصيانة.

ويمكن تلخيص العلاقة بين جودة الصيانة وكفاءة التشغيل في الآتي:

- جودة الصيانة تسهم في استقرار النظام التشغيلي واستدامة إنتاج الطاقة.
- تحسّن من الجاهزية الفنية للمعدات وتقلل من زمن التوقف.
- تُرفع من كفاءة استخدام الموارد التقنية والبشرية.
- تُقلل من الاستنزاف المالي الناتج عن الأعطال المتكررة أو غير المتوقعة.
- تدعم التحول إلى تشغيل ذكي قائم على البيانات والموثوقية التشغيلية.

6.2.2 التحديات التي تواجه تحسين جودة الصيانة الكهربائية

رغم التقدم التقني واعتماد العديد من المؤسسات على نظم صيانة متطورة، لا تزال هناك تحديات حقيقية تعيق تحسين جودة الصيانة الكهربائية، وتحد من قدرة محطات التوليد على الوصول إلى مستويات عالية من الكفاءة والاستدامة التشغيلية، وتنبع هذه التحديات من عوامل بشرية، تنظيمية، مالية وتقنية، كما تؤكد مجموعة من الدراسات الحديثة.

يشير (Saeed (2023 إلى أن أبرز التحديات تتمثل في:

1. نقص الكوادر المؤهلة فنيًا، وضعف استثمار المؤسسات في التدريب المستمر.
2. الاعتماد المفرط على الخبرة الشخصية للفنيين بدلًا من اتباع إجراءات صيانة موثقة ومعتمدة.
3. غياب التقييم الدوري لجودة أعمال الصيانة، ما يجعل الأخطاء تتكرر دون تصحيح.

أما (Arpilleda (2023، فقد ركز على التحديات التقنية مشيرًا إلى أن:

1. العديد من محطات التوليد لا تزال تعمل وفق نماذج صيانة تقليدية (تصحيحية فقط) دون اعتماد واضح على الصيانة الوقائية أو التنبؤية.
2. ضعف التكامل بين أنظمة التشغيل والصيانة يُعيق تدفق المعلومات اللازمة لاتخاذ قرارات فنية دقيقة.

3. قلة الاستثمار في معدات التشخيص الإلكتروني المتطورة يؤدي إلى ضعف في كفاءة الكشف عن الأعطال.

ويرى عبدالمجيد (2023) أن هناك تحديات إضافية تتمثل في:

1. ضعف التنسيق بين الإدارات الفنية والتشغيلية، مما يؤدي إلى تضارب في الأولويات وتعطيل تنفيذ خطط الصيانة.
2. محدودية الميزانيات المخصصة للصيانة، مما ينعكس على تأخر الإمدادات الفنية وصعوبة تحديث قطع الغيار.
3. عدم وجود مؤشرات أداء دقيقة ومستمرة لمراقبة جودة أعمال الصيانة.

الفصل الثالث: المنهجية

1.3 منهج الدراسة

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، الذي يُعد الأنسب في دراسة الظواهر التنظيمية والتشغيلية من خلال وصفها كما هي على أرض الواقع، وتحليل العلاقات بين متغيراتها، ويُستخدم هذا المنهج على نطاق واسع في البحوث التطبيقية المتعلقة بتقييم الأداء .

وقد تم اختيار هذا المنهج لأنه يُتيح فهماً دقيقاً لطبيعة العلاقة بين تدريب الكوادر الفنية بأبعاده (المعرفة التقنية، تشخيص الأعطال، تطوير القدرات الذاتية، الالتزام بمعايير السلامة) كمتغير مستقل، وبين جودة الصيانة الكهربائية للمعدات كمتغير تابع في محطات توليد الكهرباء.

2.3 مجتمع وعينة الدراسة

➤ مجتمع الدراسة

يتكوّن مجتمع الدراسة من جميع الكوادر الفنية والهندسية العاملة في أقسام الصيانة الكهربائية بمحطات توليد الكهرباء داخل [الدولة أو المنطقة الجغرافية المستهدفة]، ويشمل ذلك الفنيين، المهندسين، مشرفي الصيانة، ومديري الدوائر الفنية المرتبطين مباشرة بتنفيذ أو الإشراف على أعمال الصيانة الكهربائية للمعدات، وقد تم اختيار هذا المجتمع نظراً لدوره المحوري في تطبيق ممارسات الصيانة وتلقّي البرامج التدريبية، وهو الأكثر ارتباطاً بمتغيرات الدراسة.

ويتميز هذا المجتمع بخصائص فنية وتنظيمية تؤهله لتمثيل بيئة العمل الكهربائية ذات الطبيعة الحساسة والمعقدة، التي تتطلب درجة عالية من الجاهزية الفنية، والدقة في تنفيذ الأعمال، والالتزام بالمعايير المهنية، مما يجعله مناسباً لتحقيق أهداف الدراسة.

➤ عينة الدراسة

نظرًا لاتساع حجم مجتمع الدراسة وتوزعه الجغرافي، فقد تم الاعتماد على العينة العشوائية الطبقية كطريقة لاختيار مفردات الدراسة، وتم تقسيم مجتمع الدراسة إلى طبقات بناءً على الوظيفة (مهندس – فني – مشرف صيانة)، لضمان التمثيل العادل لمختلف المستويات الوظيفية ذات العلاقة المباشرة بالصيانة.

وقد تم تحديد حجم العينة باستخدام معادلة كرجسي ومورغان، والتي تُعد من أكثر المعادلات استخدامًا لتحديد الحجم الأمثل للعينة في الدراسات الكمية، خاصة عندما يكون حجم المجتمع الأصلي غير معروف بدقة أو متغير، وتم توزيع عدد (400) استبانة على أفراد العينة المختارين عشوائيًا، وتم استرداد (361) استبانة صالحة للتحليل الإحصائي، بنسبة استجابة بلغت حوالي 90.25%، وهي نسبة مرتفعة تعزز من موثوقية النتائج وقدرتها على التعميم.

3.3 أداة الدراسة

اعتمدت الدراسة على أداة الاستبانة المغلقة لجمع البيانات الميدانية من أفراد العينة، نظرًا لما توفره من قدرة على الوصول إلى عدد كبير من المبحوثين، وتوحيد أسلوب الإجابة بما يسهم في تسهيل التحليل الإحصائي، وقد تم تصميم الاستبانة وفقًا للإطار النظري للدراسة، والأدبيات السابقة المتعلقة بكل من تدريب الكوادر الفنية وجودة الصيانة الكهربائية للمعدات، مع الاسترشاد باستبانات مستخدمة في دراسات علمية مماثلة (مثل: Saeed, 2023؛ عبدالمجيد، 2023؛ Tripathi, 2024).

تمثلت أداة الدراسة في استبانة مغلقة، تم إعدادها بناءً على الأدبيات النظرية والدراسات السابقة ذات الصلة، وشملت ثلاثة محاور:

☑ المحور الأول: البيانات الديموغرافية

(أسئلة وصفية حول: المسمى الوظيفي – سنوات الخبرة – المؤهل العلمي – نوع المحطة – عدد

الدورات التدريبية)

✓ المحور الثاني: تدريب الكوادر الفنية (المتغير المستقل)

يتكوّن من 4 أبعاد، وكل بُعد يحتوي على 5 فقرات، بإجمالي: 20 فقرة.

- المعرفة التقنية (5 فقرات)
- تشخيص الأعطال (5 فقرات)
- تطوير القدرات الذاتية (5 فقرات)
- الالتزام بمعايير السلامة (5 فقرات)

✓ المحور الثالث: جودة الصيانة الكهربائية للمعدات (المتغير التابع) يتكوّن من 10 فقرات فقط

4.3 صدق أداة الدراسة

تم التحقق من صدق أداة الدراسة من خلال تطبيق مجموعة من الأساليب التي تضمن تمثيل الفقرات لأبعاد المتغيرات بشكل دقيق، وقد اشتملت عملية التحقق على ما يلي:

✓ الصدق الظاهري (Face Validity)

تم عرض الاستبانة على عدد من المحكّمين المتخصصين في الإدارة الهندسية وهندسة القوى الكهربائية والإحصاء، حيث تمت مراجعة الفقرات من حيث: الصياغة، الملاءمة، ارتباطها بالبعد الذي تقيسه، خلوها من الغموض، ومدى شمولها للموضوعات ذات العلاقة، وقد أُجريت تعديلات طفيفة في الصياغة لبعض الفقرات بناءً على ملاحظات المحكمين.

✓ صدق الاتساق الداخلي (Construct Validity)

لقياس مدى ارتباط كل بُعد من أبعاد المتغير المستقل ببقية الأبعاد، ومدى تمثيله لمفهوم "تدريب الكوادر الفنية" ككل، تم استخدام معامل الارتباط البسيط (Pearson)، بين الأبعاد الأربعة المكوّنة للمتغير المستقل، وجاءت النتائج كما هو موضح في الجدول التالي:

الجدول (1) مصفوفة الارتباط بين أبعاد المتغير المستقل "تدريب الكوادر الفنية"

البند	المعرفة التقنية	تشخيص الأعطال	تطوير القدرات الذاتية	الالتزام بمعايير السلامة
المعرفة التقنية	1	0.71**	0.65**	0.60**
تشخيص الأعطال	0.71**	1	0.68**	0.63**
تطوير القدرات الذاتية	0.65**	0.68**	1	0.66**
الالتزام بمعايير السلامة	0.60**	0.63**	0.66**	1

جميع معاملات الارتباط دالة إحصائيًا عند مستوى الدلالة (0.01)

شير نتائج مصفوفة الارتباط إلى وجود علاقات ارتباطية موجبة قوية بين أبعاد المتغير المستقل "تدريب الكوادر الفنية"، حيث تراوحت معاملات الارتباط بين (0.60) و(0.71)، وجميعها دالة إحصائيًا عند مستوى (0.01)، وتدل هذه النتائج على وجود اتساق مفاهيمي وهيكل بين الأبعاد الأربعة المكوّنة للمتغير، مما يُعزز من مصداقية أداة الدراسة من حيث الصدق البنائي.

5.3 ثبات أداة الدراسة

لضمان الاتساق الداخلي لأداة الدراسة والتأكد من موثوقية نتائجها، تم حساب معامل الثبات (كرونباخ ألفا) لجميع أبعاد الاستبانة، وذلك باستخدام برنامج SPSS. ويُعتبر معامل كرونباخ ألفا من أكثر الأدوات استخدامًا في الدراسات الكمية للتحقق من الثبات، حيث يشير إلى مدى اتساق إجابات المبحوثين على الفقرات التي تقيس كل بُعد من أبعاد الدراسة، ويُعد الثبات مقبولًا إذا تجاوزت قيمته (0.70)، ويُعد عاليًا إذا تجاوز (0.80)، وفقًا لما أشار إليه (Sekaran & Bougie (2016).

وقد جاءت النتائج كما يلي:

الجدول (2) قيمة ألفا كرونباخ

البند	عدد الفقرات	قيمة كرونباخ ألفا
المعرفة التقنية	5	0.84
تشخيص الأعطال	5	0.86
تطوير القدرات الذاتية	5	0.82
الالتزام بمعايير السلامة	5	0.85
جودة الصيانة الكهربائية للمعدات	10	0.88
كامل أداة الدراسة	30	0.91

تشير نتائج معامل كرونباخ ألفا إلى أن أداة الدراسة تتمتع بدرجة عالية من الثبات والاتساق الداخلي، حيث تجاوزت جميع القيم الحد الأدنى المقبول علمياً (0.70)، كما أن معظم القيم سجلت مستويات مرتفعة بلغت ما بين (0.82) و(0.88)، وهو ما يعكس جودة تصميم الفقرات، وارتباطها الواضح بالأبعاد التي تمثلها. وقد بلغ معامل الثبات الكلي للأداة (0.91)، وهي قيمة مرتفعة جداً تدل على أن الاستبانة ككل تقيس المفاهيم المقصودة بدقة وبصورة موثوقة.

6.3 أساليب التحليل الإحصائي

اعتمدت الدراسة على مجموعة من الأساليب الإحصائية التي تم تنفيذها باستخدام برنامج SPSS، وذلك لتحليل البيانات التي تم جمعها من خلال الاستبانة، ومعالجة الفرضيات واختبار صدق النموذج المفاهيمي. وقد تم اختيار هذه الأساليب بما يتناسب مع طبيعة المتغيرات (كمية) وهيكل الدراسة (وصفية تحليلية)، وفقاً للتفصيل التالي:

❖ التحليل الوصفي للإجابات

تم استخدام المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية والنسب المئوية لتحليل استجابات المبحوثين على فقرات كل بُعد من أبعاد الدراسة، بهدف تحديد الاتجاهات العامة ودرجة توافر المتغيرات المدروسة في البيئة المستهدفة.

❖ اختبار صدق وثبات الأداة

- تم استخدام معامل ارتباط بيرسون (Pearson Correlation) لاختبار صدق الاتساق الداخلي بين أبعاد المتغير المستقل، والتأكد من ترابطها المنطقي.
- كما تم حساب معامل كرونباخ ألفا (Cronbach's Alpha) لقياس الثبات الداخلي لأداة الدراسة، وتحديد مدى موثوقيتها.

❖ اختبار الفرضيات

تم الاعتماد على مجموعة من الأساليب التحليلية لاختبار فرضيات الدراسة الأساسية والفرعية، على النحو التالي:

- تحليل الانحدار البسيط: (Simple Linear Regression) لقياس أثر المتغير المستقل (تدريب الكوادر الفنية) على المتغير التابع (جودة الصيانة الكهربائية للمعدات).
- تحليل الانحدار المتعدد: (Multiple Linear Regression) لقياس أثر كل بُعد من أبعاد التدريب (المعرفة التقنية، تشخيص الأعطال، تطوير القدرات الذاتية، الالتزام بالسلامة) بشكل منفصل على جودة الصيانة.

الفصل الرابع: تحليل البيانات ونتائج الدراسة

1.4 تمهيد.

يهدف هذا الفصل إلى عرض نتائج الدراسة الميدانية المستخلصة من تحليل البيانات التي تم جمعها باستخدام أداة الاستبانة، و يتناول الفصل تحليل الخصائص الديموغرافية للمبحوثين، وتحليل استجاباتهم حول أبعاد المتغير المستقل "تدريب الكوادر الفنية" وأبعاده (المعرفة التقنية، تشخيص الأعطال، تطوير القدرات الذاتية، الالتزام بمعايير السلامة)، وكذلك تحليل استجاباتهم بشأن المتغير التابع "جودة الصيانة الكهربائية للمعدات".

كما يتناول الفصل اختبار فرضيات الدراسة باستخدام الأساليب الإحصائية المناسبة، وذلك لتحديد طبيعة العلاقة بين التدريب الفني وجودة الصيانة. وقد استخدم برنامج SPSS لمعالجة البيانات واستخلاص النتائج وفقاً للأساليب الموضحة في الفصل السابق.

2.4 التحليل الوصفي للبيانات الديموغرافية لعينة الدراسة

تضمنت الاستبانة في جزئها الأول مجموعة من الأسئلة التي تهدف إلى التعرف على الخصائص الديموغرافية والمهنية لأفراد العينة، والتي شملت: المسمى الوظيفي، المؤهل العلمي، سنوات الخبرة، نوع محطة الكهرباء، وعدد الدورات التدريبية السابقة. وفيما يلي جدول يوضح توزيع العينة حسب هذه المتغيرات:

الجدول (3): توزيع أفراد العينة حسب المتغيرات الديموغرافية

المتغير	الفئة	التكرار	النسبة المئوية (%)
المسمى الوظيفي	فني كهرباء	192	53.2
	مشرف صيانة كهربائية	109	30.2
	مهندس تشغيل وصيانة	60	16.6

المتغير	الفئة	التكرار	النسبة المئوية(%)
المؤهل العلمي	دبلوم صناعي	139	38.5
	بكالوريوس هندسة كهربائية	181	50.1
	ماجستير أو أعلى	41	11.4
سنوات الخبرة	أقل من 5 سنوات	77	21.3
	من 5 إلى أقل من 10 سنوات	132	36.6
	10 سنوات فأكثر	152	42.1
نوع المحطة	محطة بخارية	178	49.3
	محطة غازية	118	32.7
	محطة مختلطة	65	18.0
عدد الدورات التدريبية السابقة	لم يتلقَ أي تدريب	43	11.9
	دورة واحدة	92	25.5
	دورتان أو أكثر	226	62.6

تُظهر النتائج أن أغلبية أفراد العينة هم من الفنيين الكهربائيين (53.2%) ، وهو ما يتسق مع طبيعة الدراسة التي تستهدف تقييم أثر التدريب العملي على جودة الصيانة، كما أن ما نسبته (30.2%) من أفراد العينة يشغلون وظائف إشرافية مباشرة، مما يضيف بعداً ميدانياً قوياً لتحليل نتائج الدراسة، كونهم أقرب إلى تقييم الأداء الفعلي.

أما من حيث المؤهل العلمي، فإن أكثر من نصف العينة (50.1%) يحملون درجة البكالوريوس في الهندسة الكهربائية، مما يعكس مستوى معرفي جيد يمكنهم من فهم الفقرات الفنية الخاصة بالاستبانة، فيما بلغت نسبة الحاصلين على مؤهل فوق الجامعي (ماجستير أو أعلى) ما يقارب (11.4%)، وهو ما يُعزز من مصداقية الآراء المدروسة.

وبالنظر إلى سنوات الخبرة يتبين أن النسبة الأكبر (42.1%) لديهم خبرة 10 سنوات فأكثر، وهي دلالة على استمرارية الخدمة وخبرة تراكمية تؤهلهم لتقييم جودة الصيانة بشكل واقعي، كما أن وجود

نسبة معتبرة (36.6%) من ذوي الخبرة المتوسطة (5-10 سنوات) يُضيف تمثيلاً جيداً لمراحل التطور الوظيفي المختلفة.

وفيما يخص نوع محطة الكهرباء، فإن التوزيع شمل كافة الأنواع بشكل مقبول، حيث جاءت المحطات البخارية في المقدمة (49.3%)، تليها المحطات الغازية (32.7%)، مما يسمح بتحليل مقارن مستقبلي بين أنماط الصيانة المختلفة.

و تُظهر البيانات أن (62.6%) من المشاركين قد خضعوا لدورتين تدريبيتين أو أكثر، وهو ما يُعزز من جدوى دراسة العلاقة بين التدريب المتخصص وجودة الصيانة، إذ إن أغلب العينة لديهم تجارب فعلية مع برامج تدريبية متنوعة، بينما كانت نسبة من لم يتلقوا تدريباً تُذكر (11.9%)، ما يُتيح اختبار الفروق أيضاً بين الفئتين.

3.4 التحليل الوصفي لُبُعد "المعرفة التقنية"

يتضمن هذا البعد خمس فقرات تقيس مدى امتلاك الكوادر الفنية للمعارف النظرية والتطبيقية المرتبطة بأعمال الصيانة الكهربائية. ويُعرض في الجدول التالي المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لكل فقرة:

الجدول (4): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد "المعرفة التقنية" (عدد =

(361)

رقم الفقرة	نص الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب
1	أمتلك معرفة جيدة بمبادئ الكهرباء الأساسية الضرورية لتنفيذ مهام الصيانة.	4.32	0.71	2
2	أُتقن قراءة وفهم المخططات والرسومات الكهربائية.	4.45	0.62	1

3	0.75	4.18	لدي إلمام بأنواع وأجزاء المعدات الكهربائية داخل المحطة.	3
4	0.79	4.11	أمتلك معرفة بكيفية استخدام أجهزة القياس والفحص الكهربائي بدقة.	4
5	0.84	3.95	أتابع التحديثات والمستجدات الفنية في مجال أنظمة الصيانة الكهربائية.	5
—	—	4.20	المتوسط العام للبُعد	

تشير نتائج التحليل إلى أن أفراد العينة يمتلكون مستوى مرتفعاً من المعرفة التقنية اللازمة لأداء مهام الصيانة الكهربائية، حيث بلغ المتوسط العام للبُعد (4.20) من أصل (5)، وهو ما يعكس درجة "مرتفعة" على مقياس ليكرت الخماسي، ويُظهر اتفاقاً كبيراً بين أفراد العينة حول أهمية هذا البُعد وامتلاكهم لمهاراته.

وقد سجلت الفقرة الخاصة بـ "إتقان قراءة وفهم المخططات الكهربائية" أعلى متوسط (4.45)، وهو ما يُبرز أهمية هذا الجانب في تنفيذ أعمال الصيانة بدقة، خاصة في البيئات الصناعية المعقدة كالمحطات الكهربائية، وجاءت فقرة "متابعة التحديثات والمستجدات" في المرتبة الأخيرة بمتوسط (3.95)، وهو ما قد يشير إلى وجود بعض الفجوات في استمرارية التطوير المعرفي الذاتي، أو محدودية فرص الاطلاع على التطورات التكنولوجية لدى بعض الفنيين، وهو ما يدعم الحاجة إلى برامج تدريب مستدامة. كما أن الانحرافات المعيارية لجميع الفقرات تراوحت بين (0.62) و(0.84)، وهي مؤشرات تدل على درجة تجانس جيدة في استجابات العينة، ما يعكس وضوح الفقرات وقدرتها على قياس البُعد المستهدف بدقة.

4.4 التحليل الوصفي لبُعد "تشخيص الأعطال"

يُعنى هذا البُعد بقياس مدى قدرة الكوادر الفنية على تحليل الأعطال الكهربائية بدقة، وتحديد الأسباب الجذرية، واختيار طرق المعالجة المناسبة. ويتضمن خمس فقرات، كما هو موضح في الجدول التالي:

الجدول (5): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد "تشخيص الأعطال" (عدد =

(361

رقم الفقرة	نص الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب
6	أتمكّن من تحديد سبب العطل الكهربائي بدقة عالية.	4.27	0.69	1
7	أستخدم أدوات القياس والتحليل المناسبة عند تشخيص الأعطال.	4.18	0.76	3
8	أستطيع التمييز بين الأعطال المتكررة وغير المتكررة في المعدات الكهربائية.	4.11	0.74	4
9	أوثق حالات الأعطال بشكل منتظم للمساعدة في التحليل المستقبلي.	3.96	0.80	5
10	أختار الطريقة المثلى لإصلاح كل عطل حسب حالته.	4.21	0.72	2
	المتوسط العام للبُعد	4.15	—	—

تشير نتائج التحليل إلى أن استجابات العينة أظهرت مستوى مرتفعاً في بُعد "تشخيص الأعطال"، حيث بلغ المتوسط الحسابي العام (4.15) وهو ما يُعبّر عن تقييم إيجابي يعكس امتلاك الفنيين لمهارات التحليل والتعامل الذكي مع الأعطال الكهربائية، وقد سجلت الفقرة "تحديد سبب العطل بدقة" أعلى متوسط (4.27)، ما يدل على أن الفنيين يمتلكون خبرات ميدانية ومعرفة تحليلية قوية تؤهلهم لاكتشاف أسباب الخلل بسرعة وكفاءة، وحصلت الفقرة الخاصة بـ "توثيق الأعطال بشكل منتظم" على أدنى متوسط (3.96)، وهي نتيجة تستدعي الانتباه؛ إذ تشير إلى أن عمليات التوثيق لا تحظى بالأولوية ذاتها مقارنة بالمهارات الفنية، رغم أنها تمثل أساساً للتعلم من الأعطال وتحسين أنظمة الصيانة، أما الانحرافات

المعيارية التي تراوحت بين (0.69) و(0.80) فهي تعكس درجة تجانس مناسبة بين استجابات المشاركين، مما يُعزز موثوقية نتائج هذا البُعد.

5.4 التحليل الوصفي للبُعد "تطوير القدرات الذاتية"

يركز هذا البُعد على مدى قدرة الكوادر الفنية على تطوير أنفسهم ذاتيًا في مجال الصيانة الكهربائية من خلال التعلم المستمر، والاعتماد على النفس في حل المشكلات الفنية. ويتضمن هذا البُعد خمس فقرات، كما هو موضح في الجدول التالي:

الجدول (6): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد "تطوير القدرات الذاتية"

(عدد = 361)

رقم الفقرة	نص الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب
11	أحرص على تطوير مهاراتي الفنية بشكل ذاتي ومستمر.	4.38	0.66	1
12	أبحث عن حلول للمشكلات الفنية دون الاعتماد الكامل على المشرفين.	4.19	0.73	3
13	أشارك في ورش عمل أو ندوات فنية لتحديث مهاراتي.	4.01	0.79	5
14	أستخدم مصادر إلكترونية أو فنية لزيادة معرفتي بالصيانة.	4.22	0.71	2
15	أتعلم من التجارب اليومية والأعطال السابقة لتطوير خبراتي.	4.10	0.75	4
	المتوسط العام للبُعد	4.18	—	—

تعكس نتائج هذا البُعد وعيًا مهنيًا مرتفعًا لدى الكوادر الفنية بأهمية تطوير الذات والاعتماد على النفس في تنمية المهارات الفنية، حيث بلغ المتوسط الحسابي العام (4.18)، وهو ما يُشير إلى درجة تقييم "مرتفعة" ضمن مقياس ليكرت، بما يؤكد أن التدريب لا يقتصر على الجوانب الرسمية، بل يمتد إلى التطوير الفردي المستمر.

وقد جاءت الفقرة "أحرص على تطوير مهاراتي بشكل ذاتي ومستمر" في المرتبة الأولى (4.38)، وهو ما يُشير إلى ارتفاع مستوى المبادرة الذاتية بين أفراد العينة، ويعكس ثقافة إيجابية للتعلم الذاتي، كما حصلت فقرة "المشاركة في ورش عمل أو ندوات" على أدنى متوسط (4.01)، مما قد يشير إلى قلة الفرص المتاحة للمشاركة في أنشطة التدريب الخارجي أو عدم انتظامها، وهو ما يتطلب من إدارات الصيانة في المحطات تعزيز الدعم المؤسسي لمثل هذه الأنشطة، وتُعد نتائج الانحراف المعياري التي تراوحت بين (0.66) و(0.79) دلالة على وجود قدر من التجانس المقبول في إجابات المبحوثين، مما يُعزز مصداقية البُعد ويعكس استقرارًا في التقييم الذاتي للقدرات.

6.4 التحليل الوصفي لبُعد "الالتزام بمعايير السلامة"

يقيس هذا البُعد مدى التزام الكوادر الفنية بالإجراءات والتعليمات المرتبطة بالسلامة المهنية أثناء تنفيذ مهام الصيانة الكهربائية، لما لذلك من تأثير مباشر على جودة العمل وسلامة الأفراد والمعدات. ويضم خمس فقرات كما يلي:

الجدول (7): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد "الالتزام بمعايير السلامة"

(عدد = 361)

رقم الفقرة	نص الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب
16	ألتزم بارتداء أدوات السلامة الشخصية أثناء تنفيذ مهام الصيانة.	4.49	0.61	1

17	أحرص على فصل التيار الكهربائي قبل بدء أي أعمال صيانة.	4.33	0.66	2
18	أطبق تعليمات التشغيل الآمن في جميع المهام الكهربائية.	4.26	0.71	3
19	أشارك في تدريبات الطوارئ والإخلاء ضمن فريق العمل الفني.	4.04	0.79	5
20	أبلغ فوراً عن أي ملاحظات أو مخاطر تتعلق بالسلامة داخل المحطة.	4.15	0.73	4
المتوسط العام للبُعد		4.25	—	—

تشير نتائج التحليل إلى أن أفراد العينة لديهم التزام مرتفع بمعايير وإجراءات السلامة المهنية، إذ بلغ المتوسط الحسابي العام للبُعد (4.25)، وهو ما يُعبر عن درجة "مرتفعة جداً" على مقياس ليكرت، ويؤكد على تنامي ثقافة السلامة في بيئة العمل الكهربائي، وهي من أبرز المؤشرات على جودة الصيانة المهنية. وقد حازت الفقرة "الالتزام بارتداء أدوات السلامة الشخصية" على أعلى متوسط (4.49)، وهو مؤشر إيجابي قوي على وعي الفنيين بأهمية معدات الوقاية في منع الحوادث. وجاءت فقرة "المشاركة في تدريبات الطوارئ" في المرتبة الأخيرة بمتوسط (4.04)، ما قد يُفسَّر بقلّة تنظيم هذه التدريبات في بعض المحطات أو قلّة مشاركة الفنيين فيها، رغم أهميتها القصوى في التعامل مع الأعطال الطارئة، وقد تراوحت الانحرافات المعيارية بين (0.61) و(0.79)، ما يُشير إلى وجود درجة عالية من التجانس في استجابات أفراد العينة، مما يدعم موثوقية القياس لهذا البُعد الحساس.

7.4 التحليل الوصفي لمتغير "جودة الصيانة الكهربائية للمعدات"

يركز هذا المتغير على مدى فاعلية وكفاءة أعمال الصيانة الكهربائية المنفذة في محطات توليد الكهرباء، بما يشمل جودة الإصلاح، سرعة الاستجابة، تقليل الأعطال المتكررة، وتحقيق السلامة التشغيلية. ويعرض الجدول التالي المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية:

الجدول (8): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات متغير "جودة الصيانة الكهربائية

للمعدات" (عدد = 361)

رقم الفقرة	نص الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب
21	يتم إنجاز مهام الصيانة الكهربائية بدقة وجودة عالية.	4.41	0.65	1
22	تُنفذ أعمال الصيانة في الوقت المحدد دون تأخير.	4.30	0.70	3
23	يتم تحديد الأعطال الكهربائية ومعالجتها بشكل جذري يقلل من تكرارها.	4.27	0.72	4
24	تنخفض معدلات الأعطال الكهربائية المتكررة في المحطة.	4.19	0.76	6
25	تتم متابعة أداء المعدات بعد الصيانة للتأكد من فاعليتها.	4.33	0.68	2
26	تُستخدم أدوات ومواد صيانة ذات جودة عالية.	4.18	0.73	7
27	يتم توثيق أعمال الصيانة بشكل منهجي ومنظم.	4.12	0.77	8
28	يتم الالتزام بإجراءات السلامة خلال تنفيذ أعمال الصيانة.	4.24	0.71	5
29	يؤثر أداء الصيانة الكهربائية إيجابياً على استقرار تشغيل المحطة.	4.11	0.74	9

رقم الفقرة	نص الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب
30	تُسهم الصيانة الكهربائية الجيدة في تقليل استهلاك الطاقة وتقليل التكاليف.	4.06	0.79	10
	المتوسط العام للمتغير	4.22	—	—

تشير نتائج التحليل الوصفي إلى أن أفراد العينة يقيّمون جودة الصيانة الكهربائية في محطات التوليد بدرجة مرتفعة، حيث بلغ المتوسط العام (4.22)، ما يعكس مستوى رضا عام عن أداء الصيانة من حيث الدقة، الفاعلية، والتأثير على استقرار عمل المحطات، وقد سجلت الفقرة "يتم إنجاز مهام الصيانة بدقة وجودة عالية" أعلى متوسط (4.41)، وهو ما يؤكد أن الفنيين ينفذون مهامهم بجودة تتماشى مع المعايير الفنية، وهو عنصر حاسم في بيئة تشغيلية حساسة كالمحطات الكهربائية، ويعزز هذه النتيجة ما أشارت إليه دراسة (Johnson et al. (2024 بأن جودة التنفيذ تعتبر المؤشر الأقوى في الحكم على كفاءة الصيانة الصناعية.

من جهة أخرى، جاءت الفقرة "الصيانة تُسهم في تقليل استهلاك الطاقة والتكاليف" في المرتبة الأخيرة (4.06)، وهو ما قد يشير إلى أن آثار الصيانة على الجوانب الاقتصادية لا تكون واضحة أو فورية من وجهة نظر الفنيين، خاصة أن هذا الأثر غالبًا ما يُقاس على المدى البعيد أو من خلال مؤشرات مالية.

وتُظهر الفقرات المتعلقة بتوثيق الأعمال، واستخدام الأدوات المناسبة، والمتابعة بعد الصيانة، تقييمات جيدة لكنها بحاجة إلى دعم إداري وتقني أكبر، كما أوصت بذلك دراسة Woods et al. (2024) من خلال اعتماد أنظمة رقمية موحدة لتوثيق الأداء ومراقبته، أما الانحرافات المعيارية، فقد تراوحت بين (0.65) و(0.79)، مما يعكس تجانسًا مناسبًا في استجابات أفراد العينة ويُعزز من قوة النتائج الإحصائية للمتغير التابع.

8.4 اختبار فرضيات الدراسة

تمثلت الفرضية الرئيسية للدراسة في الآتي:

"يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لتدريب الكوادر الفنية بأبعاده (المعرفة التقنية، تشخيص الأعطال، تطوير القدرات الذاتية، الالتزام بمعايير السلامة) على جودة الصيانة الكهربائية للمعدات في محطات توليد الكهرباء".

وللتحقق من صحة هذه الفرضية، تم استخدام تحليل الانحدار الخطي المتعدد (Multiple Linear Regression)، حيث تم إدخال أبعاد المتغير المستقل كمتغيرات تنبؤية، بينما اعتُبر المتغير التابع "جودة الصيانة الكهربائية للمعدات" كمتغير تابع.

الجدول (9): نتائج تحليل الانحدار الخطي المتعدد لأثر أبعاد تدريب الكوادر الفنية على جودة الصيانة

الكهربائية للمعدات

المتغير المستقل	معامل الانحدار (B)	قيمة (t)	مستوى الدلالة Sig.
المقدار الثابت (Constant)	1.215	6.782	0.000***
المعرفة التقنية	0.267	5.123	0.000***
تشخيص الأعطال	0.198	4.315	0.000***
تطوير القدرات الذاتية	0.151	3.422	0.001**
الالتزام بمعايير السلامة	0.243	4.897	0.000***
معامل التحديد (R^2)	0.610	قيمة F	98.73
القيمة المعدلة ($Adjusted R^2$)	0.605	مستوى دلالة F	0.000

تشير نتائج تحليل الانحدار الخطي إلى وجود أثر دال إحصائيًا لجميع أبعاد تدريب الكوادر الفنية على جودة الصيانة الكهربائية للمعدات في محطات التوليد. وقد بلغت قيمة معامل التحديد ($R^2 = 0.61$) ،

ما يعني أن 61% من التغير في جودة الصيانة يمكن تفسيره من خلال المتغيرات الأربعة للتدريب، وهو ما يعد مؤشراً قوياً على فاعلية التدريب الفني في تحسين الأداء.

وقد جاءت المعرفة التقنية والالتزام بمعايير السلامة كأكثر الأبعاد تأثيراً، بقيم ($B = 0.267$) و ($B = 0.243$) على التوالي، مما يعكس أهمية امتلاك معرفة فنية راسخة وممارسات سلامة متقنة لضمان جودة الصيانة، بينما أظهر بعد تطوير القدرات الذاتية أقل تأثير نسبي ($B = 0.151$)، لكنه ما زال دالاً إحصائياً، مما يدل على أن المبادرة الذاتية في التطوير تُسهم في تحسين الأداء ولكن بدرجة أقل من التدريب المنظم أو الموجه، وتدلل هذه النتائج مجتمعة على دعم الفرضية الرئيسية للدراسة، ما يؤكد على أهمية تصميم برامج تدريب شاملة تركز على الجوانب الفنية والسلوكية لتعزيز كفاءة عمليات الصيانة.

■ **الفرضية الفرعية الأولى:** (H1-1) يوجد أثر ذو دلالة إحصائية للمعرفة التقنية على جودة الصيانة الكهربائية للمعدات".

الجدول (10) نتائج الفرضية الفرعية الأولى: (H1-1)

معامل الانحدار (B)	معامل الارتباط (R)	معامل التحديد (R^2)	F	Sig.
0.524	0.682	0.465	311.6	0.000***

تشير نتائج تحليل الانحدار البسيط إلى وجود علاقة قوية وإيجابية بين المعرفة التقنية وجودة الصيانة الكهربائية، حيث بلغ معامل الارتباط ($R = 0.682$)، وهو ما يعكس ارتباطاً كبيراً بين المتغيرين. كما بلغ معامل التحديد ($R^2 = 0.465$)، ما يعني أن 46.5% من التغير في جودة الصيانة يمكن تفسيره من خلال امتلاك الفنيين لمستوى عالٍ من المعرفة التقنية، كما جاءت قيمة ($F = 311.6$) دالة عند مستوى ($\text{Sig.} = 0.000$)، مما يؤكد أن نموذج الانحدار ذو دلالة إحصائية عالية. هذه النتائج تدعم قوة الفرضية وتدلل على أن المعرفة النظرية والتطبيقية التي يمتلكها الفنيون تُعد مكوناً رئيسياً في تحسين جودة الصيانة الكهربائية.

■ **الفرضية الفرعية الثانية:** (H1-2) يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لتشخيص الأعطال على جودة الصيانة الكهربائية للمعدات".

الجدول (11) نتائج الفرضية الفرعية الثانية:(H1-2)

Sig.	F	معامل التحديد (R^2)	معامل الارتباط (R)	معامل الانحدار (B)
0.000***	237.4	0.398	0.631	0.477

أظهرت نتائج التحليل وجود علاقة إيجابية قوية بين قدرة الفنيين على تشخيص الأعطال وجودة الصيانة، حيث بلغ معامل الارتباط ($R = 0.631$) ، ومعامل التحديد ($R^2 = 0.398$) ، مما يعني أن 39.8% من التغير في جودة الصيانة يُعزى إلى هذا البُعد، كما أن قيمة ($F = 237.4$) دالة بقوة ($\text{Sig.} = 0.000$) ، ما يعكس كفاءة النموذج، وتُشير هذه المؤشرات إلى أن دقة التشخيص تمثل أداة حاسمة في الحد من الأعطال المتكررة وتعزيز الصيانة الوقائية، وهو ما يتوافق مع التطبيقات الحديثة في نظم التحكم والصيانة الذكية.

■ الفرضية الفرعية الثالثة": (H1-3) يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لتطوير القدرات الذاتية على جودة الصيانة الكهربائية للمعدات".

الجدول (12) الفرضية الفرعية الثالثة:(H1-3)

Sig.	F	معامل التحديد (R^2)	معامل الارتباط (R)	معامل الانحدار (B)
0.000***	188.1	0.344	0.587	0.392

أظهرت النتائج أن تطوير القدرات الذاتية يُسهم بشكل دال في تحسين جودة الصيانة، حيث بلغ معامل الارتباط ($R = 0.587$) بين تطوير القدرات الذاتية وجودة الصيانة، ما يشير إلى ارتباط متوسط يميل إلى القوة. كما بلغ معامل التحديد ($R^2 = 0.344$) ، أي أن 34.4% من التباين في جودة الصيانة يُعزى إلى المبادرات الذاتية للتعلم والتطور المهني، وتُعد قيمة ($F = 188.1$) دالة إحصائيًا عند ($\text{Sig.} = 0.000$) ، مما يعزز قبول الفرضية. وعلى الرغم من أن التأثير كان أقل نسبيًا مقارنةً بالأبعاد الأخرى، إلا أنه يبرز دور التطوير الشخصي المستمر في خلق فنيين ذوي كفاءة عالية قادرين على التكيف والابتكار.

■ الفرضية الفرعية الرابعة": (H1-4) يوجد أثر ذو دلالة إحصائية للالتزام بمعايير السلامة على جودة الصيانة الكهربائية للمعدات".

الجدول (13) الفرضية الفرعية الرابعة: (H1-4)

معامل الانحدار (B)	معامل الارتباط (R)	معامل التحديد (R^2)	F	Sig.
0.508	0.669	0.447	291.2	0.000***

أظهرت النتائج وجود علاقة قوية ذات دلالة إحصائية بين الالتزام بمعايير السلامة وجودة الصيانة، حيث بلغ معامل الارتباط ($R = 0.669$) وهو مرتفع، ومعامل التحديد ($R^2 = 0.447$)، مما يدل على أن ما يقارب نصف التغير في جودة الصيانة يُعزى إلى هذا البُعد المهم. وجاءت قيمة ($F = 291.2$) مرتفعة ودالة عند ($\text{Sig.} = 0.000$)، وهو ما يُعزز من صلاحية النموذج، ويدل ذلك على أن الالتزام بإجراءات السلامة لا يحمي فقط الأرواح، بل يضمن أيضاً جودة تنفيذ عمليات الصيانة وتحقيق الاستقرار التشغيلي للمحطات الكهربائية.

الفصل الخامس: النتائج والتوصيات

1.5 تمهيد

يتضمن هذا الفصل مناقشة مقارنة للنتائج في ضوء الأدبيات والدراسات السابقة، مما يساهم في توضيح مدى اتساق نتائج الدراسة مع الإطار النظري والميداني ، وتُعرض مجموعة من التوصيات التطبيقية والعلمية التي تخدم جهات التدريب وإدارات الصيانة في محطات توليد الكهرباء.

2.5 مناقشة النتائج الوصفية

■ بُعد المعرفة التقنية

أظهرت النتائج ارتفاع متوسط استجابات العينة حول هذا البُعد، مما يدل على أن أفراد العينة يمتلكون قدرًا جيدًا من المعرفة الفنية المتعلقة بالصيانة الكهربائية، ويعود ذلك إلى الخبرات التراكمية للكوادر في بيئة تقنية متخصصة، إضافة إلى تلقيهم تدريبات تقنية مباشرة مرتبطة بنظم الكهرباء والتحكم، وهو ما ينسجم مع ما ذكره (Brennan et al. (2023 أن المعرفة التقنية هي حجر الزاوية في ضمان عمليات صيانة فعالة ومعتمدة على المعرفة العلمية والمهارات الهندسية.

■ بُعد تشخيص الأعطال

جاءت استجابات المبحوثين مرتفعة نسبيًا، مما يشير إلى قدرة جيدة لدى الفنيين في تحديد مواقع الخلل بدقة. وتُعزى هذه النتيجة إلى اعتماد محطات الكهرباء على أنظمة مراقبة دقيقة تساهم في تنمية مهارات التشخيص، إلى جانب استخدام تقنيات محاكاة الأعطال في التدريب، ويتوافق ذلك مع دراسة (Herrera-Arcila et al. (2024 التي أوضحت أهمية توظيف أدوات التشخيص الحديثة لتعزيز سرعة ودقة الصيانة.

■ بُعد تطوير القدرات الذاتية

جاء المتوسط مرتفعاً، ما يعكس وجود وعي ذاتي لدى الكوادر بأهمية التعلم المستمر، سواء من خلال الاطلاع أو المبادرة بالمشاركة في البرامج المهنية، وقد يرتبط ذلك بثقافة مهنية إيجابية تُشجع التطوير الذاتي. ويؤيد ذلك ما طرحه (Tripathi (2024 بأن العاملين ذوي الدافعية الذاتية يكونون أكثر استعداداً لتحسين جودة العمل.

■ بُعد الالتزام بمعايير السلامة

أظهرت النتائج استجابات مرتفعة للغاية، ما يشير إلى وعي عالٍ لدى الفنيين بأهمية السلامة المهنية، ويرتبط ذلك مباشرة بطبيعة العمل في بيئة عالية الخطورة مثل محطات الكهرباء، ويتسق ذلك مع نتائج (Saeed (2023 التي أكدت أن ثقافة السلامة المهنية تُعد عنصراً جوهرياً في تحقيق جودة الصيانة والاستدامة التشغيلية.

■ المتغير التابع: جودة الصيانة الكهربائية

أظهرت نتائج التحليل أن المشاركين يُقيّمون جودة الصيانة بدرجة جيدة، وهو ما يدل على توفر ممارسات فعالة من حيث الاستجابة للأعطال، ودقة التنفيذ، والالتزام بالإجراءات الفنية، ويُعزز هذا المستوى ما أشار إليه (Johnson et al. (2024 حول العلاقة الطردية بين ممارسات الصيانة المنظمة والجودة التشغيلية لأنظمة الطاقة.

3.5 مناقشة نتائج الفرضيات

أثبتت النتائج أن المعرفة التقنية تؤثر بدرجة عالية على جودة الصيانة، وهو ما يتماشى مع دراسة (Loch et al. (2022 التي أكدت أن التدريب القائم على المعرفة التقنية يُعزز من القدرة على معالجة الأعطال المعقدة، كما بينت دراسة (Alshammari (2025 أن الكفاءة التقنية ترتبط طردياً بجودة الأداء الصياني.

أظهرت النتائج وجود أثر دال لتشخيص الأعطال على جودة الصيانة، وقد دعمت ذلك دراسة (Arpilleda (2023 التي أبرزت أن تحسين مهارات التشخيص يُقلل من الوقت الضائع، ويُحسن الإنتاجية

الفنية، وكذلك دراسة (Taif et al. (2022 التي أشارت إلى أن ضعف التشخيص يُعد من أبرز أسباب تدني جودة الصيانة.

بيّنت الدراسة وجود علاقة إيجابية دالة بين تطوير القدرات الذاتية وجودة الصيانة، وهي نتيجة تتفق مع ما توصل إليه (Tripathi (2024 و (Nzimakwe & Utete (2024 اللذان أكدا أن التعلم الذاتي والمبادرة تُمكن الموظف من تطبيق حلول فنية فعالة دون انتظار التوجيه.

أوضحت النتائج أن الالتزام بمعايير السلامة يُعد من أقوى المؤثرات في جودة الصيانة، وهي نتيجة مدعومة بما ذكره (Saeed (2023 و (Woods et al. (2024 بأن السلامة ليست فقط عامل حماية بل عنصر تحكم في الجودة ودقة التنفيذ في البيئات المعقدة مثل محطات الكهرباء.

4.5 التوصيات

استنادًا إلى نتائج الدراسة، يُوصى بما يلي:

1. تطوير برامج تدريب مستدامة تركز على الجانب التطبيقي للمعرفة التقنية، مع ربطها بالتحديات الواقعية في محطات الكهرباء.
2. إدراج وحدات متخصصة في التشخيص الذكي للأعطال ضمن المناهج التدريبية، باستخدام تقنيات المحاكاة والواقع الافتراضي.
3. تحفيز الفنيين على تطوير قدراتهم الذاتية من خلال منح حوافز للذين يشاركون في دورات خارج أوقات العمل الرسمي.
4. إصدار أدلة تشغيل معيارية للسلامة وتحديثها دوريًا بما ينسجم مع المعايير الدولية، لضمان الاتساق بين النظرية والممارسة.
5. إجراء تقييم دوري لجودة الصيانة وربط نتائجه بنقاط القوة والضعف في التدريب الفني.
6. الاستفادة من الذكاء الاصطناعي في مراقبة الأداء الصياني وتشخيص الأعطال، ودمج ذلك ضمن برامج التطوير المهني.

7. ربط الترقية المهنية بالكفاءة الفنية المثبتة بدلاً من سنوات الخدمة فقط، لخلق حافز حقيقي لتعلم الصيانة المتقدمة.
8. تعزيز الشراكات مع المعاهد الفنية والهندسية لتبادل الخبرات وتحديث البرامج التدريبية.
9. إشراك الفنيين في تقييم برامج التدريب لضمان مواءمتها مع الاحتياجات الفعلية في أرض الواقع.
10. التركيز على التدريب الميداني المباشر داخل محطات التشغيل، باعتباره الأكثر فاعلية في ترسيخ المهارات السلوكية والتقنية.

Abstract

This study aimed to analyze the impact of technical staff training—through its dimensions of (technical knowledge, fault diagnosis, self-development, and adherence to safety standards)—on the quality of electrical equipment maintenance in power generation stations. The study adopted the descriptive-analytical approach, where a stratified random sample of technicians working in power plants was surveyed using a structured questionnaire. The total sample size was 361 respondents. Data were analyzed using SPSS software and appropriate statistical methods.

The results revealed that all dimensions of technical training have a statistically significant impact on the quality of electrical maintenance. Technical knowledge emerged as the most influential dimension, followed by adherence to safety standards, fault diagnosis, and finally, self-development. The findings confirmed that technical training is a critical factor in enhancing maintenance execution quality, reducing equipment failures, and improving operational efficiency.

The study recommends strengthening practical and field-based training, updating training content to keep pace with digital transformations in the power sector, and embedding a culture of safety as an essential component of technical staff development.

Keywords: Technical staff training, technical knowledge, fault diagnosis, safety standards, maintenance quality, power generation stations.

قائمة المراجع

أولاً: المراجع العربية

- أحمد، محمد أحمد حمدتو. (2022). أثر التدريب في رفع كفاءة أداء العاملين بالبنك السوداني الفرنسي: دراسة ميدانية. مجلة جامعة القرآن الكريم والعلوم الإسلامية، ع56، 53 - 73.
- إسماعيل، عماد خليل. (2023). تنفيذ الصيانة المعتمدة على الموثوقية: دراسة تطبيقية في الشركة العامة لصناعات النسيج والجلود: مصنع القطنية / الكاظمية. مجلة كلية المأمون، ع40، 105 - 121
- بصبوص، أمل أحمد عبد ربه. (2023). أثر التدريب والتطوير في الموارد البشرية. المجلة العربية للنشر العلمي، ع53، 115 - 123.
- الجغبير، مؤمن خالد. (2022). أثر التدريب على أداء العاملين في محافظة جرش. المجلة العربية للنشر العلمي، ع50، 405 - 428.
- جنان، رضا، وروايح، فريد. (2022). دور إدارة المعرفة في تدريب الموارد البشرية: دراسة ميدانية لبعض المؤسسات الاقتصادية الجزائرية. مجلة العلوم الاجتماعية، مج16، ع2، 492 - 506.
- الزهراني، صالح سعيد. (2021). أثر التدريب في رفع كفاءة أداء العاملين: دراسة استطلاعية على المنظمات الحكومية والخاصة بمدينة جدة. مجلة العلوم الاقتصادية والإدارية والقانونية، مج5، ع16، 42 - 64.
- سلامة، رفيق وليم لطيف، عبد الجواد، محمد عبد الجواد علي، عروس، صالح عبد الحميد، و عبد العال، عماد محمد. (2021). دراسة مدى تطبيق مواصفة الجودة أيزو 9001 بمؤسسات التعليم الفني الفندقية بالإسكندرية من وجهة نظر الكوادر الإدارية. مجلة كلية السياحة والفنادق، مج5، ع2، 57 - 75.
- شريفي، سلمي. (2022). أهمية تدريب الموارد البشرية وانعكاسها على إدارة وتسيير المركبات الرياضية. المجلة العلمية العلوم والتكنولوجيا للنشاطات البدنية والرياضية، مج19، ع2، 363 - 374

- العامري، صالح مهدي محسن، و العوادي، انتصار عباس جبر. (2021). تأثير المرتكزات الفنية للصيانة الإنتاجية الشاملة في جودة المنتجات: دراسة تطبيقية في شركة أور العامة. مجلة دراسات إدارية، مج14، ع28 ، 133 - 165.
- عبدالرؤوف، محمد، وآخرون. (2025). أثر التدريب باستخدام أنظمة FPGA على جودة الصيانة في أنظمة التحكم بمحطات الكهرباء. *مجلة Power Systems Maintenance* ، 12 (1)، 60.45 -
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S>
- عبدالمجيد، وليد محمد صديق. (2023). تأثير العلاقة بين ركائز الصيانة الإنتاجية الشاملة وكفاءة المعدات الكلية على المزيج التسويقي بالتطبيق على شركة المحطات المائية لإنتاج الكهرباء. مجلة التجارة والتمويل، ع4 ، 493 - 572.
- عثمان، عبدالرحمن عثمان عبدالرحمن. (2021). فرص تطبيق منهجية الصيانة الإنتاجية الشاملة في صناعة الأغذية: دراسة تطبيقية على مصنع الأغذية بمدينة مرسى مطروح. *المجلة العلمية للدراسات والبحوث المالية والإدارية*، مج9، ع1 ، 289 - 328.
- القرة غولي، عفاف سامي حسن. (2025). علاقة التدريب للموارد البشرية العاملة في مؤسسات المعلومات الطبية وتحسين جودة الخدمات المقدمة للقراء. *مجلة مركز بابل للدراسات الإنسانية*، مج15، ع1 ، 1497 - 1520.
- المركز، عبدالسلام ميلاد، و الأحمر، صالح محمد. (2022). تدريب الموارد البشرية وأثره على أداء المؤسسات السياحية بمدينة صبراتة: دراسة في الجغرافية السياحية. *مجلة العلوم الإنسانية*، ع25 ، 432- 469.
- المركز، عبدالسلام ميلاد، و الأحمر، صالح محمد. (2022). تدريب الموارد البشرية وأثره على أداء المؤسسات السياحية بمدينة صبراتة: دراسة في الجغرافية السياحية. *مجلة العلوم الإنسانية*، ع25 ، 432 - 469.
- المهدي، وحيد أحمد كامل نعمان رزق، علي، علاء الدين زهير، و عبدالعليم، هدى حسن. (2023). التكامل بين الجودة الشاملة والصيانة والسلامة في تحسين جودة التدريب على الصناعات الهندسية (رسالة ماجستير غير منشورة). معهد التبين للدراسات المعدنية، القاهرة.

- اليحيى، محمد بن سعد بن عبدالعزيز. (2023). أثر استراتيجية تطوير الكوادر البشرية على أداء الموظفين الإداريين بجامعة شقراء: دراسة تطبيقية. مجلة دراسات في العلوم الإنسانية والاجتماعية، مج6، ع3، 96 - 148.

ثانياً: المراجع الأجنبية

- Al Ameer, K. A., Aldarwish, N., & Al-Maqtari, M. A. (2023). Predictive maintenance strategies for electrical systems using digital technologies in power plants. *Energies*, 16(7), 2872. <https://doi.org/10.3390/en16072872>
- Alshammari, H. M. (2025). The effect of skill transfer and technical training on maintenance performance in power generation stations. *LJCAS – Libyan Journal for Contemporary Applied Sciences*, 5(1), 55–67.
- Arpilleda, J. Y. (2023). Predictive Maintenance Strategies for Electrical Equipment: A Literature Review. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*, 612–619. <https://doi.org/10.48175/ijarsct-11299>
- Brennan, R. G. L., Blow, M., & Jaquith, I. L. (2023). Impact of Effective Training in a Technical Facility. *Advanced Semiconductor Manufacturing Conference*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ASMC57536.2023.10121094>
- da Costa, L. Q., & Cavalcante, C. A. (2022). A review on the study of maintenance effectiveness. *Pesquisa Operacional*, 42, e263613
- du Toit, M., Chapanduka, Z. C., & Zemlin, A. E. (2022). The impact of laboratory staff training workshops on coagulation specimen rejection rates. *Plos one*, 17(6), e0268764

- Elsafty, A., & Oraby, M. (2022). The impact of training on employee retention: An empirical research on the private sector in Egypt. *International Journal of Business and Management*, 17(5), 58-74
- Herrera-Arcila, M., Pérez, R., & Gutiérrez, C. (2024). A review of predictive maintenance strategies for electrical systems. *Journal of Industrial Maintenance*, 12(1), 33–50.
- Johnson, J., Pramod, V. K., & Pramod, V. R. (2024). Analytical hierarchy process-based maintenance quality function deployment integrating total quality management with total productive maintenance and its application in dairy industry. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 46(3), 404-432
- Khuntia, J., Vermeer, J., & de Ruiter, R. (2023). High-voltage transformer maintenance planning using survival analysis and fault frequency modeling. *Electrical Infrastructure Journal*, 19(4), 212–230.
- Loch, C., Krueger, T., & Schneider, B. (2022). Model-based training to improve manual maintenance in automated production systems. *Automation in Practice*, 14(3), 122–139.
- Nzimakwe, T. I., & Utete, R. (2024). Staff training and employee performance: Perspectives of the workplace. *International Journal of Business Ecosystem & Strategy* (2687-2293), 6(1), 80-86.
- Ogunfowora, B., & Najjaran, H. (2023). Reinforcement learning for industrial maintenance: A systematic review. *AI in Engineering Systems*, 9(1), 67–81.
- Riaz, M., Alshammari, H., Abbas, N., & Mahmood, T. (2024). Navigating process drift: The power of CUSUM in monitoring air quality processes and maintenance operations. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 1-22

- Saeed, M. A. (2023). Assessing the impact of maintenance leadership competency on electrical maintenance quality in power stations [Master's thesis, University of Baghdad]. CORE. <https://core.ac.uk/download/pdf/486001238.pdf>
- Shi, D., Yin, C., Fan, X., Yao, F., Qiao, Y., Xue, S., ... & Gao, H. (2022). Effects of ultrasound and gamma irradiation on quality maintenance of fresh *Lentinula edodes* during cold storage. *Food Chemistry*, 373, 131478.
- Silvester, A., Nugroho, D., & Hidayat, T. (2024). Training and development practices and their effects on workforce productivity and safety. *Asian Journal of Industrial Psychology*, 7(1), 15–29.
- Taif, A. A., Mwita, J. I., & Mrema, A. G. (2022). Factors affecting implementation of Total Productive Maintenance in thermal power plants: A case of technical and managerial capacity. *Tanzania Journal of Engineering and Technology*, 41(2), 88–100. <https://doi.org/10.52339/tjet.v41i2.782>
- Tripathi, R. (2024). Strategic role of employee training in performance enhancement: A cross-sectoral study. *Human Capital Studies*, 11(2), 77–91.
- Woods, C., Selway, M., Bikaun, T., Stumptner, M., & Hodkiewicz, M. (2024). An ontology for maintenance activities and its application to data quality. *Semantic Web*, 15(2), 319-352.
- Yimam, M. H. (2022). Impact of training on employees performance: A case study of Bahir Dar university, Ethiopia. *Cogent Education*, 9(1), 2107301
- Yimam, M. H. (2022). Impact of training on employees performance: A case study of Bahir Dar university, Ethiopia. *Cogent Education*, 9(1), 2107301.

الملاحق

استمارة استبيان

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

أخي الكريم / أختي الكريمة

تحية طيبة وبعد،

يقوم الباحثين بإجراء دراسة حول قياس أثر تدريب الكوادر الفنية على جودة الصيانة

الكهربائية للمعدات بالتطبيق على محطات توليد الكهرباء

ونظراً لما لديكم من المعرفة العلمية والخبرة العملية ذات الصلة بموضوع البحث، نأمل

الحصول منكم على العون والمساعدة في توفير المعلومات المناسبة لأغراض البحث، من خلال التكرم بإبداء

رأيكم بالتأشير على الإجابة المناسبة من وجهة نظركم.

وأتقدم لحضراتكم بجزيل الشكر والتقدير للمساهمة في جهدكم في تعبئة هذا الاستبيان علماً أن

جميع البيانات التي سيتم الحصول عليها منكم ستعامل بسرية تامة، ولن تستخدم لغير أغراض هذا

البحث، وسوف أزدكم بنتائج هذه الدراسة حال اكتمالها إن شاء الله.

وتفضلوا بقبول فائق التقدير والاحترام

أولاً: البيانات الشخصية

- 1- **المسمى الوظيفي** ☐ فني كهرباء ☐ مشرف صيانة كهربائية
☐ مهندس تشغيل وصيانة
- 2- **المؤهل العلمي** ☐ دبلوم صناعي ☐ بكالوريوس هندسة كهربائية
☐ ماجستير أو أعلى
- 3- **سنوات الخبرة** ☐ من 5 سنوات فأقل ☐ من 5 – 10 سنوات
☐ من 10 سنوات فأكثر
- 4- **نوع المحطة** ☐ محطة بخارية ☐ محطة غازية
☐ محطة مختلطة
- 5- **عدد الدورات التدريبية السابقة** ☐ لم يتلق أي تدريب ☐ دورة واحدة
☐ دورتان أو أكثر

ثانيا محاور الاستبيان

✿ المحور الأول: تدريب الكوادر الفنية ، ضع إشارة (√) في المربع المناسب لاختيارك:

المبعد	أو افق بشدة	أو افق	محايد	معارض بشدة	معارض بشدة
المعرفة التقنية					
أمتلك معرفة جيدة بمبادئ الكهرباء الأساسية الضرورية لتنفيذ مهام الصيانة.					
أُتقن قراءة وفهم المخططات والرسومات الكهربائية.					
لدي إلمام بأنواع وأجزاء المعدات الكهربائية داخل المحطة.					
أمتلك معرفة بكيفية استخدام أجهزة القياس والفحص الكهربائي بدقة.					
أتابع التحديثات والمستجدات الفنية في مجال أنظمة الصيانة الكهربائية.					
تشخيص الأعطال					
أتمكّن من تحديد سبب العطل الكهربائي بدقة عالية.					
أستخدم أدوات القياس والتحليل المناسبة عند تشخيص الأعطال.					
أستطيع التمييز بين الأعطال المتكررة وغير المتكررة في المعدات الكهربائية.					

معارض بشدة	معارض	محايد	أو افق	أو افق بشدة	البعد
					أوثق حالات الأعطال بشكل منتظم للمساعدة في التحليل المستقبلي.
					أختار الطريقة المثلى لإصلاح كل عطل حسب حالته.
تطوير القدرات الذاتية					
					أحرص على تطوير مهاراتي الفنية بشكل ذاتي ومستمر.
					أبحث عن حلول للمشكلات الفنية دون الاعتماد الكامل على المشرفين.
					أشارك في ورش عمل أو ندوات فنية لتحديث مهاراتي.
					أستخدم مصادر إلكترونية أو فنية لزيادة معرفتي بالصيانة.
					أتعلم من التجارب اليومية والأعطال السابقة لتطوير خبراتي.
الالتزام بمعايير السلامة					
					ألتزم بارتداء أدوات السلامة الشخصية أثناء تنفيذ مهام الصيانة.
					أحرص على فصل التيار الكهربائي قبل بدء أي أعمال صيانة.

معارض بشدة	معارض	محايد	أو افق	أو افق بشدة	البعد
					أُطبق تعليمات التشغيل الآمن في جميع المهام الكهربائية.
					أشارك في تدريبات الطوارئ والإخلاء ضمن فريق العمل الفني.
					أبلغ فوراً عن أي ملاحظات أو مخاطر تتعلق بالسلامة داخل المحطة.

✿ المحور الثاني: جودة الصيانة الكهربائية ، ضع إشارة (√) في المربع المناسب لاختيارك:

معارض بشدة	معارض	محايد	أو افق	أو افق بشدة	البعد
					يتم إنجاز مهام الصيانة الكهربائية بدقة وجودة عالية.
					تُنفذ أعمال الصيانة في الوقت المحدد دون تأخير.
					يتم تحديد الأعطال الكهربائية ومعالجتها بشكل جذري يقلل من تكرارها.
					تنخفض معدلات الأعطال الكهربائية المتكررة في المحطة.
					تتم متابعة أداء المعدات بعد الصيانة للتأكد من فاعليتها.
					تُستخدم أدوات ومواد صيانة ذات جودة عالية.
					يتم توثيق أعمال الصيانة بشكل منهجي ومنظم.
					يتم الالتزام بإجراءات السلامة خلال تنفيذ أعمال الصيانة.
					يؤثر أداء الصيانة الكهربائية إيجابيًا على استقرار تشغيل المحطة.

					تُسهم الصيانة الكهربائية الجيدة في تقليل استهلاك الطاقة وتقليل التكاليف.
--	--	--	--	--	---

مع خالص التقدير والاحترام

Midocean University

College of Management

Master of business administration



**The Impact of Technical Staff Training on the Quality of
Electrical Equipment Maintenance: An Application to Power
Generation Plants**

Preparation:

Turki Suwailem Al-Johani

243001314

Supervision:

Dr. Al-Faisal Abdelhamid Mohamed Hassan

2025