تخطيط أعمال الصيانة ومكونات الصيانة الوقائية في المسجد الحرام

م. حسن محمد حسن فلاته، د. أحمد محمد خليفات
الرئاسة العامة لشؤون المسجد الحرام والمسجد النبوي

ملخص البحث:

تبنت المملكة العربية السعودية الرؤية ٢٠٣٠ لتكون منهجاً وخارطة طريق للعمل التنموي في جميع مناحي الدولة الحديثة، ولمّا كانت التوسعات السعودية المباركة في المسجد الحرام تضمنت توريد وتركيب وتشغيل أحدث الأجهزة والمعدات الكهربائية والميكانيكية والإلكترونية لتقديم أفضل الخدمات الفنية المميزة لزوار المسجد الحرام من الحجاج والمعتمرين والمعتكفين، فإنّ الأمر يتطلب تشغيل وإدامة محطات توليد الكهرباء ومحطات التحويل ومحطات التكييف المركزية والتي تعتبر من أضخم المحطات في العالم، بالإضافة لأنظمة الصوت والتحكم المركزي من خلال تطبيق أفضل الممارسات العالمية في التشغيل والصيانة. وتعتبر خطة الصيانة جزءً أساسيا ومهما ومتكاملا مع الخطة الشاملة للرئاسة العامة لشؤون المسجد الحرام والمسجد النبوي لتحديد الأهداف والإمكانيات المادية والبشرية والمالية المتاحة والمتوقعة وتوظيفها بشكل أفضل، ومن الأساليب المعتمدة في التخطيط أسلوب بحوث العمليات وتحليل الشبكات. أما بالنسبة لمكونات الصيانة الوقائية التي تتضمن الفحص والتفتيش، جدولة وتخطيط الصيانة الوقائية وأوامر العمل، فإنها تخضع لتوصيات الشركة المصنّعة على أن يؤخذ بالاعتبار متطلبات السلامة والتلوث للمسجد الحرام والبيئة المحيطة، ويساعد تخطيط فعاليات الصيانة الوقائية على زيادة جاهزية (Availability) المكائن والمعدات لاتخاذ الإجراءات المناسبة لمعالجة الأعطال المفاجئة وتخفيض مستوى حدوثها إلى أدنى حد ممكن وتصحيح الإنحراف بأداء العمل آنياً. ويتم حاليا استخدام البرامج الحاسوبية مثل برنامج الماكسيمو على تكييف أساليب الاستبدال التقليدية وإصدار أوامر العمل وخطوات الصيانة الوقائية لكل معدّة بالتفصيل.

وسيتم في هذه الدراسة الاطلاع على تجارب بعض المؤسسات الرائدة في هذا المجال مثل شركة أرامكو وبعض المطارات والجامعات بهدف المقارنة وتحديد نقاط القوة والضعف في أسلوب تخطيط الصيانة وكيفية تنفيذ أوامر العمل وعمل الصيانة الوقائية، وسيتم الاستعانة بتصميم استبانة يتم من خلالها تقييم الوضع الراهن في عمل المقاول للصيانة الوقائية والتخطيط قصير ومتوسط المدى في هذا المجال، ومدى انسجام العمل مع رؤية الإدارة العامة للتشغيل والصيانة التي تم التوافق على صيغتها وهي "الرّيادة في تشغيل وصيانة الأعمال الكهروميكانيكية والإلكترونية في المسجد الحرام والمرافق الخارجية وفق أحدث الأنظمة والتقنيات العالمية، لتحقيق رضا زوّار المسجد الحرام".

المقدمة:

لقد شهدت المملكة العربية السعودية خلال السنوات الماضية تنمية شاملة وتطوراً لشتى المرافق، سواء على مستوى القطاع الحكومي أوالقطاع الخاص. فقد انتهت إلى حد كبير من إقامة وإنشاء التجهيزات الأساسية كالطرق والمباني والمستشفيات والمدارس وتم إنشاء العديد من المشاريع، وقد شملت هذه الإنشاءات جميع الميادين من تعليم وصناعة وصحة ومرافق البنية الأساسية من مطارات وطرق ومرافق المياه والمجاري والكهرباء والإسكان والهاتف وشتى المرافق الأخرى، وقد أنفقت حكومة المملكة العربية السعودية على إنشاء هذه المشاريع مبالغ كبيرة تقدر بمئات المليارات، وتنفق الدولة مليارات من الريالات سنوياً على عقود التشغيل والصيانة، والتي أصبحت تشكل بنداً مهماً في ميزانية الدولة.

وبالرغم من ضخامة هذه المشاريع فإن التحدي الأكبر ليس في إنشاء هذه المشاريع الكبيرة ولكنه في القيام بأعباء تشغيل وصيانة هذه المشاريع وإدامتها عن طريق الأيدي الوطنية السعودية. إضافة إلى ضرورة الأخذ في الاعتبار عند تصميم المشاريع تقليل متطلبات الصيانة بقدر الإمكان، واللجوء إلى طرق ووسائل حديثة في إدارة الصيانة.

ويعتبر مشروع التشغيل والصيانة في الحرمين الشريفين من أكبر المشاريع في هذا المجال على مستوى المملكة بل على مستوى العالم، وذلك لما يتمتع به الحرمان الشريفان من أهميه في العالم الاسلامي، ويلقى مزيد من العناية والرعاية الخاصة من خادم الحرمين الشريفين وولاة الأمر حفظهم الله والحكومة الرشيدة، ومن هذا المنطلق ولما يحتويه المسجد الحرام من أجهزة ومعدات كهربائية وميكانيكية وإلكترونية متطورة بحاجة إلى تطبيق أفضل الممارسات العالمية في مجال التشغيل والصيانة فنياً وإدارياً، فقد تم اختيار هذا الموضوع ليتم تنفيذه عملياً بإذن الله.

مفهوم التشغيل والصيانة:

هو مفهوم شامل لمفهومين هما التشغيل أي أداء الوظيفة والصيانة وهي المحافظة على أداء الوظيفة، وهما مفهومان متلازمان فلا تشغيل بدون صيانة ولا مجال للصيانة إذا لم يكن هناك تشغيل، ولابد للتشغيل من ناتج ومردود سواء كان في أداء مرافق الخدمات العامة أو مردود اقتصادي ربحي، وما يهمنا هنا هو المحافظة على الأداء الأمثل لمرافق المسجد الحرام.

لذا فإن الصيانة ومتطلباتها يجب أن تبدأ منذ المراحل المبكرة للمشروع، حيث يلزم إشراك المسئولين عن التشغيل والصيانة وأخذ آرائهم عند دراسة وتصميم المشروع وأثناء التنفيذ (مثل مشاريع المسعى والتوسعة السعودية الثالثة وزيادة الطاقة الاستيعابية للمطاف) وذلك لتجنب المشكلات التي يمكن أن تظهر في مرحلة التشغيل والصيانة، مثل عدم توفر قطع الغيار أو ارتفاع تكاليف التشغيل الصيانة وصعوبتها وهو الجانب الذي عادة ما يُهمل في الكثير من المشاريع، مع أن تكلفة الصيانة هي تكلفة مستمرة على طول العمر الافتراضي.

ولهذا ينبغي التعامل مع برامج التشغيل والصيانة على أنها جهد إداري متكامل الوظائف من تنظيم وتخطيط وتنسيق ومتابعة ورقابة وتقويم لتلك البرامج وليست مجرد مجموعة من الأعمال الفنية والهندسية التي يكلف بها عدد من المهندسين أو المختصين.

مشكلة الدراسة:

ازداد استخدام أحدث الأجهزة والمعدّات الكهربائية والميكانيكية والإلكترونية في المسجد الحرام والمرافق الخارجية مع التوسعات السعودية المباركة والتي تشمل المسعى والتوسعة السعودية الثانية والثالثة وزيادة الطاقة الاستيعابية للمطاف بكلفة مالية مرتفعة، الأمر الذي يتطلب المحافظه عليها وإدامة تشغيلها على مدار الساعة خدمةً لزوّار المسجد الحرام من حجاج ومعتمرين، وعليه فإن الوضع يتطلب التخطيط السليم لأعمال الصيانة في المسجد الحرام واستخدام الاستراتيجيات والممارسات العالمية في هذا المجال، ومنها الأساليب الحديثة في الصيانة الوقائية للأجهزة والمعدات وجميع مكونات المسجد الحرام وتطبيق توصيات الشركات الصانعة.

وعليه فإن الغرض من هذه الدراسة هو تحديد أفضل الممارسات في تخطيط أعمال الصيانة للمسجد الحرام والمرافق الخارجية والتركيز على تطوير إجراءات الصيانة الوقائية لإطالة العمر الافتراضي للأجهزة والمعدات والتقليل من أسباب الأعطال المفاجئة.

تعريفات ومصطلحات:

- الصيانة المخططة (Planned Maintenance) : تنظيم أعمال الصيانة وإنجازها والسيطرة عليها وفق تقديرات معدة مسبقاً وكذلك توثيق هذه الإجراءات ضمن الخطة الموضوعة.

- الصيانة الاضطرارية (Emergency Maintenance) : الفعاليات التي تحتاج إلى ضرورة الإجراء الفوري لمنع حدوث عطل أكبر.

- الصيانة الوقائية (Preventive Maintenance) : الصيانة التي تنجز وفق خطة مسبقة في فترات زمنية محددة وتعتمد على الاحتياجات الواضحة والمعدة سلفا لغرض تحسين أداء الجزء والتقليل من احتمالية حدوث العطل ومنع الإخفاق.

- الصيانة التنبؤية (Condition-Based Maintenance): فعاليات الصيانة الوقائية التي تبدأ كنتيجة لمعرفة ظروف الجزء من خلال الفحص الروتيني والتفتيش المستمر.

- مراقبة الحالة (Condition Monitoring): القياسات المستمرة أو الدورية في تحليل المعلومات المستخلصة لتوضيح حالة الجزء وتقدير مدى حاجته للصيانة.

- الصيانة المجدولة (Scheduled/Routine Maintenance): الصيانة الوقائية التي تنفذ على وفق فترات زمنية أو على وفق عدد مرات التشغيل أو المسافة المقطوعة وغيرها.

- تخطيط الصيانة (Maintenance Planning) : هي اتخاذ القرار مسبقاً حول فعاليات الصيانة والطرق المستخدمة فيها وكذلك المواد والعدد والمكائن والعمالة والوقت اللازم لإنجازها مع توقيت التنفيذ.

- وقت الصيانة (Maintenance Time) : هي المدة الزمنية التي تتم خلالها فعاليات الصيانة بطريقة يدوية أو مؤتمتة على الجزء وتتضمن فترات التأخير الناجمة عن عمليات الصيانة.

- تاريخ الصيانة (Maintenance History) : توثيق المعلومات عن فعاليات الصيانة المنجزة لاستخدامها في أغراض تخطيط الصيانة.

- التوقف (Outage) : حالة الجزء وهو غير قادر لأداء عمله المطلوب.

- الوقت المتاح (Uptime): هي المدة الزمنية المتاحة التي يمكن للجزء خلالها أداء العمل المطلوب.

-الوقت المتاح للصيانة (Maintenance Running Time) المدة الزمنية التي تنفذ فيها أعمال الصيانة أوالجزء أوالماكنة في حالة الاشتغال.

- وقت الصيانة الشاملة (Shutdown Maintenance Time) : المدة الزمنية التي تتم خلالها أعمال الصيانة بإيقاف الجزء عن العمل.

- وقت التوقف (Down Time) : المدة الزمنية التي يكون فيها الجزء غير قادر على أداء الأعمال المطلوبة.

- وقت التشغيل (Operating Time): المدة الزمنية الفعلية لاشتغال الجزء.

- الوقت الضائع (Idle Time): المدة الزمنية التي يكون فيها الجزء قادراً على الاشتغال ولكنه لايؤدي عمله المطلوب بسبب عوامل خارجية كالخدمات (ماء، كهرباء، غاز، ...).

- القابلية على الصيانة (Maintainability): هي عملية استخدام أعمال وطرق الصيانة ومواردها على الجزء بغية إعادة استخدامه او الاحتفاظ به لأداء مهامه المطلوبة تحت ظروف تشغيل معينة.

- سياسة الصيانة (Maintenance Policy) : هي الخطط الثابتة التي تتخذ بموجبها قرارات الصيانة.

- إدارة الصيانة (Maintenance Management) : هي تنظيم أعمال الصيانة على وفق سياسة متفق عليها.

- متطلبات الصيانة (Maintenance Requirements) : مصطلح لتوضيح طريقة الصيانة المستخدمة والمتضمنة، المهارات، العدد واللوازم مع تحديد فعاليات الصيانة وتكرارها.

- برنامج الصيانة (Maintenance Program): خطة لمدة زمنية محدودة توزع فيها أعمال الصيانة المطلوب إجرائها.

- العطل (Fault) : الانحراف عن المتطلبات التي تحتاج الى أخذ التدابير لإعادة الحالة الى الدرجة المقبولة.

الإخفاق (Failure) : انتهاء قابلية الجزء عن أداء المهام المطلوبة.

مفهوم التخطيط :

يُعد التخطيط أحد الدعائم الأساسية في عملية التنمية التشغيلية والاقتصادية إذ أنه المسؤول عن اختيار الموقع الأنسب والوقت الأمثل والإمكانات الأفضل لاستخدامات الموارد المختلفة.

تخطيط أعمال الصيانة وأهميتها:

تمثل خطة الإدارة العامة للتشغيل والصيانة أحد الأسس المهمة في تحقيق الأهداف العامة للرئاسة العامة لشؤون المسجد الحرام والمسجد النبوي والوصول إلى الاستغلال الأمثل للموارد المادية والبشرية والمالية لها، لأن الوصول إلى تحقيق الأهداف لا يمكن أن يتم إلا من خلال خطة شاملة تضعها الإدارة لتشمل نشاطاتها كافة المتعلقة بتشغيل الأنظمة الكهربائية والميكانيكية والإلكترونية مثل محطات التوليد والتحويل الكهربائية ومنظومة مياه زمزم (البئر وخزان ١٠٠٠٠م٣ ومصنع مياه زمزم والشبكة داخل المسجد الحرام وساحاته) ومنظومة الصوت والتكييف المركزي...الخ.

مستلزمات التخطيط لاعمال الصيانة:

يتطلب تنفيذ خطة الصيانة الناجحة توفير ما تحتاجه هذه الخطة من مستلزمات التخطيط الأساسية وتهيئة جميع المتطلبات التي توفر للمخططين إمكانيات التخطيط العلمي المدروس علاوةً على تهيئة الاحتياجات البشرية والمادية لتطبيق خطوات التخطيط ومراحله وبرامجه مع ضرورة التنسيق مع باقي إدارات الرئاسة العامة التي تعنيها عملية الصيانة.

إن من بين المستلزمات الواجب تهيئتها قبل الشروع بتخطيط أعمال الصيانة هي كالآتي:

- إعداد قائمة بالمعدات الموجودة.
- ترميز المعدات وتشخيصها.
- إعداد بطاقة للمعدات والمكائن .
- أوامر العمل .
- إعداد جدول صيانة.
- وصف كامل لأعمال الصيانة .

الأساليب العلمية المعتمدة في التخطيط لاعمال الصيانة:

إن لتعدد الأساليب المستخدمة في التخطيط أهمية خاصة في إعطاء المرونة العالية لتجاوز مختلف المشاكل الإدارية والهندسية بدقة مما يساعد على إعطاء نتائج جيدة، والتطور في استخدام الحاسب الإلكتروني وتقدم أساليب البحث الإداري وطرائق تحليل المشاكل أدت جميعها إلى تحديد المشاكل الظاهرة في عملية التخطيط وتحديد جميع الظروف المحيطة والإلمام بكل جوانبها ومتغيراتها .

ومن أنواع الأساليب المعتمدة في التخطيط لأعمال الصيانة الآتي:

أسلوب بحوث العمليات.

تعد بحوث العمليات من العلوم التطبيقية الحديثة التي أحرزت تطبيقاتها نجاحاً واسعاً خلال الحرب العالمية الثانية عندما طبقت بعض تطبيقاتها في المجالات العسكرية، وقد طبقت العديد من الشركات الصناعية والشركات النفطية هذا الأسلوب في مجال تخطيط الإنتاج لتحقيق افضل الأرباح .

وتعرّف بحوث العمليات بأنها الدراسات التي تهيئ نموذجاً لمعالجة مشكلة ما يمكن بموجبه القياس والمقارنة والتنبؤ لتقييم بدائل متاحة لمتخذ القرار و يتم على أساسها اختيار أفضل البدائل لتحقيق أفضل الحلول للمشكلة، ولمعالجة أي مشكلة باستخدام أحد أساليب بحوث العمليات يتطلب اتباع الخطوات الآتية:

الخطوة الأولى: تعريف المشكلة قيد الدرس: للتعرف على هذه المشكلة ومكوناتها والعوامل المؤثرة فيها والظروف المحيطة بها وغير ذلك.

الخطوة الثانية: عمل نموذج مناسب لتمثيل مكونات المشكلة والعوامل المحيطة بها والمؤثرة فيها للوصول الى قرارات سليمة.

الخطوة الثالثة: إيجاد حل ملائم للمشكلة لتنفيذ الفعاليات بالكفاءة المطلوبة ووفقاً للظروف المحيطة والصورة الموضوعة عن المشكلة.

الخطوة الرابعة: اختبار النموذج لتجاوز نقاط الضعف فيه.

الخطوة الخامسة: تطبيق الحل لاكتشاف أي خطأ يمكن وقوعه نتيجة لتغير الظروف.

بعض الأساليب المستخدمة في بحوث العمليات في التخطيط لأعمال الصيانة:

- البرمجة الخطية: وهي إحدى الأساليب الأكثر استخداماً في معالجة مجموع المشكلات الإدارية، واتخاذ القرار في تخصيص الموارد المحدودة لمختلف الاستخدامات، وتعالج والبرمجة الخطية المشاكل الآتية :

- الاستفادة القصوى من الموارد المحددة او النادرة.
- تحديد أفضل نتائج للأداء .
- اختيار موقع المستودعات والأدوات.
- توزيع العمل بين وحدات المشروع وأقسامه .

وفكرة البرمجة الخطية تتلخص بوضع معادلة رياضية لحل المشكلة تسمى بدالة الهدف تحتوي هذه المعادلة على جميع متغيرات المشكلة وهي دائماً تكون بشكل معادلة خطية، وأنواع طرائق البرمجة الخطية هي:

- الطريقة البيانية.
- الطريقة المبسطة / السمبلكس.
- الطريقة الجبرية.
- طريقة التخصيص.
- طريقة النقل.

- المحاكاة:

وهي عملية تكوين صورة للعلاقة بين المتغيرات التي تؤثر في اتخاذ القرار ودراسة سلوك تلك المتغيرات من خلال المعلومات المتاحة ثم دراسة وتحليل النتائج المختلفة والاقتراحات والبدائل للحصول على الهدف المطلوب، ويمكن أن تصنف نماذج المحاكاة إلى أنواع عدة أهمها:

- أنموذج التشابه أو التماثل .
- الأنموذج المستمر.
- الأنموذج المتصل.

- تحليل شبكات الاعمال:

وهي أسلوب يستند إلى ترتيب الأعمال وتنظيمها بحيث يُنفّذ بصورة متتابعة وصولاً إلى الهدف الأخير فيها وهذا يساعد الإدارة على متابعة التنفيذ وتقييم النتائج بصفة دورية ويظهر بوضوح مدى كفاءة التخطيط ودقة ترتيب مراحله. ولقد تفرعت من أسلوب تحليل شبكات الأعمال طرائق عدة لكن من أهمها:

طريقة المسار الحرج (Critical Path Method):

وهي طريقة تم تطويرها من قبل مؤسسة **دي يونت** لمواجهة الإنتاج التجاري، وهذه الطريقة استخدمت في الأعمال الكبرى مثل الصيانة الدورية للمعامل ومن ثم تطورت وأصبحت من الطرائق المألوفة واستخدمت في حل كل قضايا التخطيط المعقدة.

طريقة تقييم البرامج ومراجعتها، ((Program Evaluation and Review Technique (PERT)

يعتمد هذا الأسلوب على احتمالات الأزمة ويقسّم الزمن إلى ثلاثة أنواع من الاحتمالات التخمينية لزمن الإنجاز وهي:

- الزمن التفائلي: وهو الزمن المرغوب للإنجاز.
- الزمن التشاؤمي: وهو الزمن غير المرغوب للإنجاز.
- الزمن الأكثر احتمالاً: وهو زمن التنفيذ الطبيعي.

ميزات الصيانة المخططة:

الأمور التي تميز الصيانة المخططة في الصيانة الشاملة هي:

١. الاكتشاف المبكر للأعطال: تهدف الصيانة المخططة للاكتشاف المبكر للأعطال بدلا من انتظار حدوث انهيار أو كسر في جزء أو أجزاء من المعدة. يوجد أسلوبان للصيانة يحققان الاكتشاف المبكر للأعطال وهما:الصيانة المعتمدة على الوقت أو الصيانة الدورية Time Based Maintenance or Periodic هذا النوع من الصيانة يعتمد على انقضاء فترة زمنية معينة للقيام بعمل فحص أو تغيير بعض الأجزاء أو إعادة إعمار المعدة.

٢. تقليل وقت التوقف لإصلاح المعدات: هناك عدة أساليب لتقليل وقت الإصلاح مثل:

- تحليل أسلوب الإصلاح والخطوات المتبعة والأوقات اللازمة لها بحيث يتم دراسة تقليل الخطوات، أو إجراء بعضها على التوازي في نفس الوقت، أو تحضير بعض أجزاء من المعدة مجمعة في المخازن بحيث يتم تغيير هذه الأجزاء بدلا من تجميعها جزءا جزءا في وقت التوقف وهكذا. هذا التحليل يشبه التحليل الذي يهدف لتقليل وقت الضبط والتجهيز.

- التحضير الجيد لقطع الغيار وأدوات الصيانة: قد يضيع وقت طويل أثناء إصلاح المعدة نتيجة عدم توفر قطع الغيار الصحيحة ومن ثم الاحتياج إلى عمل بعض الإصلاح لقطع الغيار أو تصنيع أجزاء بديلة. لذلك فإن عملية توفير قطع الغيار المناسبة بسرعة لها تأثير مباشر على زمن التوقف لإصلاح المعدة. كذلك قد تضيع أوقات كثيرة في البحث عن أدوات الصيانة المناسبة.

- توفر المعلومات اللازمة مثل الرسومات ومخزون قطع الغيار بالمخازن وتاريخ إصلاح وصيانة المعدة وكتالوج المعدة الذي يوضح أساليب الصيانة وجدول تحليل الأعطال.

٣. منع تكرار الأعطال: تهدف الصيانة الإنتاجية الشاملة إلى منع تكرار الأعطال وذلك يتم من خلال:

- التغلب على الفواقد المزمنة.
- تطوير المعدة للتغلب على الأعطال ولتفادي الأعطال قبل وقوعها.
- المحافظة على المعدة في حالتها الجيدة في كل الأوقات.
- تحليل أسباب الأعطال والقضاء على تلك الأسباب.

٤. الاستجابة السريعة: لابد أن تكون استجابة إدارة الصيانة للأعطال التي يكتشفها المشغلون سريعة وذلك حتى لا يتفاقم العطل وهو ما يتعارض بشكلٍ صَريح مع الصيانة الإنتاجية الشاملة وكذلك لكي لا يَشْعَر المشغل أن مجهوداته لاكتشاف الأعطال مبكراً تذهب سُدى. هذه الاستجابة السريعة ليست جزءا من الصيانة المخططة ولكنها جزءا من أعمال إدارة أو قسم الصيانة.

٥. وضع مواصفات قياسية لأعمال الصيانة: للقيام بالصيانة بشكلٍ جيد في كل الأوقات لابد من وجود خطوات قياسية مسجلة يتم اتباعها عند القيام بأعمال الصيانة. بهذه الطريقة نَضمن أن أعمال الصيانة ستتم بنفس المستوى الجيد كل مرة بغض النظر عمن يقوم بها. هذه الخطوات القياسية لابد من تحديثها كلما توصل القائمون بالصيانة لأساليب أفضل أو أرادوا إضافة بنود لعملية الصيانة.

مكونات الصيانة الوقائية:

تتضمن مكونات الصيانة الوقائية كل من الفحص والتفتيش، جدولة وتخطيط الصيانة الوقائية، أوامر العمل، و سجلات ودوريات الخدمة، ويبين الجدول رقم (١) مقارنة بين الصيانة الوقائية والصيانة العلاجية.

فوائد الصيانة الوقائية:

١. السرعة والموثوقية.
٢. انتاجية عالية.
٣. تحسين النوعية.
٤. تخفيض كلفة التشغيل.
٥. زيادة السلامة.

مقارنة بين الصيانة الوقائية والصيانة العلاجية

العنصر	الصيانة الوقائية	الصيانة العلاجية
أداء العمل الهدف	قبل حدوث العطل إطالة العمر التشغيلي للماكنة الاستخدام الكفوء للمواد الاحتياطية تحقيق السلامة للمعدات والأفراد تقليل حدوث التوقفات المفاجئة	بعد حدوث العطل ● استمرار العملية الانتاجية للماكنة بصرف النظر اذا ماكان أداء لأعمال الصيانة ملائم لحالة العطل أم لا
الكلفة	● مرتفعة في بداية التخطيط للبرامج وتنخفض على الأمد الطويل	● واطئة على الأمد القصير وترتفع على الأمد الطويل
الاستخداما ت	● اذا كانت كلفة العطل غير المخطط مرتفعة ● اذا لم يكن العطل العشوائي بشكل كلي ● العطل قابل للتنبؤ وخاضع لنظرية الاحتمالات ● إمكانية جدولة أوقات إجراء أعمال الصيانة الوقائية	● كلفة الصيانة النظامية مرتفعة ● أجزاء التصليح يكون باتجاه خط مستقيم نسبيا ● العطلات صغيرة ● المكائن ذات التأثير غير المحسوس ولاتؤثر على سير العملية الانتاجية عند توقفها
العيوب	● لاتلائم المعدات قصيرة العمر ● لاتلائم بعض الصناعات ذات الانتاج المستمر ● تعد الصيانة الوقائية مكلفة على الأمد القصير وتحتاج الى دعم من قبل الادارة العليا لاجل توفير مستلزمات تطبيقها المتمثلة بتوفير المعلومات المواد الاحتياطية الأيدي العاملة، تحتاج بيئة اقتصادية وسياسية مستقرة والتغير بالعطلات بسيط	● توقف العملية الانتاجية نتيجة لحدوث العطلات المفاجئة ● نوعية رديئة لأعمال الصيانة ● صيانة غير مخططة ● زيادة لتكاليف الصيانة على الأمد الطويل ● ضعف الرقابة والسيطرة على مواد العاملين والمعدات ● قصر العمر الانتاجي للمعدة والتقادم السريع ● زيادة نسبة العوادم وتلف المنتجات

جدول رقم (١)

تقوم الصيانة الوقائية بتحديد ما تتطلبه المعدات او الاجزاء من المعدات من فحص وطرق صيانة محددة وفقا لتوصيات الشركة المصنعة، ولكي يصبح الفحص اكثر فاعلية لابد ان تتبع الخطوات الآتية:

- تحليل الأساليب والطرق المستخدمة في أوامر العمل المحددة لمعرفة أي طرق الفحص اكثر فاعلية.
- تصميم طرق الفحص يختصر الوقت والجهد المبذولين وتحديد المعدات الخاضعة لعملية الفحص في أوامر العمل التي لم يتم فحصها اوتوماتيكياً.
- إبلاغ قسم الصيانة بكافة التطورات الحاصلة في حقل فحص المعدات لاسيما فيما يتعلق بالفحص الائتلافي وتحليل الاهتزازات والتطوير الحراري.
- مراجعة وتقييم أعمال الفحص لملاحظة مدى ملائمتها للمعدات الجديدة.

وتتطلب المعدات الأكثر خطورة او حرجاً صيانة وقائية اكثر وتعني الخطورة في أغلب الشركات (أن يؤدي عطل وحدة فردية إلى مشاكل لكل من سير العملية الإنتاجية وتوقف بقية المعدات الأخرى)، و تعد الخبرة والتمرس في صيانة المعدات المتماثلة عاملاً مهماً في تحديد إمكانية تكرار عمليات الصيانة الوقائية على المفردات الجديدة للمعدات.

وتتضمن خصائص التشغيل التعريف بخطورة الخدمة من حيث نوع المواد المتداولة، كثافتها النوعية، حالتها ،الضغط والحرارة، فيما إذا كانت المعدات تُشغّل باستمرار أو على فترات متقطعة كما أن هذه المعدات هي نفسها تقدم خدمات مختلفة في أماكن مختلفة.

خطوات تطبيق الصيانة الوقائية للمعدات والمكائن:

الخطوة الأولى: تتضمن فعالية التنظيف والفحص الذي يتعامل مع تآكل المكائن وتشمل هذه الفعاليات التزييت وشد القوايش.

الخطوة الثانية: توجيه الصيانة الوقائية نحو التآكل الذي يصيب المكائن مهما كان نوعه، والذي يعد حدوثه حالة طبيعية بصرف النظر فيما إذا أنجزت أعمال الصيانة الوقائية أم لم تنجز.

الخطوة الثالثة: تتعلق بالعمل المستمر ضد التآكل، يستمر المشغلون في لعب دوراً فعالاً في إجراء الصيانة، واستخدام مهاراتهم ومعارفهم في تحديد الأمور غير الطبيعية في العمليات وتصليحها كلما كان ذلك ممكن.

الخطوة الرابعة: تتضمن إجراءات الصيانة التي تكون المكائن فيها تحت مراقبة ابتداءً من قبل المشغلين ثم يطبق التشخيص الآلي على المكائن لأجل أحكام السيطرة.

معايير قياس أداء الصيانة الوقائية:

- تقليل ساعات التوقف الفجائي.
- تخفيض الوقت المطلوب لتنفيذ برنامج الصيانة السنوية.
- تخفيض العمالة المطلوبة للصيانة.
- رفع انتاجية ورش الصيانة.
- وصول انتاجية المكائن إلى معدلاتها القصوى.

منهجية الدراسة:

تعتمد منهجية الدراسة على أساليب البحث الوصفي، وذلك من خلال ماتمّ ذكره ضمن الإطار النظري السابق عن الأساليب العلمية الحديثة لتخطيط الصيانة الشاملة في المشاريع العالمية الكبرى التي تضاهي حجم الأجهزة والمعدات الكهربائية والميكانيكية والإلكرونية في المسجد الحرام، والتي بلغت كلفتها عشرات المليارات، وهذا يعني في علم الاقتصاد الحديث وإدارة الأعمال أن التشغيل والصيانة لهذا الكم من الأجهزة والمعدات والبنية التحتية هو استثمار ضخم بحاجة إلى إدارة استراتيجة في تطبيق أفضل الممارسات العالمية في التشغيل والصيانة والمحافظة على ديمومة عملها وفق توصيات الشركات المصنعة لها، لهذا عهدت الرئاسة العامة لشؤون المسجد الحرام والمسجد النبوي هذه الأعمال إلى إحدى الشركات الكبرى في المملكة العربية السعودية.

استخدام الحاسب الآلي في إدارة مشروع التشغيل والصيانة الحالي بالمسجد الحرام.

مع بدايات العمل في إدارة نظم الصيانة والتوسع في هذا المجال وإدراك العائد الكبير من حسن إدارة الصيانة فقد بدأت الشركات المتخصصة في تصميم برامج تخصصية لإدارة نظم الصيانة بالكمبيوتر (CCMS)، ومن اشهر هذه البرامج : SAP , Maximo , Infor , PMC , وغيرها من البرامج التي أصبحت منتشرة في الآونة الأخيرة وتطور الأمر لتصبح برامج متكاملة لإدارة المشاريع (EPR) وهي برامج شاملة لكل النظم في الشركات يتم الربط بينهم في حزمة واحدة من البرامج مالياً ، إدارياً ، فنياً، ...).

وقد اهتمّت الرئاسة العامة لشؤون المسجد الحرام والمسجد النبوي بتنظيم إدارة نظم الصيانة حيث يقوم مقاول التشغيل والصيانة الرئيس في المسجد الحرام والمرافق الخارجية بأعمال التشغيل والصيانة باستخدام برنامج مكسيمو الذي يُعتبر أحد أهم البرامج في هذا المجال وهو من إنتاج شركة IBM (إحدى أكبر شركات صناعة برامج الكمبيوتر في العالم).

ومن خلال خبرة الباحِثَين في مجال الإشراف ومتابعة أعمال التشغيل والصيانة بهذا المشروع بالإضافة إلى استقصاء آراء ووجهات نظر المهندسين العاملين في الإدارة العامة للتشغيل والصيانة في الرئاسة العامة لشؤون المسجد الحرام والمسجد النبوي وفريق الاستشاري المشرف على المشروع، فقد تمّ تحديد كيفية قياس أداء العمل في أي برنامج صيانة على النحو الآتي:

١. وضع الخطة السنوية لأعمال الصيانة الوقائية: الشهرية- ربع سنوية- نصف سنوية- السنوية.

٢. جدولة الخطة الشهرية لأعمال الصيانة الوقائية مع الأخذ بالاعتبار الصيانة الوقائية والاصلاحات المتوقعة، ومعرفة عدد الساعات التشغيلية المطلوبة لذلك.

٣. حصر عدد العمالة (الفنيين) والعمالة المساندة فقط (العمالة التي تشارك فقط في عملية الصيانة الوقائية) الفعلية الموجودة في الموقع بدون العمالة الإدارية والإشرافية.

٤. حصر شهرياً ما تمّ من أعمال الصيانة الوقائية وما لم يتم لترحيله إلى شهر آخر وتقديم ذلك في تقرير.

٥. حصر عدد الساعات التي احتاجها كل نوع من أعمال الصيانة PM- CM- Rep.

٦. مقارنة عدد الساعات التشغيلية مع عدد الساعات المتوفرة للعمالة مع رسم بياني.

٧. مقارنة نسبة الصيانة الوقائية، ونسبة الصيانة التصحيحية، ونسبة أعمال الإصلاح وذلك نسبةً إلى عدد أوامر العمل W.O الشهري.

٨. معرفة المعدات الموجودة وحصرها وأعدادها وتقديم الكتالوجات لكل مُعدة.

٩. معرفة وحصر أهم أجزاء المُعدة وتحديد أهم قطع الغيار وعمر هذه القطع واستهلاكها وتحديد الكمية المطلوبة.

١٠. تجهيز لوائح لقطع الغيار وخاصة الأساسية وتحديد الحد الأدنى والحد الأعلى الذي يجب أن يتوفر في المستودع ورفع تقرير إلى الإدارة العامة للتشغيل والصيانة.

١١. تحديد قطع الغيار المستخدمة في عملية الصيانة التصحيحية.

١٢. تحديد قطع الغيار المستخدمة في عملية الاصلاح.

١٣. معرفة أعمال الصيانة والاصلاحات وقطع الغيار التي تمّت لكل مُعدة، وتقديم تقرير فني يفيد بذلك بالتاريخ لكل عملية.

١٤. تحديد المعوقات والعقبات التي تواجه أعمال الصيانة والتشغيل.

١٥. دراسة هذه التقارير ومعالجة السلبيات وتصحيحها.

لذلك نجد أن أكثر الأعمال والبنود اللازمة لقياس أداء العمل وبرامج الصيانة غير متوفرة باستثناء الخطة السنوية وحصر المعدات وتبويبها، وماعدا ذلك غير مُفعّل.

كذلك يمكن حصر السلبيات الناتجة عن عدم التفعيل الكامل لاستخدام برنامج مكسيمو المعمول به الآن من قبل المقاول على النحو الآتي:

أولاً: الإدراج:

١. عدم إدخال البيانات الكاملة للمعدات والأنظمة والإكتفاء بالمسميات فقط.

٢. عدم إدراج الكتالوجات والمواصفات الفنية الكاملة.

٣. عدم إدراج الرسومات التنفيذية النهائية على البرنامج.

٤. عدم إدراج كافة بيانات الموظفين أو العمالة.

٥. عدم المتابعة وتحديث البيانات بالنسبة للعمالة والموظفين مثل (المرتبات ، التدريب ، ...).

٦. البرنامج خاص بالمقاول ويستخدم في مشاريع أخرى، أي أن البيانات المدرجة لاتخص الرئاسة إلا في الأنظمة والمعدات فقط، والإستعانة بما فيها من بيانات لن يكون حقيقياً.

٧. البيانات المدرجة في قطع الغيار والمواد المستهلكة غير دقيقة من حيث أعلى مخزون وأقل مخزون وحد إعادة الطلب.

٨. غير مدرج بالبرنامج أجهزة القياس للأنظمة مثل عدد ساعات التشغيل ....

٩. لا يوجد إدراج لبطاقة بيانات المعدة أو النظام Nameplate.

١٠. تقفيل وإغلاق بعض أوامر العمل على غير الحقيقة تفادياً لمساءلة إدارة الجودة.

١١. الأسعار المدرجة والمرتبات غالباً ما تكون غير حقيقية.

١٢. عدم وجود نافذة للرئاسة تتيح لمنسوبيها الإطلاع على برنامج مكسيمو.

١٣. عدم إدراج نظام كود الأعطال Failure Code.

١٤. عدم الدقة في إدراج شجرة الأنظمة لسهولة تتبعها Parent، Child Asset .

ثانياً: المخرجات:

١. ضعف استخدام التقارير الفنية من قبل منسوبي المقاول.

٢. التقارير المستخرجة لن تكون كاملة البيانات نظراً لعدم استكمال المدخلات.

٣. عدم استخدام خاصية الاستخراج التلقائي لأوامر الشراء عند وصول رصيد المخزون لحد إعادة الطلب.

٤. عدم إمكانية تتبع حالة المعدات والأنظمة من حيث العمر الافتراضي والتهالك.

٥. لايمكن الحصول على التكلفة الحقيقية لأعمال الصيانة الوقائية أو التصحيحية.

٦. عدم الاهتمام بتسجيل الملاحظات على أوامر العمل بعد إنهائها.

٧. عدم الاهتمام بتوزيع متوازن لأوامر العمل على أيام الاسبوع Planning Capacity.

الصيانة الوقائية (السنوية) للوحات التحكم ذات الجهد المنخفض.

فيما يلي مخرجات برنامج الحاسوب لأعمال الصيانة الوقائية للوحات التحكم ذات الجهد المنخفض:

١. تفحص بالنظر كل القواطع الكهربائية المقولبة والعوازل وتتبع أى أثر للسخونة أو القوس الكهربى أو الاحتراق ومن ثَمّ قم بالإصلاح / الاستبدال حسب اللزوم.

٢. تأكد من عدم وجود أي كهرباء على مداخل ومخارج القواطع.

٣. تفقد أي أصوات غير عادية من الملامسات أو سخونة واختبر لمبات البيان ومفاتيح التشغيل.

٤. قم بالنظافة الشاملة لكل المكونات باستخدام المكنسة الكهربائية.

٥. افحص الأحمال وسجل القراءات.

٦. تأكد من التشغيل الصحيح لكل القواطع الكهربائية والمجموعة الميكانيكية وأصلح أي عطل مع الإبلاغ عن الأعطال.

٧. تأكد من مناسبة القواطع والكبلات للأحمال وقم بالإبلاغ عن أية عيوب.

٨. تأكد من التركيب والتثبيت السليم لكل القواطع الكهربائية ونهايات الكابلات والتوصيلات وكل المكونات قم بإحكام التربيط.

٩. تأكد من وجود كل الحواجز والعوازل فى أماكنها المناسبة.

١٠. تأكد أن كل مجاري الكابلات ونهايات الكابلات والجلاندات الخاصة بها والمتصلة باللوحة آمنة وسليمة، صحح / إستبدل حسب الطلب.

١١. تأكد من الغلق المحكم للباب وأن الأقفال سليمة.

١٢. تأكد من وضع تحذيرات خطر الكهرباء وجهد ٣٨٠ ف وخلافه في أماكنها الملائمة .

١٣. افحص الكونتاكتورات من حيث التثبيت المناسب أو وجود شروخ أو كسر أو أثر للسخونة أو إرتفاع درجة الحرارة وتغير لون الكابلات أو الأسلاك والنهايات أغلق الباب واختبر تشغيل وإيقاف الكونتاكتور عدة مرات للتأكد من صلاحيته.

١٤. تأكد من إستمرارية توصيل موصل التأريض وقم بقياس مقاومة الدائرة لكل لوحة وكونتاكتور.

١٥. تفقد كل الكابلات ولاحظ أي آثار للسخونة أو قطع فى العزل أصلح/استبدل حسب الحاجة.

١٦. افحص اللوحة ولاحظ الدهان ووجود أي تآكل أو صدأ وأصلح العيوب.

١٧. اختبر العزل بين الباسبار والأرضى مع الأخذ فى الاعتبار فتح كل الدوائر وفصل التغذية الكهربية.

الصيانة الوقائية (نصف سنوية) للوحات التحكم ذات الجهد المتوسط:

فيما يلي مخرجات برنامج الحاسوب لأعمال الصيانة الوقائيةللوحات التحكم ذات الجهد المتوسط:

١. اتباع إجراءات الأمن السلامة واستخراج تصريح العمل حسب التعليمات.

٢. فصل التغذية وتأريض جميع الأجزاء المعدنية وتعليق لوحة (تحت الصيانة) حسب الضرورة.

٣. قم بتنظيف الريلهات والكنتاكتورات من الخارج باستخدام الشفاط.

٤. افحص العمل الطبيعى لكل الأجهزة سجل القرءات وقارنها بالسابقة.

٥. افحص لمبات البيان واستبدل المحترق منها.

٦. استخدم بلاور هواء ساخن لسحب الغبار والرطوبة أو باستخدام المكنسة الكهربائية وباستخدام قطعة قماش جافة قم بتنظيف الباسبار وجسم اللوحة.

٧. التأكد من نظافة كل الملامسات من آثار الشرر الكهربى مع التلميع بدون إستخدام الصنفرة.

٨. ضبط الخلوص والزنبرك بين الملامسات الثابتة والمتحركة بحيث يكون متسارياً للأقطاب الثلاثة.

٩. افحص حالة الملامسات الرئيسية ونظف واضبط حسب الضرورة.

١٠. افحص حالة أطراف الأسلاك الواصلة للريليهلت نظف واربط حسب الطلب.

١١. افحص صحة عمل مجموعة الفصل الميكانيكى باللوحة.

١٢. فك غرفة إخماد الشرارة وإزالة أثر الكربون أو ذرات النحاس والتنظيف الشامل والفحص الدقيق لحالة السيراميك والتأكد من عدم وجود شروخ او تشققات.

١٣. افحص حالة ملامسات التوصيل وقم بالضبط حسب تعليمات المصنع.

١٤. قم بفحص المسامير والصواميل لجسم اللوحة واربط حسب اللزوم.

١٥. افحص وأصلح حسب المطلوب ريليهات الحماية وقم بالشحن اليدوى والكهربى للمجموعة الميكانيكية للقواطع الكهربائية.

١٦. شحم بالفازلين ملامسات التحكم.

١٧. باستخدام زيت خفيف قم بتزييت كل المسامير والصواميل والوصلات ونقاط الاتصال على جسم اللوحة.

١٨. افحص حالة أطراف الأسلاك الخاصة بالتحكم.

١٩. اختبر مقاومة نظام الأرضى باستخدام طريقة الهبوط فى الجهد (Fall Off Potential) ويتم الإصلاح فى حالة وجود اختلافات كبيرة فى القياس.

٢٠. افحص حالة التوصيلات فى حفرة التأريض وتأكد من إحكامها.

ملحوظة:

٢١. تقفيل وإصلاح اللوحة كما جاء بتعليمات المصنع.

٢٢. ضرورة وجود عدد ٢ من الفنيين المتخصصين على الأقل لتنفيذ الصيانة فى الأعمال الكهربية وذلك لضمان الأمان.

التوصيات:

لقد كانت المقابلات مع بعض المهندسين ذوي الخبرة الطويلة العاملين في الرئاسة العامة لشؤون المسجد الحرام واستشاري التشغيل والصيانة الدور المهم في النتائج التي ذكرت أعلاه والتوصيات المهمة لتفعيل برنامج الصيانة الإلكتروني من خلال اتباع التوصيات الآتية:

١. إدخال كافة البيانات المتعلقة بالأجهزة والمعدات في المسجد الحرام والمرافق الخارجية بعد حصرها حسب الأصول.

٢. عمل دورات تدريبية على برنامج الصيانة لمدراء المواقع والمهندسين والفنيين لدى المقاول وألا يقتصر التدريب على مشغل البرنامج فقط.

٣. وضع خطة شهرية مبرمجة ومجدولة لكافة الأعمال وكافة أنواع أوامر العمل W.O من قبل مدير المشروع والمهندسين.

٤. حصر عدد العمالة الفنية والمتوفرة في المواقع وحساب ساعات عملها (الساعات التي تدخل في العمل فقط).

٥. تأمين قطع الغيار وخاصة الأساسية وتحديد الحد الأدنى وعدم تجاوزه والحد الأعلى، وأن يتم عمل طلب الشراء آلياً عند الحد الأدنى.

٦. إصدار تقارير عن طريق برنامج الصيانة تتعلق بقياس درجة فاعلية الأداء، ليتم دراستها ومعرفة النواقص في الأداء وتجاوزها ووضع الحلول لها.

٧. إدخال كافة البيانات الحقيقية لأسعار قطع الغيار والمواد المستهلكة والمرتبات الخاصة بالعاملين والموظفين وتحديثها من فترة لأخرى.

٨. إدراج كود الأعطال Failure Codes ليسهل عمليات المتابعة والتحليل.