Tikrit Journal of Administrative and Economic Sciences, Vol. 21, No. 70, Part (1): 250-278
Doi: www.doi.org/10.25130/tjaes.21.70.1.14

Tikrit Journal of Administrative and Economics Sciences
مجلة تكريت للعلوم الإدارية والاقتصادية
EISSN: 3006-9149
PISSN: 1813-1719

Design for maintenance is a way to extend the useful life of machines and equipment: a field study in a group of factories in Nineveh Governorate

Ryad Jamil Wahab*[A], Rana Salim Mataab[B], Rajaa Saadi Ibrahim [C]
[A] College of Management and Economics/ University of Mosul
[B] Nanawaa University
[C] Central Agency for Standardization and Quality Control

Keywords:
Design for maintenance, design indicators for maintenance, extending the life of the product, strategies for extending the life of the product.

A R T I C L E I N F O

Article history:
Received 02 Sep. 2024
Accepted 10 Nov. 2024
Available online 30 Jun. 2025

©2023 THIS IS AN OPEN ACCESS ARTICLE UNDER THE CC BY LICENSE
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

*Corresponding author:
Ryad Jamil Wahab
College of Management and Economics/ University of Mosul

Abstract: The current research sought to measure how the design strategy, which is one of the strategies for extending the life of the product, extends the life of machines, equipment, and production facilities to the longest possible period. A group of industrial factories in Nineveh Governorate was chosen: the iron and steel factory, the sugar and yeast factory, and the furniture factory. Mosul" to determine how those concerned in these factories maintain the machines and equipment for the longest possible period, mainly with the aim of achieving the maximum degree of exploitation, and the secondary objectives that accompany this goal. Such as: reducing costs, improving quality, reducing risks, and reducing investments in machinery and equipment. Data and information related to these variables were collected using a questionnaire as the main tool, and after obtaining data from the surveyed factories, this data was analyzed statistically for the purpose of arriving at the results for this study, and then analyzing and interpreting these results to reach the most important conclusions expected from this study, and then the research proposed a group One of the proposals serves as a road map for the fields investigated in order to extend the useful life of production machines and equipment.

Tikrit Journal of Administrative and Economic Sciences, Vol. 21, No. 70, Part (1): 250-278
Doi: www.doi.org/10.25130/tjaes.21.70.1.14

التصميم للصيانة طريق لإطالة العمر الاستخدامي للمكائن والمعدات: دراسة ميدانية في مجموعة من المصانع في محافظة نينوى

رياض جميل وهاب
كلية الإدارة والاقتصاد
جامعة الموصل

رنا سالم متعب
جامعة نينوى

رجاء سعدي إبراهيم
الجهاز المركزي للتقييس
والسيطرة النوعية / نينوى

المستخلص

سعى البحث الحالي إلى قياس كيف استراتيجية التصميم التي هي إحدى استراتيجيات اطالة "تمديد عمر المنتج" في اطالة عمر المكائن والمعدات وتسهيلات الانتاج إلى أطول فترة ممكنة. إذ تم اختيار مجموعة من المعامل الصناعية في محافظة نينوى "مصنع الحديد والصلب، معمل السكر والخميرة، ومعمل أثاث الموصل" للوقوف على كيفية قيام المعنيين في هذه المصانع بالحفاظ على المكائن والمعدات لأطول فترة ممكنة بهدف تحقيق أقصى درجة من درجات الاستغلال بشكل رئيسي وما يرافق هذا الهدف من أهداف ثانوية مثل: خفض التكاليف، تحسين الجودة، تقليل المخاطر، وتقليل الاستثمارات في المكائن والمعدات.

تم جمع البيانات والمعلومات المتعلقة بهذه المتغيرات باستخدام الاستبانة كأداة رئيسة وبعد الحصول على البيانات من المصانع المبحوثة تم تحليل هذه البيانات احصائياً لغرض الوصول إلى النتائج الخاصة بهذه الدراسة، ومن ثم تحليل وتفسير هذه النتائج للوصول إلى أهم الاستنتاجات المرتقبة من هذه الدراسة ومن ثم اقترح البحث مجموعة من المقترحات بمثابة خارطة طريق للميادين المبحوثة في سبيل اطالة العمر الاستخدامي للمكائن والمعدات الانتاجية.

الكلمات المفتاحية: التصميم للصيانة، مؤشرات التصميم للصيانة، اطالة عمر المنتج، استراتيجيات اطالة عمر المنتج.

المبحث الأول
منهجية البحث

أولاً. مشكلة البحث: إن المكائن والمعدات تعد من المعدات الرأسمالية وتشكل نسبة عالية من اجمالي الاستثمارات في المنظمات والمصانع ولا سيما اذا كانت ذات تقانة عالية أو متطورة وعليه فأن مسألة العمر الاستخدامي لهذا التسهيلات تعد من الأمور المهمة جداً ولابد من البحث عن السبل والاستراتيجيات التي تقود الى حسن استخدام هذه الموارد واطالة العمر الاستخدامي لها إلى أقصى حد ممكن وعليه هناك العديد من المؤشرات التي تدل على أن الكثير من الأجهزة والمعدات تخرج عن الخدمة في وقت مبكر نتيجة إلى صعوبة الصيانة والتصليح أو انخفاض قابليتها للصيانة لعدم الأخذ بالاعتبار في مرحلة التصميم قضية الصيانة والتصليح وبالتالي يترتب عن خروج المكائن والمعدات عن الخدمة قبل انتهاء العمر الافتراضي الكثير من المشاكل من أبرزها: اعادة الاستثمار في المعدات الرأسمالية، عدم الاستغلال الأمثل للمكائن والمعدات، فضلاً عن الأضرار البيئية الناتجة عن الاستهلاك المبكر للمكائن والمعدات. وعليه لابد من التركيز على مسألة الصيانة أو قابلية الصيانة للمكائن والمعدات في مرحلة التصميم الاولي وضرورة الأخذ بالاعتبار سرعة وسهولة صيانة وتصليح المكائن والمعدات وبما يساعد في اطالة العمر الاستخدامي للمكائن والمعدات وتحقيق الاستغلال الأمثل لهذه التسهيلات الحيوية. لذلك، يمكن صياغة مشكلة البحث بالصيغة الآتية: "إن

ضعف تصميم المكائن والمعدات وتسهيلات الانتاج وعدم تضمين قضايا الصيانة والتصليح في المكائن والمعدات في مرحلة التصميم الأولي حتماً سيؤدي إلى انتهاء العمر الاستخدامي المبكر للمكائن والمعدات وعدم الاستغلال بشكل أمثل" وعليه يمكن تحديد مشكلة البحث بالأسئلة الآتية:

1. هل يهتم المصانع المبحوثة بمسألة قابلية الصيانة والتصليح للمكائن والمعدات عند اقتناؤه المكائن والمعدات من الشركات المصنعة؟
2. ما هي الاستراتيجيات والاساليب المستخدمة أو المتبعة من قبل المصانع المبحوثة من أجل اطالة العمر الاستخدامي للمكائن والمعدات؟

ثانياً. أهمية البحث: تتجسد أهمية البحث في المنافع الناتجة عن اطالة العمر الاستخدامي للمكائن والمعدات وتسهيلات الانتاج في المصانع المبحوثة والمتمثلة بـــ:

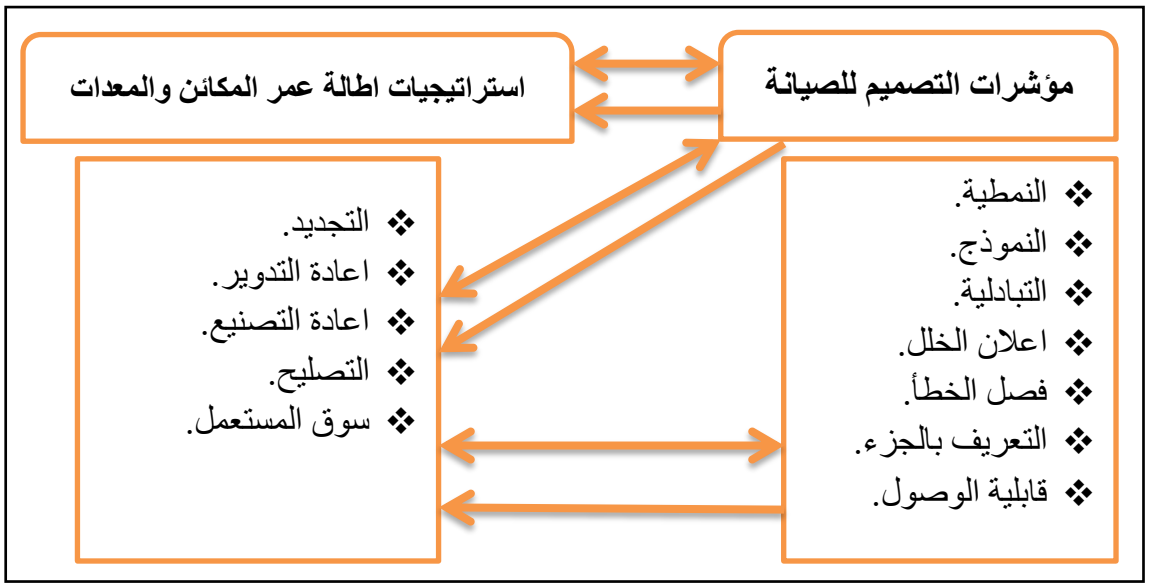
1. امتلاك مكائن ومعدات تتصف بسهولة وسرعة الصيانة والتصليح ووفرة قطع الغيار الخاصة بها حال الحاجة الى استبدالها.
2. انخفاض تكاليف الانتاج والأيدي العاملة الناتجة عن او نظراً لانخفاض متوسط الوقت للتصليح.
3. انخفاض تكاليف الصيانة والتصليح نظراً لوجود خبراء أو مختصين في المصنع أو خارج المصنع ولكن تتوفر الخبرة المحلية للقيام بذلك.
4. انخفاض تكاليف التخلص من هذه المكائن والمعدات عند انتهاء عمرها الاستخدامي نظراً لكون هذه المعدات ما زالت بحالة جيدة يمكن استمرارها في العمل أو حتى في حالة البيع ممكن أن تحقق عوائد جيدة تسد نسبة جيدة من تكاليف الوحدات الجديدة.

ثالثاً. أهداف البحث: يسعى البحث الحالي إلى تحقيق هدف رئيس متمثل في معالجة المشكلة البحثية المثارة والمتضمن منع تدهور المكائن والمعدات الانتاجية من وقت مبكر من عمرها الاستخدامي من خلال التركيز على استراتيجية التصميم للصيانة أي الأخذ بالاعتبار قضايا الصيانة والتصليح للمكائن والمعدات واجزاءها وبما يحقق البقاء لأطول فترة زمنية، فضلاً عن تحقيق البحث للأهداف الفرعية الآتية:

1. تعريف الأفراد العاملين في الميادين المبحوثة باستخدام باستراتيجية التصميم للصيانة وخصائصها أو مؤشراتها.
2. استراتيجيات اطالة العمر الاستخدامي للمكائن والمعدات والفوائد المتحققة من اطالة العمر الاستخدامي في المصانع المبحوثة.

رابعاً. نموذج البحث: بهدف معالجة مشكلة البحث والوصول إلى الأهداف المرسومة تم وضع نموذج البحث الفرضي المبين في الشكل رقم (1).

Tikrit Journal of Administrative and Economic Sciences, Vol. 21, No. 70, Part (1): 250-278
Doi: www.doi.org/10.25130/tjaes.21.70.1.14



شكل (1): نموذج البحث الفرضي

خامساً. فرضيات البحث: تنبثق عن نموذج البحث الفرضي عدد من الفرضيات البحثية الرئيسة والثانوية:

الفرضية الرئيسة الأولى: لا توجد علاقة ارتباط معنوية ذات دلالة احصائية بين مؤشرات التصميم للصيانة مجتمعاً واستراتيجيات اطالة العمر الاستخدامي للمكائن والمعدات مجتمعاً في المصانع المبحوثة. ويتفرع منها الفرضيات الثانوية الآتية:

الفرضية الثانوية الأولى: لا توجد علاقة ارتباط معنوية ذات دلالة احصائية بين مؤشرات التصميم للصيانة مجتمعاً وكل استراتيجية من استراتيجيات اطالة عمر المنتج في المصانع المبحوثة.

الفرضية الثانوية الثانية: لا توجد علاقة ارتباط معنوية ذات دلالة احصائية بين كل مؤشر من مؤشرات التصميم للصيانة منفرداً واستراتيجيات اطالة عمر المنتج مجتمعاً في المصانع المبحوثة.

الفرضية الرئيسة الثانية: لا توجد علاقة تأثير معنوي ذات دلالة احصائية لمؤشرات التصميم للصيانة مجتمعاً في استراتيجيات اطالة العمر الاستخدامي للمكائن والمعدات مجتمعاً في المصانع المبحوثة. ويتفرع منها الفرضيات الثانوية الآتية:

الفرضية الثانوية الأولى: لا توجد علاقة تأثير معنوي ذات دلالة احصائية لمؤشرات التصميم للصيانة مجتمعاً في كل استراتيجية من استراتيجيات اطالة عمر المنتج منفرداً في المصانع المبحوثة.

الفرضية الثانوية الثانية: لا توجد علاقة تأثير معنوي ذات دلالة احصائية لكل مؤشر من مؤشرات التصميم للصيانة منفرداً في استراتيجيات اطالة عمر المنتج مجتمعاً في المصانع المبحوثة.

سادساً. أساليب جمع البيانات: اعتمد البحث على الاستبانة كأداة رئيسة لجمع البيانات والمعلومات المطلوبة لإنجاز هذا البحث من خلال توزيع مجموعة من الاستمارات في كل مصنع من المصانع المبحوثة فضلاً عن اجراء بعض المقابلات مع الأفراد من ذوي الخبرة والاختصاص بالصيانة وخصائص المكائن والمعدات وهل لديهم اهتمام بالمتغيرات المبحوثة في تعاملهم مع المكائن والمعدات المستخدمة عندهم في الميدان.

سابعاً. أسلوب معالجة البحث: اعتمد البحث في المعالجة البحثية على الأسلوب الاحصائي في تحليل البيانات المجموعة عبر الاستبانة من خلال استخدم عدد من الأدوات الاحصائية في معالجة البيانات

وعرض نتائج التحليل بهدف تفسير هذه النتائج للوقوف على نقاط القوة التي تدعم خطوات معالجة المشكلة والتخلص من نقاط الضعف التي تعقد مشكلة البحث المدروسة.

ثامناً. مجتمع وعينة البحث:

1. **مجتمع البحث**: تمثل مجتمع البحث بثلاثة مصانع انتاجية تتعامل بشكل كبير مع المكائن والمعدات الانتاجية في محافظة نينوى وكما في الوصف:

اسم المصنع	الوصف
معمل الحديد والصلب	أنشأت شركة الموصل لإنتاج الحديد والصلب على مساحة بحدود 20 دونم بضمنها المساحات المخصصة لتجميع وفرز السكراب تتكون الشركة من بناية الانتاج انشأت بشكل يسمح بتداول ومناقلة المواد والمعدات داخل قسم الانتاج. ويتألف المصنع من أربعة اقسام: السكراب، الصهر، الصب المستمر، والسحب. يبلغ الانتاج اليومي 100 طن وعدد العاملين 150 عامل.
معمل السكر والخميرة	حيث تأسس مصنع السكر في الموصل سنة 1957 على مساحة من الأرض تبلغ 50 ألف متر مربع وبكلفة قدرها 2,5 مليون دينار، ونفّذت المشروع شركة سالزكيتر بإشراف المؤسسة الاستشارية البلجيكية ايراندس، وبطاقة إنتاجية 32 ألف طن من السكر الأبيض في السنة. وتحت عنوان مصلحة صنع السكر وكانت البداية سنة 1959، وتم توسيع المعمل سنة 1970 بإشراف الشركة المؤسسة ايراندس البلجيكية نفسها، وبلغت كلفة التوسيع 6 ملايين دينار، الذي ركز على تنويع الإنتاج بالإضافة للسكر الأبيض النقي بعدة أشكال وإنتاج العلف الحيواني من مخلفات البنجر السكري، والنورة وتكرير السكر الخام وساهم المشروع بتطوير زراعة البنجر السكري التي ثبت نجاحها في تربة الموصل.
مصنع اثاث الموصل	تأسست سنة 1986 ويبلغ عدد العاملين 200 عامل في الوظائف الادارية وخطوط الانتاج، ويمتلك المصنع اربعة خطوط إنتاجية: الخط الاول: صناعة الطبلات والكراسي ومناضد الطعام بمختلف الانواع. الخط الثاني: مختص بإنتاج الدواليب وغرف النوم بمختلف الانواع. الخط الثالث: انتاج تغليف الاطقم بمختلف الانواع. الخط الرابع: صبغ الاثاث الخشبي.

2. **عينة البحث**: تمثل عينة البحث بمجموعة من الأفراد العاملين في المصانع الثلاثة والبالغة عددهم (160) فرد من مختلف المستويات الادارية حيث مثل كل مصنع جزء من العينة (مصنع الحديد والصلب _ 50 فرد، مصنع السكر والخميرة _ 60 فرد، معمل اثاث الموصل _ 50 فرد).

المبحث الثاني: التصميم للصيانة

Design for Maintenance

أولا. ماذا تعني التصميم للصيانة؟ وما هي فوائده؟

` سيتم الاجابة عن السؤالين أعلاه من خلال هذا العرض. تصميم المنتجات تؤثر بشكل قوي على ادائها لاحقاً خلال مراحل دورة حياة المنتج، مدى امكانية انتاج المنتج بسهولة، الاستخدام، الصيانة، أو التخلص منها تعتمد على خصائص التصميم الموضوعة في المنتج، ولأجل أداء المنتج الأمثل خلال دورة الحياة خصوصاً تتوفر العديد من مداخل التصميم، وإن التصميم للصيانة هي واحدة منها وتركز على تأثير جهود الصيانة المستقبلية المطلوبة للحفاظ على المنتج في حالة جيدة (Mulder, Bolk, Hoekstra, & Kokkeler, 2012: 8). التصميم للصيانة تهتم بتحقيق التصميم الجيد الذي يأخذ بالاعتبار الاهتمام والصيانة العامة بالمعدات واجراءات التصليح التي تكون مطلوبة بعد الفشل أو العطل، وتحقق الفوائد الآتية (Buinus, 2020: 12):

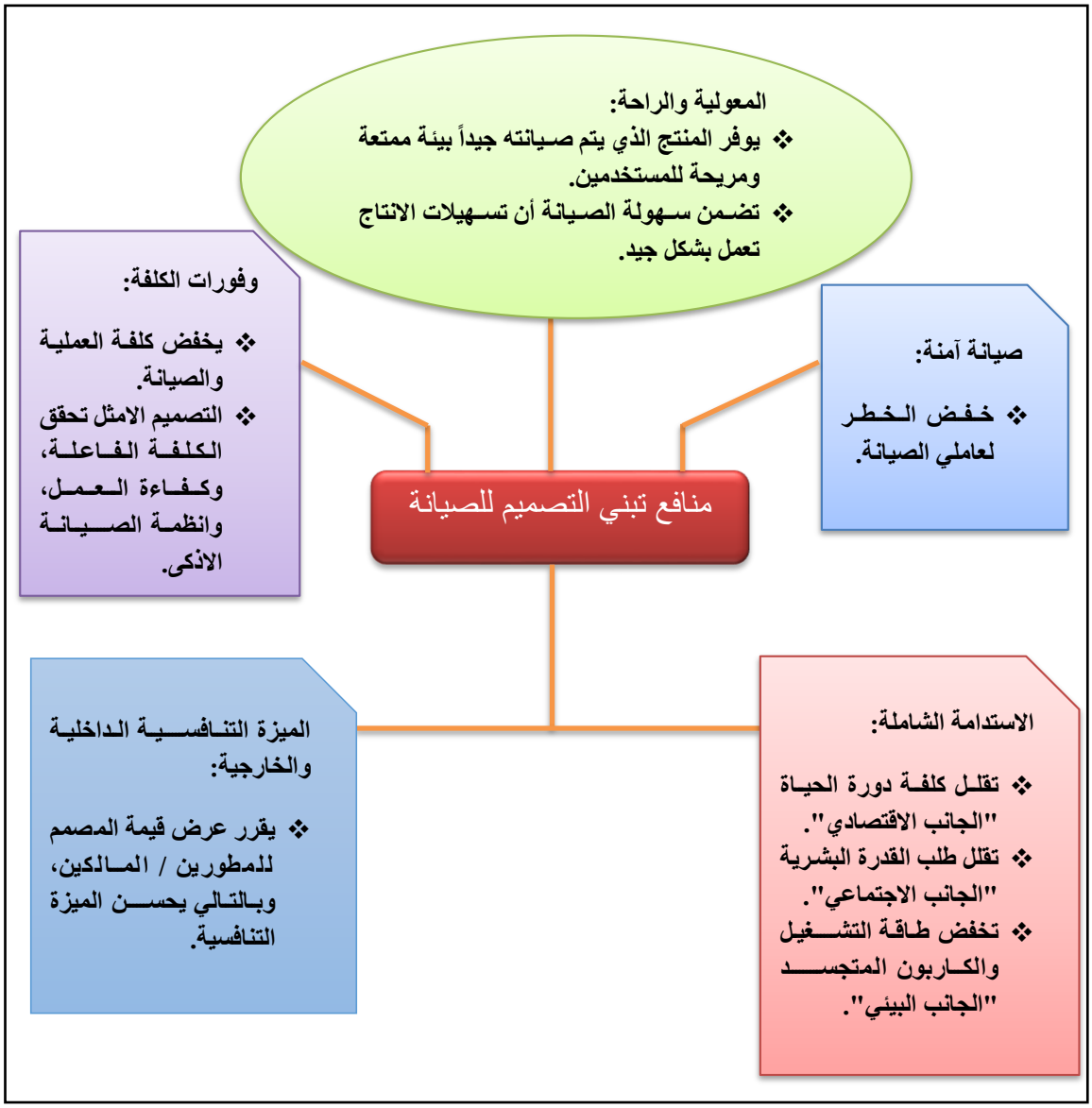
1. اطالة عمر المنتجات والأنظمة.
2. تقليل تكاليف التشغيل من خلال التنفيذ بكفاءة وفاعلية.
3. تخفيض وقت التوقف غير المتوقع نتيجة تجنب العطلات.
4. تخفيض وقت التوقف نتيجة لتقليل الوقت المطلوب لاختبار أو فحص مهمات الصيانة.

قابلية الصيانة أو التصميم للصيانة هي الدرجة التي يسمح بها المنتج باستبدال آمن وسريع وسهل للأجزاء المكونة لها، وإنها تتجسد في تصميم المنتج، دم القدرة على الصيانة سيكون دليلاً واضحاً على ارتفاع تكاليف صيانة المنتج، فترات طويلة خارج الخدمة، وامكانية اصابة مهندسي الصيانة.

ومقياس قابلية الصيانة هو وقت التصليح أو متوسط الوقت للتصليح (MTTR) ويسمى أيضاً " وقت الاستجابة – Turn-around Time " (Andrew, 2022: 7).

التصميم للصيانة هي الخطوة الأولى في برنامج الصيانة الفاعلة، المستدامة التي تربط اهداف الصيانة والمخرجات المرغوبة بعملية التصميم، وهي الممارسة التي تدمج عمليات واعتبارات الصيانة ضمن تخطيط وتصميم المشروع لإنجاز مهمات الصيانة الفاعلة والآمنة والاقتصادية خلال نطاق حياة التسهيل، وتبني التصميم للصيانة يحقق العديد من المنافع وللعديد من الأطراف وكما موضح بالشكل رقم (2).

Tikrit Journal of Administrative and Economic Sciences, Vol. 21, No. 70, Part (1): 250-278
Doi: www.doi.org/10.25130/tjaes.21.70.1.14



شكل (2): منافع التصميم للصيانة

Source: Asmon. A. s., & Chew. M., (2020), Development of a design for maintainability assessment of building systems in the tropics, Building & Environment, school of design & environment, Singapore,17.

التصميم للصيانة هي الفلسفة التي تهدف إلى خفض الصعوبات والتكاليف المرتبطة بالمحافظة على المنتجات خلال دورة حياتهم، من خلال الأخذ بنظر الاعتبار تشغيل المنتج والصيانة المستقبلية في المراحل المبكرة لعملية التصميم يمكننا منع المشاكل المكلفة وتحسين أداء ومعولية المنتج، أن التصميم للصيانة تحقق المنافع التالية (Siim, 2023: 5)، (Adjoul & Aoussat, 2020: 7):

1. تكاليف أدنى (Lower Costs): باستخدام المكونات المعيارية، التصاميم النموذجية، سهولة التعريف، كفاءة التغليف، ووسائل التثبيت السريعة، يمكننا تخفيض تكاليف الاجزاء الاحتياطية، الأدوات، الخزين، والايدي العاملة المطلوبة لمهمات الصيانة.

2. أخطاء أقل (Fewer Mistakes): بتوفير قابلية الوصول، اعلان الخطأ، تصميم الربط الضعيف، والسلامة بالتصميم، والواجهات القياسية، يمكننا تقليل الأخطاء البشرية والحوادث اثناء عمليات الصيانة.
3. تقليل وقت التوقف (Reduce Downtime): من خلال امكانية تفكيك المنتجات وتصحيحها وتجميعها بشكل أسرع، يمكننا تقليل الوقت اللازم للصيانة وزيادة توفر المنتج وانتاجيته.
4. مهمات الصيانة الأمن (Safer Maintenance Tasks): من خلال تصميم المنتجات التي يسهل الوصول إليها والتعامل معها وتشغيلها اثناء الصيانة، يمكننا تقليل مخاطر الاصابات والأضرار التي تلحق بالعاملين والمعدات.
5. كشف واصلاح الخطأ أسهل ((Easer troubleshoot & Repair: من خلال تصميم المنتجات التي يمكنها الاشارة إلى الأخطاء وعزل المشاكل وتسهيل التشخيص والتصحيح، يمكننا تبسيط عملية استكشاف الاخطاء واصلاحها وتحسين جودة المنتج.

ثانياً. مؤشرات أو خصائص التصميم للصيانة: يتفق كل من (Buinus, 2020)، (Oodee, 2020)، (Anoop & Anil, 2006)، (Adjoul, 2020) (Siim, 2023)، (Dhillon, 2002)، (Markeset & Kumar,2003)، (Boral, Kumar & Naikan,2019) على أن خصائص أو مؤشرات التصميم للصيانة هي الآتي، ومن خلال الاستطلاع والمراجعة للمعامل المبحوثة واللقاء مع المعنيين تستخدم هذه الابعاد المعتمدة في البحث:

1. **التوحيد أو المعيارية (Standardization)**: تقليل عدد الوحدات، الأجزاء الاحتياطية من خلال توحيد المواصفات للأجزاء قدر الامكان، **ناك** العديد من المزايا لاستخدام أدوات التثبيت، الموصلات، ومعدات الاختبار، والمواد القياسية وغيرها عند تصميم المنتج، يتيح التوحيد سهولة استبدال المكونات المعيبة. كما يضمن للمصممين مستوى معين من الجودة المرتبطة بالمكون المعين. فاعلية الكلفة هي ميزة أخرى لاستخدام المكونات الموحدة بسبب جاهزية توفرها لأنها تصنع على نطاق واسع. يشير هذا إلى استخدام المكونات المعيارية عند تصميم المنتجات. يمكن أن تكون هذه الأشياء بسيطة مثل أدوات التثبيت، أو أجزاء معقدة مثل وحدات التحكم أو اجهزة الاستشعار. باستخدام المكونات القياسية يمكننا تقليل تكلفة قطع الغيار وتوافرها، وتبسيط اجراء الصيانة، وزيادة التوافق، قابلية تبديل الأجزاء.
2. **النمطية أو النموذج (Modularization)**: امكانية استخدام الأجزاء المعيارية المتوافقة ليحل محل الأجزاء الأخرى دون تغيير كبير. كلما ازدادت درجة النمطية المقدمة في التصميم، كلما أصبح من السهل استبدال المكون أو الجزء. النمطية هي نظام تصميم يتم فيه تجميع الاجزاء المتشابه وظيفياً معاً في مجموعات فرعية والتي بدورها يمكن تجميعها معاً لتكوين المنتج. مع ذلك، لا يمكن تحقيق النمطية الفعالة إلا من خلال معدات الواجهة "الربط القياسي" (مثل ادوات التوصيل القياسية، والمفاصل، والتركيبات، وما إلى ذلك). تضمن النمطية بطبيعتها المتأصلة عدم الحاجة إلى أية تعديلات أخرى بمجرد وضع الوحدات في مكانها. مثال على النمطية الفعالة هو (محرك طائرة من SAAB Gripen RM12) تصميم المحرك نموذجي (معياري) مما يتيح سهولة وسرعة الفحص، أيضاً يستلزم فقط استبدال الوحدة المعيبة. يشير هذا إلى استخدام التصميمات المعيارية التي تقسم المنتجات الى وحدات أو وحدات مستقلة تؤدي وظائف محددة. باستخدام التصاميم المعيارية يمكننا تسهيل الصيانة من السماح باستبدال وتحسين الوحدات بسهولة دون التأثير على الأجزاء الأخرى. يمكننا أيضاً زيادة مرونة المنتج والمرونة العالية من خلال السماح بمزيج متنوع من النماذج.

3. **التبادلية (Interchangeability)**: امكانية حل جزء أو وحدة محل أخرى بسهولة ودون الحاجة إلى تغييرات كثيرة. ويعرف بأنها التصميم المقصود منه قابلية تبديل أي جزء أو مكون أو وحدة بوحدة اخرى مماثلة خلال فترة زمنية معينة. وإن هناك نوعين من قابلية التبادل هما: المادي، والوظيفي. المادي تعني قابلية توصيل واستخدام وتركيب عنصرين في المكان نفسه وبالطريقة نفسها. أم الوظيفي فيعني أن العنصرين المعنيين يقدمان نفس الوظيفة. وتتضمن قابلية التبادل المبادئ الأساسية الآتية: أن الوحدات التي تتطلب الاستبدال وخدمة الاجزاء المتكرر بسبب الاستهلاك أو الضرر، فأن كل جزء منها يجب أن يكون قابل للتبادل بالكامل مع جزء اخر مشابه. وأما الاجزاء التي من المتوقع أن تعمل دون قابلية التبادل فأنها يمكن أن تكون غير اقتصادية.
4. **اعلان الخلل أو كشف سوء الاستخدام أو التشغيل (Malfunction Announcement)**: سهولة وسرعة اكتشاف الخلل وامكانية القيام بالمعالجة بسهولة وبأقل كلفة ووقت. يشير هذا إلى قدرة المنتجات على الاشارة إلى الأخطاء أو الاعطال للمستخدمين أو المشرفين "القائمين بالصيانة". من خلال توفير اعلان عن الاعطال يمكننا تنبيه المستخدمين وأفراد الصيانة حول المشاكل المحتملة قبل أن تصبح خطيرة أو تسبب ضرر. يمكننا ايضاً تسهيل اكتشاف الأخطاء واصلاحها وتشخيصها من خلال توفير معلومات حول الاعطال وموقعها. يمكن الاعلان عن الاعطال باستخدام مؤشرات مثل "الأضواء، أو الأصوات، أو وسائل أخرى متنوعة".
5. **عزل أو فصل الخطأ (Fault Isolation)**: العمل على عزل الخطأ لمنع الضرر بالأجزاء الأخرى. إن عزل الخطأ وتحديده عبارة عن مهمات لتحديد الموقع الدقيق للخطأ وتحديد طبيعة الخطأ على التوالي. بعد تطور الخطأ من مسؤولية مهندسي العملية كشف وعزل الخطأ لأجل تقليل فرص الفشل الكامل بالنظام. والهدف الرئيس من أية طريقة لاكتشاف وعزل الخطأ هو إطلاق انذار إذا كان هناك تغيير في العملية وتحديد حجم وموقع حدوث الخطأ. عزل الخطأ هو تحديد موقع الخطأ وعزل سببه. بمعنى تحديد موقع وسبب الفشل الذي يتبع اكتشاف الخطأ.
6. **التعريف بالأجزاء (Identification)**: التعرف على اسم الجزء، الوثائق، الاجراءات ومهمات الصيانة لأن قابلية الصيانة ربما تقاس باستخدام متغير معتمد على الوقت. يمكن أن يوفر التعرف السهل الكثير من الوقت خاصة في الأنظمة المعقدة التي تحتوي على العديد من المكونات المتشابه. قدر الامكان، يجب أن تكون تسمية الاجزاء المختلفة بسيطة ولا تنسى. في حالة وجود الكثير من المكونات، يجب اتباع نظام موحد لغرض سهولة الفهم.
7. **قابلية الوصول (Accessibility)**: امكانية الوصول إلى مكان الجزء لغرض القيام بأعمال الصيانة والتصليح بسهولة ويسر. امكانية الوصول إلى الأجزاء التي تتطلب صيانة دون الحاجة إلى ازالة أو فتح الأجزاء الأخرى، وكذلك سهولة استبدال الوحدات أو التشحيم دون الحاجة إلى أي شكل من أشكال التفكيك. يشير هذا إلى سهولة الوصول إلى المكونات أو الأجزاء التي تتطلب الصيانة. من خلال توفير امكانية الوصول يمكننا تقليل الوقت والجهد اللازمين للوصول إلى الأجزاء أو فحصها أو اختبارها أو استبدالها. يمكننا أيضاً منع حدوث أي ضرر أو تداخل مع الأجزاء الأخرى أثناء عمليات الصيانة. يمكن تحقيق امكانية الوصول باستخدام المواقع والواجهات والفتحات والأغطية والمقابض المناسبة وما إلى ذلك.

ثالثاً. مبادئ التصميم للصيانة: يهدف التصميم للصيانة إلى تقليل احتماليه الضرر لمعدات النظام أو للمنتج اثناء الخدمة والصيانة ومن الأفضل التخلص من متطلبات الصيانة. للتنفيذ المباشر للتصميم

للصيانة في بداية مرحلة التصميم، مجموعة من القواعد الارشادية القياسية تعمل كمساعد. استخدام هذه القواعد يمكن أن يؤدي إلى تحسين قابلية الصيانة وجودة المنتج (Buinus, 2020: 10)، (Mulder, Bolk & Kokkeler, 2012: 14)، (Andrew, 2022: 11):

1. التصميم المعقد يعني ضمنياً عواقب من حيث زيادة تكاليف الصيانة والانتاج. لذلك، اجعل الأمر بسيط من حيث الوظائف والخصائص المادية، تخفيض النماذج أو مقدار المكونات مفيد للغاية فيما يتعلق بمعرفة الفنيين فضلاً عن الأدوات المطلوبة لغرض الصيانة.
2. من حيث التفتيش، الاستبدال، تجميع الاجزاء والتصليح، ينبغي أن يكون هناك وصول كافي الى الماكنة أو خلية الانتاج لتسهيل هذه المهام قدر الامكان.
3. استخدام الوحدات أو الاجزاء القياسية لأنه يسهل الحصول عليها بسبب مجموعة من العروض خاصة تلك الأجزاء التي من المحتمل أن تفشل. وبصرف النظر عن ذلك فانه يخفض ايضاً قابلية الصيانة نفسها.
4. استخدام التصميم المعياري من أجل اختبار وصيان التجميع الفرعي على هذا المستوى وليس عند نهاية التجميع النهائي.
5. تصميم عملية التجميع والتفكيك بأكبر قدر ممكن من السهولة وتقليل كمية الأجزاء لأنها أما كان التجميع والتفكيك أقل صعوبة كلما كانت الصيانة أسهل.
6. الحفاظ على سهولة التشخيص قدر الامكان.
7. تزويد الماكنة بالإشارات أو العلامات لتجنب الحوادث. ينبغي تزويد المكونات الحرجة ببطاقة التعريف، الأسهم ونقاط التفتيش، ينبغي أن تكون مؤشرة بشكل واضح.
8. الأجزاء التي يجب ازالتها أو استبدالها في مرحلة ما لا ينبغي أو تكون ثقيلة أو صعبة التعامل. وسائل الحماية والسلامة لمنع التماس مع الأجزاء المتحركة، خط الفولطية العالية أو درجة الحرارة العالية.
9. العمل على توفير الأدلة لدعم الفنيين والاجراءات وتعليمات الصيانة.

المبحث الثالث: اطالة العمر الاستخدامي للمكائن والمعدات

أولاً. التعريف بمفهوم اطالة عمر المنتج: عمر المنتج يمكن أن تعرف بأنه "فترة حياة المنتج بداءً من لحظة الاقتناء وانتهاءً عند لحظة الاستبدال". في هذا التعريف عمر المنتج ينتهي عندما يتم استبدال المنتج بمنتج آخر يتولى التطبيق الأصلي (Iraldo, & Nucci, 2016: 16). عادة ما يتم تعريف عمر المنتج "العمر الاستخدامي للمكائن والمعدات بانه طول الفترة التشغيلية دون فشل ودون صيانة، الافتراض الأساسي هو أن العطلات تحدث بسبب الضغوط الميكانيكية والحرارية، ولا توجد عطلات قبل بلوغ نهاية الحياة المفيدة (Titu, 2013: 17). اطالة عمر المنتج تشير الى الانشطة التي يمكنها اعادة المنتج الى حالة مفيدة يمكن استخدامها لحياة ثانية، مع بعض القيمة السوقية المتضمنة فيها (Milios, 2021) فكرة اطالة عمر المنتج هي مزيج من (Milios & Dalhammar, 2023: 9):

أ. الوقت الذي يتوقع المستهلكون أن يستمر فيه المنتج قبل أن يتعطل.
ب. الوقت الذي يريد فيه المستهلكون أن يستمر المنتج قبل التخلص منه أو استبداله.

هاتين الخاصيتين بمعنى الحياة الوظيفية للمنتج والرغبة في الاحتفاظ به تؤثران بشكل عام على مواقف المستهلكون وبالنهاية تؤشر عمر المنتج الفعلي في الاستخدام، بشكل عام يريد المستهلكون أن تدوم المنتجات أي لا تتعطل طالما انهم يريدون الاحتفاظ بها، ولكن ليس بالضرورة لفترة أطول من ذلك.

محور اطالة عمر المنتج هو مفهوم عمر المنتج، والذي يتم تعريفه على أنه الفترة من تاريخ اقتناء المنتج إلى لحظة التخلص من المنتج من قبل المالك النهائي. ويشار إليه أيضاً باسم عمر الخدمة المحلية للمنتج، تشمل الفترة أي اصلاح أو تجديد أو اعادة تصنيع فضلا عن فترات التخزين عندما لا يكون المنتج تحت الاستخدام – يسمى ايضاً التخزين الميت أو الاسبات (Bakker, Wang, Huisman, & Hollander, 2014: 8). اطالة عمر المنتج هي زيادة في فترة استخدام المنتجات مما يؤدي إلى تباطؤ تدفق المواد من خلال الاقتصاد، في السنوات القليلة الماضية كان هناك اهتمام متجدد باستراتيجيات اطالة عمر المنتج (French Ministry For Ecological & Solidary Transtion,2022,9). اطالة عمر المنتج هي واحدة من المسارات الخمسة[1] لفاعلية نموذج الاعمال الدائرية، وهي تستند على تعظيم معدل الاستخدام لأي منتج ومدته، ويحدد هذا المعدل كم من الوقت يمكن استخدام منتج أو عنصر (Co-funded by the Erasmus+ programme of the European Union, 2023: 22).

وتشير اطالة عمر المنتج إلى: قابلية المنتج على أداء وظيفته عند مستوى أداء متوقع خلال فترة زمنية معينة "عدد الدورات، الاستخدامات، الساعات في الاستخدام" تحت ظروف استخدام متوقعة وتحت اجراءات قابلة للمراقبة (Iraldo, & Nucci, 2016: 4).

ثانياً. المنافع المرتقبة من اطالة عمر المنتج: يمكن عرض أهم المنافع المتحققة من استراتيجيات اطالة عمر المنتج للزبائن والشركات من خلال الجدول رقم (1).

جدول (1): منافع استراتيجيات اطالة عمر المنتجات

الاستراتيجية	منافع للزبائن	منافع للشركات
التجديد (Refurbishment): اداء العملية ضمن تسهيلات الصيانة أو التصليح لزيادة استعادة الاداء أو الوظيفة أو لتلبية المعايير الفنية القابلة للتطبيق أو المتطلبات التنظيمية.	❖ التوفير النقدي "مقارنة بشراء الوحدات الجديدة". ❖ امكانية استعادة الجزء من الاستثمار الاولي. ❖ امكانية الحصول على المنتجات التي لم تعد تباع على انها جديدة / والتي اصبحت خارج نطاق القنوات المعتادة.	❖ فرصة للتوسع في السوق، زيادة محفظة المنتجات. ❖ فرصة لتطوير نماذج اعمال جديدة. ❖ العمل باستخدام مواد ذات قيمة مضافة اعلى يميل الى زيادة الربحية.
اعادة التدوير: Up cycling "أي إجراء أو نشاط في مرحلة التصميم يستهدف التعامل الامثل مع المنتجات كمواد مغذية" وهذا يعني عملية تحويل المواد القديمة أو المهملة الى شيء مفيد، مما يمنح العنصر غرضاً أفضل	❖ اضافة قيمة من خلال التصميم أو وظيفة جديدة. ❖ الحصول على عناصر "فريدة من نوعها" من خلال شراء قطع فريدة.	❖ التوفير النقدي "خفض تكاليف الانتاج من خلال الحصول على المواد المستصلحة". ❖ تخفيض توليد النفايات ومتطلبات المعالجة.

[1] المسارات الخمسة: اطالة حياة المنتج، المنتج كخدمة، استعادة الموارد، المشاركة، والامدادات الدائرية.

الاستراتيجية	منافع للزبائن	منافع للشركات
وتحسين جودته من دورة الاستخدام الى الدورة التالية. وترتبط مبادئه بالاقتصاد الدائري وهو ما يعني اعادة الاستخدام المستمر للمنتجات والمواد في الدورات البيولوجية والتقنية، اعادتهم الى المجتمع بقيمة اعلى من القيمة الاصلية.		
اعادة التصنيع Remanufacture: اعادة المنتج المستعمل الى حالته على الاقل أدائه الاصلي مع ضمان مساوي أو يفوق المنتج المصنع حديثاً. تعد اعادة التصنيع عنصراً مهماً في كفاءة استخدام الموارد الصناعية التحويلية، من خلال الحفاظ على المكونات أو المواد المتجسدة فيها قيد الاستخدام لفترة أطول، يمكن تجنب استخدام الطاقة بشكل كبير والانبعاثات في الهواء والماء. بالإضافة الى ذلك توفر اعادة التصنيع فرصاً لإيجاد وظائف تتطلب مهارات عالية وتحقيق النمو الاقتصادي.	❖ الامان الذي تعطيه الضمان مع المورد عندما لحظة حرجة من الحاجة، وذلك بسبب اعادة تصنيع التصميم الجوهري والخدمات اللوجستية المرنة. ❖ الحصول على المنتجات ذات اداء مماثل أو أفضل مثل الجديدة وأسرع وأرخص.	❖ ولاء الزبون "بمجرد الدخول في الحلقة يميل الزبائن الى الاستمرار في شراء المنتجات المعاد تصنيعها". ❖ فرصة التوسع في السوق "من خلال تقديم ليس فقط المنتجات ولكن الخدمات أيضاً". ❖ تقديم حل سريع ورخيص للمستهلكين، وهو أمر جذاب للغاية.
التصليح Repairing: اصلاح المنتج يعني "اعادة الشيء التالف أو العاطل أو الذي لا يعمل بشكل صحيح الى حالته الجيدة أو اعادته الى العمل مرة أخرى". إذا كان المنتج القديم لا يزال يعمل، فلا ينبغي اخراجه من العمل بل يجب توجه بالاتجاه المناسب من اجل اطالة عمره. يمكن أن يساعد تحفيز الاصلاح في تحقيق اطالة حياة المنتج.	❖ التوفير النقدي "من خلال تجنب شراء الوحدة الجديدة". ❖ استعادة كفاءة استخدام الطاقة "مع مرور الوقت، الجهاز يمكن أن يقل كفاءته". ❖ الحفاظ على العناصر الكافية من حيث الوظيفة.	❖ فرصة التوسع في السوق "من خلال تقديم ليس فقط المنتجات وانما ايضاً الخدمات وقطع الغيار". ❖ تحديد نقاط التحسين الممكنة للمنتجات المستقبلية.

الاستراتيجية	منافع للزبائن	منافع للشركات
سوق المستعمل – Second Hand Market: المنتجات المستعملة هي "السلع التي في مرحلة ما من انتاجها وتوزيعها اصبحت في حيازة شخص من خلال عمل تجاري أو من خلال أي عمل مقابل دفع أو بدون مقابل". شراء المستعمل يتجاوز الاقتناء البسيط للمنتجات المخصصة بسبب درجة استهلاكها وتتضمن شكلاً خاصاً من التسوق التي تتنافس مع استعمال القنوات التقليدية.	❖ توفير المنتجات الارخص. ❖ الوصول الى مجموعة واسعة من المنتجات المتاحة على المنصات المتعددة.	❖ فرصة التوسع في السوق "المبيعات من خلال مواقع الانترنت، التطبيقات، المنابر، والمعارض، وما الى ذلك". ❖ المرونة في تشغيل السيناريوهات الاقتصادية المزدهرة.

Source: French ministry for ecological & solidary transition, (2022), Business strategies for extending product lifetime.

اطالة عمر المنتج قد اكتسب أهمية خلال العقدين الأخيرين، وخصوصاً عند ظهور مجالات: التصميم لأجل الاستدامة، التصميم البيئي، والاقتصاد الدائري. بخلاف الانتاج الخطي الحالي ونماذج التخلص من النفايات، فإن اهتمامات التصميم الجديد تركز على حلقات المواد المغلقة للحفاظ على المنتجات والاجزاء والمواد في النظام الصناعي بأعلى فائدة وقيمة وعليه، فأن اطالة عمر المنتج هو أساسي لأجل اعادة الاستعمال، التصليح، التجديد، واعادة التصنيع الذي يؤدي إلى تعزيز الاستدامة البيئية وزيادة القيمة المضافة. لهذا السبب المتانة مهمة في دعم اطالة عمر المنتج من خلال الأشكال الهندسية والمواد المتينة (Iraldo, & Nucci, 2016: 16). هناك اجماع متزايد على أهمية اطالة عمر المنتج وخصوصاً بالنسبة للمنتجات ذات التأثيرات البيئية الكبيرة في مراحل استخراج الموارد والتصنيع. إلا أن الأدلة التجريبية تكشف أن عمر عدد متزايد من المنتجات قد انخفض بالفعل خلال العقود الماضية. استناداً إلى الامانات البيئية المرتبطة بعمر المنتج الأطول، أصبح اطالة عمر المنتج هدفاً اساسياً مرغوباً فيه، كما هم موضح من قبل الاتحاد الأوربي خطة عمل الاقتصاد الدائري (Circuler Economy-CE) واستراتيجيات الاقتصاد الدائري الوطنية حول العالم. ولذلك، سياسات الترويج لعمر المنتج الأطول أصبح أمراً ضرورياً لتحقيق رؤية الاقتصاد الدائري. وهناك مجموعة من الأدوات السياسية التي يمكن استخدامها للتأثير على عمر المنتج (Milios & Dalham, 2023: 13):

أ. تنظيم المنتج الذي يتناول العمر الافتراضي وقابلية الاصلاح. على سبيل المثال، اللوائح المنصوص عليها بموجب التصميم البيئي (EC/2009/125).

ب. مبادرات وضع العلامات لأعلام المستهلكين بالعمر المتوقع للمنتج والاصلاحات. على سبيل، تحت إطار عمل لائحة الطاقة "لائحة الاتحاد الأوربي"، و/أو من خلال نظام وضع العلامات الجديد أو بموجب النظام الحالي للعلامات البيئية.

ج. التشريعات والمبادرات الجديدة المتعلقة بالمستهلكين.

التطورات الأخيرة في التشريعات واللوائح مثل المراجعات المستمرة لمخلفات المعدات الكهربائية والالكترونية (WEEE) وتوجيهات (Eco design) في الاتحاد الأوربي و(EPEAT Electronic) وادارة التقييم البيئي في الولايات المتحدة الأمريكية تؤكد على أهمية: التصميم لنهاية العمر الافتراضي (design for end- of – life)، التصميم لإطالة عمر المنتج (design for product longevity)، والتصميم لإطالة دورة الحياة (design for life cycle extension) (Bakker, & et.al, 2014: 6). من تمديد عمر المنتج يتم تمديد فترة استخدام المنتج، مما يؤدي إلى تباطؤ تدفق المواد عبر الاقتصاد. ومن ثم، اطالة عمر المنتج بالمبدأ يمكن أن يساعد في تقليل التأثير البيئي وزيادة القيمة الاقتصادية للمنتج من خلال التأثير على المدخلات الأصلية ومخرجات النفايات وانتاجية المواد خلال الاقتصاد. توفر هذه الاستراتيجية فوائد اقتصادية وبيئية في العديد من التطبيقات والصناعات. وجدت دراسة حديثة أجريت لصالح المفوضية الأوربية أن زيادة لا تقل عن (1%) من القيمة المضافة للأنشطة الاقتصادية المرتبطة بالعمر الأطول للمنتجات سيكون له تأثير اجمالي قدره (7.7 مليار يورو سنوياً) عبر الاقتصاد الاوربي (Muztoba, Sameer, Shaun, & Thorsten, 2023: 11).

يمكن أن يكون اطالة عمر المنتج احدى الطرق التي يمكن من خلالها معالجة مشاكل ادارة النفايات الصلبة والتلوث البيئي، التي يمكن من خلالها تقليل معدل استنزاف الموارد الطبيعية والطاقة. وقد وصفت العديد من الدراسات اطالة عمر المنتج يمكن أن تسهم في حل مشكلات التخلص من النفايات الصلبة وتناقص الموارد بافتراض الرغبة في زيادة عمر المنتجات من خلال منهجين هما (Joe, 2007: 14):

أ. الخيار التكنولوجي، الذي يهدف الى اطالة عمر تلك المنتجات التي من المعروف أن عمرها الفني له تأثير محدود على العمر الانتاجي للمنتج.

ب. خيار المستهلك، المتمثل في تحفيز المستهلكين على ابقاء المنتجات قيد الاستخدام لفترة اطول مدعوماً بسياسة بدء وتحفيز الاصلاحات وخدمة السلع المعمرة، وزيادة الوعي بمسؤولية المستهلك تجاه صيانة العناصر المشترات وتحسين سوق المستعمل للسلع الاستهلاكية المعمرة.

ثالثاً. استراتيجيات اطالة عمر المنتج: يمكن تحقيق الوقاية، واعادة الاستخدام من خلال مجموعة من استراتيجيات اطالة عمر المنتج مثل (Bakker, Wang, Huisman, & Hollander, 2014: 22):

1. الاصلاح Repair: ارجاع منتج أو مكون أو ماكنة معيبة أو معطلة الى حالة صالحة للاستخدام.
2. التجديد Reconditioning/Refurbishment: هو اعادة المنتج المستخدم إلى حالة عمل مرضية عن طريق اعادة البناء أو اصلاح المكونات الرئيسة التي على وشك الفشل حتى وإن لم يتم الابلاغ عن أية أخطاء واضحة في تلك المكونات.
3. اعادة التصنيع :Remanufacturing هي اعادة المنتج المستخدم على الأقل إلى أداءه الأصلي مع ضمان مساوي أو أفضل من ضمان المنتج المصنع حديثاً.

في حين أن (Hollader & Bakker, 2013: 18) قدموا مجموعة واسعة من الاستراتيجيات الخاصة بإطالة عمر المنتج من خلال الاستفادة من تصنيف (Linton & Jayaraman, 2005: 12) وكما في الجدول رقم (2):

Doi: www.doi.org/10.25130/tjaes.21.70.1.14

جدول (2): استراتيجيات اطالة عمر المنتج

ت	اسم الاستراتيجية	التعريف
1	الارتباط بالمنتج Product Attachment	الارتباط العاطفي القوي الذي يشعر به المستخدمون تجاه المنتج، وذلك بسبب الخدمة التي يقدمها والمعلومات التي تحتوي عليه والمعنى الذي تنقله.
2	متانة المنتج Product Durability	قدرة المنتج على اداء الوظيفة التي تم تصميمه أو تصنيعه لفترة طويلة من الزمن دون أن تتعطل ودون أن تظهر كميات مفرطة من الاستهلاك.
3	التوحيد Standardization	توفير المنتجات وأجزاءها بقدر أكبر من القابلية للتبادل مما هو ضروري منطقياً.
4	تجميع / مشاركة المنتج Product Pooling/Sharing	استخدام المنتج من قبل مستخدمين أو أكثر إما في نفس الوقت "يعني التجميع" أو بشكل متسلسل "يعني المشاركة".
5	اعادة استعمال المنتج المباشر Product Reuse Direct	استخدام المنتج بنفس صورته لنفس الاستخدام دون اعادة التصنيع.
6	الصيانة Maintenance	اداء مهمات الفحص / الخدمة لأجل الاحتفاظ بالقدرات الوظيفية للمنتج.
7	التصليح Repair	اعادة المنتج الى حالته السليمة أو الجيدة بعد تعرضه الى التلف أو الاستهلاك.
8	الترميم / التحسين Upgrading	تحسين الجودة أو القيمة أو الفاعلية أو اداء المنتج.
9	اعادة التصنيع Remanufacturing	اعادة المنتجات المستعملة الى حالتها الجديدة، تزويدهم بخصائص الاداء والمتانة الجيدة على الاقل مثل المنتج الاصلي.

Source: Hollander.M.C., & Bakker. C.A., (2013), A business model framework for product life extension.

وحدد (Linton & Jayaraman, 2005) وهم أول من صنف استراتيجيات اطالة عمر المنتج إلى تسع استراتيجيات لإطالة عمر المنتج تشترك في أوجه التشابه، ولكن لها أيضاً العديد من الاختلافات. وتتمثل وجهة نظر دراستهم في تقييم القدرات الادارية اللازمة للانتقال من استراتيجية إلى أخرى، ومن ثم إيجاد أساليب جديدة توفر امكانية تحقيق أرباح عالية. الاستراتيجيات التسعة للإطالة عمر المنتج وتعريفاتها وتأثيرها على المنتجات معروضة في الجدول رقم (3).

Tikrit Journal of Administrative and Economic Sciences, Vol. 21, No. 70, Part (1): 250-278
Doi: www.doi.org/10.25130/tjaes.21.70.1.14

جدول (3): استراتيجيات اطالة عمر المنتج

استراتيجية اطالة عمر المنتج	التعريف	تركيز الاستراتيجية	نموذج التطبيق
طلب الاعادة Recall	طلب استرجاع المنتج "خصوصاً المنتج الذي يشتبه بانه معيب أو خطير" صادرة عن الشركة المصنعة لجميع المشترين المعنيين.	السلامة واطالة العمر	الاتصالات السلكية واللاسلكية
التصليح Repairing	الاستعادة "المنتج التالف أو المتأكل أو المعيب" الى الحالة الجيدة أو المناسبة من خلال استبدال الاجزاء أو احلالها.	اطالة العمر	المنتجات الالكترونية
الصيانة الوقائية (PM)	الصيانة الروتينية للمركبات، أو المكائن الاخرى بهدف منع المشاكل من الظهور.	استمرارية الاستعمال	معدات النقل
الصيانة التنبؤية Predictive Maintenance	الصيانة الوقائية المعتمدة على الحالة. استخدام المتابعة المباشرة للحالة الميكانيكية، كفاءة النظام والمؤشرات الاخرى لتحديد متوسط وقت الفشل الفعلي أو خسارة الكفاءة لكل نظام ميكانيكي.	اطالة الحياة	المعدات الصناعية
الترقية أو التحسين Upgrading	لرفع "شيء ما خصوصاً المعدات والتسهيلات" من درجة الى درجة اخرى لتحسين أو التعزيز مادياً.	خفض الكلفة واطالة الحياة	الاتصالات السلكية واللاسلكية
اعادة استعمال المنتج المباشر Direct Product Reuse	للاستخدام مرة ثانية أو أكثر للاستفادة مرة اخرى. تتضمن اعادة الاستخدام تأجير المنتج أو بيع المنتج الى مالك جديد من قبل المالك الحالي.	اطالة الحياة	سلع المستخدم
اعادة التصنيع Remanufacture	وضع "المادة المصنعة أو المادة" من خلال عملية تصنيع مرة اخرى، للتصنيع من المواد أو الاجزاء المعاد تدويرها، وايضاً الصنع " نوع المنتج" مرة اخرى.	اطالة الحياة	المنتجات الصناعية
اعادة استعمال الجزء Part Reuse	راجع اعادة استعمال المنتج المباشر. استخدام اجزاء مختلفة من المنتج مرة اخرى.	تخيض المواد ومدخلات المعالجة	قطع غيار السيارات
اعادة التدوير Recycle	اعادة استعمال "المواد" في عملية صناعية لإعادة المادة الى مرحلة سابقة من المعالجة الدورية.	خفض المادة ومدخلات الطاقة	الورق والمعادن

Source: Marika, Maata, (2013), Business Models for product life extension, Master thesis in Economics & Business Administration, Aalto University, School of Business.

Tikrit Journal of Administrative and Economic Sciences, Vol. 21, No. 70, Part (1): 250-278
Doi: www.doi.org/10.25130/tjaes.21.70.1.14

في الأدبيات توجد أربعة جوانب تتعلق بالعمر الأطول للمنتجات التي توسع نطاق التقييم التدقيق للفوائد التي تعود على المستهلكين والشركات، وهذه الجوانب الأربعة هي (Policy department, 2016: 18):

1. استخدام المواد المستدامة Sustainable Materials Use
2. المعرفة والمهارات الدائمة Enduring Knowledge & Skills
3. المنفعة الممتدة Extending Utility
4. استمرار المعاملات Continuing Transactions

هناك العديد من الاستراتيجيات التي يمكن من خلالها اطالة عمر المنتج. كل واحدة من هذه الاستراتيجيات يقدم فرصاً فريدة من نوعها، والتحديات المرتبطة بها، والفوائد الاقتصادية. ومن أجل التعرف عل قائمة الاستراتيجيات تم فهرسة معظم استراتيجيات اطالة عمر المنتج شائعة الاستخدام فضلاً عن اضافة بعض الاستراتيجيات من الادبيات الحديثة. إذ تم تصنيف الاستراتيجيات بناءً على تعريفها إلى ثلاث مراحل لدورة حياة المنتج: بداية الحياة (BOL)، ومنتصف الحياة (MOL)، ونهاية الحياة (EOL) ويتضمن الجدول رقم (6) وصف لهذه الاستراتيجيات.

جدول (4): استراتيجيات اطالة عمر المنتج حسب مراحل دورة حياة المنتج الثلاث

مرحلة دورة الحياة	استراتيجية اطالة عمر المنتج	الوصف
مرحلة بداية الحياة Beginning of life _ BOL	التصميم للمتانة Design for durability	قدرة المنتج على أداء الوظيفة التي صممت أو بنيت لأجلها لفترة زمنية ممتدة دون عطل ودون اظهار الاستهلاك المفرط.
	التصميم للمعولية Design for Reliability	التصميم من أجل احتمالية عالية بأن المنتج سيعمل خلال فترة زمنية محددة دون التعرض للفشل، حال يتم صيانتها وفق التعليمات التشغيلية.
	التصميم لمرافقة المنتج Design for product Attachment	الرابطة القوية من الحب والثقة واحتمالية أن المستخدمون يشعرون بها مع المنتج، نتيجة لما تقدمه من خدمة وما تحتويه من معلومات، والمعنى الذي ينقله.
	التصميم لأجل سهولة الصيانة والتصليح Design for maintenance & Repair	التصميم لسهولة الصيانة والاصلاح. الصيانة هي المهام التي يتم تنفيذها للحفاظ على القدرة الوظيفية للمنتج. التصليح هو المهام التي يتم اجراؤها لاستعادة حالة عمل المنتج العاطل.
	التصميم للترقية Design for upgrading	التصميم من أجل قابلية الترقية هو وسيلة لتسهيل تعزيز وظيفة المنتج وكذلك الرشاقة المادية لسهولة الترقية.
	التصميم للتفكيك واعادة التجميع Design for disassembly & reassembly	يسمح مزات التصميم للتفكيك واعادة التجميع للمنتجات والاجزاء بأن يتم فصلها واعادة تجميعها بسهولة.
	توحيد الجزء Part Standardization	توفير المنتجات واجزائها بمنصة المنتج الشائعة. وقابلية التبادل أكثر مما هو ضروري منطقياً.

مرحلة دورة الحياة	استراتيجية اطالة عمر المنتج	الوصف
مرحلة منتصف العمر Middle of Life (MOL)	تجميع / مشاركة المنتج Product Pooling / Sharing	استخدام المنتج من قبل مستخدمين أو أكثر سواء في نفس الوقت "التجميع"، أو بالتتابع "المشاركة".
	اعادة استخدام المنتج / اعادة التوزيع Product Reuse/Redistribute	لإعادة استخدام المنتج مرة ثانية أو مرة اخرى. اعادة الاستخدام تشمل تأجير وبيع المنتج لمالك جديد من قبل المالك الحالي.
	استدعاء Recall	طلب ارجاع المنتج "خاصة المنتج الذي يستبه بانه معيب أو خطر" صادر عن الشركة المصنعة لجميع المشترين المعنيين.
	الصيانة الوقائية Preventive Maintenance	الصيانة الروتينية المقصودة لخفض احتمالية فشل المنتج أو منع تدهور أداء المنتج.
	الصيانة التنبؤية Predictive Maintenance	برنامج الصيانة الوقائية المبني على الحالة. يستخدم المتابعة المباشرة للحالة الميكانيكية وكفاءة النظام ومؤشرات اخرى لتحديد متوسط الوقت الفعلي للفشل أو فقدان الكفاءة.
	التجديد Refurbish	عملية الفحص والاختبار واخيراً اعادة المنتجات المستعملة الى المواصفات الاصلية.
	التصليح Repair	لاستعادة "جسم أو هيكل تالف أو مهتري أو معيب" الى الحالة الجيدة أو الحالة المناسبة عن طريق اصلاح أو استبدال الاجزاء.
	ترقية منتصف العمر Midlife upgrade	العملية التي تنطوي على تحسين الوظائف وقدرة المنتج اثناء مرحلة استخدامه لإطالة عمره الانتاجي.
	اعادة التصنيع Remanufacture	اعادة التصنيع تصف العمليات الصناعية التي تحول المنتجات التي بلغت نهاية حياتها الى حالة تشغيلية مثل الجديدة أو على الاقل الى المواصفات الحالية وبنفس الوقت استعادة القيمة من المنتجات في مستويات الانتاج الواسع.
مرحلة نهاية الحياة End of Life (EOL)	اعادة التصنيع مع الترقية Remanufacture with Upgrade	اعادة التصنيع مع الترقية تساعد على ادخال الابداع التكنولوجي للمنتجات المعاد تصنيعها، ورفعها الى مستوى اعلى من الاصلية لتلبية تفضيلات المستهلكين النامية.
	اعادة استعمال الجزء Part Reuse	تركز عادة استخدام الجزء على نفس استخدام الجزء بنفس الشكل دون اعادة التصنيع.
	اعادة التدوير Recycle	اعادة استخدام المواد المكونة للمنتج في عملية صناعية لإعادة المادة الى مرحلة سابقة من العملية الدورية.

Source: Muztoba. A., Sameer. M., Shaun. W., & Thorsten. W., (2022), Review on Upgradability: A product Lifetime Extension Strategy in the Context of Product Service Systems, Journal of Cleaner Production.

وهناك من أشار بأنه يمكن الأخذ بنظر الاعتبار استراتيجيات اطالة عمر المنتجات في مرحلة

التصميم من خلال الآتي (Co-Funded by the Erasmus, 2023):

1. **تصميم المنتجات لأجل سهولة التفكيك (Design for Disassembly)**: التصميم للتفكيك الذي يشير إلى التصميم المتعمد للهياكل والسلع ولاستعادة المواد، والاحتفاظ بالقيمة، والاستخدام القادم الهادف. ومن أهم الارشادات للتفكيك البسيط:
   - ❖ استخدام أجزاء أقل.
   - ❖ استخدم المكونات الشائعة.
   - ❖ قلل من أنواع أدوات التثبيت المستخدمة في التجميع.
   - ❖ استخدم ادوات التثبيت العامة التي يمكن ازالتها دون الحاجة إلى أدوات خاصة.
   - ❖ إذا كان ممكناً، تجنب الغراء أو المواد اللاصقة الأخرى.
   - ❖ إذا كان عليك استخدام الغراء، فكر في استخدام مادة لاصقة قابلة للذوبان لتسهيل عملية التفكيك.
   - ❖ تضمين المنتج مع تعليمات التفكيك.
   - ❖ قم بإنشاء فيديو تدريبي على (YouTube) للتفكيك وبثها على وسائل التواصل الاجتماعي.
   - ❖ يهدف التصميم للتفكيك إلى انتاج المنتجات طويلة الأمد، وتضيف قيمة لأجل أصحاب التسهيلات، وتخفض النفايات من خلال الحلقات المغلقة.
2. **تصميم المنتجات لأجل قابلية اعادة التدوير (Design for Recyclability):** أحد أساليب التصميم البيئي هو التصميم لإعادة التدوير. التصميم البيئي هو التقنية المنهجية تمكن من أنشاء المنتجات التي هي أكثر ملائمة للبيئة. أثناء اختيار المواد في المرحلة الأولى، يمكن للمرء اختيار مواد أقل تأثيراً وتقليل عدد المواد المستخدمة، وتعزيز الأساليب المستخدمة أثناء مراحل التصنيع والنقل والاستخدام، وتعزيز دورة حياة المنتج ونهاية العمر. المدرج التوصيات المحددة عن كيفية تصميم المنتجات لأجل اعادة التدوير:

   القاعدة – 1 – لا تستخدم المواد التي يحتمل أن تكون خطرة.

   القاعدة – 2 – أجعل الاجزاء الخطرة او الملوثة سهلة الوصول إليها وإزالتها.

   القاعدة – 3 – الاستفادة من المواد القابلة لإعادة التدوير.

   القاعدة – 4 – قم بفرز المواد مسبقاً بعناية قبل احضارها إلى مراكز اعادة التدوير باستخدام مجموعات المواد وارتباطات المواد التي تسهل التحرر.
3. **تصميم المنتجات لأجل قابلية الترقية والتجديد Designing Products for Upgradeability & Reconditioning**: تشير ترقية المنتج إلى تحسين وظائف المنتج والقدرات العامة لزيادة حياته الخدمية في ظل المعايير التكنولوجية الجديدة والمتطلبات الوظيفية التي تم فرضها.

- ❖ **التصميم لأجل قابلية الترقية (DFU):** هي تقنية تحدد التركيز ومسار اتخاذ القرار بشأن التصميم من خلال دمج ميزة قابلية الترقية في تطوير المنتج. احدى الأهداف الرئيسة لمنهج التصميم لأجل قابلية الترقية: هو مساعدة المصممين على التوصل إلى حل التصميم المناسب لأجل المنتج الكامل ايجاد خطة ترقية طويلة المدى للأجيال المتعددة من المنتج أثناء استخدامه أو اعادة استغلاله.
- ❖ **ترقية المنتج – Product Upgrade:** يتحقق من خلال تعزيز الأداء للسلع المملوكة سابقاً أو المعاد تصنيعها _ كثيراً ما يتم الاعتراف به كاستراتيجية فعالة لتحقيق اعادة استخدام تنافسية.

Tikrit Journal of Administrative and Economic Sciences, Vol. 21, No. 70, Part (1): 250-278
Doi: www.doi.org/10.25130/tjaes.21.70.1.14

❖ **أداة تسمى "التصميم للترقية – DFU"** يهدف إلى جعل المنتجات أكثر فائدة وملائمة مادياً لقابلية الترقية المباشرة. هدف التصميم لقابلية الترقية هو فقط استبدال الأجزاء التي تقلص قيمة المنتج عبر الزمن. كنتيجة، ترفع قيمة المنتج وتمنع استبدال المنتج الكامل، وتحقق اقتصاد أكثر مستدام.

المبحث الثالث: الجانب العملي

اولاً. اختبار فرضيات البحث في معمل السكر والخميرة في الموصل:

1. **اختبار الفرضية الرئيسة الأولى والثانوية الأولى والثانية:** يعرض الجدول رقم (5) طبيعة علاقات الارتباط بين متغيرات البحث (مؤشرات التصميم للصيانة: النمطية، النموذج، التبادلية، اعلان الخطأ، عزل الخطأ، التعريف، قابلية الوصول) كمتغير مستقل واستراتيجيات اطالة عمر المنتج: التجديد، اعادة التدوير، اعادة التصنيع، التصليح، وسوق المستعمل) كمتغير معتمد.

جدول (5): معامل الارتباط

المعتمد	استراتيجيات اطالة عمر المنتج					المؤشر العام
المستقل	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	
مؤشرات التصميم للصيانة	0.687*	0.639*	0.606*	0.619*	0.716*	0.813*

$P \leq 0.05$ N= 60

المصدر من اعداد الباحثين بالاعتماد على نتائج التحليل الاحصائي

إذ يظهر الجدول رقم (5) وجود علاقة ارتباط معنوية موجبة ذات دلالة احصائية بين مؤشرات التصميم للصيانة مجتمعاً كمتغير مستقل مع استراتيجيات اطالة عمر المنتج مجتمعاً كنغير معتمد حيث بلغت قيمة معامل الارتباط (R) المؤشر الكلي (0.813) وهي قيمة معنوية عند مستوى معنوية (0.05)، وحجم عينة (60). وعلى مستوى العلاقات الجزئية إذ ثبت وجود علاقة ارتباط معنوية لمؤشرات التصميم للصيانة مع كل استراتيجية من استراتيجيات اطالة عمر المنتج حيث بلغت قيم معاملات الارتباط (R) (0.687، 0.639، 0.606، 0.619، 0.716) على التوالي. وبذلك تحققت الفرضية الرئيسة الأولى التي تنص على: وجود علاقة ارتباط ذات دلالة احصائية بين مؤشرات التصميم للصيانة مجتمعاً مع استراتيجيات اطالة عمر المنتج مجتمعاً في الميدان المبحوث. وكذلك تحققت الفرضية الثانوية الاولى التي تنص على: وجود علاقة ارتباط معنوية ذات دلالة احصائية بين مؤشرات التصميم للصيانة مجتمعاً وكل استراتيجية من استراتيجيات اطالة عمر المنتج في الميدان المبحوث. أما فيما يتعلق بالفرضية الثانوية الثانية التابعة للفرضية الرئيسة الأولى، فإن الجدول رقم (6) يعرض نتائج اختبار هذه الفرضية.

جدول (6): معامل الارتباط

المستقل	مؤشرات التصميم للصيانة						
المعتمد	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
استراتيجيات اطالة عمر المنتج	0.625*	0.709*	0.745*	0.545*	0.632*	0.646*	0.838*

$P \leq 0.05$ n = 60

المصدر من اعداد الباحثين بالاعتماد على نتائج التحليل الاحصائي

حيث يكشف الجدول رقم (6) وجود علاقة ارتباط معنوية ذات دلالة احصائية بين كل مؤشر من مؤشرات التصميم للصيانة واستراتيجيات اطالة عمر المنتج مجتمعاً إذ بلغت قيم معاملات الارتباط (R) (0.625، 0.709، 0.745، 0.545، 0.632، 0.838) على التوالي. وبذلك تحققت الفرضية الثانوية الثانية القائلة (وجود علاقة ارتباط معنوية بين كل مؤشر من مؤشرات التصميم للصيانة واستراتيجيات اطالة عمر المنتج في الميدان المبحوث).

2. **اختبار الفرضية الرئيسة الثانية والثانوية الاولى والثانية:** يعرض الجدول رقم (7) طبيعة علاقات التأثير لمؤشرات التصميم للصيانة مجتمعاً في استراتيجيات اطالة عمر المنتج مجتمعاً.

جدول (7): علاقات التأثير الكلي

المعتمد / المستقل	B0	استراتيجيات اطالة عمر المنتج B1	R^2	F CAL.	F TAB.
مؤشرات التصميم للصيانة	0.299	0.881 (1.67)	0.66	113	4.00

( ) قيمة T المحسوبة P ≤ 0.05 N= 60 D.F (1,58)

المصدر من اعداد الباحثين بالاعتماد على نتائج التحليل الاحصائي

يظهر من الجدول رقم (7) وجود تأثير معنوي ذات دلالة احصائية لمؤشرات التصميم للصيانة في استراتيجيات اطالة عمر المنتج مجتمعاً إذ بلغت قيمة F المحسوبة (113) وهي أكبر من قيمتها الجدولية البالغة (4.0) عند درجتي حرية (1,58)، واشار معامل β أن قيمة التغيير (0.881) في استراتيجيات اطالة عمر المنتج نتيجة التغيير بمقدار وحدة واحدة في المتغير المستقل مؤشرات التصميم للصيانة وهذا التغيير حقيقي بدليل أن قيمة T المحسوبة أكبر من قيمتها الجدولية والبالغة (1.66) عند مستوى معنوية 0.05 وحجم عينة 60، وأن نسبة المساهمة (66%). أما بالنسبة لعلاقة تأثير مؤشرات التصميم للصيانة مجتمعاً في كل استراتيجية من استراتيجيات اطالة عمر المنتج فأن النتائج معروضة بالجدول رقم (8).

جدول (8): علاقات التأثير

المعتمد / المستقل	B0	استراتيجيات اطالة عمر المنتج B1	B2	B3	B4	B5	R^2	F CAL.	F TAB.
مؤشرات التصميم للصيانة	1.14	0.213 (3.57)	0.234 (2.50)	0.057 (0.480)	0.059 (0.727)	0.266 (2.60)	0.68	23	4

( ) قيمة T المحسوبة P ≤ 0.05 N= 60 D.F (1,58)

المصدر من اعداد الباحثين بالاعتماد على نتائج التحليل الاحصائي

يظهر من الجدول رقم (8) وجود تأثير معنوي لمؤشرات التصميم للصيانة في بعض استراتيجيات اطالة عمر المنتج (التجديد، اعادة التدوير، وسوق المستعمل) والبالغة معاملات التأثير (0.213، 0.234، 0.266) على التوالي بدليل أن قيمة T المحسوبة أكبر من قيمتها الجدولية والبالغة (1.67) لهذه الاستراتيجيات. وإن نسبة مساهمة مؤشرات التصميم للصيانة في كل استراتيجية من استراتيجيات اطالة عمر المنتج بلغت (68%) وبذلك تحققت الفرضية الثانوية الاولى من الفرضية

الرئيسة الأولى. ويعرض الجدول رقم (9) اختبار الفرضية الثانوية الثانية من الفرضية الرئيسة الثانية في الميدان المبحوث.

جدول (9): علاقات التأثير

المستقل	B0	مؤشرات التصميم للصيانة							R^2	F	
المعتمد		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7		CAL.	TAB.
استراتيجيات اطالة عمر المنتج	0.221	0.373 (2.99)	0.106 (0.805)	0.362 (3.681)	0.262 (3.04)	0.164 (2.53)	0.012 (0.130)	0.489 (5.05)	0.81	32	4.0

( ) قيمة T المحسوبة $P \leq 0.05$ N= 60 D.F (7,52)

المصدر من اعداد الباحثين بالاعتماد على نتائج التحليل الاحصائي.

يبين الجدول رقم (9) التأثير على مستوى الجزئي لمؤشرات التصميم للصيانة في استراتيجيات اطالة عمر المنتج مجتمعاً، أن هناك تأثير معنوي ذات دلالة احصائية لأغلب مؤشرات التصميم للصيانة وهي (النمطية، التبادلية، اعلان الخطأ، فصل الخطأ، وقابلية الوصول) إذ بلغت قيم معاملات الانحدار (0.373، 0.362، 0.262، 0.164، 0.489) على التوالي أي أن التغيير في هذه المؤشرات بمقدار وحدة واحدة يؤدي إلى التغيير في استراتيجيات اطالة عمر المنتج بالمقدار المؤشر إزاء كل منها، وهذا تأثير حقيقي لأن قيمة T المحسوبة أكبر من قيمتها الجدولية البالغة (1.67) عند مستوى معنوية (0.05) وحجم عينة (60)، وبلغت نسبة المساهمة (81%) وهذه نسبة عالية. وبذلك تحققت هذه الفرضية الثانوية الثانية في الميدان المبحوث.

ثانياً. اختبار فرضيات البحث في معمل أثاث الموصل:

1. **اختبار الفرضية الرئيسة الأولى والثانوية الأولى والثانية:** يعرض الجدول رقم (10) طبيعة علاقات الارتباط بين متغيرات البحث (مؤشرات التصميم للصيانة) كمتغير مستقل (واستراتيجيات اطالة عمر المنتج) كمتغير معتمد.

جدول (10): علاقات الارتباط

المعتمد	استراتيجيات اطالة عمر المنتج					المؤشر العام
المستقل	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	
مؤشرات التصميم للصيانة	0.808*	0.759*	0.793*	0.848*	0.570*	0.959*

$P \leq 0.05$ N = 50

المصدر من اعداد الباحثين بالاعتماد على نتائج التحليل الاحصائي.

يعرض الجدول رقم (10) نتائج علاقات الارتباط بين متغيرات البحث وفق الفرضية الرئيسة الأولى والثانوية الاولى، إذ نلاحظ وجود علاقة ارتباط معنوية ذات دلالة احصائية موجبة قوية بين" مؤشرات التصميم للصيانة" مجتمعاً مع "استراتيجيات اطالة عمر المنتج" مجتمعاً إذ بلغ قيمة معامل الارتباط (0.959)، وكذلك قيم معاملات الارتباط لمؤشرات التصميم للصيانة مع كل استراتيجية من استراتيجيات اطالة عمر المنتج بلغت (0.808، 0.759، 0.793، 0.848، 0.570) على التوالي. وبذلك تحققت الفرضية الرئيسة الأولى والثانوية الأولى في الميدان المبحوث. أما الجدول رقم (11)

Tikrit Journal of Administrative and Economic Sciences, Vol. 21, No. 70, Part (1): 250-278
Doi: www.doi.org/10.25130/tjaes.21.70.1.14

فيعرض نتائج قياس علاقات الارتباط بين كل مؤشر من مؤشرات التصميم للصيانة مع استراتيجيات اطالة عمر المنتج مجتمعاً وهي اختبار للفرضية الثانوية الثانية من الفرضية الرئيسة الأولى.

جدول (11): علاقات الارتباط

المستقل	مؤشرات التصميم للصيانة						
المعتمد	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
استراتيجيات اطالة عمر المنتج	0.742*	0.688*	0.505*	0.270	0.180	0.862*	0.644*

$P \leq 0.05$ N = 50

المصدر من اعداد الباحثين بالاعتماد على نتائج التحليل الاحصائي.

يتبين من الجدول رقم (11) أن هناك علاقة ارتباط معنوية موجبة ذات دلالة احصائية بين عدد من مؤشرات التصميم للصيانة واستراتيجيات اطالة عمر المنتج مجتمعاً إذ بلغت قيم معاملات الارتباط للمؤشرات (التوحيد، النموذجية، التبادلية، التعريف، وقابلية الوصول) (0.742، 0.688، 0.505، 0.862، 0.644) على التوالي. وبذلك تحققت الفرضية الثانوية الثانية التابعة للفرضية الرئيسة الأولى.

2. **اختبار الفرضية الرئيسة الثانية والثانوية الاولى والثانية**: يعرض الجدول رقم (12) نتائج علاقة التأثير بين مؤشرات التصميم للصيانة مجتمعاً واستراتيجيات اطالة عمر المنتج مجتمعاً.

جدول (12): علاقات التأثير الكلي

المعتمد	B0	استراتيجيات اطالة عمر المنتج	R^2	F	
المستقل		B1		CAL.	TAB.
مؤشرات التصميم للصيانة	1.574	0.388 (3.395)	0.919	54	4.0

$P \leq 0.05$ N= 50 D.F (1,48) قيمة T المحسوبة ( )

المصدر من اعداد الباحثين بالاعتماد على نتائج التحليل الاحصائي

نلاحظ من الجدول رقم (12) وجود تأثير معنوي قوي على المستوى الكلي لمؤشرات التصميم للصيانة في استراتيجيات اطالة عمر المنتج مجتمعاً إذ بلغت قيمة معامل التأثير ($\beta 1$ = 0.388) وهذا تأثير حقيقي بدليل أن قيم T المحسوبة أكبر من الجدولية البالغة (1.69) عند مستوى معنوية (0.05) وحجم عينة (50). وكذلك معامل التحديد R^2 بلغت (91 %) وهي نسبة مساهمة عالية. يعرض الجدول رقم (13) اختبار الفرضية الثانوية الثانية والتي تختبر تأثير مؤشرات التصميم للصيانة في كل استراتيجية من استراتيجيات اطالة عمر المنتج.

جدول (13): علاقات التأثير

المعتمد	B0	استراتيجيات اطالة عمر المنتج					R^2	F	
المستقل		B1	B2	B3	B4	B5		CAL.	TAB.
مؤشرات التصميم للصيانة	1.141	0.099 (2.61)	0.127 (2.44)	0.144 (4.267)	0.167 (2.890)	0.168 (6.27)	0.93	117	4.00

$P \leq 0.05$ N= 50 D.F (1,48) قيمة T المحسوبة ( )

المصدر من اعداد الباحثين بالاعتماد على نتائج التحليل الاحصائي.

حيث يكشف الجدول رقم (13) أن هناك تأثير معنوي ذات دلالة احصائية قوية لمؤشرات التصميم للصيانة مجتمعاً في كل استراتيجية من استراتيجيات اطالة عمر المنتج بدليل أن معاملات الانحدار كانت معنوية لان قيمة اختبار T المحسوبة لجميع الاستراتيجيات كانت أعلى من الجدولية. وأن قيمة معامل التحديد (R^2) بلغت (93 %) وهي نسبة مساهمة عالية في احداث التغيير، وبذلك تحققت الفرضية الثانوية الأولى من الرئيسة الثانية. أما بالنسبة للفرضية الثانوية الثانية من الرئيسة الثانية والتي تختبر قياس تأثير كل مؤشر من مؤشرات التصميم للصيانة في استراتيجيات اطالة عمر المنتج مجتمعاً فإن الجدول رقم (14) يعرض نتائج هذا الاختبار.

جدول (14): نتائج الاختبار

F		R^2	مؤشرات التصميم للصيانة							B0	المستقل
TAB.	CAL.		B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1		المعتمد
4.0	131.50	0.956	0.177 (3.847)	0.155 (2.641)	0.067 (1.332)	0.248 (2.048)	0.172 (3.396)	0.299 (4.654)	0.361 (5.959)	1.432	استراتيجيات اطالة عمر المنتج

( ) قيمة T المحسوبة $P \leq 0.05$ N= 50 D.F (7,42)

المصدر من اعداد الباحثين بالاعتماد على نتائج التحليل الاحصائي

يكشف نتائج الجدول رقم (14) أن هناك تأثير معنوي موجب ذات دلالة احصائية لكل مؤشر من مؤشرات التصميم للصيانة منفرداً في استراتيجيات اطالة عمر المنتج مجتمعاً بدليل أن معامل الانحدار لكل مؤشر كانت معنوية باستثناء مؤشر عزل الخطأ حيث لم تكن معنوية، وإن معظم المؤشرات كانت ذات تأثير حقيقي بدليل قيم اختبار T المحسوبة أعلى من الجدولية عند مستوى معنوية (0.05) وحجم عينة (50) والبالغة (1.67)، وإن نسبة مساهمة هذه المؤشرات في استراتيجيات اطالة عمر المنتج كانت عالية حيث بلغت نسبة (96%). وبذلك تحققت هذه الفرضية الثانوية في هذا الميدان.

ثالثاً. اختبار فرضيات البحث في مصنع الحديد والصلب:

1. **اختبار الفرضية الرئيسة الاولى والثانوية الاولى والثانية:** يعرض الجدول رقم (15) نتائج اختبار علاقات الارتباط بين مؤشرات التصميم للصيانة مجتمعاً واستراتيجيات اطالة عمر المنتج مجتمعاً وأيضاً مؤشرات التصميم للصيانة مجتمعاً مع كل استراتيجية من استراتيجيات اطالة عمر المنتج في الميدان المبحوث.

جدول (15): نتائج علاقات الارتباط

المؤشر العام	استراتيجيات اطالة عمر المنتج					المعتمد
	Y5	Y4	Y3	Y2	Y1	المستقل
0.789*	0.465*	0.567*	0.398*	0.758*	0.818*	مؤشرات التصميم للصيانة

$P \leq 0.05$ N = 50

المصدر من اعداد الباحثين بالاعتماد على نتائج التحليل الاحصائي.

يبين الجدول رقم (15) أن هناك علاقة ارتباط معنوية ذات دلالة احصائية بين مؤشرات التصميم للصيانة مجتمعاً واستراتيجيات اطالة عمر المنتج مجتمعاً بدليل قيمة معامل الارتباط والبالغة

(0.789) وعلى المستوى الجزئي أيضاً ثبت وجود علاقات ارتباط معنوية لمؤشرات التصميم للصيانة مجتمعاً مع كل استراتيجية من استراتيجيات اطالة عمر المنتج بدليل قيم معاملات الارتباط التي بلغت (0.818، 0.758، 0.398، 0.567، 0.465) على التوالي – التجديد، اعادة التدوير، اعادة التصنيع، التصليح، وسوق المستعمل. وبذلك تحققت الفرضية الرئيسة الأولى والثانوية الثانية في هذا الميدان المبحوث. أما بالنسبة لاختبار الفرضية الثانوية الثانية من الفرضية الرئيسة الأولى والمتعلقة بوجود علاقة ارتباط بين كل مؤشر من مؤشرات التصميم للصيانة مع استراتيجيات اطالة عمر المنتج مجتمعاً، فيمكن عرض النتائج بالجدول رقم (16).

جدول (16): نتائج علاقات الارتباط

المستقل	مؤشرات التصميم للصيانة						
المعتمد	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
استراتيجيات اطالة عمر المنتج	0.742*	0.688*	0.505*	0.270	0.180	0.862*	0.644*

$P \leq 0.05$ N = 50

المصدر من اعداد الباحثين بالاعتماد على نتائج التحليل الاحصائي

يظهر نتائج الجدول رقم (16) وجود علاقات ارتباط معنوية ذات دلالة احصائية بين كل مؤشر من مؤشرات التصميم للصيانة واستراتيجيات اطالة عمر المنتج مجتمعاً حيث كانت جميع قيم معاملات الارتباط (R) ما عدا واحدة (عزل الخطأ) هي قيم معنوية تتراوح قيمها بين ($-1 \leq P \leq +1$) وقريبة من الواحد الصحيح الموجب، وبذلك تحققت الفرضية الثانوية الثانية التابعة الى الفرضية الرئيسة الأولى في هذا الميدان المبحوث.

2. **اختبار الفرضية الرئيسة الثانية والثانوية الاولى والثانية**. يعرض الجدول رقم (17) نتائج اختبار الفرضية الرئيسة التي تقييس تأثير مؤشرات التصميم للصيانة مجتمعاً في استراتيجيات اطالة عمر المنتج مجتمعاً في الميدان المبحوث "معمل الحديد والصلب".

جدول (17): علاقات التأثير

المعتمد	B0	استراتيجيات اطالة عمر المنتج	R^2	F	
المستقل		B1		CAL.	TAB.
مؤشرات التصميم للصيانة	0.256	1.051 (8.904)	0.623	79.294	4.0

$P \leq 0.05$ N= 50 D.F (1,48) ( ) قيمةTالمحسوبة

المصدر من اعداد الباحثين بالاعتماد على نتائج التحليل الاحصائي

يتضح من الجدول رقم (17) نتائج اختبار الفرضية أن هناك تأثير لمؤشرات التصميم للصيانة في استراتيجيات اطالة عملا المنتج مجتمعاً في الميدان المبحوث بدليل قيمة معامل الانحدار والبالغة (1.051) مقدار التغيير في المعتمد في حال التغيير في المستقل بمقدار وحدة واحدة. وأن نسبة مساهمة المتغير المستقل في احداث تغيير في المعتمد بلغت (62%) وبذلك تحققت الفرضية الرئيسة الثانية. أما ما يتعلق باختبار الفرضية الثانوية الأولى التابعة للفرضية الرئيسة الثانية والمتعلقة باختبار علاقة التأثير لمؤشرات التصميم للصيانة في كل استراتيجية من استراتيجيات اطالة عمر المنتج في الميدان المبحوث.

Doi: www.doi.org/10.25130/tjaes.21.70.1.14

جدول (18): نتائج علاقات التأثير

المعتمد	B0	استراتيجيات اطالة عمر المنتج					R^2	F	
المستقل		B1	B2	B3	B4	B5		CAL.	TAB.
مؤشرات التصميم للصيانة	2.314	0.291 (3.762)	0.067 (0.718)	0.118 (1.439)	0.110 (0.971)	0.86 (1.504)	0.720	22.624	4.00

( ) قيمة T المحسوبة $P \leq 0.05$ N= 50 D.F (1,48)

المصدر من اعداد الباحثين بالاعتماد على نتائج التحليل الاحصائي

حيث نلاحظ من خلال النتائج في الجدول رقم (18) بأنه لم يكون هناك تأثير لمؤشرات التصميم للصيانة مجتمعاً في جميع استراتيجيات اطالة عمر المنتج في الميدان المبحوث" معمل الحديد والصلب "إذ ثبت وجود تأثير لمؤشرات التصميم للصيانة فقط في استراتيجية التجديد بدليل قيمة اختبار T المحسوبة أكثر من قيمتها الجدولية. أما تأثير مؤشرات التصميم للصيانة في باقي استراتيجيات اطالة عمر المنتج فكانت ضعيفة رغم أن نسبة مساهمة مؤشرات التصميم للصيانة في استراتيجيات اطالة عمر المنتج كانت مرتفعة حيث بلغت قيمة معامل التحديد (R^2) (72 %) وبذلك يمكن القول إن هذه الفرضية تحققت بشكل جزئي في هذا الميدان. أما بخصوص اختبار الفرضية الثانوية الثانية التابعة إلى الفرضية الرئيسة الثانية والخاصة باختبار طبيعة علاقات التأثير بين كل مؤشر من مؤشرات التصميم للصيانة في استراتيجيات اطالة عمر المنتج مجتمعاً، فالجدول رقم (19) يعرض نتائج هذا الاختبار.

جدول (19): نتائج علاقات التأثير

المستقل	B0	مؤشرات التصميم للصيانة							R^2	F	
المعتمد		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7		CAL.	TAB.
استراتيجيات اطالة عمر المنتج	0.325	0.090 (0.598)	0.253 (1.667)	0.025 (0.213)	0.354 (1.914)	0.208 (1.781)	0.252 (2.066)	0.198 (2.335)	0.760	18.996	4.0

( ) قيمة T المحسوبة $P \leq 0.05$ N= 50 D.F (7,42)

المصدر من اعداد الباحثين بالاعتماد على نتائج التحليل الاحصائي

يظهر نتائج الجدول رقم (19) وجود تأثير معنوي ذات دلالة احصائية لكل مؤشر من مؤشرات التصميم للصيانة في استراتيجيات اطالة عمر المنتج مجتمعاً، إذ ثبت أن قيمة معامل الانحدار لخمسة مؤشرات من مؤشرات التصميم للصيانة كانت معنوية وهي (التوحيد، اعلان الخطأ، عزل الخطأ، التعريف بالأجزاء، وقابلية الوصول) لأن قيم اختبار T لهذه المعاملات كانت المحسوبة أكبر من الجدولية عند مستوى معنوية (0.05) وحجم عينة (50)، وبلغت قيمة معامل التحديد R^2 (76%) في الميدان المبحوث، وبذلك تحققت الفرضية الثانوية الثانية من الفرضية الرئيسة الثانية في معمل الحديد والصلب.

المبحث الرابع: الاستنتاجات والمقترحات

اولاً. الاستنتاجات: بناءً على النتائج التي تم التوصل إليها من خلال تحليل بيانات البحث في المصانع الثلاثة، يمكن وضع الاستنتاجات الخاصة بكل مصنع:

1. إن مؤشرات التصميم للصيانة "النمطية، النموذجية، التبادلية، اعلان الخطأ، عزل الخطأ، التعريف بالجزء، وقابلية الوصول" مرتبطة ارتباط قوي باستراتيجيات اطالة عمر المكائن والمعدات" التجديد،

اعادة التدوير، اعادة التصنيع، التصليح، وسوق المستعمل" في معمل السكر والخميرة في الموصل. أي أن مراعاة المؤشرات في مرحلة التصميم ذو علاقة وثيقة بقابلية تطبيق استراتيجيات اطالة عمر المنتج.

2. إن استراتيجيات اطالة عمر المنتج "اي المكائن والمعدات" تعتمد بشكل كبير على مؤشرات التصميم للصيانة، أي أن امكانية تطبيق استراتيجيات اطالة عمر المنتج في الميدان المبحوث "معمل السكر والخميرة في الموصل" يعتمد على وجود هذه المؤشرات في المكائن والمعدات الانتاجية في مرحلة التصميم ومن ثم يسهل تطبيق استراتيجيات اطالة عمر المكائن والمعدات.
3. ثبت أن مؤشرات التصميم للصيانة ذو علاقة وطيدة باستراتيجيات اطالة عمر المنتج في الميدان المبحوث "مصنع أثاث الموصل"، بمعنى أن الاهتمام بمؤشرات التصميم للصيانة في مراحل التصميم الأولية يلعب دور كبير في سهولة وسرعة صيانة وتصليح المكائن والمعدات ومن ثم تمديد حياة المكائن والمعدات الانتاجية من خلال الاستراتيجيات الشائعة الخاصة بذلك.
4. إن اطالة عمر المكائن والمعدات تتأثر بشكل كبير ببناء أو دمج المؤشرات الخاصة بالصيانة في مرحلة التصميم وبالتالي فإن تمديد حياة المكائن والمعدات والاستفادة من مزايا هذه الاطالة مرهون بالمؤشرات الخاصة بالتصميم للصيانة في الميدان المبحوث" مصنع اثاث الموصل".
5. إن المؤشرات الموضوعة في المكائن والمعدات في مرحلة التصميم كفيلة بإطالة عمر المكائن والمعدات الى فترات أطول لسهولة تطبيق الاستراتيجيات الخاصة بإطالة عمر المكائن والمعدات في الميدان المبحوث "معمل الحديد والصلب".
6. إن درجة تأثر استراتيجيات اطالة عمر المكائن والمعدات بالمؤشرات الخاصة بالتصميم للصيانة في الميدان المبحوث لم تكن بدرجة عالية خاصة على المستوى الجزئي" اعادة التدوير، اعادة التصنيع، التصليح، وسوق المستعمل".

ثانياً. المقترحات: بناءً على الاستنتاجات المستخلصة من النتائج المتحققة، يمكن تقديم عدد من المقترحات:

1. على المصانع المبحوثة البحث والتقصي بشكل عميق بخصوص امكانية اطالة عمر المكائن والمعدات المشترات من أجل تحقيق اقصى استفادة ممكنة من الاموال المستثمرة.
2. ضرورة قيام المصانع المبحوثة باقتناء المكائن والمعدات التي تتوفر فيها شروط ومؤشرات قابلية الصيانة ومن ثم سهولة الحفاظ عليها لأطول فترة ممكنة من خلال استراتيجيات اطالة العمر الاستخدامي.
3. على المصانع المبحوثة الاخذ بنظر الاعتبار عند اقتناء المكائن والمعدات امكانية اطالة عمرها الاستخدامي من حيث سهولة وسرعة الصيانة، وفرة قطع الغيار والاجزاء الاحتياطية، وكذلك الفنيين ذوي المهارة والكفاءة.
4. على المصانع المبحوثة التفكير بالمكائن والمعدات بعد انتهاء عمرها الاستخدامي وامكانية الاستفادة منها من خلال استراتيجيات اطالة عمر المنتج ومن ثم التوفير في الاستثمارات، الاستغلال الأمثل للموارد.
5. ضرورة الأخذ بنظر الاعتبار معرفة ومهارة وخبرة الفنيين في المصنع عند اقتناء المكائن والمعدات الجديدة وامكانية التعامل مع هذه المكائن والمعدات من قبل الكوادر المتوفرة في المصنع من حيث النصب والتركيب، الصيانة والتصليح، ومواكبة التطورات.

المصادر

1. Buinus. M., (2020), Design for maintenance: An interview based survey, master thesis, Malardalen University, School of innovation design & engineering, Sweden.
2. Mulder. w., Bolk. J., Hoekstra. S., & Kokkeler. F., (2012), Design for maintenance: guidelines to enhance maitaiability, reliability & supportability of industrial products, University of Twenta, Netherlands.
3. Andrew. Taylor, (2022), Design for maintainability: principles, modularity, & rules, Art & engineering in design products.
4. Oodee. M., & Owajiony F., (2020), Design for maintainability, Journal of environmental Science & resources management, Vol.12. No.1.
5. Asmon. A., & Chew. M., (2020), development of a design for maintainability assessment of building systems in the tropic, building & environment, school of design & environment, Singapore.
6. Anoop.D., & Anil. M., (2006), Design for maintenance: basics concepts & review of literature, international Journal of product development, Vol. 3, No. 1, university of Cincinnati, dept. Of industrial engineering.
7. Adjonl. O, Benfriha.K., & Aoussat.A., (2020), Design for maintenance: new a algorithmic approach, Journal of Quality in maintenance engineering, Emerald publishing limited.
8. Dhillon. B., (2004), engineering maintenance: a modern
9. approach, CRC PRESS, Washington D.C, USA.
10. Markest. T., & Kumar U., (2003), design & development of product support & maintenance concepts for Industrial systems, Journal of Quality in maintenance engineering, Vol.9, No.4.
11. Saumava. B., Sanjay. K., & v. Naikan, (2019), A case – based reasoning system for fault detection & Isolation: A case study on complex gearboxes, Journal on quality in maintenance engineering.
12. Siim. Sild, (2023), design for maintenance principles explained, https://factory.com/design-for-maintenance
13. Mesa. A., Quiroga. A., Aguiar. M., & Jugend. D., (2022), linking product design & durability: A review & research agenda.
14. Titu – Marins,(2013), ways to improve the products durability, electro technical, electronica, automatic, Vol.61, No.1.
15. Durablitiy by design: A guide for residential builder's designers, U.S. department of housing & urban development, office of policy development & research, 2002.
16. Milios.L., & Dalhammar, (2023), Consumer perceptions of product lifetimes & labeling: implications for introducing a durability label, Journal of circular economy, Vol.1, Issue 1.
17. Bakker. C., Wang.F., Huisman.h., & Hollander.M., (2014), products that go round: exploring product life extension through design, Journal of Cleaner production,69.
18. Hollander.M., & Bakker. C., (2013), A business model framework for product life extension.

19. French Ministry for Ecological & Solidary transition, (2022), Business strategies for extending product lifetime.
20. Jo. M. F., (2007), Extending product lifetime: prospects & opportunities, European Journal of Marketing, Vol.17, No.4.
21. Marika. Maata, (2013), Business modes for product lifetime extension, Master thesis in Economic & Business & Administration, Aalto University, School of Business.
22. Milios.L., (2021), Overarching policy Framework for product life extension in a circular economy – A bottom – Up business perspective, environmental policy & Government Journal, international institute for industrial environmental economics, Lund University, Sweden.
23. Policy department: Economic & Scientific policy, (2016), a larger lifetime for products, benefits for consumers & companies.
24. Muztoba. A., Sameer.M., Shaun.W., & Thorstan. W., (2022), Review on upgradability – A product lifetime extension strategy in the context of product service systems, Journal of cleaner production.
25. Co-funded by the Erasmus + programme of the European Union, (2023), product life extension or up cycling: product life extension for sustainable business.
26. Linton, J. D. and Jayaraman, V.)2005). A framework for identifying differences and similarities in the managerial competencies associated with different modes of product life extension. International Journal of Production Research 43(9): 1807-1829.