مجلة جامعة تشرين للدراسات و البحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (28) العدد (2) 2006
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Science Series Vol. (28) No (2) 2006

تطوير نظام إحصائي لتحقيق الاستثمار الأمثل لمعدات التشييد في سوريا

الدكتور هاني نجا*
الدكتور ماهر مصطفى**
سماح مكية***

(قبل للنشر في 2006/9/5)

□ الملخّص □

تعاني الشركات المحلية العاملة في مجال صناعة التشييد بشكل عام من خلل في إدارة معدات التشييد لديها ينتج عنه الاستثمار غير الاقتصادي لتلك المعدات؛ إذ تمتلئ المخازن بمعدات متوقفة عن العمل وتستنزف عمليات الإصلاح ميزانية تلك الشركات.

تم اعتماد منهجية إحصائية تقوم على البيانات الميدانية التي تجمعها الشركات حول تكاليف المعدات وعدد ساعات تشغيلها بحيث يمكن لأية شركة محلية استخدامها انطلاقاً من بيانات معدات التشييد لديها من أجل إيجاد العلاقة بين عمر المعدة وكلفتها.

وقد تم التوصل إلى المعادلات التراجعية التي تعبر عن العلاقة بين ساعات العمل المتراكمة ومعدل الكلفة التراكمي لمعدات التشييد في شركات القطاع العام عن طريق دراسة شريحة من هذه الشركات تضمنّت 181 معدة، وذلك بالاستفادة من الطرائق الإحصائية وخلصت الدراسة إلى الحصول على معادلات من الدرجة الثانية والدرجة الثالثة، ومن ثم تم ربطها مع موديل الكلفة التراكمي لاتخاذ القرارات الاقتصادية المناسبة لهذه المعدات.

كلمات مفتاحية: معدات التشييد، الموديلات الاقتصادية، العمر الاقتصادي

* مدرس في قسم هندسة وإدارة التشييد – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سوريا
** مدرس في قسم الإدارة الهندسية والإنشاء – كلية الهندسة المدنية – جامعة دمشق – دمشق – سوريا
*** طالبة ماجستير في قسم هندسة وإدارة التشييد – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سوريا

مجلة جامعة تشرين للدراسات و البحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (28) العدد (2) 2006
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Science Series Vol. (28) No (2) 2006

Developing a Statistical System For Optimal Investment in Construction Equipment In Syria

Dr. Hani Naja*
Dr. maher moustafa**
Samah Makkia***

(Accepted 5/9/2006)

□ ABSTRACT □

It has been observed that the local construction companies have a defect in their equipment management which causes an uneconomic investment in their equipment; the storages are full of broken equipment and repair operations consume the companies' budgets.

Statistical methodology has been based on the field data collected by the companies about the equipment cost and its operational use so that any local company can use this methodology to find the relation between the age of the equipment and its cost.

The regressive equations have been found to express the relation between the cumulative hours of use and the cumulative cost for the construction equipment in companies of the public sector. Using the statistical methods, this has been done through a study of a cross-section of these companies including /181/ pieces of the construction equipment. Consequently, the second-order and third-order polynomial expressions were selected as the best. It was demonstrated how these expressions could be incorporated into the Cumulative Cost Model to identify the optimal economic decisions.

Keywords: Construction Equipment, Economic Models, Economic Life

* **Assistant Professor, Engineering and Construction Management Department, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
** **Assistant Professor, Engineering and Construction Management Department, Faculty of Civil Engineering, Damascus University, Damascus, Syria**
*** **Postgraduate Student. Engineering And Construction Management Department, Faculty Of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مقدمة:

تمثل كلفة معدات التشييد نسبة واضحة من الكلفة الإجمالية للمشاريع و تزداد هذه النسبة بشكل كبير في مشاريع البنية التحتية مثل الطرق والسدود والأنفاق، لذلك فإن إدارة المعدات بالشكل الصحيح ستؤدي بلا شك إلى تخفيض هذه التكاليف، وبالتالي المساهمة في إنجاح عملية إدارة التشييد ككل.

بشكل عام تمر معدات التشييد بثلاث مراحل هي: شراء– تشغيل – بيع و هناك حلقة غير منتهية من القرارات التي يجب على مالك المعدات اتخاذها؛ ففي البداية يجب اتخاذ قرار شراء، أو استئجار المعدة حيث يحتاج شراء المعدة إلى توافر سيولة نقدية كبيرة لابد من ضمان استثمارها بشكل جيد، وهنا يتم تحديد الربح أو المنفعة من عملية الشراء وعلى مدير المعدة أن يتخذ هذا القرار بتأن و تريث تبعاً للرأسمال المتوافر لديه وللفرص البديلة المتاحة. أما قرار التشغيل فالهدف منه تشغيل المعدة بأقل كلفة ممكنة ضمن إنتاج مناسب و على مدير المعدة هنا أن يحدد الفترات الدورية اللازمة لعملية الصيانة والكلفة المرافقة لها بغية الإقلال من كلف الإصلاح المستقبلية، أو زيادة عمر المعدة، ثم تأتي قرارات الإصلاح في المستوى التالي إذ لابد من إصلاح المعدة في حال تعطلها لتستطيع الاستمرار في عملها وقد يحتاج مدير المعدة إلى اتخاذ قرار إعادة البناء(العمرة) للمعدة من أجل إطالة عمرها، وعند وصول المعدة إلى نهاية عمرها يأتي قرار البيع الذي يجب أن يكون بأعلى سعر ممكن.

لن تكون هناك أية صعوبة إذا تعاملنا مع أي من قرارات: الشراء – التشغيل – البيع بشكل منفصل ومستقل لكن في الواقع هناك علاقة ديناميكية معقدة بين بعضها البعض؛ فبالرغم من الكلفة الكبيرة عند شراء المعدة الجديدة فإن كلفة التشغيل تكون منخفضة جداً في بداية حياة المعدة ومع التقدم في عمر المعدة يحدث انخفاض في كلف الملكية المتزامن مع ارتفاع في كلف التشغيل، مما يقدم مفهوم العمر الاقتصادي للمعدة والذي يعبر عنه بالنهاية الصغرى للكلفة الكلية التي تضم كلف الملكية والتشغيل مع الزمن، وهو نظرياً العمر الأمثل الواجب عنده استبدال المعدة.ومن ثم يؤخذ قرار البيع.

ليس من الصعب فهم وتحديد كلف الملكية التي تضم كلفة الشراء أو الاستئجار، الضرائب، التأمين، الاهتلاك...الخ أما كلف التشغيل فتتعلق باستخدام المعدة وتكون صفرية عند عدم استخدامها وهي ترتبط عادة بعدد ساعات العمل و مع ازدياد هذه الساعات ترتفع هذه الكلف لتكون عالية جداً وتضم: كلفة الوقود والتشحيم، كلفة العمالة، كلفة الصيانة والإصلاح..الخ، بعض عناصر كلف التشغيل صغيرة ومتكررة مثل الوقود والصيانة والأخرى مكلفة وغير متكررة مثل تكاليف الإطارات والإصلاح.

1- عرض المشكلة:

تعاني الشركات المحلية العاملة في مجال صناعة التشييد بشكل عام من خلل في إدارة معدات التشييد لديها ينتج عنه الاستثمار غير الاقتصادي لتلك المعدات؛ إذ تمتلئ المخازن بمعدات متوقفة عن العمل وتستنزف عمليات الإصلاح ميزانية تلك الشركات.وعلى الرغم من تسجيل مختلف الشركات للبيانات الخاصة بكل معدة لديها إلا أنه لا يتم الاستفادة من هذه البيانات – والتي تعتبر قاعدة بيانات ضخمة جداً – في إدارة المعدات وبدلاً من تطبيق النظريات الاقتصادية واستخدام الطرائق الإحصائية نجد الاعتماد على الاجتهادات والخبرة الشخصية فقط.

يهتم هذا البحث بالاستفادة من البيانات المتوفرة عن معدات التشييد في الشركات المحلية العاملة في مجال صناعة التشييد من أجل اتخاذ القرارات الاقتصادية المناسبة وبالتالي تحقيق الاستثمار الأمثل لتلك المعدات خاصة أن الحجم الكبير لهذه البيانات، والجهود المبذولة لجمعها لا يتناسب مع الفائدة المجنية منها.

2- أهداف البحث:

يهدف البحث إلى تحقيق ما يأتي:

1- الاستفادة من الطرائق الإحصائية والحجم الكبير للبيانات الميدانية التي تجمعها الشركات حول تكاليف المعدات وعدد ساعات تشغيلها في اختيار المعادلة الرياضية التي يمكن أن تعبر عن العلاقة بين عمر المعدة وكلفتها.

2- ربط المعادلة السابقة بأحد الموديلات الاقتصادية من أجل اتخاذ القرار الاقتصادي المناسب لمعدة التشييد من حيث استبدال- إعادة بناء(عمرة)...الخ

3- توفير الإمكانية العلمية التي تساعد شركات القطاع العام على القيام باستثمار معدات التشييد الموجودة لديها بشكل اقتصادي.

3- قيود البحث:

واجهنا في هذا البحث عدة قيود أبرزها:

1- لم نتطرق في هذا البحث إلى الشركات المحلية الخاصة لعدة أسباب منها: ضيق الوقت، قلة الشركات الخاصة التي هي بحجم الشركات العامة إذ أن معظم الشركات الخاصة صغيرة وتمتلك عدد قليل جداً من المعدات، فضلاً عن تحفظ الشركات الخاصة بشكل كبير على بيانات الكلفة لديها لأسباب تنافسية أو لأسباب مالية كالضرائب وغيرها.

2- عدم تناول البحث لكلفة العطلة (Downtime) وذلك بسبب الحاجة إلى مراقبة دقيقة للمعدات مع تسجيل عدد ساعات العمل والتوقف وهذا غير متوافر لدينا.

3- نظراً لعدم حدوث قفزات في التطور التكنولوجي لمعدات التشييد على غرار القفزات التي تحصل في صناعات أخرى كالصناعات الإلكترونية مثلاً فقد تم إهمال كلفة التقادم التكنولوجي من الموديل المقترح.

4- الدراسات السابقة:

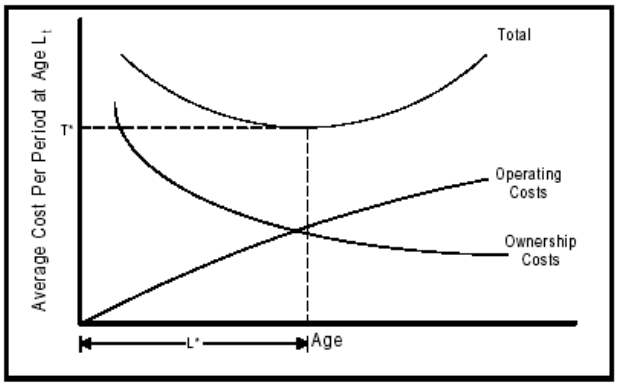
انطلاقاً من الحاجة إلى اتخاذ القرارات المتعلقة بالمعدة الثقيلة بالاعتماد على الأسس الاقتصادية وبعيداً عن التخمين والحدس، بدأ العمل في تطوير موديلات الاستبدال الاقتصادي التي تحاول معظمها الإجابة عن السؤال: " ما هو العمر الاقتصادي الأمثل للمعدة الهندسية؟"، أي أنها تهدف إلى إيجاد طول الخدمة الأمثل من أجل معدة معطاة، كما أنها تبحث بعد انقضاء هذا العمر في اختيار البديل الأكثر اقتصادية من البدائل التالية (استبدال، استبعاد، إعادة بناء "عمرة".. الخ) والذي هو أفضل من بقاء المعدة في وضعها الحالي.

هناك ثلاث نظريات رئيسية في حقل الاستبدال الاقتصادي هي:

1- نظرية الكلفة الأصغرية. 2-نظرية الربح الأعظمي. 3-نظرية الإصلاح الحدي.

4-1 نظرية الكلفة الأصغرية: وضع تايلور [1] عام 1923 النواة الأساسية لنظرية الكلفة الأصغرية كما أنه قدم تحليلاً يسمح بحساب وحدة الكلفة الأصغرية مع إدخال تأثير الزمن على المال وذلك كمحاولة لتحسين وصف الاهتلاك عند تحديد العمر الاقتصادي. يعد موديل تايلور سهل التطبيق إلا أن تحليلاته كانت تهدف إلى استبدال المعدة القديمة بمعدة أخرى جديدة مطابقة لها، ولم تتناول إمكانية مقارنة المعدة القديمة بمعدة أخرى مختلفة.

تحاول نظرية الكلفة الأصغرية إيجاد نقطة التعادل بين الانخفاض في كلف الملكية والزيادة في كلف التشغيل [2]، يبين الشكل (1) موديل الكلفة الأصغرية تخطيطاً؛ حيث تم تمثيل ثلاث منحنيات: معدل كلفة الملكية، معدل كلفة التشغيل، ومعدل الكلفة الكلية.



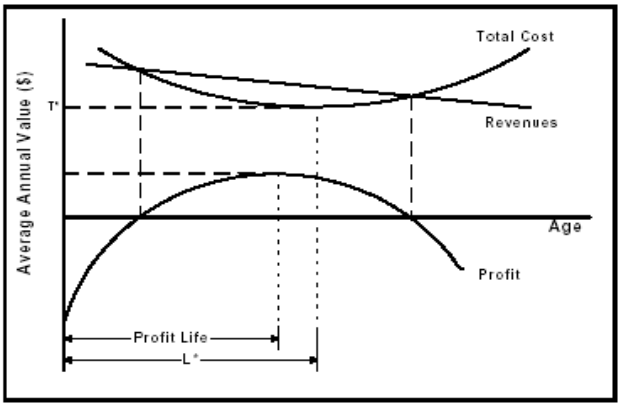
الشكل (1) موديل الكلفة الأصغرية [2]

نلاحظ من الشكل (1) أن معدل الكلفة الكلية يكون في البداية متناقصاً إلى أن يصل إلى نقطة معينة يعود فيها ليزداد من جديد مع تقدم المعدة في العمر و زيادة كلف التشغيل لها. .. تُحدد النهاية الصغرى للمنحني $T*$ والتي ترافق العمر الاقتصادي الأمثل $L*$ وهو المدة التي يصل فيها مجموع كلف الملكية وكلف التشغيل إلى النهاية الصغرى.

اتخذ Terborgh [3]عام 1949 خطوة أعمق في حقل البحث عن الكلفة الأصغرية فقد عرف مفهومي الاهتلاك والتأخر التكنولوجي بالإضافة إلى مفهوم المعدة المدافع والمعدة المتحدي ويستطيع موديل MAPI الذي وضعه هذا العالم و طوره عام 1958-1967 أن يحسب معدل العائد وذلك لبديلين هما: استبدال المعدة الحالية الآن أو تأجيل عملية الاستبدال لسنة مستقبلية والعودة إلى المعدة الحالية.إلا أن هذا الموديل لم يستخدم بشكل واسع لأسباب عدة منها أن نتائج الحسابات تعطي معدل عائد عالي يجعل من الاستبدال مرغوباً دائماً كما أنه يعطي أهمية كبيرة لمعدل العائد في اتخاذ قرار الاستبدال.

طور Collier & Jacquese [4] عام 1984 موديلاً آخر يعتمد على إيجاد الكلفة الأصغرية الكلية للمعدة الحالية وقد استخدم الموديل التدرج الهندسي من أجل أصناف الكلفة المختلفة حيث تم تطوير معادلات لإيجاد NPV من أجل الكلف المرتبطة بالمعدة الحالية و المعدة المتحدي و الإستراتيجية التي تعطي قيمة NPV أصغرية هي إستراتيجية الاستبدال الأفضل. على الرغم من واقعية ومرونة هذا الموديل في التطبيق إلا أن له عدة عيوب منها إهمال كلفة الاستئجار ومفاهيم أخرى. عالج العالمان Jaafari & Mateffy عام 1990 بعض هذه العيوب من خلال تطوير موديل ERA [3].

4-2 نظرية الربح الأعظمي: يعتبر Hotelling [5] عام 1925 أول من اقترح البحث عن الربح الأعظمي كبديل عن الكلفة الأصغرية. وعلى الرغم من أنه أول من ناقش مسألة التأخر التكنولوجي في قضية الاستبدال الاقتصادي إلا أنه لم يوضح كيفية حساب كلفة هذا التأخر التكنولوجي و هو كتايلور طور منهجية لتعريف مفهوم الاهتلاك من أجل تحديد العمر المفيد للمعدة، إن تطبيق موديل Hotelling في الوقت الحالي على معدات التشييد بعيد عن الواقع إلى حد ما باعتبار أنه من الصعب تقدير معدل العائد للمعدة التي تعمل عادة ضمن فريق عمل تساهم فيه العمالة اليدوية. يوضح الشكل (2) هذا الموديل تخطيطياً حيث يكون العمر الاقتصادي الأمثل عند النهاية العظمى لمنحني معدل الربح [6]، يبين الشكل ثلاث منحنيات: 1-معدل الكلف الكلية. 2 -معدل العائد. 3- معدل الربح

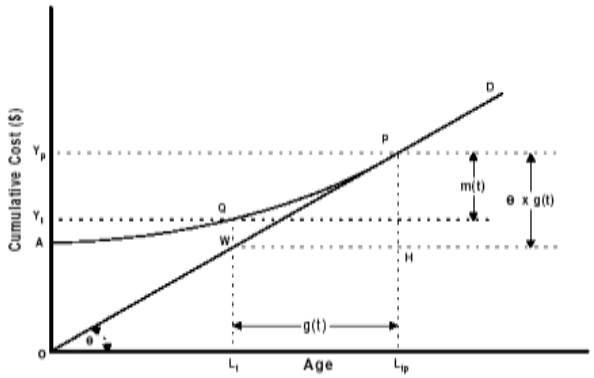


الشكل (2) موديل الربح الأعظمي [6]

تطرق Preinreich [3] عام 1940إلى نظريات Taylor و Hotelling وأعطى موديله الخاص الذي ناقش فيه المعدة الصناعية بشكل عام دون التخصص بمعدات التشييد كما قدم بعض النقاط الهامة إذ أخذ بالحسبان تضخم القيمة الحالية للمعدة مع الزمن. وبالتالي نجد أن هذا الموديل ناقش عائدات استبدال المعدة بدلاً من التكهن باهتلاكها. كما شرحPreinreich بشكل مستفيض كيفية الحساب من أجل المعدة المحسنة تكنولوجياً (المتحدية) لكن طريقته لم تقدم وسائل صنع القرار بين المعدة المدافع والمتحدي.

4-3: نظرية الإصلاح الحدي: إن نظرية الإصلاح الحدية تناقش قرار واحد فقط من القرارات الاقتصادية التي تواجه المعدة وهو قرار الإصلاح ولا يمكن تطبيقها إلا إذا تعطلت المعدة، وقد وضعت هذه النظرية من قبل Drinkwater & Hasting [7] عام 1967 وذلك من أجل البحث عن قرار الاستبدال الاقتصادي؛ تفترض النظرية وجود كمية محددة من المال(A) فإذا كانت كلفة إصلاح المعدة أقل منها يعتبر ذلك اقتصادياً أما إذا كانت الكلفة التقديرية للإصلاح أكبر من (A) فإن عملية الإصلاح يجب أن لا تنجز وبالتالي يجب استبعاد أو استبدال المعدة. قدم العالمان تمثيلاً تخطيطياً لموديل الاستبدال الاقتصادي كما هو موضح في الشكل (3).

يمثل AQPD الكلفة التراكمية خلال الزمن ويعطي ميل مماس المنحني المرسوم من المبدأ (θ) معدل الكلفة التراكمية عند النقطة P. من أجل أي نقطة L_t من عمر المعدة لدينا القيمة QW التي تمثل كلفة الإصلاح الحدية، أما من أجل L_{tp} (العمر المفيد) فنجد أن كلفة الإصلاح الحدية تكون معدومة.

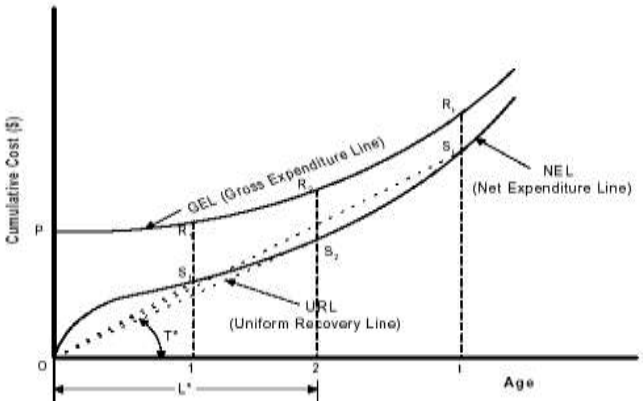


الشكل (3) موديل الإصلاح الحدي [7]

4 – 4: موديل الكلفة التراكمي Cumulative Cost model:

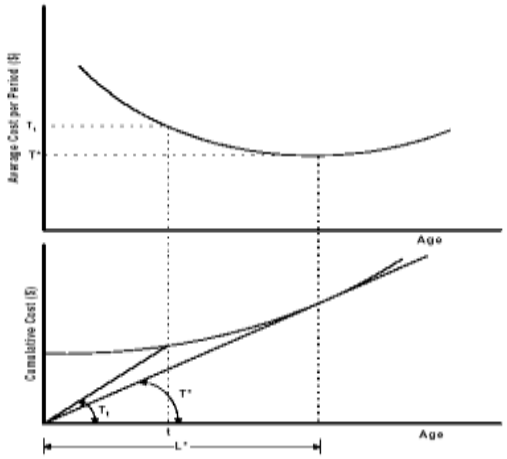
يعتبر موديل الكلفة التراكمي CCM [8] ملائماً جداً لاتخاذ القرارات الاقتصادية المتعلقة بالمعدات الهندسية وهو الموديل الذي تم اعتماده في هذا البحث. يدمج هذا الموديل بينظريات الاستبدال الاقتصادي الكلاسيكية ونظرية الإصلاح الحدي كما يمكن استخدامه للوصول إلى الكلفة الأصغرية أو الربح الأعظمي دون ارتباطه بأحدهما فقط ويتميز بإمكانية استخدام الحل العددي كما يسمح بإعطاء الحلول التخطيطية التي تمكن متخذي القرار من فهم المشكلة التي بين أيديهم وبالتالي تحديد العملية اللازمة لتحقيق الاستثمار الأفضل للمعدات.

يعطي الشكل (4) تمثيلاً لموديل الكلفة التراكمي حيث يعبر المنحني GEL عن خط الإنفاق الإجمالي Gross Expenditure Line والمنحني NEL عن خط الإنفاق الصافي Net Expenditure Line. ويمكن الوصول إلى معدل الكلفة الأصغري T^* عندما يكون خط الاسترداد المنتظم URL مماساً لمنحني NEL ويرافقه العمر الاقتصادي الأمثل L^*.



الشكل (4) موديل الكلفة التراكمي وفق Vorster

إن الحل العددي في موديل الكلفة التراكمي يعتمد على معرفة المعادلات المعرفة لكل من GEL و NEL؛ يضم المنحني GEL جميع عناصر كلف الملكية والتشغيل ولن تكون هناك صعوبة في إيجاد هذا المنحني إذا كانت الشركات تحتفظ ببيانات جيدة. أما المنحني NEL فيحتاج إلى قيمة الاسترداد – وهي المبلغ من المال الذي ستباع المعدة وفقه عند هذا الزمن – باعتبار أنه ينتج عن طرح قيمة الاسترداد من المنحني GEL. يمثل الشكل (5) مقارنة تخطيطية بين موديل الكلفة التراكمي و موديل الكلفة الأصغري وكما هو مبين يمكن استخدام كلا الموديلين لإظهار الحل الأمثل. يمثل T_t معدل الكلفة عند الزمن t أو تدرج URL عند الزمن t.



الشكل (5) مقارنة بين موديل الكلفة التراكمي وموديل الكلفة الأصغري [8]

5- دراسة ميدانية تتناول واقع معدات التشييد في شركات القطاع العام المحلية:

بغية اتخاذ القرارات الاقتصادية المناسبة لمعدات التشييد في شركات القطاع العام ضمن الواقع العملي الملموس تم جمع البيانات من شريحة من شركات القطاع العام في سوريا ضمّت:

1-شركة الإسكان العسكري 2- شركة الساحل 3- شركة ريما 4- شركة الإنشاءات العسكرية

حيث أجريت الدراسة الإحصائية عليها لتحديد المعادلة التراجعية التي تربط بين عمر المعدة وكلفتها ومن ثم تم الاستفادة من موديل الكلفة التراكمية في اتخاذ القرار الاقتصادي المناسب لهذه المعدات وذلك وفق المراحل التالية:

5-1 طبيعة وخصائص البيانات:

إن فهم خصائص البيانات المراد تحليلها هو أول مرحلة في العمل ومن ثم يمكن اعتماد منهجية معينة لتحليل هذه البيانات واتخاذ القرارات المناسبة بشأن إدارة المعدة، ومن هذه الخصائص نذكر:

1- اعتمد البحث البيانات الميدانية التي تزودنا بصورة واقعية عن تغير كلف الإصلاح مع الزمن. تتميز هذه البيانات ببعض العشوائية و الفوضى noise إلا أنه كلما احتوت الدراسة على عدد أكبر من المعدات كلما كان تأثير هذه الصفات أقل.

2- تناول البحث كلفة الملكية وكلفة التشغيل ولم يتطرق إلى الكلف غير المباشرة المتعلقة بكلفة توقف المعدة عن العمل وكلفة التأخر التكنولوجي بسبب صعوبة تقدير هذه الكلف.

3- استخدم البحث ساعات العمل المتراكمة في تحديد عمر المعدة باعتباره حلاً وسطياً بين العمر وفق التقويم الشمسي والعمر تبعاً لوحدة الإنتاج فبالمقارنة بين العمر وفق ساعات العمل المتراكمة والعمر وفق التقويم الشمسي نجد أن كلف تشغيل المعدة لا تعتمد على انقضاء الزمن وإنما تعتمد على عدد ساعات عمل هذه المعدة. أما بالمقارنة بين العمر وفق ساعات العمل المتراكمة و العمر تبعاً للإنتاجية نلاحظ أن البيانات المتعلقة بإنتاجية المعدة غير متوافرة أو متاحة.

4- راعى البحث مسألة الاختلاف في المعدات باستخدام دليل الكلفة التراكمي والذي يجعل المعدات المختلفة قياسية من حيث السعر و بعيداً عن نوع العملة المستخدمة في الشراء حيث يسمح دليل الكلفة التراكمية بمقارنة كلف الإصلاح للمعدات غير المتشابهة باعتماد سعر المعدة الأولي وهو يعطى بالعلاقة الآتية:

$$CCI = \frac{\sum_{0}^{t}(P_t + L_t + Q_t) + pp_0}{pp_o}$$

حيث:

CCI: دليل الكلفة التراكمية عند الزمن t.

P_t : كلفة قطع التبديل عند الزمن t.

L_t : كلفة العمالة عند الزمن t.

Q_t : بقية الكلف (صيانة، إصلاح، وقود)عند الزمنt.

pp_o : سعر شراء المعدة (تم تقدير سعر المعدة من التاريخ الذي توافرت فيه سجلات الكلفة).

إن القيمة الصغرى لدليل الكلفة التراكمي هي الواحد ولابد من التأكيد على أنه لا يمكن لدليل الكلفة التراكمي أن يتناقص مع زيادة عمر المعدة، ولكنه يمكن أن يزداد أو يبقى ثابتاً. من جهة أخرى تختلف الأزمنة التي اشتغلت فيها المعدة في هذا البحث كما يختلف تاريخ شراء المعدات و يرافق هذا الاختلاف الزمني حدوث تضخم اقتصادي، لذلك فقد تمت دراسة تأثير التضخم المالي في أسعار المعدات وأسعار قطع التبديل مع اعتماد العام 1998 كأساس في حساب الكلفة باعتباره العام الذي تعود إليه أبكر البيانات المتوافرة في البحث.

5- من أجل تأمين الاستخدام الأمثل للبيانات الميدانية كان لا بد من مراعاة القضايا الإحصائية المتمثلة بـ:

أ- **الاستقلالية:** تعني الاستقلالية عدم ارتباط الخطأ المرتكب المرافق لزوج من البيانات بالأخطاء الموجودة في الأزواج الأخرى من البيانات، وباعتبار أن البحث يستخدم قياسات متراكمة (سواء من حيث ساعات العمل أو الكلفة) من أجل إيجاد العلاقة بين عمر المعدة وكلفتها، فمن المنطقي أن تكون الأخطاء المتعلقة بأزواج البيانات مرتبطة مع بعضها البعض. إن استقلالية أو عدم استقلالية البيانات لا يؤثر على مدى ملاءمة المنحني المعبر عن العلاقة التي تربط بين هذه البيانات عند اعتماد نظرية المربعات الصغرى إلا أن هذه الاستقلالية قد تؤثر على اختبارات الفروض وعلى واقعية مجال الثقة المرافق لعملية تحليل البيانات. يمكن معالجة مشكلة استقلالية البيانات باستخدام زوج واحد فقط من البيانات لكل معدة موجودة في الدراسة وتُقترح عادة النقطة الأخيرة من البيانات.

ب- **السيطرة:** تعتبر سيطرة بعض البيانات على العلاقة المعبرة عن عمر المعدة وكلفتها من أهم المشاكل الإحصائية التي تواجه عملية التحليل، وتتجلى سيطرة البيانات في ثلاث حالات:

الحالة الأولى: قد تملك بعض المعدات بيانات أكثر من معدات أخرى وذلك تبعاً لاختلاف تشغيل المعدة، زمن شراءها، طريقة جمع بياناتها. ..الخ وبالتالي فإن المعدات التي تملك بيانات أكثر سيكون لها التأثير الأكبر في إيجاد العلاقة بين عمر المعدة وكلفتها من تلك التي تملك بيانات أقل. تم حل هذه المشكلة باستخدام المتوسط الحسابي لكلف المعدات المرافقة لفاصل زمني معين من ساعات العمل – أُخذ 300 ساعة وقد تم اختياره تبعاً للبيانات المتوافرة في الشركات قيد الدراسة- يحذف هذا الأسلوب جزئياً مشكلة السيطرة باعتبار أن بعض البيانات ستحتل دوراً رئيسياً في حساب معدلات قيم الكلفة أكثر من غيرها من المعدات، وعلى الرغم من أن هذا الحل غير كامل إلا أنه يمكن اعتباره كافياً.

الحالة الثانية: لا بد أن تحوي أزواج البيانات لدينا على العديد من النقاط المتكررة وهذا ينتج عن بقاء المعدة فترة طويلة عاطلة عن العمل وذلك: **إما** لكونها خاضعة لعمليات إصلاح مما يجعل ساعات العمل المتراكمة ثابتة مع زيادة

كلفة المعدة المتراكمة بقدر ما تستهلكه عمليات الإصلاح من نفقة، **أو** بسبب عدم توافر أعمال خاصة بهذه المعدة وهنا ستبقى ساعات عمل المعدة المتراكمة وكلفتها المتراكمة ثابتتين. .. **وفي كلتا الحالتين** ستأخذ المعدة أكثر من نقطة من أجل ساعات العمل نفسها، وهذه النقاط المتكررة ستجعل للمعدة تأثيراً أكبر في العلاقة التي تربط بين العمر والمعدة. تم معالجة هذه المشكلة بسهولة عن طريق حذف البيانات المتكررة ما عدا إحداها وقد تم اختيار النقطة الأولى باعتبارها تضم جميع كلف الإصلاح والتشغيل إلى اللحظة التي عملت فيها المعدة بهذا العدد من ساعات العمل المتراكمة أما كلف الإصلاح الأخرى التي حدثت بعد ذلك فتضاف إلى كلفة النقطة التالية والتي توافق ساعات عمل إضافية.

الحالة الثالثة: تضع الشركات البيانات الشهرية لمعداتها بغض النظر عن عدد ساعات عمل المعدة وبالتالي فإن المعدات التي تعمل بساعات عمل قليلة ستملك نفس تأثير المعدات التي تعمل أكثر مما ينعكس سلباً على إيجاد العلاقة بين عمر المعدة وكلفتها. تعالج هذه المشكلة باستخدام أزواج من البيانات ضمن فواصل زمنية معينة ولكن بدلاً من أخذ المتوسط الحسابي لكلف المعدات عند هذه الفواصل تؤخذ كلف جميع المعدات المرافقة لهذه الفواصل كما هي من أجل إيجاد العلاقة بين عمر المعدة وكلفتها، إن هذا الحل يحذف مشكلة النقاط المتكررة ويحل جزئياً مشكلة عدم الاستقلالية.

وقد خلُصت دراسة القضايا الإحصائية السابقة إلى اعتماد مجموعات البيانات الآتية في التحليل:

- ☒ المجموعة الأولى: وتضم جميع أزواج البيانات المتوفرة لدينا ما عدا النقاط المتكررة.
- ☒ المجموعة الثانية: وتضم أزواج البيانات لكلف المعدات ضمن فواصل زمنية معينة.
- ☒ المجموعة الثالثة: تضم أزواج البيانات لمعدل كلفة جميع المعدات ضمن فواصل زمنية معينة.
- ☒ المجموعة الرابعة: تضم الأزواج النهائية للمعدات وهي الأفضل إحصائياً.

6- قبل استخدام البيانات في هذا البحث تم افتراض ما يأتي:

1) تمثل البيانات معدات التشييد بشكل عام و الأنواع المدروسة بشكل خاص

2) هناك موثوقية وواقعية في جمع البيانات: حيث تم افتراض كون البيانات المأخوذة من الشركات المدروسة كاملة وصحيحة حيث من غير الممكن أن نعود إلى زمن تدوين هذه البيانات و السجلات والتحقق من موثوقية تسجيلها لكن يمكن معرفة مدى الثقة بزيارة الشركات المختلفة والإطلاع على طريقة تدوين سجلاتها، ومما تم ملاحظته أن بيانات الكلفة في شركات القطاع العام تخضع إلى نظام مراقبة وتفتيش يمكن اعتباره مقبولاً، وقد تم إبعاد البيانات الشاذة، والحالات الخاصة قبل البدء بتحليل البيانات.

3) تملك جميع الشركات المدروسة نفس مستوى الخدمة للمعدات الموجودة لديها.

4) عمر المعدة المقدر بساعات العمل التراكمية هو العامل الرئيسي المؤثر في كلفة المعدة.

5-2 استخلاص البيانات:

تم زيارة شركات التشييد المذكورة أعلاه مرات عديدة من أجل الحصول على البيانات اللازمة. يعطي الجدول (1) صورة واضحة عن المعدات التي تضمنها البحث.

الجدول (1): المعدات التي تضمنها البحث

الشركة	نوع المعدة	مصدر الصنع	عدد المعدات	مدة الدراسة
شركة الإسكان العسكري	قلاب	رابا – فاب	5	6 سنوات
	قلاب	سكانيا – مرسيدس – فيات – مان	16	6 سنوات
	جبالة	متنوع	9	6 سنوات
	بلدوزر	كوماتسو – هانوماك	2	6 سنوات
	تركس حجم عادي	فولفو – هانوماك – زيدلماير	16	6 سنوات
	تركس حجم عادي	أكتوبر-RD	8	6 سنوات
	تركس حجم كبير	كاتربللر	3	6 سنوات
	باكر حجم عادي	متنوع	3	6 سنوات
	مدحلة	متنوع	5	6 سنوات
	رافعة برجية	بوتان – RB	7	6 سنوات
	رافعة على سيارة	متنوع	2	6 سنوات
شركة الإنشاءات العسكرية	قلاب	مرسيدس – فيات – مان	10	26 شهراً
	قلاب	تاترا	1	26 شهراً
	جبالة	متنوع	6	26 شهراً
	تركس حجم عادي	كوزاكي – هانوماك – كاتربللر	3	26 شهراً
شركة ريما	قلاب	سكانيا	7	18 شهراً
	جبالة	متنوع	10	18 شهراً
	بلدوزر	كوماتسو	1	18 شهراً
	تركس حجم كبير	متنوع	5	18 شهراً
	باكر حجم كبير	ليبهر	7	18 شهراً
	رافعة على سيارة	متنوع	1	18 شهراً
شركة الساحل	قلاب	كراز – تاترا	26	13 شهراً
	جبالة	متنوع	8	13 شهراً
	بلدوزر	متنوع	2	13 شهراً
	تركس حجم عادي	فولفو – فاون فريش	7	13 شهراً
	تركس حجم كبير	كاتربللر	1	13 شهراً
	باكر حجم عادي	متنوع	4	13 شهراً
	مدحلة	متنوع	4	13 شهراً
	رافعة على سيارة	متنوع	2	13 شهراً

من الجدير بالذكر أن طريقة جمع البيانات في الشركات الأربع قيد الدراسة – والتي تعتبر نموذج عن شركات القطاع العام المحلية – متشابهة؛ إذ تعتمد عملية الجمع على التقارير اليدوية الشهرية التي تضم كلف جميع المعدات

التابعة لهذه الشركة من حيث (إجرة السائق، كلفة الوقود والتشحيم، كلفة الإطارات، كلفة الصيانة وقطع التبديل. .الخ)، فضلاً عن عدد ساعات عمل المعدة والأجرة الساعية ثم الأرباح المرافقة. لا شك أن عملية جمع البيانات ضمن ظروف العمل في شركات القطاع العام هي عملية مضنية خاصة مع غياب الاستخدام الحقيقي للحاسب في تنظيم وجدولة البيانات.

5-3 إعداد قوافل المعدات:

تم تشكيل قوافل المعدات التابعة لجميع الشركات الداخلة في الدراسة بحيث تضم القافلة الواحدة معدات من نفس النوع والحجم ومصدر الصنع. بلغ عدد القوافل 12 قافلة كما هو مبين في الجدول (2) وقبل إدخال بيانات هذه المعدات في مرحلة التحليل لابد من القيام بعملية ضبط وإعداد لهذه البيانات كما هو مبين في النقاط الآتية:

أ- من المنطقي أن يكون عدد ساعات عمل المعدة الجديدة عند بدء تشغيلها معدوماً ومع زيادة ساعات العمل تزداد الكلفة التراكمية. بالنسبة لمعدات القطاع العام قيد الدراسة وباعتبار أنها جميعاً معدات قديمة فقد تم تقدير أسعار المعدات في العام الذي بدأ جمع البيانات فيه – وكأنه تم شراء المعدات في هذا العام وبهذا السعر – وبالتالي أصبح بالإمكان اعتبار عدد ساعات العمل معدوماً في بداية الدراسة.

ب- تم البحث عن الكلف العالية والعودة إلى سبب إنفاقها ثم حذف الكلف غير المرتبطة بكلف الصيانة والإصلاح كالكلف المتعلقة بحدوث حادث للمعدة مثلاً واستبعاد الحالات الشاذة.

حـ- تم تقدير التضخم المالي في أسعار المعدات وأسعار قطع التبديل مع اعتبار العام 1998 عام الأساس باعتبار أن أبكر بيانات الدراسة تعود إليه ثم صححت الكلفة التراكمية بتطبيق عوامل التضخم على أسعار قطع التبديل لديها عند دراسة البيانات بتأثير هذا التضخم.

الجدول (2): قوافل المعدات

رقم القافلة	نوع المعدة	الشركة الصانعة	عدد الشركات التي تضم هذه القافلة	عدد المعدات في القافلة
1	قلاب	رابا – فاب – كراز – تاترا	3	32
2	قلاب	سكانيا – مرسيدس – فيات – مان	3	33
3	جبالة	متنوع	4	33
4	بلدوزر	متنوع	3	5
5	تركس حجم عادي	فولفو – هانوماك – زيدلماير– فاون فريش – كاتربللر – كوزاكي	3	25
6	تركس حجم عادي	أكتوبر-RD	1	8
7	تركس حجم كبير	كاتربللر	3	9
8	باكر حجم عادي	متنوع	3	8
9	باكر حجم كبير	متنوع	1	7
10	مدحلة	متنوع	2	9
11	رافعة برجية	متنوع	1	7
12	رافعة على سيارة	متنوع	3	5

5-4 تشكيل مجموعات التحليل:

تتألف البيانات التي ستدخل مرحلة التحليل من عنصرين رئيسيين هما: ساعات العمل المتراكمة ودليل الكلفة التراكمي بعد طرح واحد منه **CCI-1** (تحقيق الاستيفاء ماراً بالمبدأ) حيث تم اعتماد مجموعات البيانات الأربع المذكورة أعلاه؛ جميع النقاط المتوافرة بعد حذف النقاط المتكررة، أزواج البيانات بفاصل زمني قدره 300 ساعة، أزواج البيانات لمعدل كلفة جميع المعدات ضمن فاصل زمني 300 ساعة والزوج النهائي لكل معدة.

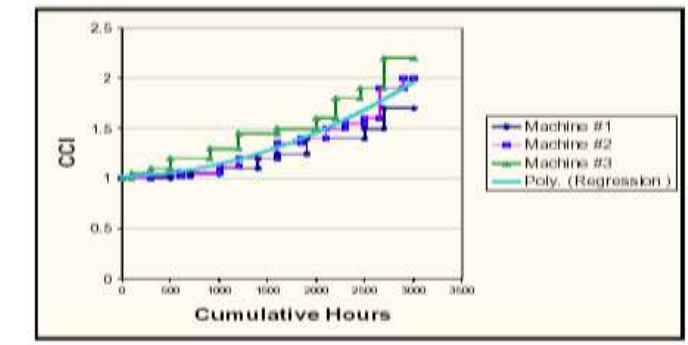
يبين الجدول (3) مجموعات البيانات الأربع للقافلة رقم (5) والتي تضم 25 تركس من الحجم العادي حيث تم وضع ماكرو بلغة Visual Basic يمكنه توليد هذه المجموعات الأربعة لكل قافلة من قوافل المعدات بالنهاية تم الحصول على 12 قافلة لكل منها 4 مجموعات من البيانات أي هناك 48 مجموعة بيانات ستدخل عملية التحليل.

الجدول (3): مجموعات البيانات للقافلة رقم (5)

رقم المعدة	رقم الشهر	المجموعة 1		المجموعة 2		المجموعة 3		المجموعة 4	
		cci-1	ساعات العمل	cci-1	ساعات العمل	cci-1	ساعات العمل	cci-1	ساعات العمل
1	1	0.021306	188	0.048638	300	0.182864	300	1.858003	5033
	2	0.040091	292	0.241197	600	0.324366	600	2.317678	6526
	3	0.108466	356	0.325232	900	0.456904	900	1.480161	2289
	4	0.122636	423	0.401492	1200	0.607167	1200	2.804051	6299
	5	0.14133	486	0.495892	1500	0.674449	1500	3.8979	7454
	6	0.239581	595	0.538218	1800	0.764312	1800	3.639044	11168
	7			0.574298	2100	0.866072	2100	3.095814	6994
	8	0.312621	821	0.614896	2400	0.955132	2400	6.189744	8213
	9	0.349176	1050	0.661989	2700	1.05562	2700	2.211438	1337
	10			0.751774	3000	1.126479	3000	1.659031	3408
	11	0.455203	1354	0.816823	3300	1.240726	3300	2.57956	5020
	12	0.487584	1450	0.918453	3600	1.342722	3600	2.47607	7706
	13	0.503535	1546	1.108031	3900	1.484439	3900	1.57675	2281
	|	|	|	|	|	|	|	|	|

5-5 مرحلة التحليل:

تم اعتماد تحليل الانحدار Regression Analysis في إيجاد العلاقة بين ساعات العمل المتراكمة وبين دليل الكلفة التراكمي CCI باعتباره قادراً على وصف العلاقة السببية بين ساعات العمل المتراكمة للمعدة وكمية المال المنفق في تشغيلها بحيث تكون ساعات العمل المتراكمة السبب في حدوث الكلفة، واستخدمت طريقة المربعات الصغرى التي تحاول جعل مجموع مربعات الأخطاء – الفرق بين قيمة التابع النظرية والفعلية – أقل ما يمكن، حيث يمثل منحني الانحدار الذي يتحول عبر البيانات معبراً عن التوقع في ازدياد CCI مع ازدياد الساعات المتراكمة لمعدة وسطية كما في الشكل (6):



الشكل (6): منحني الانحدار لمعدة وسطية

كما تم اعتماد البرنامج الإحصائي SPSS باعتباره برنامجا متخصصا وسباقا في موضوع تحليل البيانات ويشمل كافة الطرق والأدوات المتقدمة اللازمة لهذه الغاية[9].

انطلاقاً من محاولة الحصول على الموديل الأبسط تم اختيار الموديلات الآتية من الموديلات الإحدى عشر التي يقدمها برنامجSPSS باعتبارها الأكثر قدرة على وصف تزايد منحني CCI بالارتباط مع ساعات العمل المتراكمة:

1. Linear $y = \beta_0 + \beta_1 x$
2. Quadratic $y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2$
3.. Cubic $y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 + \beta_3 x^3$
4. Power $y = \beta_0 x^{\beta 1} \rightarrow \ln y = \ln\beta_0 + \beta_1 \ln x$
5. Exponential $y = \beta_0 e^{\beta 1 x} \rightarrow \ln y = \ln\beta_0 + \beta_1 x$

وباعتبار أن دليل الكلفة التراكمية سيأخذ القيمة 1 عندما تكون ساعات العمل المتراكمة معدومة تصبح التوابع السابقة:

1. $y = 1 + \beta_1 x \rightarrow y-1 = \beta_1 x$
2. $y = 1 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 \rightarrow y-1 = \beta_1 x + \beta_2 x^2$
3.. $y = 1 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 + \beta_3 x^3 \rightarrow y-1 = \beta_1 x + \beta_2 x^2 + \beta_3 x^3$
4. $y = 1+ \beta_0 x^{\beta 1} \rightarrow \ln (y-1) = \ln\beta_0 + \beta_1 \ln x$
5. $y = 1+ \beta_0 e^{\beta 1 x} \rightarrow \ln (y-1) = \ln\beta_0 + \beta_1 x$

حيث تمثل y دليل الكلفة التراكمي CCI و x عدد ساعات العمل المتراكمة.لذلك وقبل إجراء الاستيفاء لا بد من طرح قيمة 1 من كل قيم CCI والمنحني الذي يتم الحصول عليه سيملك الخصائص نفسها إلا أنه قد حصل له انسحاب بمقدار 1 باتجاه العينات الموجبة، يُدعى الاستيفاء في هذه الحالة بالاستيفاء المار بالمبدأ ويعطي برنامج SPSS إمكانية تحقيق ذلك بجعل قيمة الحد الثابت في المنحني المقترح معدوماً.

من أجل إنجاز عملية المقارنة بين الموديلات و اختيار الموديل الأفضل تم الاعتماد على المعيارين:

1- معامل التحديد المصحح Adjusted R^2 باعتبار أن R^2 العادية ستعطي قيم أعلى مما يقود الباحث إلى التفكير بأن الموديل المقترح هو أفضل مما هو عليه في الحقيقة؛ وهو يعبر عن مدى جودة تمثيل الموديل للبيانات وبمعنى آخر يقيس القوة التفسيرية للموديل ككل.

2- التحقق من أهمية معاملات الموديل باستخدام معيار القرار التالي باعتماد مجال ثقة 90% وباختبار من طرف واحد.: $P\text{-value} \le 0.2$ يتم رفض الفرض الصفري

$P\text{-value} > 0.2$ يتم قبول الفرض الصفري

تم إدخال مجموعات البيانات الـ 48 إلى برنامج SPSS ومن ثم الحصول على القياسات الإحصائية Adjusted R^2 و P-value لكل موديل من الموديلات الرياضية الخمسة والمقترحة في إيجاد العلاقة بين الكلفة التراكمية وساعات العمل المتراكمة.

من أجل القافلة رقم (5) مثلاً تم إدخال مجموعات التحليل الأربع إلى برنامج SPSS وبالنقر على القائمة Analyze ثم الأمر Regression والخيار Curve Estimation تم الحصول على قيم Adjusted R^2 و P-value أو Sig لكل موديل من الموديلات الخمسة المقترحة ولكل معامل من معاملات الموديل الواحد.

يبين الشكل (7) مخرجات البرنامج SPSS الناتجة عن تحليل مجموعة البيانات الثالثة والموديل التكعيبي حيث تؤخذ Adjusted R^2 الموافقة للموديل من الجدول Model Summary أما P-value للموديل فتؤخذ من الخانة Sig الموجودة في الجدول ANOVA ويمكن الحصول على P-value لمعاملات الموديل من الخانة Sig الموجودة في الجدول Coefficients.

Cubic

Model Summary(a)

Std. Error of the Estimate	Adjusted R Square	R Square	R
.228	.988	.989	.994

The independent variable is var3.

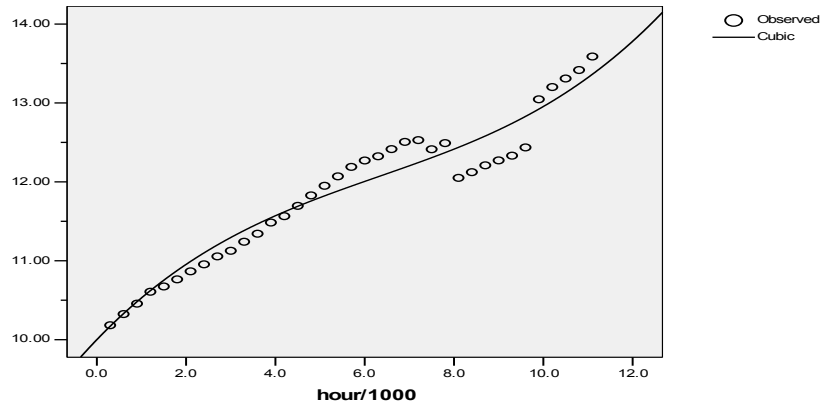
a The equation was estimated without the constant term.

ANOVA(a)

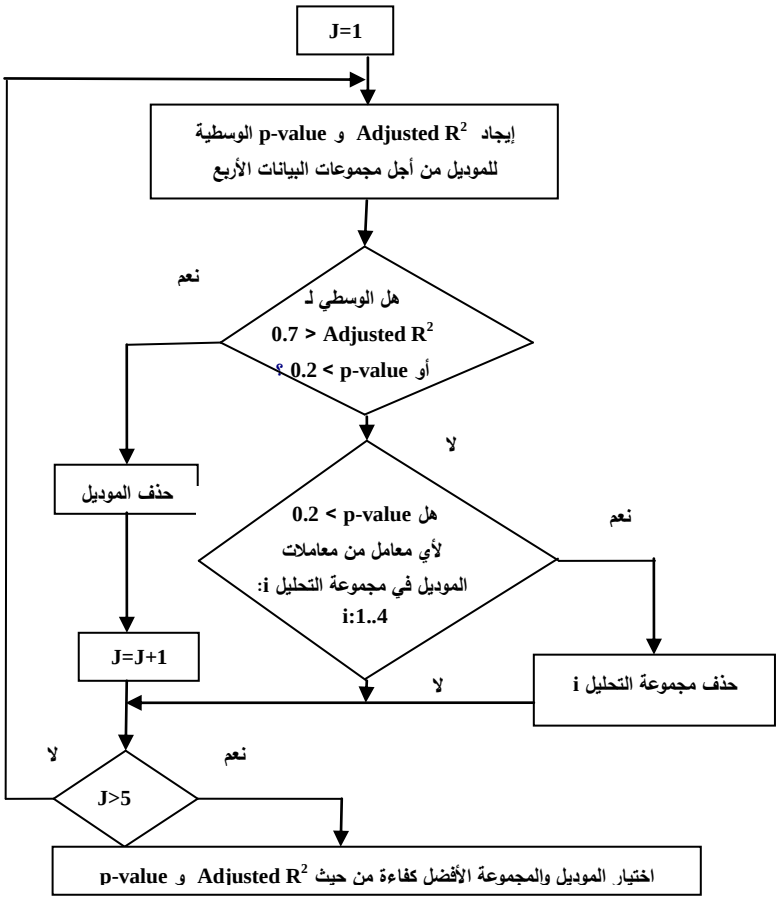
Sig.	F	Mean Square	df	Sum of Squares	
.000	1010.255	52.463	3	157.390	Regression
		.052	34	1.766	Residual
			37	159.155	Total

Coefficients

Sig.	t	Standardized Coefficients	Unstandardized Coefficients		
		Beta	Std. Error	B	
.000	10.242	1.852	.057	.587	x
.000	-3.904	-1.695	.016	-.062	x ** 2
.004	3.128	.849	.001	.003	x ** 3



الشكل (7):مخرجات التحليل باعتماد برنامج SPSS



الشكل (8): المخطط التدفقي لاختيار الموديل الرياضي مع مجموعة التحليل

في المرحلة التالية تم تجميع النتائج التي حصلنا عليها في الخطوة السابقة ضمن صفحات Excel وباعتماد المخطط التدفقي المبين في الشكل (8) يتم اختيار أحد الموديلات الرياضية وإحدى مجموعات البيانات لكل قافلة من القوافل حيث تستبعد الموديلات التي تزودنا بتمثيل سيء أو التي لا تحقق اختبار المعنوية.

يبين الجدول (4) النتائج التي حصلنا عليها من أجل القافلة (5) حيث تم اختيار الموديل الرياضي الثالث ومجموعة البيانات الثالثة وذلك باعتماد المنهجية السابقة.

الجدول (4): نتائج تحليل مجموعات البيانات الأربع للقافلة رقم (5) من أجل كل موديل رياضي

صيغة الموديل	رقم الموديل	رقم المجموعة	قيمة AdjustR^2	قيمة P-value الإجمالية	قيم P-value لمعاملات الموديل				
					x	x^2	x^3	ln(x)	conest
					b1	b2	b3	b4	b5
y-1 = b1 x	1	1	0.867	0	0				
		2	0.851	0	0				
		3	0.977	0	0				
		4	0.822	0	0				
y-1 = b1 x + b2 x^2	2	1	0.883	0	0	0			
		2	0.862	0	0	0			
		3	0.985	0	0	0			
		4	0.849	0	0	0.031			
y-1 = b1 x + b2 x^2 + b3 x^3	3	1	0.883	0	0	0.004	0.653		
		2	0.862	0	0	0.198	0.926		
		3	0.988	0	0	0	0.004		
		4	0.843	0	0.009	0.421	0.735		
ln(y-1) = b5 + b4 ln (x)	4	1	0.768	0				0	0
		2	0.774	0				0	0
		3	0.977	0				0	0
		4	0.704	0				0	0
ln(y-1) = b5 + b1 x	5	1	0.529	0	0				0
		2	0.61	0	0				0
		3	0.787	0	0				0
		4	0.539	0	0				0

5-6 اتخاذ القرار باعتماد موديل الكلفة التراكمي CCM:

من أهم القرارات الاقتصادية المتعلقة بالمعدة الهندسية والتي يدعمها موديل الكلفة التراكمية القرارات التالية[8]:

1-الإصلاح 2- إعادة البناء (العمرة) 3- الاستبعاد 4- الاستبدال.

5-6-1 قرار الإصلاح:

يعتمد موديل الكلفة التراكمي في اتخاذ قرار الإصلاح على نظرية حد الإصلاح التي تحدد مبلغ معين من المال يدعى حد الإصلاح؛ فإذا لم تتجاوز كلفة إصلاح المعدة المعطلة هذا الحد تكون عملية الإصلاح اقتصادية وإلا فإن عملية الإصلاح مكلفة جداً ولا بد من استبدال المعدة أو استبعادها.

إن قيمة حد الإصلاح تساوي قيمة الاسترداد وبالتالي فهي تساوي الفرق بين GEL و NEL والذي يُمثل بالمستقيمات $R_1S_1,R_2S_2...R_tS_t$ وذلك خلال عمر المعدة الشكل (4).

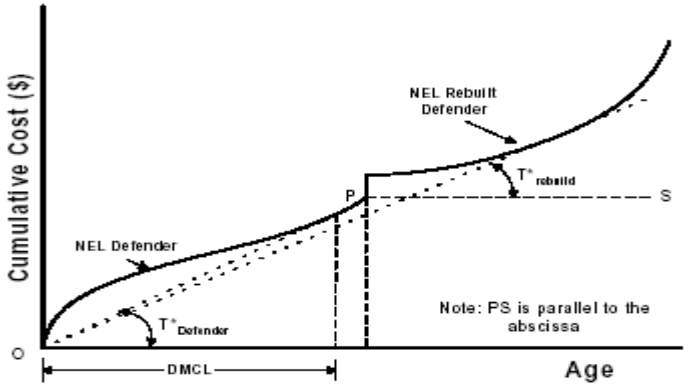
من أجل تطبيق نظرية حد الإصلاح لابد من التقدير الجيد لكلفة إصلاح المعدة re ثم مقارنتها مع الفرق بين GEL و NEL عند النقطة الموافقة من عمر المعدة فإذا كان $re \geq (GEL-NEL)$ يتم استبعاد المعدة أو استبدالها بينما يسمح بإصلاح المعدة عندما تكون $re < (GEL-NEL)$.

تطبق نظرية حد الإصلاح عادة على عمليات الإصلاح الرئيسية التي قد تحتاجها المعدة و لا بد لمدير المعدات من تقدير حدود الإصلاح لجميع المعدات الموجودة لديه.

5-6-2 قرار إعادة البناء (العمرة):

تجرى عملية إعادة البناء (العمرة) للمعدة من أجل إطالة العمر، حيث يتم إيجاد $T^*_{Rebuild}$ للمعدة القديمة المعاد بناؤها برسم خط المماس لمنحني NEL الموافق للمعدة من المبدأ وكما هو مبين في الشكل(7) سيكون

هناك تزايد شاقولي في خط الـ NEL عند النقطة التي تمت فيها إعادة البناء مساوياً لكلفة إعادة البناء.



الشكل (7): قرار إعادة البناء باعتماد موديل الكلفة التراكمي وفق Vorster

من أجل اتخاذ قرار إعادة البناء لابد من تحقق شرطين:

الأول: أن تكون $T^*_{Rebuild}$ للمعدة القديمة المعاد بناءها أقل من $T^*_{Defender}$ للمعدة القديمة قبل البناء (المعدة لم تتجاوز العمر الاقتصادي وهي غير معطلة).

الثاني: أن تكون $T^*_{Rebuild}$ للمعدة المعاد بناءها أقل من $T^*_{Challenger}$للمعدة الجديدة.

5-6-3 قرار الاستبعاد:

يلجأ مدير المعدة إلى هذا القرار عندما يريد التخلص من المعدة المدروسة وليس استبدالها وهنا يمكن استخدام موديل CCM في تحديد *L، وهو العمر الاقتصادي الذي يجب أن تباع المعدة عنده وهنا يمكن استثمار القيمة المستردة في أي مجال في الشركة بحيث يحقق الفائدة الجيدة.

كما هو مبين في الشكل (4) يتم استبعاد المعدة من الخدمة عندما تصل T_t إلى قيمتها الأصغرية *T.

5-6-4 قرار الاستبدال:

يجب أن يتخذ قرار استبدال المعدة القديمة Defender في الوقت الذي تكون فيه كلفة امتلاك وتشغيل المعدة الجديدة Challenger أقل ما يمكن وإلا ستكون هناك كلف إضافية ناتجة عن الاستبدال المبكر أو المتأخر عن هذا الوقت المناسب.

تخطيطاً يجب تشغيل المعدة القديمة إلى اللحظة التي تصبح فيها الكلفة الحدية للمعدة القديمة مساوية لـ $T^*_{Challenger}$ عندها يجب أن تباع المعدة القديمة ويتم شراء المعدة الجديدة.

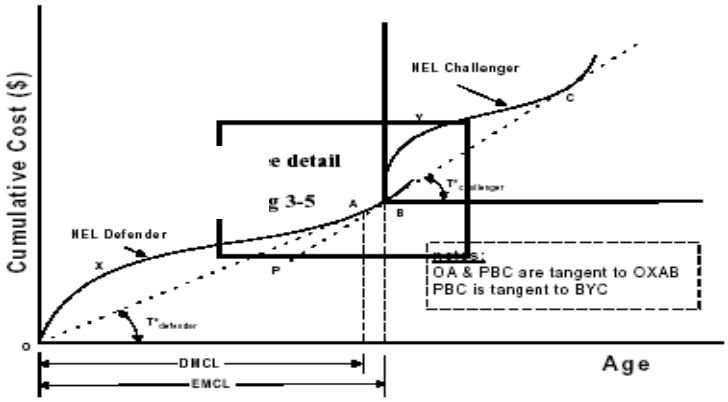
يبين الشكل (8) كيفية استخدام موديل الكلفة التراكمي في اتخاذ قرار استبدال معدة بأخرى وهنا يظهر تعريفين مهمين للعمر الاقتصادي في موديل الكلفة التراكمي هما:

1- DMCL (Defender's Minimum cost Life)

ويمثل المدة التي يصل عندها معدل الكلفة السنوية للمعدة Defender إلى قيمة أصغريه تساوي *T.

2- EMCL (Equal marginal cost Life)

ويمثل المدة التي تتجاوز عندها الكلفة الحدية الناتجة عن الاحتفاظ بالمعدة معدل الكافة السنوي الأصغري المتوقع من معدة جديدة مكافئة للسابقة.



شكل (8): قرار الاستبدال باعتماد موديل الكلفة التراكمي وفق Vorster

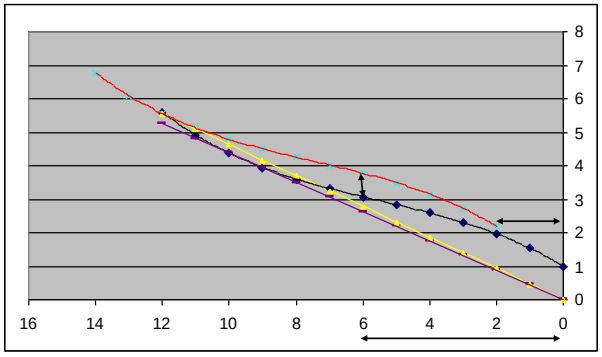
وبالتالي يتم اتخاذ قرار استبدال معدة بأخرى عندما تتجاوز الكلفة الحدية للمعدة القديمة قيمة $T^*_{Challenger}$ للمعدة الجديدة وهذا يحصل عند تجاوز EMCL عندها يجب أن تباع المعدة القديمة ويتم شراء المعدة الجديدة.

بالعودة إلى الدراسة الميدانية لواقع معدات التشييد في شركات القطاع العام المحلية وباعتبار أن شراء هذه المعدات قد تم منذ فترة طويلة جداً سيقترب منحني الـ GEL والذي تعبر عنه معادلات الانحدار التي حصلنا عليها في مرحلة التحليل بشكل كبير جداً من منحني NEL بحيث يمكن اعتبارهما متطابقين من أجل قراري الاستبعاد والاستبدال. لذلك ومن أجل القافلة 5 على سبيل المثال يمكن ربط معادلة الانحدار بموديل الكلفة التراكمي لاتخاذ القرار الهندسي المناسب للمعدة (إصلاح – إعادة بناء – استبعاد – استبدال) كما يلي:

1- **<u>الإصلاح:</u>** على مدير المعدة تقدير حدود الإصلاح لجميع المعدات الموجودة لديه فإذا كانت كلفة الإصلاح أقل من حد الإصلاح تتم هذه العملية وإلا فلا، من الجدير بالملاحظة أن حدود الإصلاح لا بد أن تكون صغيرة في الحالة العملية المدروسة نتيجة التناقص في قيمة الاسترداد وتقارب منحني الـ NEL من منحني الـGEL.

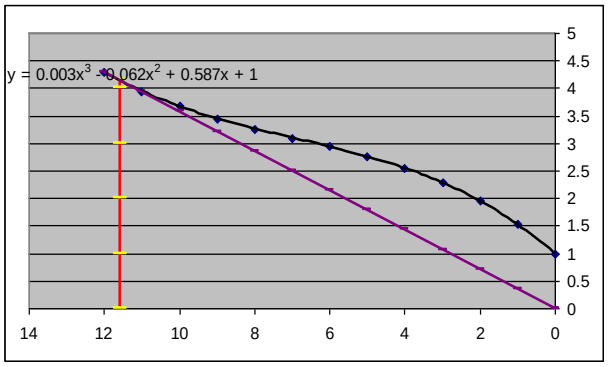
2- **<u>إعادة البناء (العمرة):</u>** لا بد من تحديد كلفة العمرة والزمن الذي ستتم فيه كذلك وبالاعتماد على خبرة مدير المعدات لعمليات عمرة مشابهة يتم تقدير لحالة المعدة بعد إعادة البناء، يبين الشكل (9) قرار العمرة لمعدة وسطية من القافلة 5 حيث تمت عملية إعادة البناء عند عمر 6000 ساعة عمل وبلغت كلفتها 70% من سعر المعدة في بداية الدراسة ومن المتوقع أن تكون المعدة بعد العمرة بحالة مشابهة لمعدة بعمر 2000 ساعة عمل فقط.

يرسم المماس لمنحني كلفة–زمن في الحالتين فإذا كانت $T^*_{Rebuild}$ للمعدة القديمة المعاد بناءها أقل من $T^*_{Defender}$ للمعدة القديمة قبل البناء يتخذ قرار العمرة وبحسب الحالة المدروسة في الشكل (9) نلاحظ أن $T^*_{Rebuild} > T^*_{Defender}$ وبالتالي يجب عدم إعادة البناء.



الشكل (9): قرار العمرة باعتماد معادلة الانحدار

3- <u>الاستبعاد:</u> يتم استبعاد المعدة عند الوصول إلى العمر الاقتصادي L* وذلك برسم المماس من المبدأ لمنحني الانحدار، يوضح الشكل (10) اتخاذ قرار الاستبعاد عند بلوغ عدد ساعات عمل المعدة المتراكمة 11576 ساعة عمل بدءاً من لحظة شراء المعدة – أي من بداية الدراسة– وذلك لمعدة وسطية تمثل معدات التركس الموجودة في القافلة (5).



الشكل(10): قرار الاستبعاد باعتماد معادلة الانحدار

4- <u>الاستبدال:</u> يحتاج هذا القرار إلى معادلة الانحدار المعبرة عن منحني الـ NEL للمعدة القديمة والمعدة المتحدي وهنا يمكن توظيف موديل الكلفة التراكمية في اتخاذ قرار استبدال المعدة الحالية بمعدة أخرى موجودة في فرع آخر من الشركة أو أي معدة يمكن معرفة معادلة الانحدار الخاصة بها. يبين الشكل (8)كيفية اتخاذ هذا القرار.

الاستنتاجات والتوصيات:

أ- النتائج:

1) تم التوصل إلى مجموعة من معادلات الانحدار التي تعبر عن العلاقة بين ساعات العمل المتراكمة وبين معدل الكلفة التراكمي عن طريق دراسة شريحة من شركات القطاع العام تضمنّت 12 قافلة تمثل معدات التشييد المختلفة العاملة في هذه الشركات بدراسة 181 معدة من المعدات وذلك بالاستفادة من القواعد الإحصائية والحجم الكبير للبيانات الميدانية التي تجمعها الشركات حول تكاليف المعدات وعدد ساعات تشغيلها.
2) يقدم هذا البحث لأي شركة محلية من القطاع العام تملك معدات موافقة لأنواع المعدات التي تمت دراستها إمكانية الاستفادة من الحجم الكبير للبيانات لديها بسهولة عن طريق تشكيل مجموعة التحليل التي تم اختيارها لهذا النوع من المعدات ومن ثم إيجاد معاملات المعادلة الموافقة للقافلة التي تعود إليها معدات هذه الشركة إما من الدرجة الثالثة أو من الدرجة الثانية بحسب نوع القافلة.

3) حاول البحث تقديم دعماً في مجال اتخاذ القرار الاقتصادي المناسب لمعدات التشييد العاملة في شركات القطاع العام السورية عن طريق ربط معادلات الانحدار التي تم التوصل إليها مع موديل الكلفة التراكمي لاتخاذ القرارات الاقتصادية المناسبة لهذه المعدات.

ب- التوصيات: توصل البحث إلى مجموعة توصيات أهمها:

1) استخدام ساعات العمل المترية في معرفة ساعات العمل الفعلية لمعدة التشييد وذلك من مقياس معين يثبت على محرك المعدة أو جهاز نقل الحركة يقوم بإحصاء عدد الدورانات التي قام بها المحرك أو جهاز الحركة ومن ثم يحدد عدد ساعات العمل. إذ كلما توفرت الدقة في البيانات المجموعة كلما كانت النتائج أقرب للواقع.
2) إدخال الاستخدام الحقيقي للحاسب في تنظيم وجدولة البيانات مع اتباع نظام جيد يمكن من الوصول إلى كلفة وعدد ساعات عمل كل معدة بسهولة.
3) تطبيق الدراسة الإحصائية السابقة على شريحة أكبر من شركات القطاع العام تضم عدد أكبر من معدات التشييد وأنواع أخرى بغية الحصول على معادلات تراجعية أكثر شمولية وواقعية ومن ثم ربطها مع موديل الكلفة التراكمي لاتخاذ مختلف القرارات الاقتصادية المتعلقة بمعدات التشييد في هذه الشركات بحيث تكون هذه القرارات موضوعية ولا تعتمد على الخبرة الشخصية فقط.

المراجع:

1- TAYLOR,J.S-*A Statistical Theory Of Depreciation Based On Unit Costs*-American Statistical Association, U.S.A, Vol 144, 1923, pp 1010-1023

2- DAVID,A.DAY.P.E-*Construction Equipment Guide*- John Wiley & Sons, U.S.A, 1973,563p.

3- JAAFARI,A and MATEFFY,V.K-*Realistic Model For Equipment Replacement.* Construction Engineering And Management, ASCE, U.S.A, Vol. 116 No.3, 1990, pp.514-532

4- COLLIER,A and JACQUES,E – *Optimum Equipment Life By Minimum Life-cycle Cost*- Construction Engineering And Management, ASCE, U.S.A, Vol. 110 No.2, 1984, pp.248-265

5- HOTELLING,H- *A general Mathematical Theory Of Depreciation*- American Statistical Association, U.S.A, Vol 151, 1925, pp 340-353

6- DOUGLAS,J-*Optimum Life Of Equipment For Maximum Profit*-Constructio Division, ASCE, U.S.A, Vol. 94 No.co1, 1968, pp.41-45

7- DRINKWATER,R.W and HASTING,A.J – *An Economic Replacement Model*- Op. Rsrch. Qtrly., 1967,pp 121-138

8- VORSTER,M.C –*A System Approach Civil Engineering Construction Eguipment* – University Of Stellenbosch, South Africa, in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy.1980

9- الحكيم – إبراهيم – *spss المرجع في تحليل البيانات* – الطبعة الأولى –شعاع للنشر والعلوم، سورية 2004، ص ص 527 .