مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (32) العدد (2) 2010
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (32) No. (2) 2010

قياس إنتاجية العمليات الإنشائية كأساس لتحسين الأداء الإنتاجي لمشاريع البناء والتشييد (الواقع المحلي)

الدكتور بسام حسن*

(تاريخ الإيداع 27 / 9 / 2009. قُبِل للنشر في 2/ 5 / 2010)

□ ملخّص □

تعد الإنتاجية والحاجة لتطويرها أحد التحديات الرئيسة التي تواجه قطاع البناء والتشييد والهاجس المسيطر في اتخاذ القرار ضمن إدارة التشييد. إن القياس الأكثر واقعية لإنتاجية العمليات الإنشائية هو قياس المخرجات خلال ساعة–عمل المحققة من قبل العمال في موقع العمل. يهدف البحث إلى تحسين الكفاءة الإدارية للمشروع عن طريق تطبيق أنظمة قياس الإنتاجية على مستوى العمليات الإنشائية واستنباط صيغ رياضية لنماذج من العمليات الإنشائية تساعد في وضع منهجية لتخطيط تقديرات الإنتاج الممكنة لهذه العمليات. ركزت عينة البحث للحالة الدراسية على إجراء رصد على بعض العمليات الإنشائية النمطية في مرحلة الإكساء، مثل الطينة الإسمنتية وتركيب البلاط، حيث تتصف هذه العمليات بأن حصة العمل اليدوي في تنفيذها عالية نسبياً.

بينت المعالجة الإحصائية للبيانات المجمعة، بأنه يمكن حساب إنتاجيات العمليات الإنشائية من خلال علاقات الانحدار الخطي المتعدد بدرجة ثقة عالية بوساطة قياس المتحولات المرتبطة بعدد العمال وساعات العمل الفعلية وساعات الوقت الضائع، كما بينت النتائج أنه في عينات أوقات العمل، بلغت نسبة الوقت الضائع للعملية المرصودة قيمة كبيرة تساوي 33% من إجمالي وقت العمل، مما يقتضي إجراء دراسات معمقة للعمليات تتضمن الطرائق وتحليل الضياعات ونوعية المشاكل المؤثرة بهدف المعالجة والتحسين.

الكلمات المفتاحية: قياس الإنتاجية للعمليات الإنشائية، علاقة الانحدار الخطي المتعدد لقياس الإنتاجية.

* أستاذ – قسم هندسة وإدارة التشييد – كلية الهندسة المدنية– جامعة تشرين– اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (32) العدد (2) 2010
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (32) No. (2) 2010

Measuring Productivity of Construction Activities As A Basis to Improve Productivity Performance of Buildings and Construction Projects (Local Experience)

Dr. Bassam Hasan*

(Received 27 / 9 / 2009. Accepted 2 / 5 / 2010)

□ ABSTRACT □

Productivity and the need for its development is one of the main challenges that faces the construction industry and is a dominant issue in decision making in the field of construction management. The most reliable measure of productivity is the output per work-hour achieved by the workers on construction site. The research aims to improve the management efficiency of the project through the application of productivity measurement systems at the construction activities level, and the development of mathematical formulas for certain types of construction activities that help in developing a methodology for planning of productivity estimations for such activities.

The research sample of the case study focused on monitoring some typical construction activities during finishing stage as plastering and floor tiling, in which manual work share in these activities are relatively high.

The statistical handling of the collected data showed that we can measure the productivity of construction activity through multiple linear Regression Relations with a high level of confidence, by measuring the changes related to a number of workers, actual working hours and wasted time. The results of work sampling showed that time wasting rate of observed activity reached high rate equal to 33% out of the total working time. Therefore deep studies of these activities should be carried out, including methods, time wasting analysis, and the type of effecting problems for the purpose of handling and improving.

Key words: Measuring productivity of construction activities, Multiple Linear Regression equation for productivity measurement.

***Professor, Department of Engineering and Construction Management, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مقدمة:

يحتل قطاع البناء والتشييد مكاناً مهمّاً في الاقتصاد الوطني، ويقوم بدور فاعل في القطاعات الأخرى حيث تعتمد كفاءة إنجاز الكثير من المشاريع الاقتصادية على الالتزام الفعال بالخطط الإنتاجية لمشاريع البناء والتشييد. ولقد شكلت مساهمة هذا القطاع من إجمالي الناتج المحلي الإجمالي نسبة 9.5% عام 1980م وبمعدل نمو بلغ 12% ثم تراجعت هذه النسب لتبلغ 3.2% للمساهمة في الناتج المحلي وحوالى 4% لمعدل النمو في عام 2003م [1]. وفي سبيل النهوض بهذا القطاع تطرح الخطة الخمسية العاشرة برنا مجاً طموحاً لمعالجة المشاكل التي يعاني منها والارتقاء به وزيادة مساهمته الاقتصادية والاجتماعية.

وضمن هذا السياق، وبقراءة لمؤشرات الأداء الإنتاجي نجد أنها تبقى متدنية، فمعظم المشاريع الإنشائية تعاني من تأخر كبير في الإنجاز وزيادات غير مبررة في التكاليف بالإضافة إلى الانحراف عن متطلبات الجودة الفنية وبالمجمل عدم تحقيق الأهداف المرسومة لهذه المشاريع [2]، مما يؤثر على مستوى مساهمتها في الاقتصاد الوطني.

إن الانحراف الكبير عن تحقيق برامج الانجاز زمناً وكلفة والمسجلة في وقائع المشاريع، يجعل من الأهمية بمكان تقصي المناحي كافة التي يمكن أن تسهم في حل هذه المشاكل ومن بينها تحسين مستوى الأداء عن طريق زيادة الكفاءة الإنتاجية. ويتطلب ذلك بداية قياس مستوى الإنتاجية لتحديد الموقف واتجاهات سير المشروع وللحصول على بيانات تخطيطية لجدولة الأعمال الجديدة وتحديد الاحتياجات استناداً لذلك، ولاستنتاج مناطق الخلل بهدف المعالجة والتطوير[3].

يتصف قطاع البناء والتشييد بأن أكثر ما يميز عملياته هو النشاط الذي يقوم به العمال، وفي الصيغة المطلقة، فإن الطاقة البشرية تعدّ المورد الإنتاجي الرئيس في التشييد، لهذا فإن إنتاجية التشييد تعتمد كثيراً على الإنجاز البشري[4]. إن القياس الأكثر واقعية للإنتاجية هو المخرجات(Output) المحققة من قبل العمال في موقع العمل خلال ساعة عمل الفرد (Man-hour) – أي بوساطة قياس إنتاجية العمال (Labour productivity). وتقدر كثير من الدراسات كلفة العمالة ب 30% من كلفة المشروع [5]. وفي تقديرنا لهذه الكلفة في سورية من واقع مراقبة التكاليف للمشاريع الإنشائية المنفذة، فإنها تشكل أيضاً جزءاً مهمّاً من إجمالي التكاليف، فإن زيادة الإنتاجية في موقع المشروع يُعدُّ منطلق تحسين أداء الإنجاز.

أهمية البحث وأهدافه:

يُعدُّ الضعف في مستوى إنتاجية العمل أحد الأسباب الرئيسة في انحراف المشاريع عن تحقيق أهدافها، إلا أن غياب القياسات الدقيقة والمنهجية للإنتاجية ضمن تقديرات موثوق بها، يجعل من المتعذر إجراء التقييمات المقارنة لمستوى الأداء الإنتاجي و تقصي آفاق تحسينه.

يهدف البحث إلى:

- تحسين الكفاءة الإدارية للمشروع عن طريق تطبيق أنظمة قياس الإنتاجية على مستوى العمليات الإنشائية واستنباط صيغ رياضية لنماذج من العمليات الإنشائية تساعد في وضع منهجية لتخطيط تقديرات الإنتاج الممكنة لهذه العمليات.
- تحديد العوامل المؤثرة في قياس إنتاجية العمليات الإنشائية وبيان درجة تأثيرها
- قياس كفاءة استغلال الزمن للعملية الإنشائية وتحديد زمن العمل الفعلي والزمن الضائع

طرائق البحث ومواده:

استخدم في هذا البحث المنهج التحليلي في تحديد أساليب وصيغ قياس إنتاجية العمليات الإنشائية، واعتمد على الدراسات والبيانات الإحصائية الحقلية بطريقة العينات التي تستند إلى الرصد العشوائي ثم على المعالجة البرمجية لهذه البيانات باستخدام برنامج SPSS .

الإنتاجية في مشاريع البناء والتشييد

هناك تعريفات عدّة للإنتاجية في مفهومها العام وطرائق مختلفة لقياسها[6]، فالوكالة الأوروبية للإنتاجية عام 1959عرفتها بالشكل :"الإنتاجية هي حالة تعهد ورغبة وهي موقف يبحث عن التحسين المستمر لما هو موجود، إنها قناعة بأن الفرد يمكن أن يعمل اليوم أفضل من الأمس ويمكن أن يعمل غداً أفضل من اليوم". كما عرفها مركز الإنتاجية الياباني بالشكل: " الإنتاجية عبارة عن موقف ذهني يؤدي لفعل عملي ينجم عنه تحسين حقيقي لكل فرد". ونلاحظ أن التعريفين السابقين مرتبطين بالتحسين.

وتحدد الإنتاجية من أي تعريف أو طريقة قياس بالمقارنة بين المدخلات (Input) والمخرجات (Output)، وتحدد عموماً بالشكل:

$$\Pr oductivity = \frac{output\ (unit\ of\ \ products)}{Input\ (\Re esources)}$$

ولكي تزداد الإنتاجية، فإنه يجب أن يتحقق:

- خفض المدخلات مع بقاء المخرجات ثابتة
- زيادة كمية المخرجات أو زيادة جودتها من أجل المدخلات نفسها.

وفي قطاع البناء والتشييد لا يوجد اتفاق جدي حول التعريف الدقيق للإنتاجية [5]. وعموماً، فإن هذا المصطلح يعني مخرجات التشييد من سلع وخدمات من خلال استخدام العمالة خلال واحدة الزمن. وعلى كل حال، فإن مصطلح الإنتاجية يختلف من مجال إنشائي إلى آخر، كما يختلف رأسياً بين مفهوم الإنتاجية في قطاع البناء والتشييد على الصعيد الوطني ومفهوم الإنتاجية على مستوى المشروع وأخيراً الإنتاجية على مستوى العملية الإنشائية في موقع العمل. لذلك فإن بعض هذه التعاريف تقدم الإنتاجية على أنها إنتاجية العمالة وتساوي[5،6]:

$$Labour\ productivity = \frac{output}{Labour.\cos t}$$

أو:

$$Labour\ productivity = \frac{output}{Work\ Hours}$$

ويمكن أن نلاحظ أن هناك تعاريف متعددة للإنتاجية وطرائق قياسها، وتعدُّ الإنتاجية أو الحاجة لتحسينها التحدي الرئيس الذي يواجه قطاع البناء والتشييد [7] والهاجس المسيطر في اتخاذ القرار ضمن إدارة التشييد.

وهي أيضاً تعدُّ القضية الأعقد بسبب التأثير المتبادل للإدارة والمواد والتجهيزات والطاقة البشرية...الخ التي تشكل العناصر التي تحدد الإنتاجية الإجمالية في الموقع. في معظم الأحوال تعدُّ الإنتاجية الأكثر إتباعاً في قياس

الإنجاز في قطاع البناء والتشييد، [5]. و يكمن السبب في ذلك في سهولة تحويل الإنتاجية إلى تكلفة، فإن نتيجة القياس تعني ربح أو خسارة للمالك والمتعهد.

مفهوم القياس:

يُعدُّ قياس الإنتاجية واحداً بشكل عام في مختلف الصناعات بما فيها صناعة التشييد[3]. ومع أن قياس المدخلات بطريقة عامل.ساعة هو قياس جزئي إلى حد كبير، إلا أنه من الأسهل جمع البيانات الإحصائية (statistical data) عن ساعات العمل من قياس أية مدخلات أخرى، هذا بالإضافة إلى الأهمية النسبية للموارد البشرية من بين الموارد الاقتصادية الأخرى.

كما يمكن حساب الإنتاجية بنسبة المخرجات إلى رأس المال المدخل، وهنا يجب الأخذ بالحسبان القيم المالية مع الزمن. ويُعدُّ هذا النوع من القياس عملياً في التعبير عن المؤشر الإنتاجي على مستوى الشركة أو قطاع البناء والتشييد على المستوى الوطني[.5].

إن الإجراء الغالب لقياس المخرجات على مستوى العمليات الإنشائية في المشروع هو عن طريق تحديد كمية الوحدات الفيزيائية (متر مكعب بيتون، طن من فولاذ التسليح، متر مربع طينة...الخ)، ولكن مع الانتقال من العمليات البسيطة ذات السلعة الواحدة إلى العمليات المركبة على مستوى المشروع وصولاً إلى مستوى الشركة نجد أن وحدة القياس للمدخلات تصبح أكثر تعقيداً، ويستخدم في تلك الحالات الوحدات النقدية مع أخذ العامل الزمني بعين الاعتبار[7].

يبين [3] أن القياس المناسب للإنتاجية الإنشائية سوف يساعد في تحديد مدى فاعلية إدارة المشروع، والسرعة في تحديد اتجاهات الانحراف، بحيث يمكن أن تتخذ إجراءات التصحيح في الموعد المناسب، وبيان جدوى تغيير طرائق وظروف العمل، إضافة لذلك فإن القياس يمكن من تحديد المناطق ذات الإنتاجية العالية وتلك ذات الإنتاجية المنخفضة وأسباب الاختلاف، مما يسهم في تأمين قاعدة يمكن العمل عليها للتطوير.

واقع قياس إنتاجية العمليات الإنشائية في سوريا

إن البيانات المتوفرة عن القياسات والمعدلات الإنتاجية للأعمال الإنشائية تنحصر أساساً بإصدارات أو نشرات القطاع العام الإنشائي مثل دليل تحليل الأسعار لأعمال البناء والتشييد والكهرباء الصادر عن وزارة الإسكان والتعمير[8]. تركز جميع هذه المصادر على تقدير إنتاجية اليد العاملة كأساس لتحديد مدخلات التخطيط وتقدير معدلات الإنتاج للعمليات الإنشائية، وهي بذلك تتوافق مع الطرائق المتبعة عموماً في قياس الإنتاجية من حيث اعتبار قياس إنتاجية اليد العاملة كأساس لتقدير إنتاجية المشاريع الإنشائية.

من خلال دراستنا التحليلية للمعايير والمعدلات الإنتاجية المتوفرة، تبين لنا بأن طريقة وضعها استندت إلى اعتبار وجود متغير وحيد في المدخلات هو عدد المجموعات العمالية (عدد العمال) وأهملت المتغيرات الأخرى، كما أن وحدة الزمن قدرت بيوم عمل. يمكننا أن نمثل صيغة تحديد الإنتاجية وفق الطريقة المعتمدة بمعادلة الانحدار الخطي البسيط الآتية:

$$Yi = a_i X_i$$

حيث: Y_i – تمثل الإنتاجية اليومية للعمال المشاركين في العملية الإنشائية i

X_i – تمثل عدد المجموعات العمالية المشاركة في العملية الإنشائية i

a – الثوابت الإنتاجية، وهي المعدلات المعيارية الموجودة في النشرات الصادرة

ومع إدراكنا للقيمة العملية لهذه البيانات والمعايير الإنتاجية المعتمدة محلياً، كونها تعتمد أساساً على الخبرات المتراكمة في مهنة البناء والتشييد للكوادر الفنية المشاركة في وضعها، إلا أننا يمكن أن ننسب إليها الملاحظات التالية:

- اعتمدت قيماً وسطية تقريبية للبيانات، ولم تخضع في رصدها ومعالجتها لمنهجية إحصائية نظامية مما يقلل من درجة الثقة بها.
- لا يوجد تفسير لاعتماد متحول مؤثر وحيد وإهمال المتحولات المؤثرة الأخرى، مما يقلل من درجة الثقة بتوقعات المخرجات وبقوة الارتباط الموجودة في العلاقة.
- حددت الإنتاجية خلال يوم عمل وهي مدة كبيرة نسبياً ولا يمكن أن تظهر كفاءة الاستفادة من وقت العمل الجزئي وبيان الوقت الضائع.
- حددت الإنتاجية لمجموعة عمل نظامية وافترضت أنه في حال زيادة العمال بنسبة معينة فإن الإنتاجية تزداد بالنسبة نفسها ، وهذا برأينا غير دقيق بسبب تأثير عوامل أخرى على الإنتاجية.
- تشير وقائع تتبع المشاريع إلى انحراف كبير للقيم الإنتاجية المنجزة عن القيم المخططة المستندة إلى هذه المصادر.

ترتبط إنتاجية العملية الإنشائية بجموع العمال المشاركين فيها وبمدى الاستغلال الفعال للزمن خلال يوم العمل، أي تتعلق بساعات العمل الفعال الفعلي، التي يقضيها العامل في وضعية نشاط منتج. من جهة ثانية، فإن التوقفات عن العمل يمكن أن تربك النشاط الإنتاجي الفعال وتؤثر على وتيرة العمل واستقرار الأداء.

علية فإن تحسين مستوى الأداء الإنتاجي لمشاريع البناء والتشييد في سورية يعتمد بدرجة كبيرة على تحسين جودة التنبؤ بإنتاجية العمليات الإنشائية، وذلك من خلال الانتقال من استخدام معدلات الإنتاج اليومية للعمال إلى استخدام قيم إنتاجية تستنبط من صيغ وعلاقات رياضية تحدد التأثير المباشر والمتبادل للعوامل الرئيسة المؤثرة بالاستناد إلى ساعات العمل الفعلية لمجموع العمال المشاركين في العملية الإنشائية وإجمالي ساعات العمل غير المنتجة مع الأخذ بعين الاعتبار لزمن التوقف عن العمل.

الخطوات المنهجية لتقدير إنتاجية العمليات الإنشائية

إن وضع المعايير الإنتاجية للعمليات الإنشائية واستنباط آفاق تحسينها، والعمل على امتلاك نظم تسهم في إدارة هذه المعايير، يحتاج لمراجعة شاملة للأسس التقليدية المتبعة، وهذا بدوره يحتاج لموارد وجهود مقدرة لا بد أن يتم تبنيها على مستوى المؤسسات والشركات الرائدة في صناعة التشييد. ويجب أن تهدف هذه المراجعة إلى إعادة دراسة العمليات الإنشائية (work study) بما يتفرع عن ذلك من دراسة لطرائق التنفيذ (Method study) وقياس العمل (work measurement). و تعدُّ دراسة العمليات الإنشائية إحدى الأدوات الاحتياطية الأكثر نفعاً للإدارة التي عن طريق الإتباع المستمر لها يمكن أن تتحقق النتائج المتوقعة بالحد من الجهد والزمن الضائع وتحقيق المعايير المناسبة للإنجاز[9].

تعتمد دراسة العمليات على إجراء دراسات ميدانية وتحليلية عن طريق رصد عينات عشوائية للعمليات الإنشائية (work sampling)، التي تعدُّ تقنية إحصائية ويمكن أن تستخدم بفاعلية لتحليل أنشطة العملية الإنشائية[7].

ركزت عينة البحث على إجراء رصد على بعض العمليات الإنشائية النمطية في مرحلة الإكساء، مثل الطينة الأسمنتية وتركيب البلاط، حيث تتصف هذه العمليات بأن حصتها من العمل اليدوي عالية نسبياً. تم إجراء الرصد على

هذه العمليات في خمسة مشاريع أبنية عامة، تنفذ من قبل عمالة تابعة لمتعهدين خاصين ثانويين يعملون لدى شركات تابعة للقطاع العام. كانت المستويات التنظيمية لمواقع العمل متقاربة وامتدت عملية الرصد على فترات متقطعة بين أعوام2005 –2007م. وخلال ظروف مناخية مختلفة.

تمت مراقبة العملية في موقع العمل ورصد جميع العمال ضمن حدود الأقسام التنظيمية لتخطيط العمليات البنائية (طابق ، قسم من طابق واقع بين فواصل التمدد..الخ). ونظرا لكون الرصد يجري على مستوى العملية ولكون عدد العمال محدوداً (تراوح بين 2 إلى 16 عامل)، فقد تم إجراء المراقبة لجميع العمال خلال يوم الرصد الواحد، حيث يسهم ذلك في زيادة الدقة والثقة بالعينة المرصودة. تراوحت فترة المراقبة خلال يوم الرصد الواحد ما بين ساعتين إلى خمس ساعات. وبلغ عدد العينات المأخوذة (المشاهدات المرصودة) حوالى 700 في إجمالي المشاريع الخمسة.

تم في كل يوم رصد قياس المتحولات التالية وأدرجت في استمارة رصد مناسبة لذلك:

- عدد العمال المشاركين في العملية ضمن حدود القسم الواحد.
- متوسط ساعات العمل الفعلية للعمال المشاركين كافّة، ويساوي مجموع ساعات العمل الفعلية للعمال مقسوماً على مجموع العمال.
- متوسط ساعات التوقف عن العمل للعمال المشاركين كافّة، ويساوي مجموع ساعات التوقف عن العمل للعمال مقسوماً على مجموع العمال.
- كمية العمل المنجز والمكافئ لسلعة نهائية.

يعدَّ العمل أو النشاط الفعال الفعلي في أثناء تنفيذ العمال للنشاطات المكونة للعملية سواء كانت أساسية (رفع، تنزيل، استخدام أدوات، إعداد خلطة..الخ) أو مساعدة مثل (تركيب سقالة، أعمال دعم، أعمال فحص، قراءة مخطط...الخ)، أما التوقف عن العمل فهو ناجم عن التأخير الصباحي أو الانصراف المبكر عن العمل أو تسيب بعض العمال لأسباب غير مبررة إضافة إلى وقت الاستراحة النظامية وأوقات التوقف بانتظار المواد أو الناجم عن إعاقة تنظيمية آنية مع الأعمال الأخرى.

تم اختيار أوقات الرصد، بحيث يؤمن موقع العمل جبهة كافية لكامل يوم الرصد ولكافة العمال العاملين في موقع واحد، وعليه فإن العامل الذي لا يعمل خلال لحظة الرصد، لا يعمل أيضاً في أي موقع آخر وهو متوقف عن العمل. تمت مراعاة تأمين إنزياحات عشوائية لتوقيت البداية في يوم الرصد، وذلك لتأمين مراقبات عشوائية وغير منحازة وخالية من أخطاء المراقبة النظامية التي تؤدي للتكرار في الاتجاه نفسه.

الحالة الدراسية

من بين العمليات التي تم رصدها نعرض حالة تنفيذ طينة إسمنتية داخلية ثلاثة وجوه على الودع للجدران والأسقف حتى ارتفاع 4م. التوصيف الفني لهذه العملية موافق لدفتر الشروط الفنية العامة الصادر عن وزارة الإنشاء والتعمير لعام 1998. العمالة كانت من مرتبة معلم ومعاون.

تم تسجيل البيانات المتحصل عليها من أجل الحالة الدراسية في استمارة الرصد المخصصة لذلك من المشاريع الخمسة (جدول رقم 1). بعد تجميع عدد المشاهدات من الجولات العشوائية للعمل الفعال الفعلي للعمال المشاركين بالعملية كافّة، وكذلك تحديد الوقت الضائع يمكن أن نحسب قيمة العمل الفعال الفعلي للعملية على شكل نسبة:

$$\text{Activity rating} = \frac{No.\ observed\ active \times 100\ percent}{Total\ No.\ observed}$$

وبشكل مشابه تحدد قيمة التوقفات مأخوذة كنسبة أيضاً. ومن خلال جداء نسبة قيمة العمل الفعال الفعلي بعدد ساعات الرصد للعملية نحصل على إجمالي العمل الفعال – عامل. ساعة

في نهاية يوم الرصد يتم قياس الإنتاجية المادية المتمثلة بعدد الأمتار المربعة المنجزة من الطينة الإسمنتية.

الجدول: (1) نموذج استمارة الرصد العشوائي

اسم المشروع : مبنى البيئة التاريخ:			العملية الإنشائية: طينة داخلية على الودع حتى 4 م.				درجة الحرارة: الرطوبة النسبية:		
رقم الجولة (المشاهدة)	زمن الجولة	نوع العمل	عامل1	عامل2	عامل3	عامل4	عامل5	....
1	7.3	عمل فعلي	•	•				•
		العمل متوقف			•	•	•	
2	7.5	عمل فعلي	•	•	•		•	•
		العمل متوقف				•		
..	8.1	عمل فعلي	•			•	•	
		العمل متوقف		•	•			•

جرت معالجة هذه البيانات احصائياً وتم تلخيصها في الجدول (2)، حيث أدرجنا بيانات الإنتاجية Y_i وبيانات المتحولات الثلاثة المتمثلة بعدد العمال X_{1i} وساعات العمل الفعلية X_{2i} والوقت الضائع X_{3i}.

ولتحديد طبيعة العلاقة بين هذه المتحولات واستخدام تلك العلاقة في التنبؤ بقيم الإنتاجية (المتحول التابع Dependent Variable) من أجل قيم محددة للمتحولات الأخرى (المتحولات المستقلة Independent Variable)، لجئنا لأسلوب الانحدار الخطي المتعدد (Multiple Linear Regression Model) واستخدمنا لذلك البرنامج الإحصائي SPSS.

الجدول (2)المتحولات الناجمة عن خلاصة بيانات الرصد لعملية تنفيذ الطينة الأسمنتية على الودع

الرقم المتسلسل	Yi	X1i	X2i	X3i
1	30.55	12	2.40	1.65
2	60.24	14	5.20	1.10
3	20.54	8	3.60	1.30
4	12.60	4	2.40	1.80
5	20.50	6	2.55	1.25
6	21.40	6	2.60	0.60
7	22.10	6	2.50	0.45
8	23.75	8	2.80	1.30
9	21.80	7	2.55	1.40
10	10.65	6	2.20	1.75
11	23.50	6	2.50	0.65
12	7.75	4	1.80	2.65

13	12.30	4	3.10	1.75
14	7.45	4	1.60	2.25
15	11.65	4	2.50	1.80
16	25.20	6	3.80	2.20
17	25.65	6	3.45	1.65
18	8.25	2	2.75	1.65
19	8.85	2	3.10	1.55
20	8.25	2	2.50	1.55
21	15.20	4	3.15	1.40
22	17.45	4	3.90	0.85
23	17.40	4	3.35	0.80
24	5.50	2	2.45	1.90
25	6.05	2	2.25	1.20
26	6.55	2	2.85	1.15
27	18.25	5	3.10	1.70
28	17.95	5	3.25	1.45
29	20.80	6	3.35	0.55
30	11.15	6	1.65	2.45
31	4.50	4	1.25	0.85
32	5.20	4	1.50	0.80
33	9.60	4	2.00	0.85

النتائج والمناقشة:

قمنا بإتباع طريقتين في إدخال ومعالجة البيانات:

الطريقة الأولى: أسلوب الإدخال المتزامن Simultaneous Selection Procedure – حيث تم إدخال جميع المتحولات المستقلة إلى معادلة الانحدار مباشرة فحصلنا على ثوابت المعادلة وفق الجدول رقم (3).

الجدول رقم (3) **Coefficients(a)**

Sig.	t	Standardized Coefficients	Unstandardized Coefficients			
Std. Error	B	Beta	Std. Error	B		Model
.001	-3.749		2.610	-9.784	(Constant)	1
.000	13.648	.776	.227	3.095	Number of Workers	
.000	5.590	.326	.732	4.093	Actual work time	
.137	-1.528	-.082	1.014	-1.550	Wasted time	

a Dependent Variable: PRODUCTIVITY

وبالتالي فإن معادلة الانحدار المتعدد تصبح بالصورة الآتية:

$$Yi = -9.784 + 3.095X_{1I} + 4.093X_{2i} - 1.550X_{3i}$$

ويبين الجدول رقم (4) من قائمة نتائج تحليل الانحدار أن قيمة معامل الارتباط المتعدد (R) تساوي 0.959 والقيمة المعدلة تساوي 0.912 وهي تدل على وجود علاقة قوية بين المتحولات المستقلة مجتمعة والمتحول التابع

(الإنتاجية). وبلغت قيمة معامل التحديد(R^2) مقدار 0.920، وهذا يشير إلى أن نسبة 92% من المتغيرات التي يمكن أن تطرأ على الإنتاجية سببها المتحولات المستقلة مجتمعة وان ما نسبته 9% من المتغيرات التي تطرأ على كمية العمل المنجز من الطينة الأسمنتية سببها متحولات أخرى عشوائية.

الجدول رقم 4 Model Summary

Std. Error of the Estimate	Adjusted R Square	R Square	R	Model
3.13882	.912	.920	.959(a)	1

a Predictors: (Constant), Wasted time, Number of Workers, Actual work time

وبالعودة للجدول رقم (3) في القسم بعنوان Standardized Coefficients في العمود الذي يبين أوزان بيتا (Beta)، نجد أن القيم توضح لنا أن المتحول المستقل – عدد العمال (Number of Worker) هو الأكثر ارتباطاً وتأثيراً بالإنتاجية، وتعني هذه القيم المعيارية أن تغييراً بمقدار انحراف معياري واحد في متحول عدد العمال سوف ينتج عنه تغييراً في الإنتاجية بمقدار 0.776 من الانحراف المعياري لمتحول الإنتاجية. بينما تغييراً بمقدار انحراف معياري واحد في ساعات العمل الفعلية سوف ينتج عنه تغييراً في الإنتاجية بمقدار 0.326 من الانحراف المعياري لمتحول الإنتاجية، وكذلك فإن تغيراً بمقدار انحراف معياري واحد في عدد ساعات الوقت الضائع سوف ينتج عنه تغييراً في الإنتاجية بمقدار 0.082- من الانحراف المعياري لمتحول الإنتاجية. إن هذا الترتيب لقيم أوزان بيتا تؤكده قيم معاملات الارتباط بين المتحول التابع وكل من المتحولات المستقلة الثلاثة في جدول معاملات الارتباط رقم(5)، الذي يبين أن ترتيب هذه القيم هو 0.901 لعدد العمال و 0.637 لساعات العمل الفعلي و 0.164- لساعات الوقت الضائع، أي أن هذه المعاملات لها قيم أوزان بيتا نفسها.

كما نلاحظ أن القيم المعنوية لمعامل الارتباط بين الإنتاجية وعدد العمال وساعات العمل الفعلية صغيرة جداً من مرتبة 0.000 وهي اقل من 0.05، وهذا يعني أن هناك علاقة معنوية بين المتحول التابع وهذين المتحولين المستقلين، بينما تبلغ القيمة المعنوية لمتغير ساعات الوقت الضائع 0.180 وهي أكبر من 0.05 وتشير إلى أن علاقة الارتباط بين الإنتاجية وساعات الوقت الضائع ضعيفة وغير معنوية.

الجدول رقم(5) Correlations

Wasted time	Actual work time	Number of Workers	PRODUCTIVITY		
-.164	.637	.901	1.000	PRODUCTIVITY	Pearson Correlation
-.015	.378	1.000	.901	Number of Workers	
-.216	1.000	.378	.637	Actual work time	
1.000	-.216	-.015	-.164	Wasted time	
.180	.000	.000	.	PRODUCTIVITY	Sig. (1-tailed)
.467	.015	.	.000	Number of Workers	
.114	.	.015	.000	Actual work time	
.	.114	.467	.180	Wasted time	
33	33	33	33	PRODUCTIVITY	N
33	33	33	33	Number of Workers	
33	33	33	33	Actual work time	

33	33	33	33	Wasted time	

يمكننا أيضاً اختبار فرضية وجود علاقة خطية حقيقية بين المتحولات باستخدام دالة اختبار F التي تمثل النسبة بين متوسط المربعات الذي يعزى للانحدار إلى متوسط مربعات الأخطاء، لذا فإنه لكي تكون العلاقة الخطية حقيقية ومعنوية يجب أن تكون قيمة F كبيرة. وفي حالتنا الدراسية بالعودة إلى جدول تحليل التباين رقم (6) (Regression ANOVA)، نجد أن F تساوي 111.212 وهي كبيرة جداً وكذلك قيمة .Sig (p- value) صغيرة جداً (أقل من 0.005) وهذا يدل على أن نموذج الانحدار الخطي معنوي

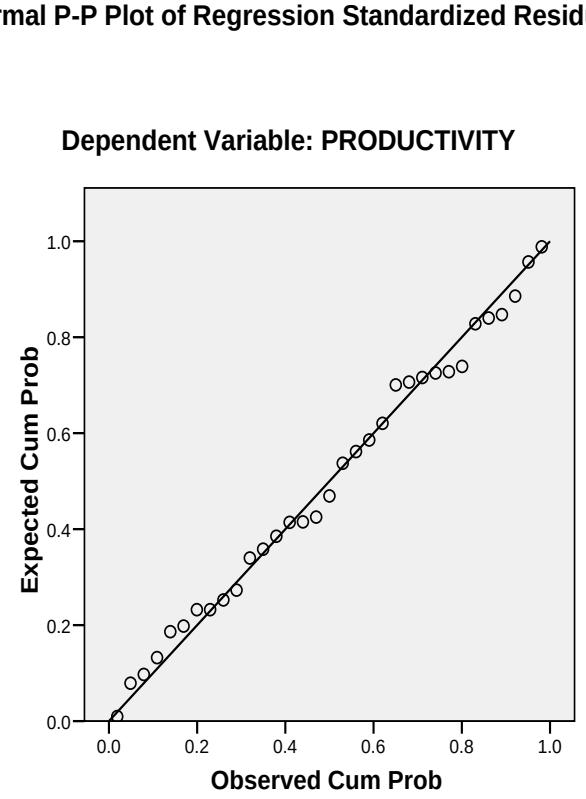
الجدول رقم(6) ANOVA(b)

Sig.	F	Mean Square	df	Sum of Squares		Model
.000(a)	111.212	1095.688	3	3287.065	Regression	1
		9.852	29	285.714	Residual	
			32	3572.779	Total	

a Predictors: (Constant), Wasted time, Number of Workers, Actual work time
b Dependent Variable: PRODUCTIVITY

بين الشكل رقم(1) من قائمة النتائج رسماً يقارن قيم الأخطاء بالتوزيع الطبيعي ونلاحظ أن النقاط قريبة من الخط المستقيم مما لا يشير إلى وجود اختراق خطير لفرضية تحليل الانحدار الخطي، وهي وجوب أن تكون الأخطاء موزعة طبقاً للتوزيع الطبيعي.

الطريقة الثانية: طريقة الإدخال التدريجي Stepwise Selection Procedure: هنا تضاف المتحولات المستقلة واحداً تلو الآخر، ويمكن أن تحذف بالتتالي أيضاً إذا تبين أن مساهمتها لقوة نموذج الانحدار غير معنوية. وبنتيجة التحليل نجد أن البرنامج يقدم حلين (جدول رقم 7) وفق الآتي:



الشكل رقم(1) مقارنة قيم الأخطاء بالتوزيع الطبيعي

-حذف المتحولين المستقلين: ساعات العمل الفعلية وساعات الوقت الضائع والإبقاء على عدد العمال. ونجد هنا أن معامل الارتباط (R) يساوي 0.901 والمعدل – 0.805 وتدل إلى وجود ارتباط جيد، اما معامل التحديد (R^2)، فيساوي 0.811

الجدول رقم(7) Model Summary©

Std. Error of the Estimate	Adjusted R Square	R Square	R	Model
4.66591	.805	.811	.901(a)	1
3.20793	.908	.914	.956(b)	2

a Predictors: (Constant), Number of Workers
b Predictors: (Constant), Number of Workers, Actual work time
c Dependent Variable: PRODUCTIVITY

- حذف المتحول المستقل ساعات التوقف عن العمل ونجد أن معامل الارتباط (R) من أجل هذه الحالة يساوي 0.956 والمعدل- 0.908 وتشير إلى أن العلاقة معنوية بين المتحولين المستقلين (عدد العمال وساعات العمل الفعلية) وبين المتحول التابع (الإنتاجية).

الاستنتاجات والتوصيات:

1- يُعدُّ القياس منطلق لتقييم الواقع وتحسين مؤشرات الأداء، عليه فإن تحسين الأداء الإنتاجي لمشاريع البناء والتشييد في سورية لا بد أن يبدأ من قياس إنتاجية العمليات الإنشائية وإيجاد أدوات أكثر فاعلية لحسابها.

2- تقدم علاقة الانحدار الخطي المتعدد أداة جيدة لحساب إنتاجية العمليات الإنشائية بدرجة ثقة عالية عن طريق قياس المتحولات المرتبطة بعدد العمال وساعات العمل الفعلية وساعات الوقت الضائع، وهي تعطي نتائج أكثر دقة من علاقة الانحدار الخطي البسيط في حالة الاعتبار فقط للمتحول المرتبط بعدد العمال، حيث بلغت قيمة معامل الارتباط في حالة علاقة الانحدار المتعدد 0.959 وانخفضت في حالة الانحدار البسيط إلى 0.901

3- إن متحول عدد العمال يُعدُّ من أهم العوامل المساهمة بشكل قوي في قياس الإنتاجية، فإن الأسلوب المتبع في قياس الإنتاجية في سورية بالاستناد إلى هذا العامل، يُعدُّ مقبولاً على أن تستخدم (في الحد الأدنى) معادلة انحدار بسيط وعلى أن تقدر الإنتاجية للعامل أو مجموعة العمال بالساعة بدلاً من اليوم كأساس لاعتماد المعايير التخطيطية والتحكم بالوقت الضائع.

4- يؤكد التحليل الذي أجريناه على أهمية المتحول المتعلق بساعات العمل الفعلية في قياس الإنتاجية، حيث بينت علاقة الانحدار البسيط بينه كمتحول مستقل وبين المتحول التابع (الإنتاجية) على وجود علاقة ارتباط جيدة، حيث بلغت قيمة (R) – 0.637

5- يمكن إسقاط المتحول المتعلق بساعات الوقت الضائع من علاقة قياس الإنتاجية كون تأثيره غير معنوي،

إلا أن الأهمية الأساسية لهذا المتحول تتجلى في أن عملية قياسه تعتبر المنطلق في تحديد الموقف والخلل الإنتاجي من أجل المعالجة والتطوير اللاحق. وبالعودة إلى نتائج الحالة المدروسة نجد أن متوسط ساعات الوقت الضائع لعينة البحث يساوي 1.355 وبلغ متوسط ساعات العمل الفعلية 2.75 أي أن الوقت الضائع يشكل نسبة 33% من إجمالي وقت العمل. تعدّ هذه النسبة كبيرة جداً وتشكل خسارة مهمّة في كمية الإنتاج وتكلفته وتشكل مساهمة في تفسير جوانب الخلل، مما يقتضي إجراء دراسات بحثية معمقة لحصر ومعالجة العوامل المسببة لذلك.

6- إن نسبة متوسط ساعات العمل الفعلية التي بلغت في عينة البحث 67% من إجمالي وقت العمل، هي في الواقع أقل من ذلك من حيث مدى كفاءة استغلال الزمن، فإن الدراسة الفنية والتنظيمية والتحليلية لطرائق العمل تعدُّ ضرورية لتحديد الحلول الأفضل للاستفادة من الزمن.

7- إن تحديد صيغ رياضية، تعتمد على قياس العمل وعينات الرصد والمعالجة الإحصائية لقياس إنتاجية العمليات الإنشائية، يقدم أدوات تخطيطية مهمّة ومساعدة في إدارة المشاريع الإنشائية، ولذلك فإننا نوصي بإتباع هذه المنهجية على مستوى المؤسسات العاملة في صناعة البناء والتشييد وإجراء مراجعة ومسح منهجي شامل واستنباط علاقات رياضية مناسبة لمختلف العمليات الإنشائية تتضمن جميع المتغيرات المؤثرة في سبيل تطوير إدارة التقديرات الإنتاجية لعمليات ومشاريع صناعة التشييد.

المراجع:

1- الخطة الخمسية العاشرة 2006 2010 – قطاع البناء والتشييد، الفصل السادس عشر، الجمهورية العربية السورية، هيئة تخطيط الدولة، دمشق 2005.

2- جراد، فايز ؛عمران،جمال؛ زغبور، هديل. *تطوير منهجية تجنب التأخيرات في مشاريع التشييد السورية*، مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية- سلسلة العلوم الهندسية المجلد (29) العدد (3)، 2007، 55-73.

3- *Measuring Productivity in* Construction, Report A-1, September 1982, Reprinted 1985, New York, 19/ 02/ 2010 www.curt.org/pdf/MeasuringProductivity.pdf

4- TAQUE, B.M.; GERGEAS, G. *Productivity Improvement on Alberta major construction project.* Phase 1-Back to basics, Construction Productivity Improvement Report/Project Evaluation Tool/May 2002, 19/ 02/ 2010. www.assembly.ab.ca/lao/library/egovdocs/alet/2002/154992.pdf -

5- KEMPPILA, S.; LAITINEN, H.; METTANEN, P. Labour Productivity, Profitability and Safety At Finnish Construction Sites, 01/ 05/ 2010 *www.tut.fi/units/tuta/teta/mittaritiimi/julkaisut/Labour_Productivity.pdf*

6- Microsoft PowerPoint - 1SQCA (Enhancing Productivity in the *Bhutanese Construction Industry*, File Format: PDF/Adobe Acrobat - Quick View Enhancing**.** Productivity in the**.** Bhutanese**.** Construction Industry**. 1.** SQCA/DW**.** Overview**.** ▌Productivity? ▌Measurement of Productivity ..., 01/05/2010 www.mowhs.gov.bt/.../1SQCA%20(Enhancing%20Productivity%20in%20the%20Bhutanes...

7- AACE International Recommended Practice No 22R-01 *Direct Labor Productivity Measurement- As Applied in Construction and major Maintenance Projects*, Copyright 2004, AACE, inc, 19/ 02/ 2010. www.aacei.org/technical/rps/22r-01.pdf

8- دليل تحليل الأسعار لأعمال البناء والتشييد، وزارة الإسكان والتعمير، دمشق، 2009، 351.

9- CALVERT, R.E.; BAILEY, G. *Introduction to Building Management*, 6th edition, NEW NES, Great Britain, 1996, 392.