مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (29) العدد (3) 2007
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol. (29) No. (3) 2007

استخدام المحاكاة لتحسين إنتاجية رفع ونقل البلوك في مشاريع الأبنية السورية

الدكتور حمزة علي*

(تاريخ الإيداع 9 / 4 / 2007. قُبِل للنشر في 2007/7/26)

□ الملخّص □

تعتبر تقنية محاكاة العمليات الإنشائية من الأدوات الهامة والمساعدة في اتخاذ القرار الهندسي والتي تهدف إلى تحسين الإنتاجية عن طريق الاستخدام الأمثل للموارد البشرية والآلية اللازمة لتنفيذ العمليات في مختلف المشاريع الهندسية.

يقدم هذا البحث نموذجا تم تصميمه اعتمادا على مبدأ شبكة العمليات الدائري والمعروف باسم (CYCLONE) يحاكي النموذج عملية رفع ونقل البلوك في مشروعات الأبنية السكنية والتجارية، كما يستخدم بيانات فعلية تم جمعها حقليا من الورشة بهدف إجراء مقارنة بين النتائج الحقلية ومخرجات النموذج لتحديد إمكانية استخدام هذا النموذج في تحسين إنتاجية عمليات مشابهة في مشاريع لاحقة. تم تجريب ثلاثة منحنيات احتمالية هي التوزيع المثلثي والطبيعي بالإضافة إلى استخدام القيم الثابتة في تحديد أزمنة مختلف المهام التي تتضمنها عملية رفع ونقل البلوك، أظهرت النتائج ارتفاع الإنتاجية المحسوبة باستخدام النموذج عن الإنتاجية الحقلية بمقدار لا يتجاوز 3% مما يؤكد إمكانية اعتبار هذا النموذج وبدرجة كافية من الدقة ممثلا للعملية الإنشائية ويمكن استخدامه لتحسين إنتاجية هذه العملية لاحقا كما أظهرت النتائج أفضلية استخدام التوزيع المثلثي وأخيرا تم دراسة تأثير تغير أزمنة بعض المهام على الإنتاجية بهدف تحديد العدد الأمثلي للموارد البشرية المستخدمة في هذا النموذج.

كلمات مفتاحية: إدارة مشاريع– محاكاة – إنتاجية البلوك.

* مدرّس في قسم الإدارة الهندسية والإنشاء – كلية الهندسة المدنية – جامعة البعث – حمص – سورية.

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (29) العدد (3) 2007
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol. (29) No. (3) 2007

Using Simulation Technique to Improve Brick Lifting and Transporting in Syrian Building Projects

Dr. Hamza H. Ali *

(Received 9 / 4 / 2007. Accepted 26/7/2007)

□ ABSTRACT □

Designing construction operations for productivity improvement is an important tool for making the right engineering decision regarding the optimal employment of machinery and human resources needed to accomplish these operations.

This paper presents a simulation model designed based on CYCLONE elements to simulate lifting and transporting of the brick in many commercial and residential buildings. The model uses actual data collected from field. These data are used to test the model designing accuracy for further productivity improvements.

Three probability density functions (triangular, normal, and deterministic) were used to model the random duration of several tasks involved in the proposed operation.

Results showed that triangular distribution is well fitted and the model productivity is only 3% higher than the actual productivity. This means that it is possible to use this model in improving the productivity of later operations.

The model was tested to determine optimal performance of the human resources used in the model.

Key words: project management- simulation-brick productivity.

* **Assistant Prof. Department of Construction Management, Civil Engineering Faculty, Albaath-University, Homs, Syria.**

مقدمة:

تستخدم تقنية المحاكاة بشكل كبير كأداة مساعدة في اتخاذ القرار لعمليات البناء في المشاريع الهندسية، وقد أعطت نتائج جيدة في هذا المجال [1].

يقوم المقاولون بتنفيذ الأعمال الإنشائية اعتمادا على الخبرة التي اكتسبوها من مشاريع سابقة لأعمال مشابهة وغالباً تكون النتائج غير مرضية في حال تغيرت ظروف التنفيذ بشكل طفيف أو كبير لذا اتجهت الأبحاث نحو تطوير نظم برمجية لمحاكاة العمليات الإنشائية بهدف تحديد الأسلوب الأمثل للتنفيذ الذي يأخذ تغير ظروف التنفيذ بعين الاعتبار ويستخدم الموارد بشكل أمثل لتحقيق معدلات مرتفعة للإنتاجية الحقلية ويجب أن تبتعد هذه النماذج عن التعقيد قدر الإمكان بحيث يصبح استخدامها مشجعا لمختلف الأعمال، ولتحقيق ذلك طور الباحث هالفن عام 1973. [2] طريقة تخطيطية لنمذجة العمليات الإنشائية (Cyclic Operation Networks) والتي تعرف الآن باسم (CYCLONE) وكانت أكثر الطرق شيوعا حيث يتم استخدام مجموعة من عناصر التمثيل من أجل تصميم نموذج الشبكة الممثل للعملية الإنشائية المراد محاكاتها باستخدام الحاسب الآلي. تحدد عناصر التمثيل الأنشطة التي تتضمنها العملية الإنشائية وأماكن توقف الموارد اللازمة لإتمام العملية وكذلك اتجاه تدفق الموارد المختلفة وانتقالها من الحالة الخاملة (توقف أو انتظار) إلى الحالة النشطة (عملها في نشاط معين).

يعتبر تصميم وبناء النموذج من أهم مراحل المحاكاة ولا بد من أن يحوي النموذج كافة العمليات التي تجري في الواقع حتى نضمن أن يحاكي هذا النموذج الواقع الفعلي للعملية الإنشائية.

من أجل تصميم النموذج لا بد من تحديد كافة المهام أولا وتحديد كيفية تنفيذها وأخيرا تحديد تتالي وترتيب هذا التنفيذ وتجري عملية التصميم بالتجريب والتصحيح المستمر وصولا إلى أفضل تصور للعملية المراد تنفيذها حيث يجري بعد ذلك حسابها وتحليلها باستخدام الحاسب الآلي.

إن استخدام طريقة محاكاة العمليات الإنشائية اعتمادا على أسلوب شبكة العمليات الدائري أدى إلى تحسين إنتاجية مختلف العمليات الإنشائية[3]، حيث استخدم في تحسين إنتاجية مجابل البيتون وكذلك في عمليات صب البيتون وقد وصلت الزيادة في إنتاجية هذه العمليات إلى أكثر من 20 % [2].

كذلك استخدمت هذه الطريقة لتقدير إنتاجية عملية دق الأوتاد وقد توصل الباحثون إلى أنه يمكن التنبؤ بأكثر من 79% من خرج النموذج بدرجة دقة تصل إلى 75 % [3]. كما استخدمت طريقة العمليات الدائرية للتحقق من بعض البرامج الحاسوبية التي تساعد في اختيار قوافل الشاحنات والتركسات في أعمال حفر ونقل التربة حيث ساعدت هذه الطريقة في تحديد المنحنيات الاحتمالية المثلى والتي تستخدم لتحديد أزمنة تنفيذ مختلف المهام التي تتضمنها هذه الأعمال [1]. وفي دراسة لهما[5] استخدم الباحثون المحاكاة في دراسة تأثير زمن رحلة الشاحنة على إنتاجية نظام حفر ونقل التربة كما حددا العلاقة بين عاملين الأول هو زمن رحلة الشاحنة من التحميل وحتى التفريغ والعودة أما الثاني فهو زمن انتظار الشاحنة في مرحلة التحميل، وقد تبين أن هذه العلاقة تتغير بتغير القيم وأن أهم العوامل المؤثرة على الإنتاجية هي عدد الشاحنات وزمن رحلة الشاحنة وكذلك معدل التحميل واستخلص الباحثون في هذه الدراسة أن الإنتاجية لن تزداد بشكل آلي بمجرد زيادة عدد الشاحنات المستخدمة.

يظهر هذا البحث كيفية تطبيق المحاكاة على عملية رفع ونقل البلوك المستخدمة بكثرة في المباني المتعددة الطوابق (1–7 طوابق) بهدف تحسين إنتاجية هذه العملية عن طريق الاختيار الأمثل لعدد الموارد البشرية التي تناسب ظروف كل عملية على حدة وقد تم إجراء هذا البحث خلال العام (2006-2007) م.

أهمية البحث وأهدافه:

يعتبر استخدام المحاكاة بهدف نمذجة هيكلية العمليات في الورشة إحدى طرق التواصل بين مختلف الكوادر المسؤولة عن تنفيذ العمليات وإحدى وسائل التوثيق التي تستخدم لنقل الخبرة وشرح تكنولوجيا التنفيذ لجميع العاملين والمهتمين في هذا المجال، لذا تكمن أهمية هذا البحث في توضيح استخدام تقنية المحاكاة كأداة مساعدة في اتخاذ القرار في مجال أمثلية استخدام الموارد البشرية والآلية ومن ثم استخدام النموذج المراد تصميمه كأحد النظم المساعدة في اتخاذ القرار لعمليات رفع ونقل البلوك.

تم تحديد أهداف هذه الدراسة بما يلي:

1. تصميم نموذج محاكاة عملية رفع ونقل البلوك في المباني لدراسة إمكانية تحسين إنتاجية هذه العملية.
2. استنتاج منحنيات التوزيع الاحتمالية المناسبة لمختلف المهام التي تتضمنها هذه العملية بهدف استخدامها في عمليات لاحقة.
3. مقارنة نتائج نظام المحاكاة التصميمي مع النتائج المستخلصة في الواقع لتحديد مدى الثقة في النظام المقترح ودراسة حساسية النظام لبعض التغيرات في أزمنة المهام المختلفة.

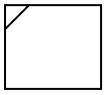
طريقة البحث ومواده:

استخدم هذا البحث منهجا تحليليا متطورا معتمدا على منهجية ومصطلحات شبكة العمليات الدائري (CYCLONE) في تصميم النموذج المقترح كذلك تم جمع البيانات اللازمة لعمل النموذج من الورشة ولعمليات حقيقية، كما تم استخدام برنامج المحاكاة والمعروف بالاسم نفسه في تحليل النموذج المقترح وتحديد درجة الوثوقية به.

شبكة العمليات الدائري (CYCLONE):

تم تطوير شبكة العمليات الدائري لنمذجة العمليات الإنشائية بمعهد التكنولوجيا في جورجيا تحت إشراف الباحث " هالفن"[2] ويستخدم هذا النظام عناصر النمذجة الأساسية الموضحة في الجدول (1). حيث يستخدم رمز المستطيل بزاوية مثلثية للتعبير عن مهمة مرتبطة بعدد من الموارد التي تحدد بدأها وتدعى بالمهمة المقيدة حيث لا يمكن لهذه المهمة البدء قبل توفر جميع الموارد اللازمة لها، ويستخدم رمز المستطيل فقط للتعبير عن المهمة الغير مرتبطة بأية موارد تقيد بدأها وإنما تبدأ بمجرد انتهاء المهمة المقيدة وتدعى بالمهمة العادية، يتم تمثيل الموارد في حال التوقف بدائرة على شكل الحرف Q، وكذلك يتم استخدام رمز الدائرة لإدخال عنصر وظيفي للنموذج يقوم بأداء وظيفة معينة كتقسيم مهمة أو تجميع أعمال مهمة ما كما يمكن استخدامه لمعرفة عدد دورات النموذج خلال مدة معينة وهو بذلك يلعب دور المراقبة والتحكم وأخيرا يستخدم السهم للتعبير عن التدفق المنطقي لحركة الموارد والمهام.

الجدول (1) مكونات نموذج العمليات الدائري (CYCLONE)

العنصر	الرمز	الوظيفة
مهمة مقيدة		يسبق هذا العنصر انتظار الموارد قبل أن يبدأ
مهمة عادية		يشبه هذا العنصر عنصر تمثيل المهمة المقيدة ولكن الموارد التي تدخل هذا العنصر تغادر مباشرة
انتظار مورد		يسبق هذا العنصر عنصر تمثيل المهمة المقيدة ويمثل أماكن انتظار الموارد حيث يمكن إحصاء فترات توقفها خلال مدة المحاكاة
عنصر وظيفي		يتم استخدام هذا العنصر في النموذج لأداء مهمة معينة
السهم		يحدد التدفق المنطقي لمكونات النموذج

نمذجة نظام رفع ونقل البلوك:

يعتبر تصميم النموذج الممثل للعملية المراد محاكاتها هو الخطوة الأولى لاستخدام نظام العمليات الدائري (CYCLONE)، يوضح الشكل (1) النموذج العام لنظام رفع ونقل البلوك الذي تم تصميمه في هذا البحث باستخدام عناصر النمذجة الموضحة في الجدول (1).

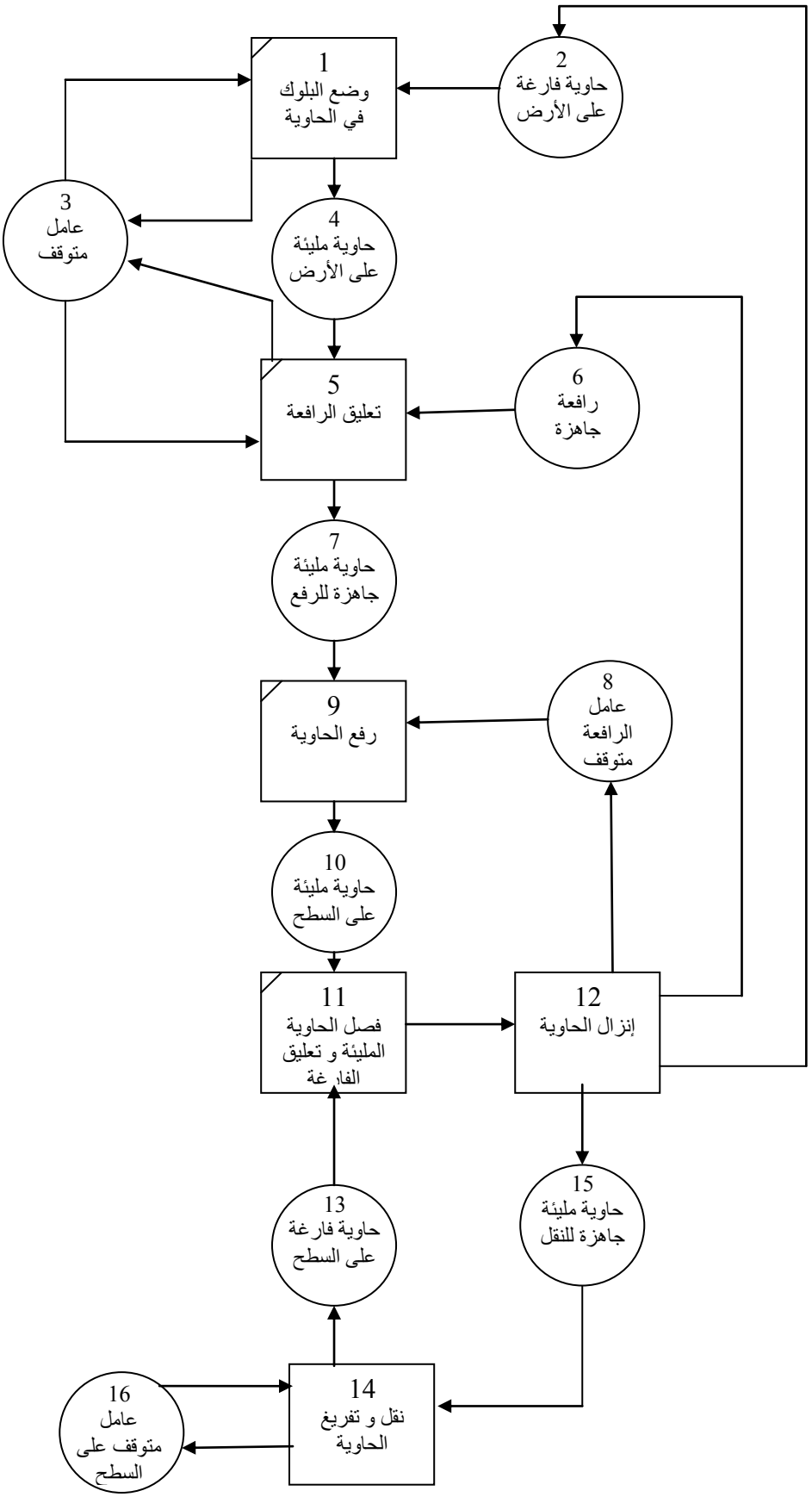
<u>تحليل وشرح النموذج:</u>

يحوي النموذج المقترح لمحاكاة عملية رفع ونقل البلوك الدورات الأساسية التالية (الشكل –1–):

1. دورة الحاوية 2. دورة الرافعة 3. دورة العمال.

1. دورة الحاوية: وهي تمثل رحلة الحاوية من سطح الأرض حيث يتم تحميلها بالبلوك وحتى السطح حيث يجري تفريغ البلوك منها وتمثلها العناصر 1–4–5–7–9–10–11–15–14–13 وإعادتها إلى الأرض مرة أخرى ممثلة بالعناصر 11–12–2، وهنا تجدر الإشارة إلى ضرورة استخدام عدد من الحاويات يضمن استمرارية عمل النظام ويحقق الإنتاجية المثلى وهذا ما سيتم تقريره اعتمادا على برنامج المحاكاة.
2. دورة الرافعة: وتمثلها العناصر 5–6–7–9–10–11–12 وفي هذه الدورة سيتم دراسة تأثير زمن الرفع والإنزال على إنتاجية النظام حيث إن إنقاص هذه الأزمنة لا يؤدي بالضرورة إلى تحسين إنتاجية النظام نظرا لتعلق الأخيرة بعوامل أخرى مثلا وصول الحاوية المليئة إلى السطح في الوقت الذي يكون عامل تفريغ البلوك ما يزال منهمكا في تفريغ حمولة الحاوية السابقة.
3. دورة العمال: يجب اختيار عدد العمال في هذه العملية الإنتاجية بالشكل الذي يجعل فترات الانتظار والتوقف أقل ما يمكن وفي هذا البحث سيتم دراسة تأثير زيادة عدد العمال على السطح للقيام بمهمة تفريغ البلوك.

يوضح الجدول (2) كافة وظائف عناصر النموذج المقترح لمحاكاة عملية رفع ونقل البلوك.



الشكل (1) نموذج العمليات الدائري لرفع البلوك ونقله.

الجدول (2) وظائف عناصر نظام محاكاة رفع ونقل البلوك

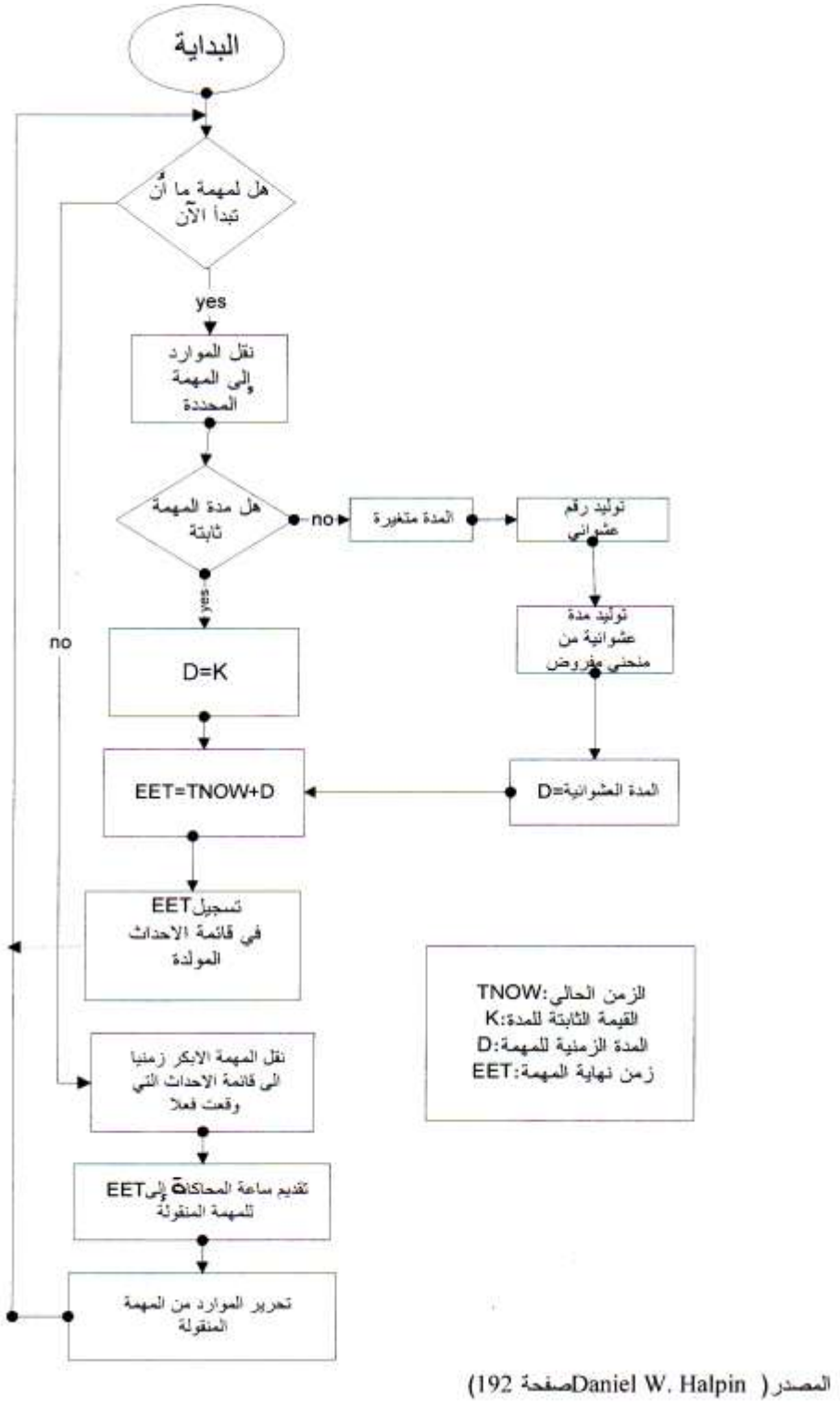
العنصر	النشاط	الوصف
1	وضع البلوك في الحاوية	محاكاة عملية وضع البلوك في الحاوية من قبل العامل في العنصر 3 وبوجود حاوية فارغة في العنصر 2 وزمن هذا النشاط احتمالي تم استنتاجه من مراقبة العملية في الورشة لعدد معين من المرات 400 مرة
2	حاوية فارغة	يحجز هذا العنصر الحاوية الفارغة التي تم إنزالها بعد تفريغها على السطح ليتم ملؤه من قبل العامل في العنصر 3
3	عامل متوقف	يحجز هذا العنصر العامل حتى يتم توفير الحاوية في 2 وهذا العنصر يحوي عددا صحيحا يمثل عدد العمال المستخدمين لوضع البلوك في الحاوية
4	حاوية مليئة	يحجز هذا العنصر الحاوية المليئة بانتظار وصول حبل الرافعة
5	تعليق الرافعة	يجري تعليق الرافعة بالحاوية المليئة من قبل العامل 3
6	رافعة جاهزة	تمثل انتظار حبل الرافعة لتعليقه بالحاوية المليئة
7	حاوية مليئة	تمثل حالة الحاوية المليئة الجاهزة للرفع بتوفر العامل 8
8	عامل متوقف	تمثل عامل الرافعة الذي يقوم بمهام الرافعة
9	رفع الحاوية	محاكاة رفع الحاوية إلى السطح وتم افتراض مدة ثابتة لهذا النشاط نظراً لعدم وجود مؤثرات ذات أهمية على عملية الرفع التي تجرى آلياً
10	حاوية مليئة على السطح	تمثل حالة الحاوية المليئة على السطح بانتظار الفصل
11	فصل الحاوية المليئة وتعليق الفارغة	محاكاة عملية فصل الحاوية المليئة بعد وصولها إلى السطح و تحرير حبل الرافعة ليتم وصل حاوية فارغة استعداداً للنزول
12	إنزال الحاوية	تم افتراض مدة ثابتة لزمن وصول الحاوية إلى الأرض
13	حاوية فارغة	تحجز الحاوية بعد تفريغها من قبل عامل السطح
14	نقل و تفريغ الحاوية	محاكاة عملية نقل و تفريغ الحاوية على السطح من قبل العامل 16 وبوجود حاوية مليئة في 15 وهذا الزمن احتمالي
15	حاوية مليئة	تحجز الحاوية المليئة بعد وصولها إلى السطح
16	عامل متوقف	تحجز العامل على السطح بانتظار وصول حاوية مليئة

<u>آلية عمل نظم المحاكاة:</u>

تقسم عملية المحاكاة إلى قسمين رئيسيين:

القسم الأول: ويدعى قسم توليد الأزمنة (Generation phase) وفيه يتم توليد الأزمنة اللازمة لتنفيذ مختلف المهام وذلك باختيار منحني التوزيع الأكثر ملاءمة لمدة تنفيذ المهمة في الواقع و يتم تسجيل هذه الأزمنة في قائمة خاصة تدعى قائمة الأحداث المولدة.

القسم الثاني: ويدعى قسم التقديم (Advance phase) تدخل عملية المحاكاة هذا القسم عندما لا تتمكن عملية ما من البدء عند الزمن الحالي لساعة المحاكاة فيتم تقديم الساعة إلى نقطة زمنية مستقبلية حيث يمكن عندها لعملية ما البدء ويتم تحديث النظام ليعكس التغيرات الحاصلة بين الزمن الحالي وبين الزمن الجديد الذي تم تقديم الساعة إليه ويبين الشكل (2) المخطط المنهجي لعملية المحاكاة.



المصدر(Daniel W. Halpinصفحة 192)

الشكل (2) المخطط المنهجي لعملية المحاكاة

جمع البيانات:

من أجل تحديد الأزمنة الحقيقية للمهام المختلفة في نظام رفع ونقل البلوك تمت مراقبة العملية في عدد من الورشات وفي مباني سكنية مختلفة الارتفاع (تم جمع العينات حتى ارتفاع أربعة طوابق) تابعة للقطاع العام ويبين الجدول (3) القيم الصغرى والعظمى والمتوسطة المستنتجة لكل مهمة مع الإشارة إلى أن بعض المهام التي يمكن اعتبار مدتها ثابتة كزمن رفع وإنزال الحاوية حيث يتعلق هذا الزمن بشكل أساسي بمسافة الرفع، كما بلغ عدد العينات المأخوذة حوالي 500 عينة (ملاحظة)

استخدمت ساعة رقمية لتسجيل مدة كل مهمة يتضمنها نموذج المحاكاة وبعد ذلك تم تحديد القيم الثلاث الخاصة بكل مهمة.

الجدول (3) البيانات الحقلية لأزمنة مهام نموذج المحاكاة

العملية	المدة الزمنية (ثانية)			ملاحظات
	الصغرى	المتوسطة	العظمى	
وضع البلوك في الحاوية	40	50	80	سعة الحاوية 14 بلوكة
تعليق الرافعة بالحاوية المليئة	5	7	20	
رفع الحاوية	60	60	60	الارتفاع لا يتجاوز 12 متراً
فصل الحاوية المليئة وتعليق الفارغة	5	7	15	
إنزال الحاوية	30	30	30	
نقل وتفريغ الحاوية المليئة على السطح باستخدام عامل واحد	110	125	140	مسافة النقل لا تتجاوز 10 أمتار

ملف الإدخال لبرنامج المحاكاة:

يتكون ملف الإدخال لبرنامج المحاكاة من جزأين الجزء الأول (ACTIVITY DATA) وهي البيانات الخاصة بمختلف العمليات التي يتضمنها نموذج المحاكاة مثل اسم العملية ومعاملات منحنيات التوزيع الاحتمالية الخاصة بأزمنة العمليات وكذلك منطق شبكة العمليات (PREDECESSORS, SUCCESSORS)، أما الجزء الثاني (QUEUE DATA) فهو البيانات الخاصة بعناصر تمثيل الموارد كاسم العنصر وعدد الموارد فيه في بداية المحاكاة. يبين الشكل (3) جزء من ملف الإدخال الخاص بالنموذج قيد الدراسة.

```
SIM TIME LIMIT= 14400.00 PRODUCTION LIMIT=   200.00 FOR ACTIVITY  14
A DATA STRUCTURE LISTING IS DESIRED
A LISTING OF EVENT TIMES IS DESIRED
INITIAL SEED IS INTERNAL :=  1143409440

ACTIVITY DATA
-------------
< NO>< DURATION PDF & PARAMETERS><        PREDECESSORS        ><          SUCCESSORS
=============================================================================================
puting brick in container
    1 6   40.000   50.000   80.00    2    3    0    0    0    0    4    3    0    0
gill the lever
    5 6    5.000    7.000    8.00    4    6    0    0    0    0    7    0    0    0
lefting the container
    9 1  140.000     .000     .00    8    7    0    0    0    0   10    0    0    0
uncouple full container& gill empty
   11 6    5.000    7.000   15.00   10   13    0    0    0    0   12   15    0    0
down container
   12 1   30.000     .000     .00   11    0    0    0    0    0    2    6    8    0
transport and dump
   14 6   60.000   70.000   90.00   15   16    0    0    0    0   13   16    0    0

QUEUE DATA
----------
< NO> <INIT> <GEN>
==================
impty container on bottom
    2      2     0
```

الشكل (3) ملف الإدخال لبيانات نموذج رفع و نقل البلوك

خرج نظام المحاكاة:

يتكون خرج نظام المحاكاة من عدد من الأجزاء:

الجزء الأول فيه عرض تفصيلي لتسلسل تنفيذ العمليات خلال مدة المحاكاة المفروضة يظهر الشكل (4) جزءاً من خرج نظام رفع ونقل البلوك ويظهر فيه رقم العملية (ACT) وزمن بدئها (SET) وزمن انتهائها (EET) في مرحلة توليد الأزمنة (Generation phase) كما تظهر مرحلة التقديم (Advance phase) في العمود الخامس.

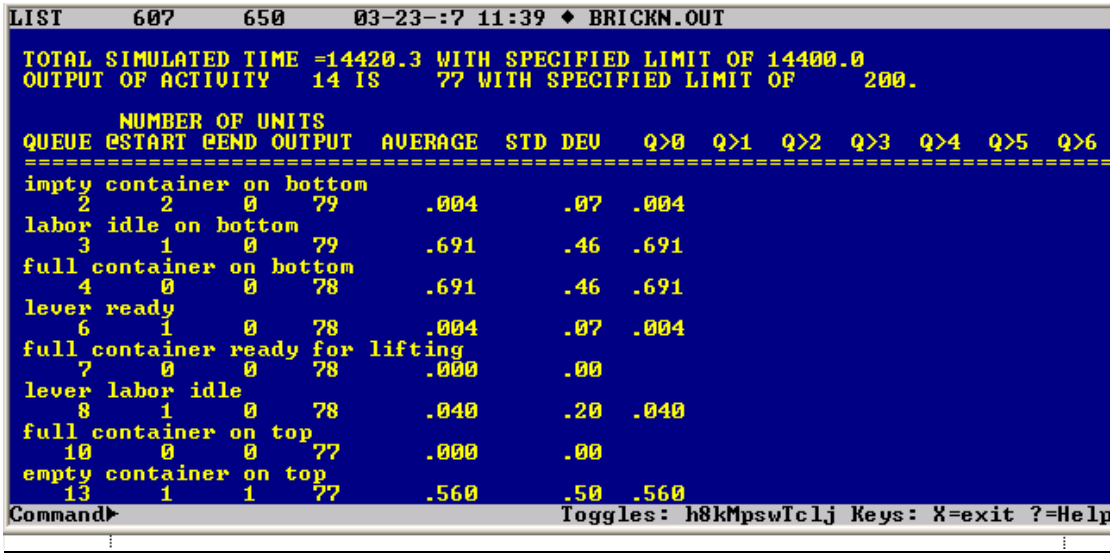
```
LIST     136              03-23-:7 11:39 ◆ BRICKN.OUT

 ACT     SET      EET       ACT     EET

   1      .00    62.49         1    62.49
   5    62.49    68.86         5    68.86
   1    62.49   122.88         1   122.88
   9    68.86   208.86         9   208.86
  11   208.86   217.52        11   217.52
  14   217.52   291.65        12   247.52
  12   217.52   247.52         5   253.82
   5   247.52   253.82        14   291.65
   1   247.52   306.23         1   306.23
   9   253.82   393.82         9   393.82
  11   393.82   404.35        11   404.35
  14   404.35   492.11        12   434.35
  12   404.35   434.35         5   441.34
   5   434.35   441.34        14   492.11
   1   434.35   496.01         1   496.01
   9   441.34   581.34         9   581.34
  11   581.34   587.85        11   587.85
  14   587.85   652.01        12   617.85
  12   587.85   617.85         5   623.91
Command►                  Toggles: h8kMpswTclj Keys: X=exit ?=Help
```

الشكل (4) ملف خرج نظام المحاكاة لمرحلتي توليد الأزمنة (Generation phase) ومرحلة التقديم (Advance phase)

الجزء الثاني ويتضمن بعض البيانات المفيدة حول عناصر تمثيل الموارد مثل متوسط زمن بقاء الموارد في عنصر ما في حالة انتظار (AVERAGE). كما هو موضح في الشكل (5).



LIST 607 650 03-23-:7 11:39 ◆ BRICKN.OUT

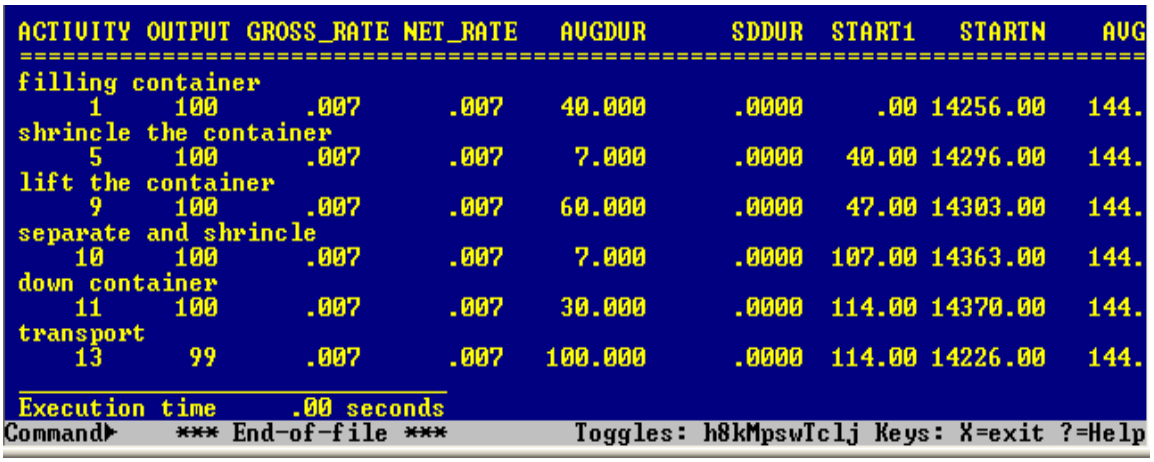
TOTAL SIMULATED TIME =14420.3 WITH SPECIFIED LIMIT OF 14400.0
OUTPUT OF ACTIVITY 14 IS 77 WITH SPECIFIED LIMIT OF 200.

QUEUE	NUMBER OF UNITS @START	@END	OUTPUT	AVERAGE	STD DEV	Q>0	Q>1	Q>2	Q>3	Q>4	Q>5	Q>6
impty container on bottom												
2	2	0	79	.004	.07	.004						
labor idle on bottom												
3	1	0	79	.691	.46	.691						
full container on bottom												
4	0	0	78	.691	.46	.691						
lever ready												
6	1	0	78	.004	.07	.004						
full container ready for lifting												
7	0	0	78	.000	.00							
lever labor idle												
8	1	0	78	.040	.20	.040						
full container on top												
10	0	0	77	.000	.00							
empty container on top												
13	1	1	77	.560	.50	.560						

Command▶ Toggles: h8kMpswTclj Keys: X=exit ?=Help

الشكل (5) إحصائيات عناصر تمثيل الموارد في حالة الانتظار

أما الجزء الثالث فيحوي بعض النتائج الخاصة بعمليات النموذج مثل عدد مرات تنفيذ عملية ما خلال مدة المحاكاة ومن خلالها يمكن حساب إنتاجية هذه العملية خلال مدة المحاكاة كما هو موضح في الشكل (6) حيث يظهر عدد مرات تنفيذ كل عملية تحت عنوان خرج العملية (activity output).



ACTIVITY	OUTPUT	GROSS_RATE	NET_RATE	AVGDUR	SDDUR	START1	STARTN	AVG
filling container								
1	100	.007	.007	40.000	.0000	.00	14256.00	144.
shrincle the container								
5	100	.007	.007	7.000	.0000	40.00	14296.00	144.
lift the container								
9	100	.007	.007	60.000	.0000	47.00	14303.00	144.
separate and shrincle								
10	100	.007	.007	7.000	.0000	107.00	14363.00	144.
down container								
11	100	.007	.007	30.000	.0000	114.00	14370.00	144.
transport								
13	99	.007	.007	100.000	.0000	114.00	14226.00	144.

Execution time .00 seconds

Command▶ *** End-of-file *** Toggles: h8kMpswTclj Keys: X=exit ?=Help

الشكل (6) بيانات عمليات نموذج رفع ونقل البلوك

النتائج والمناقشة:

يمكن لنظم المحاكاة التي تصمم بطريقة شبكة العمليات الدائرية أن تقدم عددا من الإحصائيات المفيدة مثل متوسط زمن الانتظار لمورد ما ضمن عنصر التمثيل Q كما يمكن معرفة إنتاجية مختلف المهام خلال مدة المحاكاة.

من أجل النموذج قيد الدراسة تم حساب الإنتاجية من خلال جداء عدد مرات تنفيذ المهمة 14 والتي تمثل نقل وتفريغ حمولة الحاوية على السطح ضمن الزمن المفروض للمحاكاة بسعة الحاوية والتي تبلغ (14) بلوكة في هذه الدراسة، حيث ظهر أن عدد مرات تنفيذ العملية 14 نقل وتفريغ الحاوية (transport and dump) هو 99 مرة خلال

مدة المحاكاة (الشكل 6) فإذا علمنا أن سعة الحاوية 14 بلوكة تكون الإنتاجية (1386=14*99) بلوكة باستخدام التوزيع الطبيعي و 4 ساعات لزمن المحاكاة ومن الواضح أن الإنتاجية تتأثر بشكل ملحوظ بزيادة حجم الحاوية التي بدورها لها علاقة باستطاعة الرافعة.

ولتنفيذ نموذج المحاكاة لا بد من افتراض المنحني الاحتمالي المناسب لتمثيل مدة كل مهمة وفي هذا البحث تمت مقارنة قيم الإنتاجية استنادا إلى الفرضيات التالية:

1. التوزيع المثلثي باعتماد القيم الموضحة في الجدول (3).
2. التوزيع الطبيعي بقيمة متوسطة وانحراف معياري مستنتج من البيانات الحقلية، كمثال على ذلك عملية وضع البلوك في الحاوية تم اعتبار القيمة المتوسطة لمدة تنفيذ هذه العملية (50 ثانية) هي القيمة المتوسطة للتوزيع الطبيعي بانحراف معياري 30% وهو أقصى انحراف ممكن عن القيمة المتوسطة وتمثلها القيمة العظمى لمدة تنفيذ العملية (80 ثانية).
3. مدة ثابتة لكافة مهام النموذج وتم اختيار القيمة المتوسطة للتعبير عن هذه المدة.

تبين الجداول (4و5و6) مقارنة الإنتاجية المحسوبة من قبل نظام المحاكاة باستخدام التوزيعات الاحتمالية السابقة ولقيم متزايدة لمدة المحاكاة تتراوح من 1 إلى 4 ساعات مع القيم الحقلية المستخرجة من الورشة وتجدر الإشارة إلى أن الإنتاجية الحقلية تم رصدها حتى هذا الزمن (4 ساعات).

الجدول (4) مقارنة الإنتاجية باستخدام التوزيع المثلثي

الزمن (ساعة)	الإنتاجية الحسابية (بلوكة)	الإنتاجية الحقلية(بلوكة)	اختلاف الإنتاجيتين %
1	336	322	**4.53**
2	644	602	**6.97**
3	1008	980	**2.86**
4	1358	1316	**3.19**

الجدول (5) مقارنة الإنتاجية باستخدام التوزيع الطبيعي

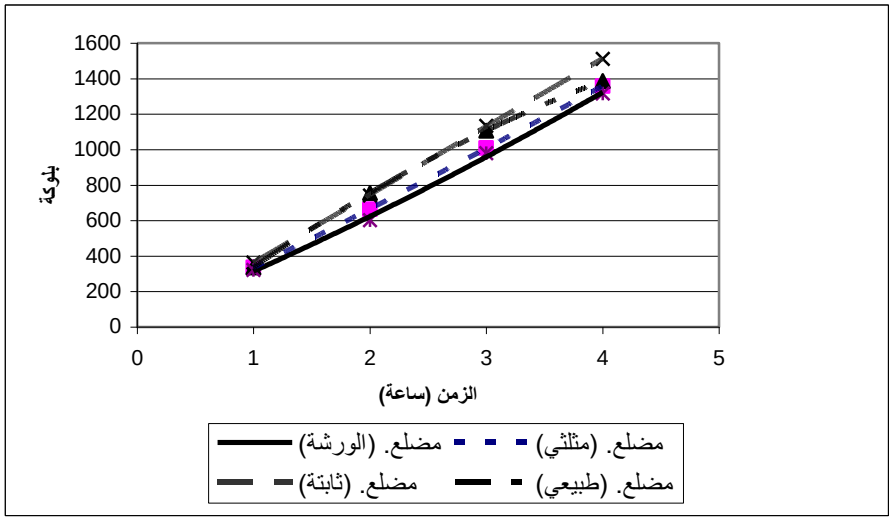
الزمن (ساعة)	الإنتاجية الحسابية(بلوكة)	الإنتاجية الحقلية (بلوكة)	اختلاف الإنتاجيتين %
1	336	322	**4.17**
2	700	602	**16.28**
3	1106	980	**12.58**
4	1386	1316	**5.32**

الجدول (6) مقارنة الإنتاجية باستخدام القيم الثابتة

الزمن (ساعة)	الإنتاجية الحسابية(بلوكة)	الإنتاجية الحقلية(بلوكة)	اختلاف الإنتاجيتين %
1	364	322	**13.04**
2	742	602	**16.28**
3	1134	980	**23.25**
4	1512	1316	**14.89**

استنادا إلى القيم الموضحة في هذه الجداول يمكن اعتبار التوزيع المثلثي هو الأقرب إلى الواقع حيث إن الاختلاف بين الإنتاجية المحسوبة من قبل نظام المحاكاة مع الإنتاجية الحقلية كان بحدود 3% فقط وتجدر الإشارة هنا إلى إن تسجيل قيمة الإنتاجية الحقلية تم في الفترات المنتجة فقط أي تم حذف فترات الاستراحة والتوقف لأسباب لا تتعلق بالعملية الإنتاجية.

يبين الشكل (7) شكلا توضيحيا يوضح نتائج محاكاة النظام باستخدام التوزيعات الاحتمالية السابقة بالمقارنة مع معطيات الورشة وفيه يظهر التقارب بين نتائج المحاكاة باستخدام التوزيع المثلثي والنتائج الحقيقية المستخرجة من الورشة.



الشكل (7) إنتاجية النظام بالمقارنة مع إنتاجية الورشة

من أجل تحسين إنتاجية نظام رفع ونقل البلوك لا بد من إجراء عدد من المحاولات التنفيذية على الحاسب باستخدام برنامج المحاكاة (CYCLONE) تم في المحاولة الأولى دراسة تأثير زمن الرفع على الإنتاجية النظرية حيث أظهرت الدراسة انخفاضاً في قيمة الإنتاجية بمقدار 20.61 % عندما زاد عدد الطوابق من طابق واحد إلى سبعة وفي المحاولة الثانية تم دراسة تأثير زيادة عدد العمال على السطح والمكلفين بنقل وتفريغ البلوك حيث أظهرت النتائج ضرورة استخدام عاملين حتى الطابق الرابع وعامل واحد بعد ذلك نظراً لعدم زيادة الإنتاجية عن حالة استخدام عامل واحد كما هو موضح في الجدول(7)

الجدول (7) تغير إنتاجية نظام رفع ونقل البلوك تبعا لعدد الموارد المستخدمة

الطابق	الأول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع
زمن الرفع (ثانية)	20	40	60	80	100	120	140
عامل واحد على السطح	*1385	1344	1330	1330	1288	1190	1078
عاملين على السطح	2450	2282	1890	1596	1372	1204	1078
زيادة الإنتاجية %	**76.9**	**71.58**	**42.11**	**20**	**6.52**	**1.17**	**0**

* الإنتاجية(بلوكة)

الاستنتاجات والتوصيات:

تم في هذا البحث تسليط الضوء على أحد أهم الأدوات المساعدة في اتخاذ القرار بالنسبة لمهندسي قسم الإدارة الهندسية حيث تم تصميم نموذج محاكاة عملية رفع و نقل البلوك آليا والمستخدمة بكثرة في أعمال تشييد المباني السكنية والتجارية وغيرها من المنشآت وذلك بالاستعانة بمصطلحات شبكة العمليات الدائرية والمعروفة باسم (CYCLONE)، تم اختبار أداء النموذج باستخدام بيانات فعلية من الورشة وبتجريب عدد من المنحنيات الاحتمالية المرشحة لتمثيل أزمنة العمليات وقد أعطى نتائج مقبولة أعلى بقليل من إنتاجية الورشة وبلغت قيمة الزيادة حوالي 3% عن الإنتاجية الحقلية بالنسبة لمنحني التوزيع المثلثي الذي اعتبر أفضل ممثل لأزمنة العمليات التي يتضمنها النموذج.

كما جرى اختبار سبل تحسين الإنتاجية عن طريق تغيير عدد الموارد البشرية في النظام وتبين أن تحسيناً كبيراً يطرأ على الإنتاجية إذا تم استخدام عاملين حتى ارتفاع أربع طوابق ولم يطرأ أي تحسين يذكر بعد ذلك.

أهمل هذا البحث تأثير أولوية التنفيذ بالنسبة للموارد التي تعمل بأكثر من عملية في النموذج ومن الممكن تطويره في أعمال لاحقة ليشمل هذا التأثير.

كما يمكن استخدام تقنية شبكة العمليات الدائرية لنمذجة عمليات أكثر تعقيدا كعمليات تدعيم حفر الخنادق في الأماكن الطرية بهدف إدارة الموارد المستخدمة في هذه العملية بالشكل الأمثل.

المراجع:

1. FOAD, F. ; THOMAS, L. "*Simulation Verifies Queuing Program for Selecting Loader-Truck Fleets*". Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, Vol. 120, No. 2, 1994, 386-401.
2. HALPIN, W.; WOODHEAD, Ronald W. *Design of Construction and process Operations*, First Edition, John Wiley & Sons, Ins, NEW YORK, 1976.
3. HALPIN, W; TAREK, M. *Simulation of Bored Pile Construction*, proceeding of winter simulation Conference, NEW YORK, 2001,1495-1503.
4. PHOTIOS, G. *Discrete Event Simulation System Reference Manual*, UMCEE Report, University of MICHIGAN, No. 89-11,(1990), 3-25.
5. SMITH, D.; OSBORNE, R. ; FORDER, C. *Analysis of Earth Moving Systems using Discrete-Event Simulation*, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE. Vol. 121, No. 4, 1996, 338-396.