محاكاة نظام أوقات عمل وصيانة مكائن ورشة إنتاجية

فارس مهدي علوان

جامعة بغداد/ كلية الإدارة والاقتصاد/قسم الإحصاء

الخلاصة

لقد بدأ الاستخدام الحديث لكلمة المحاكاة في أعمال فون نيومان (Von Newman) في أواخر سنة 1940 عند استخدام المحاكاة مع تحليل مونت كارلو(Mont Carlo) لتطبيق الأساليب الرياضية لإحدى مشاكل الحماية النووية المهمة جدا وذات الكلفة العالية . إلا إن المحاكاة قد أخذت معنى أخر عند ظهور الحاسوب ذات السرعة العالية في بداية الخمسينات لإمكانية استخدامها في وصف ووضع الأنموذج الرياضي على الحاسوب الالكتروني.

المقدمة

إن كلمة المحاكاة عبارة عن مصطلح عام يصف العديد من الفعاليات بما فيها : لعب الأدوار في التجارب الاجتماعية النفسية ، والألعاب الفديوية المعقدة ، والنماذج المصغرة التي بينها المهندسون لاختيار سلوك الجسور والطائرات. لكن حين يستخدم هذا المصطلح أي (المحاكاة) علماء الحاسوب والاحصائيون والإدارة فأنهم يقصدون بها : بناء أنموذج مجرد يمثل نطاقا ما في الواقع قد يكون معقدا أو غير قابل للقياس في الواقع العملي مباشرةً حين حدوث كوارث لذا تصف المحاكاة الجوانب ذات العلاقة في النظام بشكل سلسلة من المعادلات والعلاقات التي تتضمن عادة في برامج الحاسوب .

مثال على ذلك لمعرفة مقدار تحمل سد معين قبل أن ينهار. لا يمكن أن توجد لهذا السد ضربات متكررة من الاهتزازات لمعرفة قابلية تحمله ، وبدلا من ذلك نقدم بناء أنموذج محاكاة يقارن بين قوة السد من جانب وقوة ضربات الزلازل والاهتزازات من جانب أخر وهذا بدوره يوفر للمهندسين مجال رؤيا واسعة للوقت المناسب لعمل الصيانة على هذا السد قبل فوات الأوان .

هدف البحث

تحدث أعطال المكائن في بيئة الإنتاج بكثرة ، وغالبا ما يعين فريق متخصص مهمته الوحيدة هي تصليح الأعطال في المكائن بأسرع وقت ممكن .تكمن المشكلة في تحديد كيف يؤثر عدد المصلحين وكمية المواد الاحتياطية على مدة أعطال الماكنة وبذلك يؤثر أيضا على الطاقة الإنتاجية لورشة التصليح والعمل بأكمله لذا في هذا البحث سوف نقوم ببناء أنموذج محاكاة لورشة عمل تتمثل من 20 ماكنة . لمعرفة إمكانية حدوث العطل وطول الفترة الزمنية لتصليح هذه الماكنة وأيضا طول الفترة الباقية فيها الماكنة في الانتظار. المبحث الأول/ الإطار النظري

اولاً: ما هي المحاكاة

(1-1) النظام System

هناك مفاهيم عديدة يمكن بها توضيح المقصود بالنظام فيمكن القول بأنه ((عبارة عن مجموعة من العناصر والعلاقات التي تربط هذه العناصر بحيث تؤدي غرض معين))

كمثال: القلب البشري والرئتين والأوعية الدموية عبارة عن نظام الغرض منه تزويد أعضاء الجسم البشري بالأوكسجين. المدينة يمكن أن تقدم على أساس كونها نظام الغرض منه الوظائف والسكن والخدمات الاجتماعية الأخرى للساكنين فيها. الطائرة هي نظام يتكون من معدات كهربائية والكترونية وميكانيكية وهيدروليكية ومصممة لرحلات الركاب بشكل امن ومريح .مفهوم دراسة النظام هي دراسة الوظائف هذه والأجزاء التي يتكون منها النظام فجهاز الدوران كأي نظام قد يفشل في لحظة معينة في أداء وظيفته أو المدينة بحاجة إلى تطوير في الخدمات التي تقدمها لساكنيها .

(1-2) فكرة عن بناء نموذج المحاكاة

إن الخطوة الأولى في دراسة المحاكاة ماهي إلا تطوير نموذج يمثل النظام الذي يتطلب استقصاءه . من الواضح إن هذا يتطلب من المحلل أن يكون ذا اطلاع تام بالحقائق التشغيلية للنظام وأهداف الدراسة . بافتراض إن المحلل من المحتمل انه سيحاول تحويل النظام الحقيقي إلى مخطط أانسيابي رئيسي حيث المكونات ربما تجزأ إلى مكونات فرعية. في النهاية يُحلل النظام إلى مجموعة من العناصر وان قواعد تشغيلية فيما يتعلق بها ربما تُعطى . تتنبأ القواعد التشغيلية هذه بألاحداث التي

ستولد بواسطة العناصر المناظرة ، ربما بدلالة التوزيعات الاحتمالية . بعد تحديد العناصر والقواعد والترابطات المنطقية هذه فأن النموذج يجب فحصه كاملا ، قطعة قطعة . يمكن أجراء هذا جزئيا بإنجاز نسخة إجمالية من المحاكاة على آلة حاسبة وتدقيق فيما إذا كان كل مدخل سيستلم من المصدر الصحيح وكل مخرج يكون مقبولا بالنسبة للنموذج الفرعي اللاحق مع ذلك فأن المكونات الفرعية للنموذج أيضا يجب أن تفحص لوحدها للتحقيق من صحة أن أدائها منسجم بشكل مقبول مع الواقع .

(3- 1) أنواع المحاكاة

هناك (3) أنواع من محاكاة بناء النموذج: إحصائي، المستمر والمتقطع. إلا إن ارتباط هذه النماذج لايتوقف عند ظهور النموذج الإحصائي في النموذجين الآخرين ، بل أيضا لوجود أساليب محاكاة مرتبطة تستخدم كلا من الأسلوب المستمر والمتقطع .

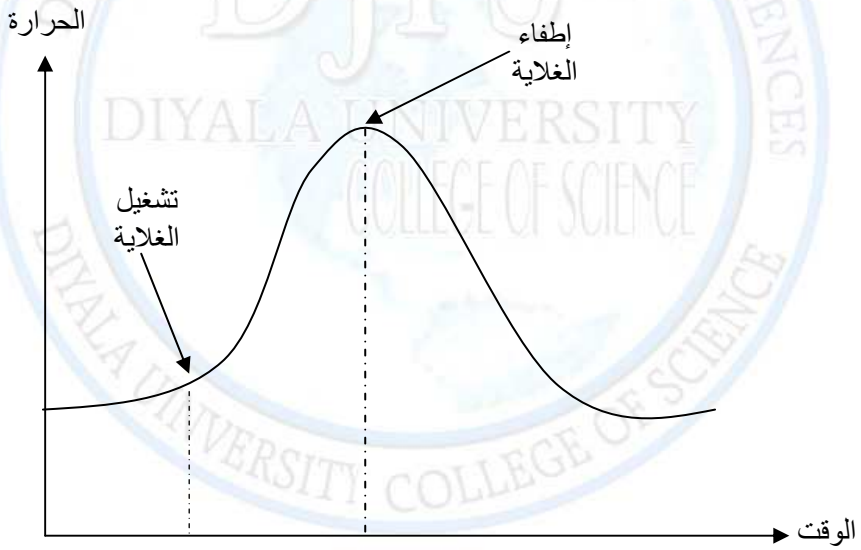
(3- 1- 1) المحاكاة الإحصائية Statistical simulation

يقال عن النظام الذي يخضع لعمليات عشوائية انه متقلب Stochastic في حين يسمى الذي لا يخضع لمثل هذا التقلب محدد deterministic إضافة إلى ذلك فالنظام الذي لايتغير مع الزمن يدعى ثابت static في حين يدعى الذي يتغير بأنه متغير dynamic . تصف المحاكاة الإحصائية الأنظمة التي تتصف بكونها متقلبة وثابتة وتستخدم لتقدير القيم التي لايمكن الحصول عليها رياضيا بسهولة . ويدعى هذا النوع من المحاكاة أحيانا باسم محاكاة مونتي كارلو Monte Carlo simulation .

(3- 1- 2) المحاكاة المستمرة Continuous Simulation

تستخدم لنمذجة الأنظمة التي تتغير باستمرار بمرور الزمن. هذه الأنظمة ديناميكية إلا إنها قد تكون متقلبة أو محددة. لندرس نمذجة عمل الغلاية الكهربائية . عندما تشغل فإنها تبدأ برفع درجة الحرارة الماء إلى حد معين كما في الشكل (1- 1). إلى إن تقوم الغلاية بإطفاء نفسها. إن زيادة درجة الماء انخفاضا عندها تنطفئ الغلاية أوتوماتيكيا عبارة عن عملية مستمرة يمكن تمثيلها بمحاكاة مستمرة كعدد من المعادلات التفاضلية . سيكون هذا الاسلوب مفيدا إذا ما كنا نقوم بنمذجة الغلاية لغرض مقارنة عمل أنواع مختلفة من الغلايات . تستخدم المحاكاة المستمرة بكثرة مع الأنظمة التي تحدث بها تغذية

عكسية feedback . من الأمثلة الجيدة على هذه الحالة هو استخدام المنظم الحراري (ثرموستات) ذو الحدين العلوي والسفلي للسيطرة على درجة حرارة الغرفة عند تشغيل التدفئة ستزداد حرارة إلى أن تصل إلى درجة الحد الأعلى للمنظم الحراري ، عندما ستتوقف التدفئة .وهنا ستبدأ درجة الحرارة بالتناقص إلى أن تصل إلى درجة الحد الأدنى للمنظم الحراري وعندها سيتم إعادة تشغيل التدفئة . إن نماذج المحاكاة المستمرة كهذه تتألف غالبا من الكثير من دورات (loop) التغذية العكسية مع المئات من المعادلات التفاضلية ، وهي مستخدمة بكثرة في الهندسة الميكانيكية والكهربائية وهندسة الإنتاج . تم إدخال تغيير عن المحاكاة المستمرة وسميت ديناميكيات الأنظمة System dynamics على يد فور ستر Forrester وزملائه في معهد التكنولوجيا في ماساشيونتس (MIT)في بداية الستينات ، لاستخدامها في المشاكل التي يمكن تقريبا أن يطلق عليها اجتماعية – اقتصادية Socio – economic . استخدمت ديناميكيات الأنظمة لنمذجة النمو الحضري والإنتاج الصناعي وتشريعات صيد الأسماك و الأنظمة البيئية مع العديد من الأنظمة الأخرى .



شكل (1-1) فعالية الغلاية

Discrete Simulation المحاكاة المتقطعة (3 -1 -3)

في مثال الغلاية، إذا اعتبرت درجة الحرارة بين التشغيل والقطع غير ذات أهمية ، فسيمكن النظر لفعاليات الغلاية كحديثين منفصلين هما : تشغيل الغلاية وإطفائها . فان كنا نقوم بنمذجة الفعاليات في مطبخ مثلا ، فقد نصف الغلاية بهذه الطريقة .تعنى محاكاة الحدث المتقطع Discrete- event Simulation بنمذجة الأنظمة التي يمكن تمثيلها بسلسلة من الأحداث . تصف المحاكاة الحدث المتقطع بالانتقال من حدث إلى آخر بمرور الوقت والأنظمة الخاضعة للنمذجة في هذه الحالة ذات طبيعة ديناميكية وتقريبا دائما متقلبة Stochastic . خذ على سبيل المثال نظام بسيط للسيطرة على الخزين لمنتج واحد حيث يتعين على مدير النظام أن يتخذ قراراً واحدا في كل أسبوع بشان الكمية التي سيطلبها . يمكننا أن نعرف ثلاثة أحداث من هذا النظام : إرسال طلب المنتج ، وصول الطلبية، والبيع . فان كان الطلب على المنتوج ووقت وصول الطلبية من المجهز يعتبران محددان Deterministic ، عندها يمكن حساب حجم كل طلبيه تحليليا . لكن إن كانا متقلبان (أي إننا نحصل عليهما من التوزيع الاحتمالية) فستكون المشكلة أكثر تعقيدا وستعيننا محاكاة الحدث المتقطع في تحديد حجم الطلب وفي وصف الأنظمة المتقلبة تحدد معاينة التوزيعات عمل النظام ومدة الفعاليات الإحصائية ، ومن الواضح إننا سنحتاج إلى عدة عينات لكي نحصل على تقديرات جيدة لحدود التوزيعات . وسيركز بحثنا هذا على هذا النوع من المحاكاة لكونه أكثر اهتماما لمتخذي القرار وباحثي العمليات .

Simulation Methodology طرق المحاكاة (4-1)

إن استخدام المحاكاة المتقطعة تحتاج إلى صياغة وتركيب بشكل يساعد على برمجتها . لذلك من الضروري التطرق إلى مفاهيم وأساليب متغيرات قبل البدء ببناء نموذج محاكاة وهذه الأساليب هي:

(Time) الوقت (4-1-1)

عرفنا نموذج محاكاة الحدث المتقطع على أن النموذج الذي يفترض فيه إن التغيرات التي تطرأ على وضع النموذج وتدعى الإحداث ،تحدث في أوقات متقطعة من الزمن . وتدعى كل نقطة يحدث عندها حدث أو أكثر بأسم النبضة الزمنية Time Beat .ويناظر مقياس الزمن في دورة المحاكاة الوحدات الزمنية الملائمة في النظام الحقيقي ، سواء كان هذا الوقت

دقائق أم سنين وتدعى الفترة الزمنية التي يجري بها عمل Run المحاكاة بأسم مدة Duration المحاكاة. إلا أن الوقت التي يمضيه الكمبيوتر في تنفيذ المحاكاة يعتمد بشدة على عدد الأحداث التي يتعين إجراءها.

ويؤدي برنامج المحاكاة ، بدئا من الوقت (صفر) ، جميع الأحداث بالترتيب الذي تحدث به .متقدما من احدها إلى التالي إلى أن يحدث واحد مما يلي :

لا تبقى أحداث لكي يحاكيها .يتجاوز الوقت الذي سيجري به الحدث التالي الزمن الأقصى المحدد لمدة المحاكاة ، أويجري حدث ينهي العملية.

(4-1-2) الأحداث (Event)

يقع الحدث Event حينما يطرأ شي على الكائن في وقت ما وهنالك نوعين مميزين من الأحداث :

الحدث المقيد Bound Event (أو B-event وأحيانا يدعى الحدث المجدول) وهو الذي يكون وقوعه متوقعا ولذا يمكن جدولته .الحدث الشرطي Conditional (و C-event أو أحيانا يدعى الحدث الظرفي أو المحتمل Contingent) الذي يعتمد وقوعه على تحقق شرط ما (كتوفر موارد محددة).

عندما يجدول الكائن على انه سيشارك في حدث مقيد ، فسيكتب وقت هذا الحدث في ساعة الكائن . وهناك نوع مهم من الأحداث المقيدة تدعى المغذية Feeder ودورها هو توليد كائنات مؤقتة . وفي كل مرة يقوم الحدث المغذي بتولد حالة وصول فأنه يقوم بخلق الكائن التالي ويحدد وقت وصوله.

(4-1-3) الحالات (States) والصفوف (Queues)

ما أن يتم تكوين الكائن في المحاكاة حتى يدخل في واحدة من الحالات الثلاث مشغول Busy أو في الصف Queuing وعاطل Idle. قال عن الكائن أنه مشغول إذا كان مجدولا ليشارك في حدث مقيد.

يقال عن الكائنات التي تنتظر تحقق شرط معين أنها في الصف والمعيار الأكثر استخداما لاختيار الكائنات من الصف يعرف بأسم من يدخل أولا يخرج أولا First-in-First-out (واختصاره FIFO) .

يقال عن الكائنات التي ليست مشغولة ولا في الصف أنها عاطلة.

(4-1-4) الفعاليات Activities

يقال عن الكائن المشغول أنه منشغل Engaged في فعالية . وعادة ماتبتدئ الأحداث الشرطية الفعاليات وتنهيها أحداث مقيدة ، عددها ووقت حدوثها مجدول في الحدث الشرطي ومسجل في ساعة الكائن أثناء حدوث الفعالية .

التفرع من الفعاليات

ويحدث أحيانا من المحاكاة أن تكون هناك عدة طرق أمام الكائن في النظام.يحدث التفرع Branching ما بعد الحدث المقيد أو شرطي. وهنالك العديد من المعايير التي تعين على اختيار هذا التفرع أو ذاك. ومن المعايير النموذجية .

لايمكن التنبؤ بفضليه سلوك هذا التفرع أم ذاك . يعتمد اختيار الطريق على خصائص جوهرية للكائن . فمثلا إذا كان رقم المواصفات Attribute لكائن أقل من (10) فليسلك الكائن الطريق الفلاني وبخلافه فليسلك الطريق الأخر.

يعتمد الاختيار على توفر الموارد أو طول الصف في ذلك الوقت .

(5-1)مخططات الفعالية Activity Diagram

وهي تصف حياة الكائنات في النظام على شكل مخطط diagram والتي تتفاعل بعضها مع البعض الأخر بصفة مؤقتة Temporary entities . ويمكن أن يكون تمثيل تسلسل الكائنات أكثر منطقية حيث تستخدم الكائنات المؤقتة ، وذلك كجريان الفعاليات من البداية حتى النهاية ، باستخدام مخطط جريان الفعالية Activity-Flow- Diagram ، بدلا من تمثيلها كحلقات مغلقة ، باستخدام مخطط دورة الفعالية Activity-Cycle Diagram المستخدم مع الكائنات الدائمية.

تمثل الصفوف بدوائر كبيرة ، والفعاليات بمستطيلات، والموارد بدوائر اصغر وتشير الخطوط والأسهم الترتيب الذي نشتغل به الكائنات بالفعاليات أو الترتيب الذي تضاف به الموارد .

(5-1-1) التقويم Calendar

وهو عبارة عن قائمة بالكائنات والتي تحدد الأحداث التالية التي سوف تحدث أو قائمة بالأحداث تحدد الكائنات التي تشارك في هذه الأحداث. يرتب التقويم حسب الأوقات على ساعة الكائن ومن الأسماء البديلة للتقويم Calendar مجموعة الأحداث التالية Next-events set أو قائمة الأحداث المستقبلية Future-events list .

(2-1-5) المنفذ Executive

إن المنفذ Executive أو إلية تقديم الوقت Time-advance mechanism هو ذلك الجزء من برنامج المحاكاة الذي يجعل جميع الإحداث تقع بالترتيب الصحيح . أن أول مهمة أو مرحلة Phase هي تقديم وقت المحاكاة إلى زمن الحدث المجدول التالي . يتم ذلك بأخذ أول كائن من التقويم . وتقوم المراحل التالية بتحفيز الحدث لذلك الكائن ومن ثم تقوم تدريجيا بتحفيز كل حدث مجدول عند ذلك الوقت . وعندما يتم ذلك تعود المحاكاة للمرحلة الأولى وتقدم وقت المحاكاة إلى الحدث التالي.ولكي تبد المحاكاة بالعمل يجب أن يكون هناك كائن أو أكثر في التقويم عند المرحلة الابتدائية للتقويم.فان كان هناك مغذي Feederفي المحاكاة فينبغي أن يحفز Activateأحد الكائنات المغذي وإلا فأنه لن يبدأ العمل.

أن المراحل الثلاث للمنفذ هي:

المرحلة A (Phase A) : مفترضا إن Running صحيح ، فأن المنفذ يقدم وقت المحاكاة بنصب وقت المحاكاة الحالي Time إلى وقت ساعة الكائن في رأس التقويم .

المرحلة B (Phase B) : يؤدي المنفذ جميع الأحداث المقيدة التي موعد حدوثها في ذلك الوقت من المحاكاة ، وهي سوف تنفذ بنفس ترتيبها في التقويم .

المرحلة C (Phase C) : يفحص المنفذ شروط الأحداث الشرطية حسب الترتيب الوارد به ، ليرى أيا منها تحقق لكي ينفذها . وهذه الأحداث عند تنفيذها سوف تصنع المزيد من الكائنات في التقويم وبذلك تبقى المحاكاة دوارة .

(1-6) طرق هيكلية المحاكاة :

هنالك ثلاثة أساليب شائعة لهيكلية المحاكاة:

الأسلوب الثلاثي المراحل Three-phase.

الأسلوب الثنائي المراحل Tow- phase أو أسلوب الحدث Event .

أسلوب العملية Process view .

وفقا للأسلوب الثلاثي المراحل فأن الأحداث المقيدة والشرطية تبرمج بشكل إجراءات Procedures منفصلة .

والمراحل الثلاث للمنفذ هي :

قدم الساعة إلى وقت الحدث المجدول التالي (المرحلة A).

نفذ جميع الأحداث المقيدة التي ينبغي أن تحدث في ذلك الوقت (المرحلة B).

اختبر جميع الأحداث الشرطية ونفذ الأحداث التي تحققت شروطها (المرحلة C). وبذلك فأن الأحداث المقيدة والشرطية تبرمج بشكل برامج فرعية Modules مستقلة. وقد أستخدم هذا الأسلوب الثلاثي المراحل في المحاكاة المشكلة قيد الدراسة والتي سنتناول شرحها بالتفصيل في الفصل الثالث.

من ناحية أخرى ، فأن إجراءات الأحداث المجدولة وفق أسلوب الحدث Event Method تشمل جميع الأحداث الشرطية التي تحدث كنتيجة مباشرة لتلك الأحداث المجدولة وبذلك فان الأحداث المجدولة عبارات برمجية أكثر من نظيرتها في الأسلوب الثلاثي في المراحل بكثير . ويتألف أسلوب الحدث من المرحلتين :

قدم الساعة إلى وقت الحدث التالي .

نفذ الحدث التالي الذي يستحق التنفيذ عند هذا الوقت.

وبذلك فأن هيكلية المنفذ هنا نفس هيكلية الأسلوب الثلاثي المراحل تماما، مع حذف المرحلة الثالثة.

ثانياً:المعاينة من التوزيعات Sampling From Distributions

سوف نصف كيفية توليد الارقام العشوائية واخذ العينات من المضلعات التكرارية وتوزيعات الحدود الشائعة Common Parametric distribution كما نبين بعض الصعوبات والاخطاء في جمع وتحليل البيانات لغرض استخدامها في برنامج المحاكاة.

(2-1) الحاجة إلى المعاينة:

ان طبيعة العمليات في المؤسسات والانظمة الإدارية عادة متقلبة Stochastic ،ففي انظمة الصفوف مثلا يمكن قياس معدل الوصول والخدمة، لكن لايمكن التنبؤ بالوقت الذي سيصل به الاشخاص أو الاشياء ، واي صف سيقفون به، وكم سينتظرون حتى يحصلوا على الخدمة وحيث ان على المحاكاة ان تصف فعاليات وعمليات وصول منفردة ،فأن عليها ان كانت ستحاكي الطبيعة المتقلبة للنظام ، ان تاخذ عينات من اوقات خدمة ووصول وقرارات مختلفة .اضافة إلى ان التوزيع التكراري للعينات ينبغي ان يبدو كتلك المأخوذة من النظام الحقيقي . لذلك نحتاج إلى اساليب المعاينة من التوزيعات.يمكن ان تكون

العينة من توزيع منتظم (Uniform Distributions) إي رقم، باحتمالية متساوية ، في مجال Range محدد. ورغم بساطة هذه العملية الا ان التوزيعات الاخرى، كالتوزيع الاسي السالب (Negative Exponential) ، والطبيعي (Normal) ولوغاريتم الطبيعي(Log Normal)عادة اكثر نفعا في وصف توزيعات اوقات الوصول والخدمة .فان لم يكن وضع البيانات ضمن توزيع حدودي شائع Common Parametric distribution

فقد يكون من الضروري اخذ العينة من مضلع التكرار النسبي(Relative-Frequency Histogram) للمشاهدات. وفي المعاينة من التوزيعات نستخدم سلاسل من الارقام العشوائية .صحيح ان دورة محاكاة واحدة قد تكون كافية لملاحظة السلوك العام للنظام ،لكننا قد نحتاج لعدة دورات بفترات فعالية وقرارات قائمة على عدة مجاميع من الارقام العشوائية لكي تعطينا القياسات الاحصائية الكافية لاغراض التنبؤات أو المقارنة.

(2-2) الارقام العشوائية: وتشمل على :

(2-2-1)توليد الارقام العشوائية Random Number Generate :

يقال عن الرقم بانه عشوائي ان لم يكن بالامكان التنبؤ بظهوره من إي رقم ماخوذ من عينة سابقة ، وكان احتمال ظهوره ضمن مدى معين ايضاً لايمكن التنبؤ به .وتعطينا مولدات الارقام العشوائية عادة ارقام عشوائية محصورة بين الصفر والواحد.

ويتعين على الرقم العشوائي في سلسلة مولدة من خلال معادلة Formula يمكن التنبؤ بها لاتعتبر ارقام عشوائية .يجب ان يتم توليد الارقام العشوائية الحقيقية من الظواهر العشوائية من النوع الذي يحدث في المعدات المشعة أو الالكترونية .ومثل هذه الارقام ضرورية لبعض انواع المحاكاة حيث تكون العشوائية الكاملة على اقصى درجات الاهمية ،لكن من سلبياتها انها ان توثق أو تحفظ بشكل من الاشكال فلن يمكن استرجاعها واعادة استخدامها لعدة دورات من تنفيذ برنامج المحاكاة .لكن بسبب الحاجة لعدد ضخم من الارقام العشوائية على الدوام فان في خزنها استهلاك وسوء استغلال للمساحة الخزنية. لذا فان اغلب حزم المحاكاة البرمجية تستخدم أرقاماً عشوائية زائفة Pseudo-random numbers يمكن توليدها من معادلات وتبدو كأنها لايمكن التنبؤ بها ومستقلة عن بعضها ، ورغم انها ، بالطبع ليست كذلك.وقد اجريت الكثير من الابحاث بهدف ايجاد معادلات لتولد سلاسل من الارقام ذات خواص قريبة من خواص الارقام العشوائية الاصلية.

(2-2-2) الارقام العشوائية الزائفة Pseudo-Random Numbers:

هنالك اسلوب شائع لتولد الارقام العشوائية الزائفة يعتمد على انتاج سلسلة من الاعداد الصحيحة عبر مدى واسع باستخدام عملية تكرارية بسيطة هي:

$$ni+1=f(ni)$$

حيث ان الرقم ni+1 يبدو انه لاعلاقة له بـ ni وكذلك اكبر عدد ممكن من الاعداد السابقة في السلسلة. ولغرض توليد رقم عشوائي في الفترة (0,1) تقسم الاعداد الصحيحة على عرض (عدد الارقام في) المدى وليكن m ويمكن ايجاد الرقم العشوائي الزائف ui كما يلي:

$$Ui= ni/m$$

وحيث ان m مقدار كبير فان سلسلة الاعداد الحقيقية الناتجة ستبدو وكانها ماخوذة كعينة من توزيع مستمر. واذا كانت دالة التوليد جيدة فسيبدو ايضاً على كل رقم انه آت من إي موقع في الفترة، باحتمالية متساوية. ان جميع المولدات من هذا النوع سوف تدور Cycle .

(2-3)نظرية الصفوف والمحاكاة:

يمكن النظر لنماذج محاكاة الحدث المتقطع على انها نماذج صفوف معقدة .وبذلك فان النتائج المستحصلة من نموذج نظرية الصفوف مهمة ايضاً إلى من يستخدم نماذج المحاكاة. وتشتمل هذه النتائج:

1) طول الصف.

2) مدة الانتظار.

3) عدد الكائنات في النظام.

4) وقت العملThroughput (إي الوقت الذي تمضيه الكائنات في النظام).

5) نسبة الاستغلالUtilization أو استخدام الموارد.

ويمكن ان تعطي اوزان Weighted لهذه النتائج وتلخص لانتاج الكلف. يفترض ان تكون الانظمة التي تصفها نماذج الصفوف في حالة من الثبات وبذلك فان حد أو حدين يمكن إن تكفي لوصف النتائج قيد الاهتمام .وتميل المحاكاة التي لاتصف الانظمة المستقرةSteady-state system إلى ان تكون اكثر تعقيدا في هيكليتها من نماذج الصفوف، وقد تنشأ حاجة

لاستحصال وتقديم المزيد من النتائج وبخلاف نتائج الصفوف فأن نتائج عمليات المحاكاة تلخص من القيم الفردية المسجلة في وقت كل حدث. إ ضافة الى القيم (القياسات) Measure aments تعتمد على الارقام العشوائية الناتجة من تنفيذ المحاكاة. ان مجموعة البيانات الناتجة من برنامج المحاكاة قريبة من تلك الناتجة من الفعاليات الحقيقية، حيث تؤثر القرارات بشأن نوع ودقة النتائج المطلوبة على المده الزمنية التي تجمع البيانات خلالها. إلا ان للمحاكاة الجانب الايجابي في أن بالامكان تكرار التنفيذ بسلسلة مختلفة من الارقام العشوائية مما يجعل ان التقديرات الناتجة أكثر دقة.

(2-4) مجموعة النتائج:

انواع النتائج التي يمكن استحصالها من المحاكاة هي:

التوزيعات والاوساط الحسابية Means و التباينات Variances لمتغيرات الاستجابة بمرور الوقت (كتغير طول الصف واستخدام الموارد) تزودنا بمعلومات مفيدة جداً عن دورات المحاكاة الثابتة الحالة Steady-state simulation runs .

من ناحية أخرى فأن رسم المتوالية الزمنية Time series وتحليلها مهمة فقط بالنسبة للمتغيرات التي تتغير قيمها على نحو منتظم خلال جزء من وقت تنفيذ المحاكاة أو خلال الوقت بأكمله. وبذلك فهي تستخدم في محاكاة الحالة الغير ثابتة Non steady-state.

هذا النوع قد يهم محاكاة الحالة الثابتة وغير الثابتة وهي متغيرات فردية تأخذ في لحظة معينة من الزمن (كمتغير الطول او عداد الكائنات) او النتائج التي تلخص القيم على مستوى التنفيذ بأكمله كمعدل الاستخدام الكلي.

ويتعين ان تسجل المحاكاة الاحصائيات في مضلعات تكرارية أو جداول أثناء سير المحاكاة.

ويمكن توضيح بعض اشكال النتائج:-

(2-4-1) وقت الانتظار

ان الموضع الطبيعي لتسجيل اوقات انتظار الكائنات في الصفوف هو بداية الحدث الشرطي عندما يزال الكائن من الصف ، وقبل وضعه في التقويم مرة أخرى.

ولغرض حساب وقت الانتظار يجب تسجيل بداية وقت الانتظار ولحسن الحظ يجري ذلك اوتوماتيكيا في برنامج المحاكاة، حيث اذا كان الكائن مسجل في التقويم فان متغيرالوقت Time attribute للكائن ما يزال يحتفظ بقيمة وقت أخر

حدث مقيد تَحقق [أي أنجز في العملية المشروطة (المقيدة) السابقة] ، وهذا عادة هو وقت وضع ذلك الكائن في الصف فان لم يكن الكائن مسجل في التقويم فانه على نحو شبه مؤكد كان موجودا في نفس الصف منذ بداية المحاكاة لمتغير الوقت القيمة (صفر). وبذلك فان الوقت المقتضي في الصف هو ((الوقت الحالي)) ناقصا الوقت على ساعة الكائن.

(2-4-2) البيانات المحسوبة بقياس الوقت Time-weighted:

لا ينبغي إن تعكس توزيعات طول الصف واستخدام الموارد قيمها فقط عندما تزداد أو تنقص، بل أيضاً في الوقت الذي تحافظ به على قيمتها أيضاً ويتم ذلك باستخدام المشاهدات المثقلة زمنيا فقبل إزالة أو إضافة كائن إلى الصف أو منه تسجل المحاكاة استخدام الموارد و/أو طول الصف ، وليكن X ،وكذلك الزمن الماضي t،منذ آخر تسجيل .يعطينا حاصل الضرب( ) X* t المشاهدة بقياس الوقت.

(2-4-3) بيانات المتوالية الزمنية:

تبين المتوالية الزمنية توجهات تغيرات الاستجابة عبر الوقت. وفي الرسوم ، يمكن عمل مخطط للقيم في مقابل الزمن. ولذلك يجب ان تتوفر معلومات عن القيم الحدية في فترات زمنية منتظمة، الا ان محاكاة الحدث المتقطع لا تتوقف عند فترات زمنية منتظمة.

ويعتمد أكفأ اسلوب لتسجيل هذه البيانات على حقيقة ان كل شيء في المحاكاة يبقة مستقرا تماما بين الاحداث .وبذلك يمكن ان يجمع البرنامج البيانات عند بدء أو نهاية كل حدث متقطع ، ويحسب البيانات المتعلقة بالفترات الناقصة ،من خلال الرجوع إلى ما جرى من إحداث وتوقيتاها .وفيما يلي كيفية تسجيل البيانات (الناقصة) في المضلعات التكرارية.

(5-2) المضلعات التكرارية Histograms:

توفر تمثيلا صوريا للتوزيع التكراري. وهي أما أن تبين توزيع متغيرات المخرجات اثناء تنفيذ المحاكاة ،أو توجه متغيرات معينة بمرور الزمن. ويمكن عرض كلا النوعين اثناء تنفيذ المحاكاة أو ان تستخدم لتلخيص النتائج عد انتهاء التنفيذ.

المبحث الثاني/الإطار العملي

ثالثاً: مشكلة ورشة لتصليح المكائن الإنتاجية

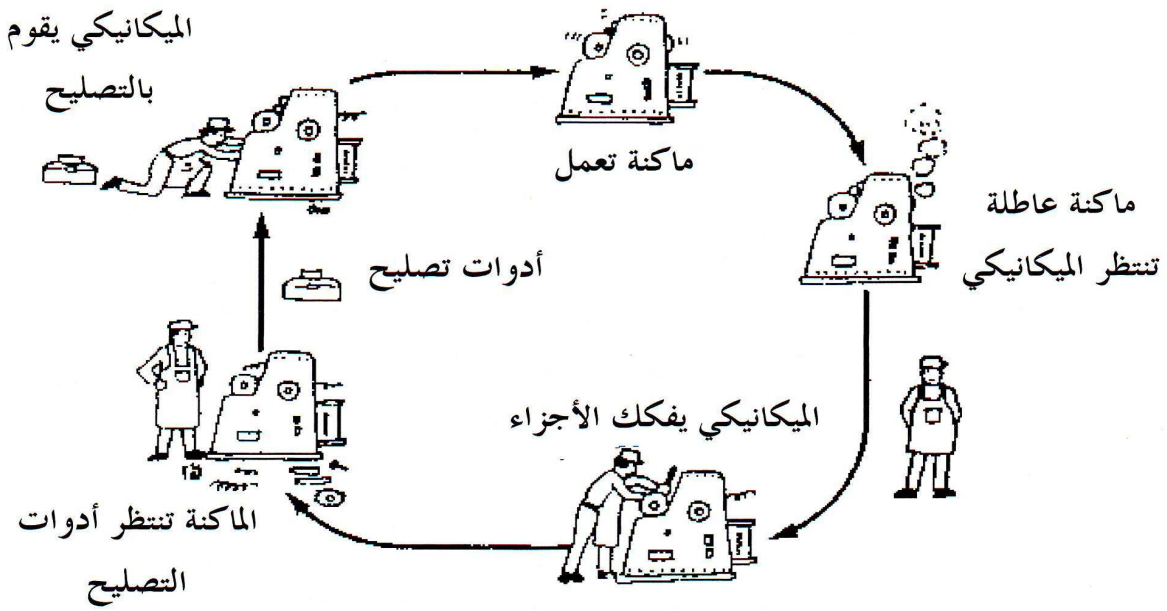
(3-1) وصف عام للمشكلة:

ربما يكون المهندسون والصناعيون هم أكثر من يستخدم أساليب المحاكاة والتي تستخدم النمذجة في عمليات أنتاج بكاملها إضافة إلى جوانب فردية من الإنتاج كجدولة العمليات، وتوفير الصيانة، وعمل ورشة التصليح.

والمشكلة قيد الدراسة هو تحليل ونمذجة أعطال المكائن .تحدث أعطال المكائن في بيئة الإنتاج بكثرة. وغالبا مايعين كادر متخصص مهمته الوحيدة هي تصليح الأعطال في المكائن بأسرع وقت ممكن. وهدف الإدارة من ذلك هو تقليل وقت الأعطال Downtime لأدنى حد ممكن من خلال ضمان أن تصليح المكائن العاطلة بأسرع وقت لكن في مقابل هذا الهدف يتعين موازنة كلفة توفير المصلحين إضافة إلى الأدوات اللازمة. يبين الشكل(3-1) فعاليات ماكنة نموذجية في ورشة التصليح .عندما تتعطل الماكنة سيقوم المصلح برفع غطائها وإزالة كل المواد العالقة بداخلها قبل أن يحضر الأدوات الاحتياطية اللازمة لصالحها .

تكمن المشكلة في تحديد كيف يؤثر عدد المصلحين وكمية المواد الاحتياطية على مدة أعطال الماكنة وبذلك يؤثر ايضاً على الطاقة الإنتاجية لورشة التصليح والعمل بكامله .

سنفترض في هذا النموذج المقترح أن جميع المكائن متطابقة ، ولن نميز بين المعدات المختلفة والتي قد تكون على



شكل (٣-١)
دورة حياة الماكنة

درجة من الاختلاف كما بين الرافعات الأدوات التخصصية ،وسنفترض أن الوقت الذي يستغرقه المصلح في نقل المعدات إلى الماكنة المعطلة يمكن إهماله.

(3-2) نظام ورشة التصليح:-

يوضح الشكل (3-2) دورة الفعاليات للماكنة في نظام الورشة الذي يعتبر نظام مغلق والذي يستخدم للكائنات الدائمة(Permanent entities) التي تبقى في النظام . عندما تتوقف الماكنة عن الاشتغال بعد الفعالية (أي بعد فعالية اشتغال) يجب أن تنتظر الميكانيكي أن يكون موجودا قبل أن تبدأ فعالية التفكيك (Remove) بعد الانتهاء من فعالية التفكيك تصبح في حالة انتظار(الأجهزة Equipment) إضافة إلى الميكانيكي قبل أن تبدأ فعالية التصليح وكل الميكانيكي والأجهزة تصبح في

حالة سكون بعد التصليح وكما هو موضح في الشكل فان الكيان (Entity) يجب أن يتصل بصف أخر (Q3) قبل أن تبدأ فعالية الاشتغال (Work) أن الأجهزة والميكانيكي ببساطة هم مصادر (Resources) .

إن الافتراضات لورشة التصليح هي:-

1-النظام هو مغلق (عدد المكائن يبقى ثابت).

2-النظام هو مستقطب باتجاه المكائن Machine oriented.

3-يتوقف النظام كل (8) ساعات (أي وجبة عمل).

4-الفعالية تستمر لدقائق أو ساعات.

ولغرض توضيح مجرى العمليات داخل المحاكاة فإننا نحتاج إلى دراسة وبيان الحوادث المقيدةB_event وبحوادث الشرطية Conditional event التي اشرنا إليها في المبحث الأول بالتفصيل.

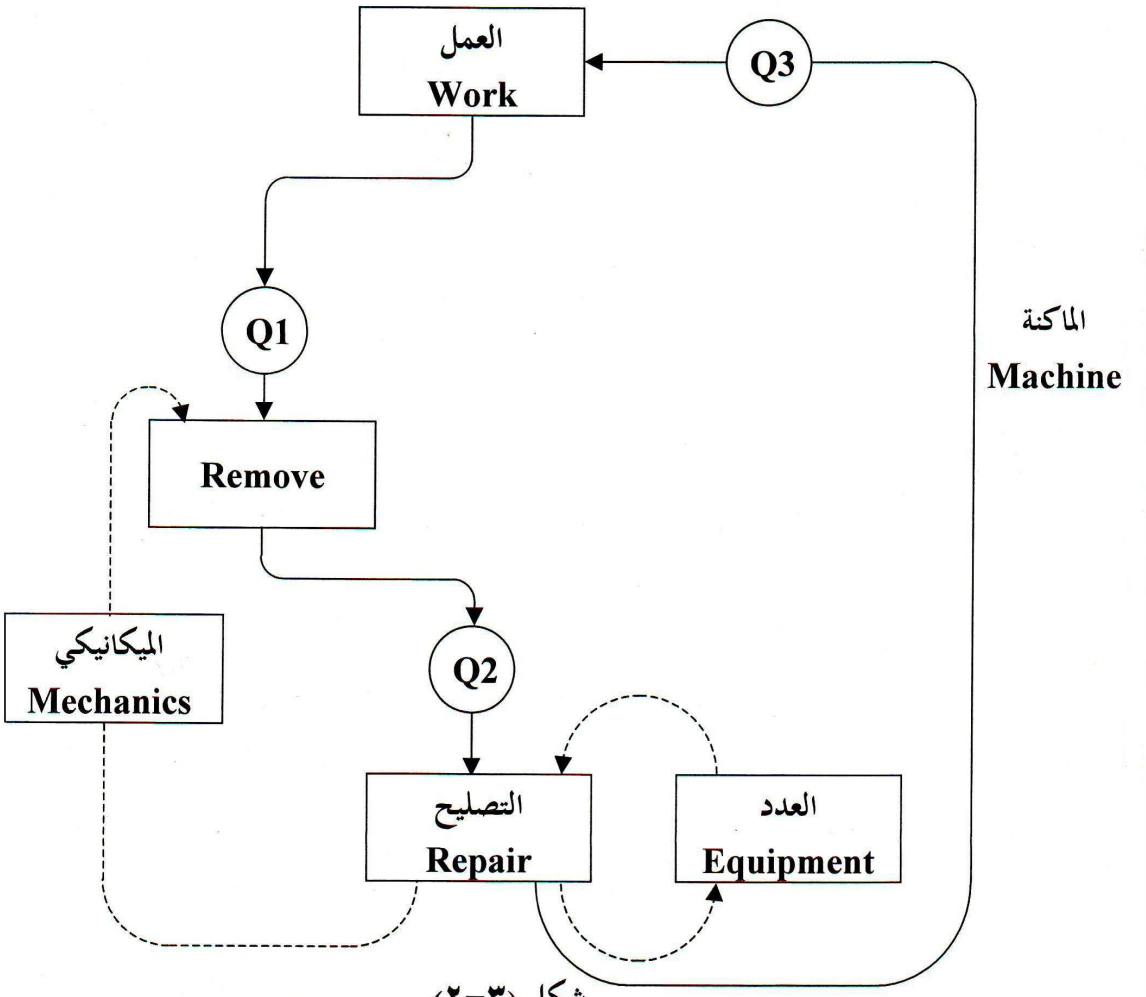
وقد تم استخدام برنامج نظام محاكاة باستخدام لغة باسكال مطور من قبل الباحث مبني على أساس المنفذ بثلاثة أطوار والذي يسمى نظام الثلاث أطوار التي تم شرحها في المبحث الأول. وباختصار ان المراحل الثلاث هي:-

المرحلة A < تقديم الوقت >

المرحلة B < تنفيذ الحوادث المقيدة المستحقة التنفيذ >

المرحلة C < تنفيذ الحوادث الشرطية المستحقة التنفيذ >

ولغرض تشغيل برنامج المحاكاة فأن عمل المنفذ Executive. يمكن توضيحه بالشكل (3-2) الذي يستند بصورة أساسية على تنفيذ الإجراءات Procedure run.



شكل (٣-٢)

عمل المنفذ بطريقة الثلاثة أطوار

(3-3) شرح برنامج المحاكاة:-

أن الإجراءات التالية تمثل الحوادث التي نحتاج إليها وهي :-

(3-3-1) اجراء نهاية عمل End Working{B1}

بداية

< ضع الماكنة العاطلة في الصف Q1 لغرض إزالة الاجزاء>

نهاية

(2-3-3) إجراء بداية تفكيك {C1}Start removal

بداية

بينما <الصفQ1 ليس خاليا والميكانيكي موجود > اعمل بداية

بداية

<نأخذ الماكنة التالية في الصف Q1>

<اطلب ميكانيكي>

<ضع الوقت في نهاية عملية التفكيك الماكنة >

نهاية

(3-3-3) اجراء نهاية التفكيك {B2}End removal

بداية

< ضع الماكنة في الصف Q2 لغرض التصليح>

نهاية

(4-3-3) إجراء بداية التصليح {C2} Start repair

بداية

بينما < الصف Q2 ليس خاليا من ومعدات التصليح موجودة > اعمل

بداية

<خذ الماكنة التالية في الصف Q2 لغرض التصليح>

<اطلب معدات التصليح اللازمة للتصليح>

<ضع الوقت بنهاية التصليح بهذه الماكنة>

نهاية

نهاية

(3-3-5)اجراء نهاية التصليحEnd repair{B3}

بداية

<اعد الماكنة>

<اعد معدات التصليح>

<ضع الوقت إلى الماكنة لغرض عطلها القادم>

نهاية

إن هذا التسلسل المنطقي باستخدام الرموز الزائفة Pseudo –Code ساعدنا على تمثيل هذه الحوادث بشيء اقرب إلى لغة باسكال. والذي يوضح أن عدد المكائن التي تم استخدامها هو (20) ماكنة وعدد المصلحين(4) وعدد الأجهزة الخاصة بالتصليح(المعدات) هو (3) والوقت بين توقفات Enter Break Down هو توزيع أسي سالبExponential Negative وبمعدل (60) دقيقة.

الوقت الخاص بالتفكيك يستخدم توزيع Normal وبوسط حسابي (5) دقائق وانحراف معياري(1) دقيقة .ووقت التصليح يتوزع توزيعا طبيعيا Normal بوسط حسابي(8) دقائق وانحراف معياري(2) دقيقة وهذه الأرقام. تم اخذها من قبل الباحث عشوائياً ولأغراض البحث فقط ويمكن تغير إي رقم فيها أو إي توزيع.

(3-4) التحديدات Specification:

تتألف ورشة التصليح من عدة مكائن كل منها يمكن أن تتعطل وتحتاج للتصليح .الميكانيكي هو من يقوم بالتصليح وذلك بأن يزيل أولا المواد العالقة بالماكنة وجميع أغطيتها، ثم يحضر الأدوات اللازمة لتصليح الماكنة ،وأخيرا يقوم بعملية التصليح.بعد هذه العملية يمكن ان تعودالماكنة إلى العمل .كما موضح في الشكل (3-1) يجري تصليح عطلات المكائن

حسب الترتيب التي تتعطل به، وان لم يتوفر طاقم الأدوات الاحتياطية أو العدد اللازمة للتصليح فسينتظر المصلح اولا ان تتوفر هذه المواد بدل أن يبدأ بإزالة أغطية إي آلات أخرى متعطلة.

تعمل كل وجبة عمل لمدة ثمان ساعات ، ولدى المصلحين مايكفي من الوقت بين وجبات العمل لإكمال تصليح الآلات التي ماتزال متعطلة بعد انتهاء الوجبة Shift وبذلك فأن المصلحين يمكن ان يعملوا وقتا إضافيا لإكمال التصليحات أن دعت الحاجة لذلك.

ويشير الجدول(3-1) إلى إمكانية استخدام المحاكاة كأداة تجريبية لدراسة العلاقة بين مدة الأعطال وبين توفر الموارد لذا فأن أهم مقياس للمخرجات هو مدة الاعطال Downtime ، ومتغيرات القرار هي مستوى كمية الموارد والمصلحين والمعدات

جدول (3-1) قائمة مواصفات محاكاة ورشة التصليح

الاهداف	دراسة تاثير توفير المصلحين ومعدات التصليح على مدة اعطال المكائن
الافتراضات	تبدا وجبة العمل عند الوقت(صفر)
	تنتهي وجبة العمل بعد ثمان ساعات الا ان المصلحين يستمرون بالعمل إلى ان يتم تصليح جميع الماكنات العاطلة. دائما هناك مايكفي من المواد الاولية لابقاء المكائن الغير معطلة مشغولة. احتمالية التعطل متساوية لجميع المكائن عند بداية كل نوبة عمل. يمكن اهمال الوقت الذي يستغرقه المصلح في الوصول إلى الماكنة العاطلة أو في نقل معدات التصليح اليها.
متغيرات القرار	عدد المصلحين. عدد طواقم معدات التصليح.
	مدة اعطال الماكنة. استغلال المصلحين.

الاستجابات	استغلال المعدات. العمل الاضافي بعد انتهاء نوبة العمل.
الاحداث	عطل الماكنة. بدء ازالة الاجزاء العاطلة. نهاية ازالة الاجزاء العاطلة. بدء التصليح . نهاية التصليح.
مدة استمرار الفعاليات	الوقت بين اعطال الماكنة : توزيع اسي سالبExponential، معدله = 60 دقيقة. الوقت اللازم لازالة الاغطية ....الخ: توزيع طبيعي Normal distribution، معدله= 5 دقائق وانحراف معياري = 1 دقيقة. الوقت اللازم للتصليح: توزيعه طبيعي، معدله= 8 دقائق ، وانحرافه المعياري =2 دقيقة.

تلخيص كافة المتغيرات والمتطلبات والافتراضات في الجدول أعلاه اضافة إلى عدد استمرار الفعاليات المختلفة وربط الفعاليات بانواع التوزيعات الاحصائية المختلفة . ومن المعايير الاضافية المهمة نسبة استغلال كل من المصلحين والمعدات حيث انها تبين لنا اين ينبغي اضافة أو سحب الموارد لتحقيق اوزان مقبولة. وصحيح ان المحاكاة اوقات استمرارية قصيرة للفعاليات ، وانها يمكن ان تصل إلى الحالة المستقرة بسرعة، الا ان تخليص الاحصائيات لمدة الوجبة ازالة الاجزاء العاطلة بإكملها مهم جدا. ولذلك ينبغي معاملة المحاكاة كما لو كانت محاكاة انهاء اضافة إلى طول الفترة التي يتعين على المصلحين العمل اثنائها بعد انتهاء نوبة العمل مهم ايضاً وذلك لأن اجور العمل ستقترن مع هذا الوقت .وان كانت الاجور ستطبق على هذه المقاييس فان بالامكان رقم كلفة واحدة ان يلخص نتائج جميع مقاييس المخرجات هذه.

وتشمل التحديدات أعلاه افتراضين مهمين يستحقان التوضيح:

افترضنا ان احتمالية عطل المكائن متساوي عند بداية نوبة العمل، رغم ان بعض المكائن قد تكون قد خضعت للتصليح حديثا وغيرها لم يخضع . وحيث ان معدل الوقت بين الاعطال صغير نوعا ما– ساعة فقط– فقد افترضنا ان الدقة الاضافية التي يمكن الحصول عليها من اخذ عينات من اوقات الاعطال من نوبة عمل إلى أخرى ، ليست مهمة.

رغم ان المصلحين قد يقضون بعض الوقت في نقل المعدات إلى مكان عطل الماكنة أو انتظار المواد الاحتياطية للتصليح.لم تؤخذ هذه بنظر الاعتبار لتبسيط النموذج.

(5–3) النتائج Result

تم تشغيل البرنامج المطور والذي يفحص ورشة التصليح مع البرنامج الاصلي الذي يعمل بصيغة (طريقة الثلاثة اطوار) 3-phase وكانت النتائج التي حصلنا عليها مختلفة وموضحة كما يلي:–

الصورة المرئية لورشة العمل: تم الحصول على الصورة المرئية لورشة العمل تحتوي على(20) ماكنة موزعة بحجم الشاشة حيث تعكس هذه الصورة الموجودة عند تشغيل البرنامج حيث توجد في الزاوية العليا الشمالية ساعة لقياس الوقت محسوبة بشكل (ثانية :دقيقة :ساعة).

اما الحالة العامة للمكائن وفعاليتها فستغير حسب الحوادث المقيدة والشرطية (C-event, B-event) فعندما تكون الماكنة في حالة اشتغال يكون لون رقم الماكنة ازرق وعندما تتوقف عن العمل يكون اللون احمر وفي نهاية التصليح يكون لونها اصفر حيث يمكن رؤية تغير هذه الالوان حسب الحوادث بكل وضوح على الشاشة .

اضافة إلى هذه الخاصية فان الصورة تحتوي ايضاً على حالة الميكانيكي وحالة العدد حيث يوضح الشكل العدد الكلي للميكانيكيين المستخدمين في المحاكاة وعدد للميكانيكيين المشغولين في تلك اللحظة المزنية .ونفس الحالة تطبق على عدد (اجهزة التصليح).

Mechanics Busy Equipment Busy
4:4 3:3

وبعد تشغيل البرنامج الخاص بالمحاكاة اتضح لدينا البيانات الخاصة بالاحداث والفعاليات (B,C) لكل ماكنة عاطلة وجدول بعدد اعطال كل ماكنة في اليوم الواحد والموضحين في الجدوليين رقم (3-2) و (3-3) على الترتيب.

جدول رقم (3-2) ترتيب الاحداث والفعاليات (B,C) لكل المكائن العاطلة

وقت عطل الماكنة واعادتها الى الخدمة	B3 End Repair نهاية التصليح	C2 Start Repair بداية التصليح	B2 End Removal نهاية المعاينة	C1 Start Removal بداية المعاينة	B1 Broken وقت العطل	Mach No. رقم الماكنة
0:13:40	0:19:52	0:13:76	0:13:76	0:06:12	0:06:12	8
0:11:11	0:27:43	0:20:16	0:20:16	0:16:32	0:16:32	19
0:09:02	0:25:45	0:20:30	0:20:30	0:16:43	0:16:43	7
0:18:22	0:35:55	0:21:39	0:21:39	0:17:33	0:17:33	4
0:12:40	0:34:14	0:26:05	0:26:05	0:21:74	0:21:74	6
0:11:59	0:42:24	0:34:48	0:34:48	0:30:65	0:30:65	19
0:10:91	0:46:44	0:39:39	0:39:39	0:35:53	0:35:53	3
0:14:44	0:50:01	0:41:49	0:41:49	0:36:17	0:36:17	7
0:13:17	0:50:37	0:42:49	0:42:49	0:37:30	0:37:30	15
0:15:59	0:55:34	0:46:72	0:46:72	0:93:75	0:39:75	16
0:16:71	1:1:38	0:53:39	0:53:39	0:44:67	0:44:67	17
0:16:94	1:12:19	0:59:27	0:59:27	0:55:25	0:55:25	5
0:12:11	1:18:91	1:08:91	1:03:22	0:56:80	0:56:80	15
0:13:13	1:52:10	1:44:47	1:44:47	0:58:97	0:58:97	2
0:18:98	1:19:61	1:08:91	1:06:71	1:00:63	1:00:63	10
0:21:07	1:21:72	1:15:41	1:15:41	1:00:65	1:00:65	13
0:10:67	1:24:48	1:19:49	1:19:49	1:13:81	1:13:81	9
0:12:51	1:31:34	1:23:11	1:23:11	1:18:83	1:18:83	14
0:12:29	1:36:55	1:28:94	1:28:94	1:24:26	1:24:26	17
0:12:86	1:37:30	1:31:34	1:30:80	1:24:44	1:24:44	20
0:11:64	1:37:72	1:30:58	1:30:58	1:26:08	1:26:08	5
0:16:41	1:46:83	1:37:66	1:37:66	1:30:42	1:30:42	2
0:17:43	1:48:60	1:41:52	1:41:52	1:31:17	1:31:17	9

وقت عطل الماكنة واعادتها الى الخدمة	B3 End Repair نهاية التصليح	C2 Start Repair بداية التصليح	B2 End Removal نهاية المعاينة	C1 Start Removal بداية المعاينة	B1 Broken وقت العطل	Mach No. رقم الماكنة
0:17:35	1:52:74	1:42:81	1:42:81	1:37:39	1:37:39	19
0:12:86	2:01:43	1:53:28	1:53:28	1:48:57	1:48:57	14
0:12:83	2:02:06	1:53:77	1:53:77	1:49:77	1:49:23	15
0:10:75	2:11:81	2:07:44	2:07:44	2:01:06	2:01:06	10
0:10:38	2:13:76	2:08:17	2:08:17	2:03:38	2:03:38	11
0:10:97	2:15:94	2:10:45	2:10:45	2:04:97	2:04:97	17
0:13:53	2:35:42	2:27:00	2:27:00	2:21:89	2:21:89	1
0:12:03	2:36:78	2:30:42	2:30:42	2:24:75	2:24:75	2
0:11:93	2:40:19	2:32:99	2:32:99	2:28:26	2:28:26	10
0:11:17	2:45:48	2:40:12	2:40:12	2:34:31	2:34:31	20
0:13:51	2:47:97	2:40:05	2:40:05	2:34:46	2:34:46	5
0:11:96	2:48:53	2:41:58	2:41:58	2:36:57	2:36:57	15
0:16:07	2:54:62	2:47:13	2:47:13	2:38:55	2:38:55	12
0:14:93	2:59:15	2:50:23	2:50:23	2:44:22	2:44:22	14
0:14:37	2:59:99	2:51:64	2:51:64	2:45:62	2:45:62	10
0:18:78	3:05:40	2:54:77	2:54:77	2:46:62	2:46:62	8
0:12:62	3:30:97	3:00:43	3:00:43	2:51:35	2:51:35	4
0:20:03	3:12:92	3:02:94	3:02:94	2:52:89	2:52:89	6
0:12:67	3:15:08	3:06:71	3:06:71	3:02:41	3:02:41	16
0:14:58	3:22:43	3:13:47	3:13:47	3:7:85	3:07:85	9
0:15:12	3:26:74	3:17:23	3:17:23	3:11:62	3:11:62	3
0:10:73	3:23:22	3:16:00	3:16:00	3:12:49	3:12:49	5
0:16:38	3:29:35	3:20:45	3:20:45	3:12:57	3:12:57	1
0:26:40	3:41:02	3:27:42	3:27:42	3:14:22	3:14:22	6
0:11:31	3:34:31	3:29:10	3:29:10	3:22:59	3:22:59	18
0:18:08	3:42:22	3:32:43	3:32:43	3:23:42	3:23:42	15
0:16:55	3:42:16	3:34:39	3:34:39	3:25:61	3:25:61	5
0:16:06	3:49:25	3:41:02	3:39:96	3:33:19	3:33:19	8
0:18:45	3:53:07	3:45:60	3:45:60	3:34:28	3:34:28	11

وقت عطل الماكنة واعادتها الى الخدمة	B3 End Repair نهاية التصليح	C2 Start Repair بداية التصليح	B2 End Removal نهاية المعاينة	C1 Start Removal بداية المعاينة	B1 Broken وقت العطل	Mach No. رقم الماكنة
0:15:44	3:51:14	3:46:25	3:46:25	3:35:30	3:35:30	1
0:18:23	3:58:26	3:49:25	3:47:19	3:40:03	3:40:03	7
0:19:33	4:01:40	3:53:10	3:53:10	3:42:07	3:42:07	6
0:20:26	4:02:48	3:55:73	3:55:73	3:42:22	3:42:22	3
0:23:78	4:07:79	3:59:33	3:59:33	3:44:01	3:44:01	15
0:25:34	4:11:53	4:02:75	4:02:75	3:46:19	3:46:19	13
0:25:34	4:11:53	4:06:70	4:06:70	3:47:86	3:47:86	9
0:20:43	4:17:44	4:09:55	4:09:55	3:56:51	3:56:51	20
0:21:55	4:20:06	4:14:19	4:14:19	3:58:51	3:58:51	17
0:19:76	4:21:38	4:15:62	4:15:62	4:01:62	4:01:62	16
0:23:89	4:27:18	4:18:00	4:18:00	4:03:29	4:03:29	7
0:27:67	4:31:08	4:22:90	4:22:90	4:03:41	4:03:41	5
0:26:37	4:32:86	4:23:89	4:23:89	4:06:49	4:06:49	3
0:22:96	4:34:42	4:27:95	4:27:95	4:11:46	4:11:46	4
0:27:96	4:40:56	4:33:07	4:33:07	4:12:60	4:12:60	13
0:30:19	4:43:47	4:36:04	4:36:04	4:13:28	4:13:28	6
0:27:18	4:45:03	4:37:23	4:37:23	4:17:85	4:17:85	1
0:28:19	4:46:73	4:39:27	4:39:27	4:18:54	4:18:54	9
0:38:01	4:56:76	4:45:95	4:45:95	4:18:75	4:18:75	10
0:28:07	4:53:39	4:46:46	4:46:46	4:24:69	4:24:69	16
0:30:78	4:57:26	4:50:66	4:50:66	4:26:48	4:26:48	18
0:27:04	4:59:29	4:51:27	4:51:27	4:31:89	4:31:89	19
0:30:69	5:05:97	4:58:53	4:58:53	4:35:28	4:35:28	17
0:23:08	5:10:65	5:02:31	5:2:31	4:47:57	4:47:57	8
0:21:42	5:10:99	5:01:85	5:01:85	4:49:17	4:49:17	4
0:21:84	5:14:30	5:05:97	5:04:10	4:53:46	4:53:46	16
0:20:22	5:18:49	5:10:65	5:09:78	4:58:27	4:58:27	1
0:26:59	5:25:41	5:15:25	5:15:25	4:58:42	4:58:42	15
0:13:11	5:21:26	5:14:49	5:14:49	5:08:15	5:08:15	7

وقت عطل الماكنة واعادتها الى الخدمة	B3 End Repair نهاية التصليح	C2 Start Repair بداية التصليح	B2 End Removal نهاية المعاينة	C1 Start Removal بداية المعاينة	B1 Broken وقت العطل	Mach No. رقم الماكنة
0:13:09	5:29:16	5:20:37	5:20:37	5:16:47	5:16:47	13
0:13:45	5:35:32	5:27:53	5:27:53	5:21:58	5:21:58	18
0:09:59	5:33:56	5:27:57	5:27:57	5:23:47	5:23:47	8
0:16:56	5:40:82	5:30:33	5:30:33	5:24:26	5:24:26	5
0:17:01	5:41:33	5:24:21	5:24:32	5:24:32	5:24:32	14
0:14:45	5:40:19	5:36:62	5:36:62	5:25:44	5:25:44	6
0:12:21	5:49:47	5:41:52	5:41:52	5:37:26	5:37:26	13
0:16:01	6:02:12	5:52:54	5:52:54	5:46:11	5:46:11	14
0:11:08	5:58:81	5:51:82	5:51:82	5:48:13	5:48:13	3
0:13:26	6:07:10	6:00:35	6:00:35	5:53:84	5:53:84	20
0:13:47	6:13:31	6:04:49	6:04:49	5:59:84	5:59:84	12
0:14:29	6:14:83	6:07:10	6:06:90	6:00:94	6:00:94	16
0:11:21	6:13:69	6:05:44	6:05:44	6:02:48	6:02:48	9
0:15:92	6:23:90	6:13:00	6:13:00	6:7:98	6:7:98	10
0:14:65	6:30:98	6:22:26	6:22:26	6:16:33	6:16:33	16
0:17:72	6:38:37	6:26:51	6:26:51	6:20:55	6:20:55	9
0:13:07	6:38:18	6:30:41	6:30:41	6:24:51	6:24:51	20
0:13:04	6:45:19	6:38:20	6:38:20	6:31:29	6:31:29	15
0:15:26	6:50:91	6:43:18	6:43:18	6:35:65	6:35:65	14
0:15:55	6:57:10	6:45:03	6:45:03	6:41:55	6:41:55	19
0:15:26	6:55:49	6:49:54	6:49:54	6:44:23	6:44:23	9
0:11:83	7:05:02	6:58:65	6:58:65	6:53:16	6:53:16	14
0:08:83	7:02:04	6:57:24	6:57:24	6:53:21	6:53:21	20
0:15:00	7:11:92	7:02:12	7:02:12	6:56:52	6:56:52	7
0:12:21	7:16:72	7:07:77	7:07:77	7:04:51	7:04:51	2
0:16:45	7:21:31	7:12:25	7:12:25	7:04:38	7:04:38	11
0:17:33	7:22:43	7:11:8	7:11:08	7:05:10	7:05:10	8
0:22:61	7:29:32	7:18:80	7:18:80	7:06:71	7:06:71	19
0:21:59	7:31:80	7:22:66	7:22:66	7:10:21	7:10:21	20

وقت عطل الماكنة واعادتها الى الخدمة	B3 End Repair نهاية التصليح	C2 Start Repair بداية التصليح	B2 End Removal نهاية المعاينة	C1 Start Removal بداية المعاينة	B1 Broken وقت العطل	Mach No. رقم الماكنة
0:18:88	7:35:28	7:24:41	7:24:41	7:16:41	7:16:40	5
0:19:04	7:36:81	7:28:32	7:28:32	7:17:57	7:17:57	12
0:19:09	7:40:05	7:32:12	7:32:12	7:20:56	7:20:56	3
0:22:00	7:43:22	7:36:54	7:36:54	7:21:22	7:21:22	7
0:28:07	7:51:30	7:42:01	7:42:01	7:22:23	7:22:23	6
0:28:02	7:50:49	7:41:49	7:41:49	7:22:47	7:22:47	10
0:31:08	7:55:28	7:46:22	7:46:22	7:23:48	7:23:48	1
0:47:44	7:57:29	7:50:49	7:50:49	7:27:35	7:27:35	15
0:28:22	8:03:55	7:56:04	7:56:04	7:35:33	7:35:33	16
0:21:44	8:01:64	7:54:29	7:54:29	7:40:20	7:40:20	17
0:35:48	8:18:58	7:59:07	7:59:07	7:42:34	7:42:34	15
0:35:47	8:18:58	8:02:00	8:02:00	7:42:30	7:42:30	20
0:30:44	8:15:05	8:08:59	8:08:59	7:44:21	7:44:21	3
0:21:43	8:16:41	8:08:54	8:08:54	7:54:48	7:54:48	6
0:25:23	8:23:22	8:15:05	8:09:22	7:57:49	7:57:49	12

جدول رقم (3-3) عدد أعطال كل ماكنة ونسبة عدم استغلالها في الوقت الكلي

رقم الماكنة	عدد مرات العطل	مجموع وقت العطل لكل ماكنة	نسبة عدم الاستغلال لكل ماكنة = (وقت العطل /الوقت الكلي) ×100
	6	2:41:35	%33.615
	4	0:53:38	%11.121
	7	2:14:08	%28.083
	4	1:16:05	%15.938
	9	2:30:56	%31.367
	8	2:54:07	%36.265
	7	1:32:35	%19.240
	6	1:38:44	%19.258
	8	2:21:05	%29.385
	7	1:17:39	%16.229
	3	0:46:52	%9.692
	4	1:14:31	%15.481
	5	1:26:58	%18.038
	7	1:40:01	%20.835
	9	3:00:28	%37.558
	8	2:35:32	%32.358
	6	2:02:06	%25.542

رقم الماكنة	عدد مرات العطل	مجموع وقت العطل لكل ماكنة	نسبة عدم الاستغلال لكل ماكنة = (وقت العطل /الوقت الكلي) ×100
	3	0:55:09	%11.646
	6	1:46:01	%22.104
	8	2:18:19	%28.790

رابعاً: الاستنتاجات Conclusion

إن استخدام هيكلية منظمة للمحاكاة تساعدنا على ترتيب وتنسيق برنامج المحاكاة حيث يسهل عملية ترتيب الاحداث والفعاليات فيه بصورة منطقية.

ان طريقة الثلاثة اطوار إلى المنفذ ساعدت في كتابة فعاليات الاحداث المقيدة والشرطية بصورة واضحة ومفهومة من قبل الجميع، حيث ساعدنا الجدوليين (3-2) و(3-3) على متابعة اشتغال المكائن وعطلاتها بصورة مرتبة وسهلة الفهم والادراك من قبل المستفيد. والذي بدوره يساعدنا في اتخاذ القرار الصائب والصحيح والمبني على المتغيرات الداخلة في المحاكاة من ناحية عدد المصلحين وعدد الاجهزة ومعرفة الاستغلال الافضل لهم من خلال نسبة الاستغلال وهذا يساعدنا في اتخاذ القرار من ناحية زيادة عددهم أو نقصانها حسب متغيرات النظام . ويمكن تطوير النظام المستخدم لاعطائنا متغيرات اضافية عديدة حسب حاجة الجهة المستفيدة.

```
program simulate (output);
 Const
   amount_of_machines    =20;
   amount_of_mechanics   =4 ;
   amount_of_equipments  =3 ;
   inter_break_down_time =60;
   break_down_seed       =11;
   removal_time_seed     =12;
   repair_time_seed      =13;
 Var
  at_work                        :boolean;
  q1,q2                          :queue;
  mechanic, equipment            :bin;
  mechanic_util, equipment_util:histogram;
  broken                         :record
                                     number :cardinal;
                                     content:histogram;
                                  end;
  {bound events}
  procedure end_working;  {breakdown}  { B1 }
    begin
       if at_work then {machine can't break down after shift }
         with broken do
           begin
             number:=number+1;
             log_histogram (content,number,1);
           end;
          give_tail (q1,current);
         end;
       end;

  procedure end_remval; { B2 }
      begin
        with equipment do
         log_histogram (equipment_util,number-num_avail,1);
        with mechanic do
         log_histogram (mechanic_util,number-num_avail,1);
         return (mechanic,1);
         return (equipment,1);
        if at_work then
           begin
              cause (1,current,negexp(inter_break_down_time,breakdown_seed);
            with broken do
              begin
                number:=number-1;
                log_histogram (content,number,1);
              end;
            end;
            else
              begin
                write('Finished repair at ');
                write_time;writln;
              end;
          { Conditional events }
 procedure start_removal;    { B2 }
    begin
      while (mechanic.num_avail>0) and (not empty ((q1)) do
```

```
      begin
        with mechanic do
          log_histogram (mechanic_util,number-num_avail,1);
          acquire (mechanic,1);
          cause (2,take_top(q1),normal(5,1,removal_time_seed));
        end;
      end;
  procedure start_repair;    { c2 }
      begin
        while (eqipement.num_avai>0) and (not empty (q2)) do
          begin
            with equipment do
          log_histogram (equipment_util,number-num_avail,1);
          acquire (equipment,1);
          cause (3,take_top (q2),normal (8,2,repair_time_seed));
        end;
      end;
  procedure run;(duration:real; max_c:integer);
      Var
       c:cardinal;
      begin
       running:=true;
       repeat
         if calendar=calendar^.next then running:=false
          else
            begin
              tim:=calendar^.next.item^.time;
              if duration<tim then running:=false
                else
                  begin
                    while(calendar<>calendar^.next) and
(tim=calendar^.next^.item^.time) do
                  begin
                    calender_top;
                    case current^.next_B of
                      0: ;
                      1: end_working;
                      2: end_removal;
                      3: end_repair;
                   end;
                end;
              for c:=1 to max_c do
                case c of
                 1: start_removal;
                 2: start_repair;
              end;
            end;
        end;
      until not running;
   end { run };

  procedure initialize;
    Var
     i:cardinal;
    begin
      make_sim;
      make_streams;
```

```
    make_bin(mechanic,amount_of_mechanics);
    make_bin(equipment,amount_of_equipments);
    make_queue(q1);make_queue(q2);
    { set a shift working }
    at_work:=true;
    { set breakdown times for all machines }
    for i:=1 to amount_of machines do
     cause (1,new_entity (1,i),negexp(inter_break_down_time_seed));
     { establish histogram }
     with broken do
       begin
         make_histogram (content,1,1,false);
         number:=0;
       end;
     make_histogram (mechanic_util,1,1,false);
     make_histogram (equipment_util,1,1,false);
   end; {initialize};

procedure report;
   begin
      writeln;
      writeln('Number of Machines Broken Throughout Shift');
      print_histogram(output,broken.content,60);
      writeln;
      writeln('Utilization of Mechanics');
      print_histogram(output,Mechanics_util,60);
      writeln;
      writeln('Utilization of Equipment');
      print_histogram(output,equipment_util,60);
   end {report };
Begin
   initialize;
   run(8*60,2);  { close down the shift }
   at_work:=false;
   {run the simulation out, ie. do all repairs left }
   run(10000,2); {10000 is arbitary large number }
   report;
   end.
```

References المصادر

1. Jennergren, L.P,1984, Discrete – Event Simulation Models in Pascal/MT+ is an Implementation for CP/M machines from Digital Research.
2. John P. Hertel, &Barbara J. Millis ,2002, Using simulations to promote learning in higher education: an introduction.
3. Ken Jones ,1995, Simulations: a handbook for teachers and trainers.
4. Rivett, P ,1980, Model Building for Decision Analysis (Newyork : Wiley).
5. Tocher K,D , 1992, The Art of Simulation.