

استراتيجيات وسياسات وتقنيات اعادة جدولة عمليات الانتاج مدخل فلسفي

أ.د. غسان قاسم داود اللامي / جامعة بغداد / كلية الادارة والاقتصاد
أ.م. مها عبد الكريم حمود الراوي / قسم علوم الحاسوب / الجامعة التكنولوجية

مستخلص:

عندما تعجز قواعد الجدولة عن التعامل مع تشكيلة واسعة من الاضطرابات غير المتوقعة التي يتكرر ظهورها في أنظمة التصنيع ، سيكون عندها من الضروري بناء جدولة استجابية لها القدرة على امتصاص اثر مثل هذه الاضطرابات. وان مثل هذه الاستجابة تتطلب توافر استراتيجيات، وسياسات، وطرائق كفاءة لاحكام الرقابة على الانتاج وللحفاظ على اداء عالي لورش الانتاج قدر الامكان، ويتم ذلك من خلال مهمة اعادة جدولة العمليات التي يمكن تعريفها على انها وظيفة تشغيل جوهرية تمكن من الاستجابة والاضطلاع بشكل كفوء لحالات اللاتأكد والاحداث غير المتوقعة. لذا يتضمن الاطار الذي يقدمه البحث الحالي عدداً من مداخل واستراتيجيات وسياسات وتقنيات اعادة جدولة العمليات ، الذي يمكن عده دليلاً استرشادياً للشركات الانتاجية التي تعمل في ظل بيئة ديناميكية متغيرة، تواجهها عدة انواع من الاضطرابات والاحداث غير المتوقعة. تمثل استراتيجيات اعادة الجدولة كلاً من الجدولة الديناميكية، والجدولة التنبؤية / الاستجابية. وفي الواقع العملي قد تحدث سياسات اعادة الجدولة اما بشكل دوري، او عند الحاجة، او قد تجمع احياناً بين الاثنين بنموذج هجين الغرض منه التخطيط للانشطة لفترات مستقبلية و للاستجابة لبعض الاضطرابات المهمة في الوقت نفسه. اما اساليب اعادة الجدولة فتستخدم لتوليد جداول متينة اما باعادة توليدها من جديد او بتعديلها وتحديثها. وقد تأخذ اساليب اعادة الجدولة اشكالاً عدة منها: اعادة الجدولة بتحويل الازمنة، و اعادة الجدولة الجزئية، و اعادة الجدولة الكلية.

المصطلحات الرئيسية للبحث / اعادة الجدولة ، الاضطرابات، استراتيجيات اعادة الجدولة، تقنيات اعادة الجدولة.



مقدمة:

هنالك العديد من الافعال او الانشطة التي تقوم بها ادارة العمليات كالتعديلات التي تجري على جدولة الانتاج الرئيسية MPS، أو تعديل ملفات التركيبة الفنية للمنتجات BOM، أو غيرها. وما يترتب عليها من تغيرات تحدث في ظروف ورش العمل، مثل التوقف غير المتوقع للمكانن، والعقود غير المخططة أو الغاء البعض منها أو غيرها، التي تؤكد جميعها ضرورة الحاجة الى اعادة جدولة طلبيات أو أوامر التصنيع، والى مراجعة اسبقيات أوامر العمل، وتعديلها. بما ان هذه الاحداث، التي ربما يكون حدوثها بشكل يومي، من شأنها ان تربك تنفيذ الجدولة الحالية، ومن ثم ارباك النظام ككل. لذا يتطلب ذلك اعادة جدولة عمليات الانتاج لامتناس أو تقليل اثرها على انظمة التصنيع.

تصعب الاستجابة لتلك التغيرات مع قواعد الجدولة التقليدية، سواء الساكنة منها أو الديناميكية، إذ لا تتوفر عندها الامكانية على تعديل الجدولة الاولية في كل مرة تحدث بها اضطرابات أو تغيرات. لذا طور الباحثون والمهتمون بحقل ادارة الانتاج والعمليات مداخلًا تقدم استراتيجيات وتقنيات واساليب ركزت على التعامل مع حالات اللاتأكد والعشوائية. فمن هذه المداخل والاستراتيجيات ما يعمل على اساس تصحيح الجدولة الحالية وتعديلها، ومنها ما يعمل على اعادة جدولة العمليات بشكل جزئي، أو اعادة توليد جدولة جديدة بالكامل. وان الهدف من استخدام اية تقنية لتصحيح أو تعديل الجدولة هو تقليل الانحرافات عن الجدولة الاصلية والحفاظ قدر الامكان على القيود التكنولوجية وقيود الاسبقية للعمليات. فضلاً عن تقليص ازمنا اكمال أوامر العمل وازمنا التدفق والتأخير وعدد أوامر العمل المتأخرة الى أقل ما يمكن.

المبحث الاول / منهجية البحث وبعض الدراسات السابقة

أولاً: منهجية البحث Study Methodology:

تسعى هذه الفقرة الى تعميق الرؤية حول الاطار الفكري للبحث عبر منهجية تسعى الى بناء صورة واضحة عن اهميته واهدافه ومشكلته. لذا تم بلورة المنهجية وطرحها على وفق الاتجاه الآتي:

١-١ مشكلة البحث:

تتبع مشكلة البحث من وجود ثغرة بحثية بين الاتجاهين الاكاديمي والتطبيقي متمثلة بقلة الدراسات والبحوث الاكاديمية، العربية بشكل عام والعراقية على وجه الخصوص، التي سعت الى تقديم اطر عمل لبناء سياسات واستراتيجيات فاعلة لاعادة الجدولة في ظل بيئات وظروف مختلفة. او التي تناولت حل مشكلات تنفيذ الجدولة. فقد ركزت اغلب الدراسات على تطبيق قواعد الجدولة وايجاد التتابع الامثل لاوامر العمل، واختيار القاعدة الافضل. ولم تتناول دراسة وتحليل وتطوير قواعد او اساليب لاعادة الجدولة من شأنها التغلب على المشاكل المختلفة، تهدف الى تحقيق معايير مهمة تتمثل بتقليص ازمنا اكمال أوامر العمل، وازمنا التدفق، وازمنا التأخير التراكمية، وعدد أوامر العمل المتأخرة.

٢-١ هدف البحث:

انطلاقاً من المشكلة المذكورة آنفاً، يهدف البحث الى تحسين استجابة انظمة التصنيع للتغيرات الحاصلة من خلال دراسة اهم استراتيجيات وسياسات وتقنيات اعادة الجدولة التي بالامكان تطبيقها في بيئات التصنيع المختلفة ولا سيما الديناميكية منها لما تمتاز به من خصائص تتطلب منها الاستجابة السريعة لتغيرات كثيرة في ظروف واجراءات العمل نتيجة قبول طلبيات جديدة، أو اجراء تعديل في تتابع الطلبيات والاوامر تحت التشغيل، أو الغاء بعض الاوامر أو غيرها. فضلاً عن دراسة بعض العوامل التي يمكن عدها شرارة لقدح وظيفة اعادة الجدولة.

٣-١ اهمية البحث:

تبرز اهمية البحث في عرض وتحليل الاطار الفكري لاهم مداخل واستراتيجيات وسياسات وتقنيات اعادة الجدولة التي تعد من المداخل والتقنيات الحديثة التي تسعى الى تطوير قاعدة فكرية معرفية تساعد متخذ القرار (سواء المدير او المجدول او حتى المشغل) لاجراء تعديلات سريعة في الجدولة الحالية كأستجابة سريعة للتغيرات، وتقديم حلولاً مثلى، في وقت قياسي. لا سيما وان احد معايير التنافس اليوم هو عامل الوقت الذي يكون له دور كبير في تحسين الاداء والارتقاء بتنافسية الشركات.

ثانياً: بعض الدراسات السابقة Related Works.

تتناول هذه الفقرة عرض ومناقشة بعض الإسهامات المعرفية السابقة في مجال إعادة جدولة عمليات الانتاج. إذ أختيرت الإسهامات التي تتناغم منهجياً وفكرياً مع توجهات البحث الحالي لتدعيم المنطلقات النظرية والمنهجية.

٢-١ دراسة Raheja, وآخرون سنة ٢٠٠٣:

A Generic Mechanism for Repairing Job Shop Schedules

طريقة عامة لتصحيح جداول ورش العمل.
قدمت هذه الدراسة آلية عامة فاعلة لتصحيح الجدولة في ورش العمل بإمكانها معالجة ثلاثة أنواع من الاضطرابات وهي:
- عطل المكانن.
- تغيرات في زمن المعالجة.
- أوامر العمل المستعجلة.

بما ان ورشة العمل تتعرض لمختلف أنواع الاضطرابات، لذا يجب اجراء تعديل في طريقة إعادة جدولة العمليات المتأثرة (Affected Operations Rescheduling (AOR) ليكون لديها القدرة على تصحيح الجدولة في حالة ظهور اية اضطرابات اخرى في الورشة.
تمثلت الآلية المقترحة باجراء تعديل للطريقة اعلاه لتقديم طريقة إعادة جدولة العمليات المتأثرة المعدلة Modified Affected Operations Rescheduling (mAOR) لمعالجة الاضطراب المتمثل بعطل المكانن.

استندت الدراسة الى نوعين من مقاييس الاداء وهي: الكفاءة Efficiency والاستقرارية Stability. إذ يمثل المقياس الاول (الكفاءة) التغير النسبي في وقت الاكمال للجدولة المعدلة مقارنة بالجدولة الاصلية. في حين يمكن قياس (الاستقرارية) لاية جدولة بصيغة الانحرافات في اوقات البدء Starting Times لعمليات امر العمل عن الجدولة الاصلية.

اعتمدت الدراسة على محاكاة الحدث المتقطع لتوليد جدولة اولية لورشة مكونة من m من المكانن، و n من الاعمال، وذلك لدراسة اثر الاضطرابات على تلك الجدولة. ومن ثم تصحيح الجدولة الاصلية باستعمال طريقة تصحيح الجدولة بالتحويل الى اليمين (Right-Shift-Rescheduling (RSR وطريقة mAOR. واطهرت نتائج المحاكاة افضلية طريقة mAOR في تصحيح الجدولة لورش العمل تحت ظروف مختلفة. كما قدمت الدراسة اطاراً من العمليات والاجراءات الممكن اتخاذها عند تصحيح الجدولة كاستجابة لمختلف أنواع الاضطرابات التي من الممكن ان تظهر في الورشة.

٢-٢ دراسة Vieira وآخرون سنة ٢٠٠٣:

Rescheduling Manufacturing Systems; A Framework of Strategies, Policies, and Methods.

إعادة جدولة أنظمة التصنيع : أطار من الاستراتيجيات، والسياسات ، والطرائق.
قدمت الدراسة تعريفات مختلفة لإعادة جدولة أنظمة التصنيع ، وللسياسات والاستراتيجيات والطرق التي تلائم أغلب التطبيقات . وأقترحت اطاراً يساعد على فهم تلك الطرائق والاستراتيجيات واستند الى تشكيلة واسعة من الدراسات التجريبية والمداخل العملية. واستعرضت الدراسة اهم الدراسات السابقة التي اوضحت الكيفية التي تؤثر بها سياسات إعادة الجدولة على اداء أنظمة التصنيع.

تناول الاطار الذي قدمته الدراسة كلا من اشكال بيئات إعادة الجدولة Rescheduling Environments، واستراتيجيات إعادة الجدولة Rescheduling Strategies، وسياسات إعادة الجدولة Rescheduling Policies، وطرائق إعادة الجدولة Rescheduling Methods. وقد اشارت الدراسة الى ان بيئة إعادة الجدولة تحدد مجموعة الاعمال Set of Jobs التي تحتاج لان يتم جدولتها. والتي تكون مجموعة محدودة من الاعمال Finite Set of Jobs في البيئة الساكنة التي قد تكون اما بيئة محددة Deterministic أو بيئة عشوائية Stochastic. في حين تكون مجموعة غير محدودة من الاعمال Infinite Set of Jobs في البيئة الديناميكية التي تمثل بيئة الانتاج الدوري Cyclic Production أو بيئة التدفق Flow Shop أو بيئة ورش العمل Job Shop.

في حين تصور استراتيجية إعادة الجدولة فيما إذا قد تم توليد جدولة أولية للانتاج ام لا من حيث وصفها لنوعين من الاستراتيجيات وهي الاستراتيجية الديناميكية (اي عدم وجود جدولة No Schedule) ويقصد بها اما الاعتماد على قواعد الارسال Dispatching Rules أو الرقابة النظرية Control – Theoretic. اما النوع الثاني فهي الاستراتيجيات التي تعتمد المدخل التنبؤي الاستجابي Predictive – Reactive الذي يسعى الى توليد جدولة ابتدائية ومن ثم تحديثها. بينما تحدد سياسات إعادة الجدولة متى يجب ان تحدث إعادة الجدولة. وتعمل هذه السياسات في ظل الاطار التنبؤي الاستجابي، وتصف ثلاثة أنواع من السياسات وهي: إعادة الجدولة الدورية Periodic، وإعادة الجدولة المقادة بالحدث Event – Driven، والنموذج الهجين Hybrid. في حين تصف طرائق إعادة الجدولة كيفية توليد وتحديث الجدولة. فهي تصف نوعين من الطرائق: طرق توليد الجدولة Schedule Generation والتي تشمل كلا من الجدولة الأساسية Nominal والجدولة المتينة Robust. والنوع الثاني هي طرق تصحيح او تعديل الجدولة Schedule Repair التي تشمل كلا من إعادة الجدولة بالتحول او الانتقال الى اليمين Right-Shift Rescheduling، وإعادة الجدولة الجزئية Partial Rescheduling، وإعادة الجدولة التامة او الكلية Complete Rescheduling.

٢-٣ دراسة Katragjini وآخرون سنة 2010:

Flow shop Rescheduling under Different Types of Disruptions

إعادة جدولة ورش التدفق في ظل أنواع عدة من الاضطرابات. استندت هذه الدراسة الى توليد واعتماد ثلاثة أنواع من الاضطرابات والمعوقات التي تحدث في ورش التدفق Flow Shop والتي تعيق تنفيذ الجدولة الحالية الأساسية، وهي عطل المكانن، ووصول اوامر عمل جديدة، والتغيرات في ازمنا اطلاق اوامر العمل. اقترحت الدراسة اربعة طرائق لإعادة جدولة العمليات تبحث عن تحقيق المفاضلة الامثل بين جودة الجدولة Schedule Quality و بين عدم استقراريتها instability. وذلك باعتماد المدخل التنبؤي/الاستجابي وتطبيق سياسة إعادة الجدولة المقادة بالحدث Event Driven rescheduling Policy وذلك بافتراض بيئة ديناميكية عشوائية في ورش التدفق. وتتضمن طرائق إعادة الجدولة الآتي:

١- تصحيح الجدولة Schedule Repair:

٢- الانتقال المنفرد بالبحث المحلي Local Search- Single Pass

٣- البحث المحلي التام Complete Local Search

٤- خوارزمية الطمع المتكرر Iterated Greedy (IG).

اعتمدت هذه الدراسة على بناء نموذج رياضي ودالة هدف Objective Function لتقييم الجدولة التي تقدمها الطرائق الاربع المذكورة آنفاً. تتضمن هذه الدالة تحقيق اقل زمن اكمال ولاستقرارية عند كل نقطة من نقاط إعادة الجدولة التي يتم اختبارها. الانجاز الرئيس لهذه الدراسة هو توليد نقطة مرجعية جديدة تستخدم لمقارنة الطرائق الاربع المقترحة لإعادة الجدولة. والهدف الثاني هو ايجاد طريقة لإعادة الجدولة تكون قادرة على تحقيق افضل مفاضلة بين جودة الجدولة وعدم استقراريتها.

المبحث الثاني / الاطار النظري

أولاً: مفهوم إعادة جدولة العمليات Rescheduling Concept:

كان King واحداً من الباحثين الاوائل القلائل الذين ادركوا وميزوا الفجوة بين النظرية والتطبيق في جدولة الانتاج في بحث له سنة 1976. فقد أوضح ان السبب وراء هذه الفجوة هو ان اغلب الدراسات الاكاديمية او التطبيقية انصبت على بناء النماذج الرياضية Mathematical Models لحل مشكلات الجدولة معتمدة بذلك على تبسيط الافتراضات والمواقف المعقدة للواقع الفعلي بما يخدم اغراض بناء تلك النماذج (King, 1976: 138). اذ ركزت مشاكل الجدولة، بحسب ما جاءت به الادبيات الاكاديمية في هذا المجال، على جزء محدود من مهمة الجدولة. كما ان اتباع وتنفيذ الجدولة الموضوعية بحسب ما صممت بالضبط هو امر مستحيل عملياً، والسبب في ذلك انه من الصعوبة بمكان تقديم تخمينات صحيحة ودقيقة لاوقات المعالجة والاكمال بسبب التغيرات غير المتوقعة التي بإمكانها ارباك النظام. لهذا، نجد الادبيات بدأت تزخر بالمدخل والتقنيات والسياسات التي تتعامل مع حالات اللاتأكد Uncertainty، والتي قدمت مدخلا استجابياً جديداً

للجدولة الذي اشارت اليه بمهمة إعادة الجدولة.

وعلى الرغم من الصرح الكبير من تلك الادبيات التي تناولت مدى واسع من مظاهر الجدولة، الا ان التطبيق العملي لتقنيات الجدولة لا يزال هزياً (Katragjini et. al., 2010: 1). فقد قدم كل من Holloway & Nelson مدخلاً جديداً لتوليد الجدولة بشكل دوري Periodically في ورش العمل الديناميكية الكبيرة، التي كانت الاساس في تطوير سياسة إعادة الجدولة باعتبارها مدخل استجابي للاحداث التي تظهر في بيئة ورش العمل (Ghoniem, 2002: 16). وفي هذا المجال، قام Muhlemann وآخرون سنة 1982 بدراسة ورش العمل الديناميكية أخذين بنظر العنايه بعض العوامل مثل الوصول المستمر لاوامر العمل، وعطل المكنان، واللاتأكد في تقدير وقت المعالجة. وهم بذلك قدموا مقارنة باستخدام المحاكاة بين اداء عدد من قواعد تحميل المكنان في بيئة الانتاج حسب الطلب، على اساس بعض مقاييس ورش العمل الساكنة. وأشاروا الى اهمية وجود سياسات وتقنيات لإعادة جدولة الاعمال التي تحمل في هذه المكنان عند ظهور مثل هذه العوامل التي تؤثر في اداء الجدولة الاصلية، ومن ثم تترك اداء ورش العمل (Muhlemann et. al., 1982: 240).

واقترح كل من Yamamoto & Nof سنة 1985 مدخلاً لإعادة الجدولة ثلاثي المراحل: اذ تركز المرحلة الاولى (مرحلة التخطيط) على بناء جدولة اولية قبل بدء فترة اعمال جديدة، اعتماداً على جميع الاحتياجات المتوفرة للانتاج. اما في (مرحلة الرقابة) فيجري مقارنة التقدم الفعلي للعمليات مع الجدولة الحالية في كل مرة تبدأ او تنتهي بها عملية جديدة. واذا تجاوزت الاختلافات لحد معين، عندها تبدأ المرحلة الثالثة (إعادة الجدولة)، التي يتم ضمنها بناء جدولة منقحة (معدلة) تأخذ بالحسبان التغيرات التشغيلية التي حفزت او اثارت عملية إعادة الجدولة (Vieira et. al., 2003: 50). كما درس Matsuura وآخرون سنة 1993 اثر التغيرات التي تحدث في بيئات التصنيع الديناميكية. فقد قدموا آلية للتبديل فيما بين التتابع والارسال في ارض الورشة. ومن اهم الاحداث التي تناولوها في دراستهم هي وصول اعمال جديدة، وعطل المكنان، والتغيرات في مواصفات المنتجات (Matsuura et. al., 2003: 1671).

وقدم Kunnathur & Sampath سنة 1996 تقنية استرشادية لإعادة جدولة عمليات الانتاج استخدمت استراتيجية للتنبؤ بوقت التدفق، اثبتت فاعلية إعادة الجدولة في تخفيض زمن تدفق الاعمال، اعتمدت على الاختلافات بين متوسط زمن التدفق التقديري ومتوسط زمن التدفق الفعلي كمحفز للقيام بإعادة الجدولة. ثم اقترح كلا من Abumaizer & Svestka سنة 1997 طريقة سميت بخوارزمية العمليات المتأثرة Affected Operations Algorithm (AOR) لمعالجة مشاكل التغيرات العشوائية لمكنان ورش العمل باستخدام اجراء "إعادة الجدولة بالتحويل الى اليمين Right Shift" واجراء "إعادة الجدولة الكلية Total Rescheduling". كما درس Herroelen وآخرون سنة 1998 مشكلة إعادة جدولة المشاريع محدودة الموارد Resource-Constrained Projects باستخدام اساليب بحوث العمليات (طريقة التفريع والتحديد Branch & Bound) لايجاد امثل جدول للموارد المحدودة.

وقدم Brucker وآخرون دراستهم في نفس المجال سنة 1999 لاقتراح نماذج رياضية عدة لحل مختلف مشاكل إعادة جدولة الموارد المحدودة للمشاريع (Liu & Shih, 2009: 715). ثم اقترح Rahrja وآخرون في دراستهم عام 2003 تعديل لطريقة AOR وهي طريقة العمليات المتأثرة المعدلة mAOR لتصحيح مشاكل ورش العمل، كأستجابة للاضطرابات الداخلية والخارجية بعد دراسة وتحليل معمقين للمسببات التي بدت بالنسبة لهم مشكلة بالغة التعقيد. ووجدوا انه بالامكان ايقاف مثل هذه المشاكل من خلال بعض الخطوات البسيطة مثل: اضافة الوقت العاطل Idle Time، واطافة وقت لاجراء التعديل Adjustment Time، واطافة العمليات. وبالتالي يمكن من خلالها تعديل تتابع العمليات.

كان ابرز هذه الدراسات هي الدراسة التي قدمها Vieira وآخرون سنة 2003، ودراسة Katragjini وآخرون سنة 2010، اللاتي يمكن تطبيقهما في ثلاثة بيئات مختلفة: الساكنة Static، والديناميكية Dynamic، وغير المحددة Non-Deterministic. وأوضحت هاتين الدراستين الافتراضات الاساسية لهذه النماذج، فضلاً عن تقديمهما معايير مختلفة لكل نموذج مثل وقت اطلاق اوامر العمل، ووقت البدء، ووقت المعالجة، ووقت تدفق الاعمال. كما قدمت تعريفات مختلفة لإعادة جدولة أنظمة التصنيع، وللسياسات والاستراتيجيات والطرق التي تلائم اغلب التطبيقات. وأطر تساعد على فهم تلك الطرائق والاستراتيجيات استندت الى تشكيلة واسعة من الدراسات التجريبية والمداخل العملية

يقصد بإعادة الجدولة ، عملية تحديث الجدولة الحالية **Current schedule** كاستجابة للاضطرابات او التغيرات التي تحدث في بيئة التصنيع (Vieira et. al., 2003: 43)، (Liu & Shin, 2009: 716)، (Katragjini et. al., 2010: 4).

كما عرفها، **Naseri & Kuzgunkaya, 2010** بأنها وظيفة تشغيلية جوهرية لمعالجة حالات اللاتأكد والاحداث غير المتوقعة التي تحدث بشكل متكرر في انظمة التصنيع (1: Naseri & Kuzgunkaya, 2010). وأشار **Herrmann ٢٠٠٤** الى ان إعادة الجدولة تعد مبدأ أساسياً من مبادئ فهم انظمة جدولة الانتاج (2: Herrmann, 2004). واعتبرها **Luthi, 2009** جزء من نظام متكامل للجدولة الفورية **Real-Time Scheduling**، وهي عملية معقدة متعددة المراحل، تعتمد على معلومات من جميع الاطراف ذات العلاقة (Luthi, 2009: 62).

كما اشار اليها البعض على انها عملية تغيير الجدولة الحالية من حيث الازمنة، والكميات، وخصائص المنتج، كاستجابة للاحداث المتعددة (Huaccho Huatuco et. al., 2009: 4306). كما عرفها **Kunnathur** وآخرون بأنها استراتيجية موجهة نحو الهدف، تحاول ان تجمع كل من خصائص الورشة، واهداف الورشة، والمعلومات عن الحالة الديناميكية للورشة لتنفيذ ارسال فاعل لاوامر العمل (Kunnathur et. al., 2004: 208).

لذا تعرف إعادة الجدولة بانها عملية اتخاذ القرارات في الاوقات الحرجة، استجابة للاحداث والاضطرابات غير المتوقعة سواء الداخلية منها (مثل عطل المكنان، غياب المشغلين، تغيير اوقات المعالجة)، او الخارجية (مثل تأجيل او تسريع الاعمال، وصول اعمال جديدة) وذلك خلال تنفيذ العمليات المخططة والمجدولة بهدف تعديل وتصحيح الجدولة الحالية.

ثانياً: عوامل إعادة الجدولة **Rescheduling Factors**:

تسمى الاضطرابات والاحداث التي تحصل في البيئة الداخلية او الخارجية لنظام التصنيع بعوامل إعادة الجدولة **Rescheduling Factors** (Dutta, 1990: 303 : Vieira et. al., 2003: 42). فعلى سبيل المثال، قد تصل الى الورشة اوامر عمل عالية الاسبقية **High-Priority** الامر الذي يستوجب جدولتها مباشرة ليتم معالجتها في مراكز العمل. وهذا ما سيؤدي بالتأكد الى تجاوز الجدولة الحالية واقضاء عدد من اوامر العمل تحت التشغيل او التي تنتظر دورها او تأجيلها. او قد تتعرض المكنان الى العطل مما يستوجب توقفها لفترة تعادل فترة تصليحها، ومن ثم توقف تنفيذ الجدولة وتأخير تسليم اوامر العمل.

تصنف عوامل إعادة الجدولة الى ثلاثة اصناف من الاضطرابات وهي (Stoop & Wiers, 1996: 40):

5: Katragjini et. al., 2010: 42 : Vieira et. al., 2003: 42):

١- الاضطرابات المتعلقة بالطاقة **Capacity Related Disruptions**: وهي الاضطرابات التي تكون ذات صلة بموارد التصنيع. ويمكن ان تنقسم على ثلاثة انواع:

١-١ الاضطرابات الناتجة عن طاقة المكنان **Machine Capacity**، ويتضمن هذا النوع:

- عطل المكنان **Machines Breakdown**.
- فترات الصيانة غير المخططة **Unplanned Maintenance**.
- تحويل المسلك التكنولوجي لمنتوج معين الى مكان او خطوط انتاج اخرى **Re-routing**.
- ٢-١ الاضطرابات الناتجة عن طاقة المشغلين **Operator Capacity**، ويتضمن هذا النوع:
- غياب المشغلين (بسبب المرض وما شابه) **Operator Absenteeism**.
- اضرابات العاملين **Strike**.
- القابليات والمهارات الفنية للمشغل **Technical Skills & Capabilities**.

٣-١ الاضطرابات الناتجة عن طاقة العدد والادوات **Tool Capacity**. ويتضمن هذا النوع:

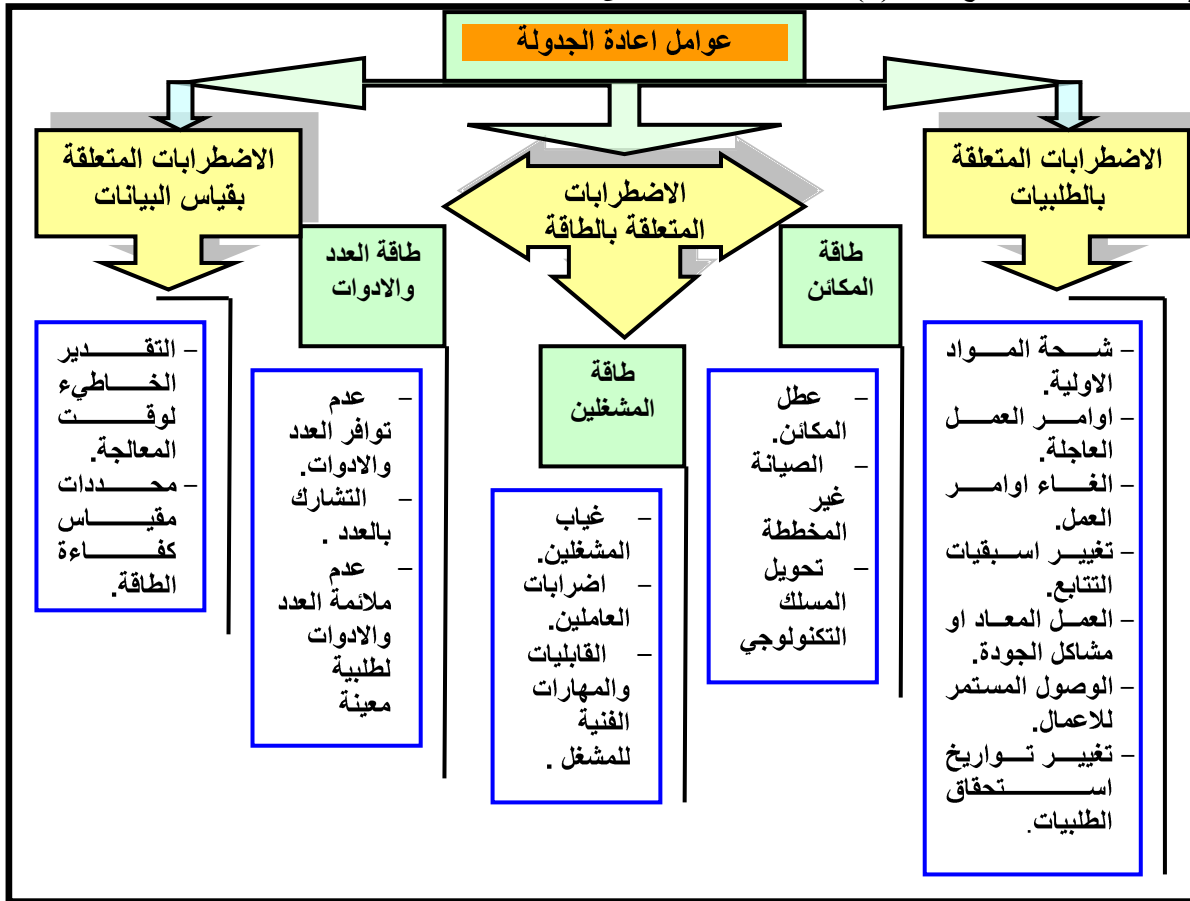
- عدم توافر عدد وادوات معينة (بسبب التلف او التلوث) **Unavailability of Tools**.
- التشارك بالعدد مع مراكز عمل اخرى **Tools Sharing**.
- عدم ملائمة العدد والادوات لطلبية معينة (خاصة في ورش الانتاج حسب الطلب).

٢- الاضطرابات المتعلقة بالطلبات **Orders Related Disruptions**: تؤثر هذه الاضطرابات بشكل مباشر في اداء وحدات الانتاج نظراً لما تتسبب به من تأخير في تنفيذ الطلبات. وتتضمن الاحداث الاتية:

- شحة المواد الاولية **Raw Material Shortage** او تأخر وصولها.

- اوامر العمل العاجلة **Rush Jobs**.

- الغاء اوامر العمل **Jobs Cancellation**.
- تغيير اسبقيات التتابع **Change in Priority**.
- العمل المعاد او مشاكل الجودة **Rework or Quality Problems**.
- الوصول المستمر للاعمال **Continuous Arrival of Jobs**.
- تغيير تواريخ استحقاق الطلبات (تقديم او تأخير) **Due Dates Change (Delay or Advance)**.
- 3- الاضطرابات المتعلقة بقياس البيانات **Disruptions Related to Measurement of Data**: يتضمن هذا الصنف الاضطرابات او التغيرات بسبب الاخطاء التي قد تحدث في اقسام او شعب التحضير (التهينة) للانتاج. فعندما يواجه الجدول حالات اللاتأكد في تقدير وقت المعالجة على سبيل المثال، فانه سيكتشف ان الجدولة التي تعطي نتائج مثلى عند تطبيق بعض النماذج العشوائية او المحددة للجدولة تقدم اداءً متدنياً عندما يتم تقييمها على اساس وقت المعالجة الفعلي. او تتضمن الاضطرابات التي تحدث بسبب نقص البيانات التاريخية. ومن الامثلة على هذا النوع الاتي:
 - التقدير الخاطئ لوقت المعالجة (بأقل او اكثر من اللازم) **Over or Underestimation of Processing Time**.
 - تحديد مقياس كفاءة الطاقة **Determination of Capacity Efficiencies**. الذي يحدث عادة بسبب عدم الوضوح في تعريف الطاقة. ويوضح الشكل (1) عوامل إعادة الجدولة على وفق التصنيف المذكورة آنفاً.



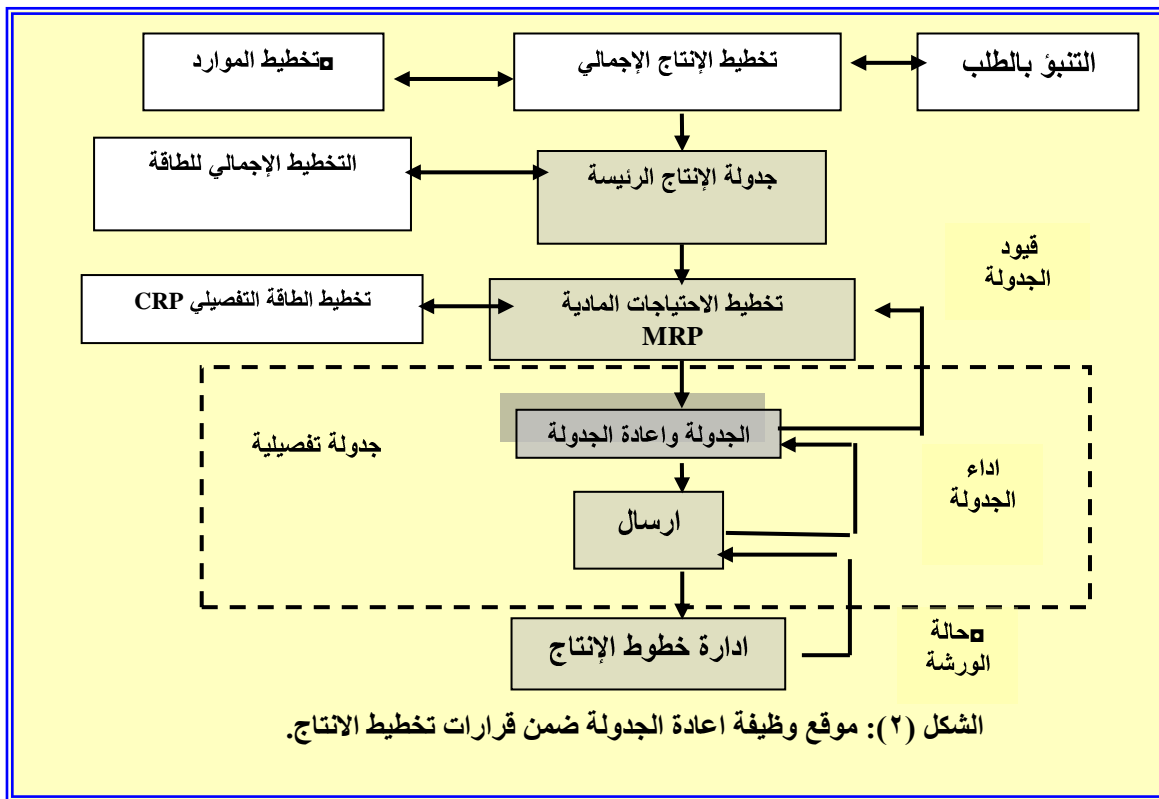
شكل (1): عوامل إعادة الجدولة.

المصدر: اعداد الباحثين بالاعتماد على ما جاءت به الادبيات الاتية:

- 1) Katrajini Ketrina, Vallada Eva, & Ruiz Ruben, *Flow Shop Rescheduling Under Different Types of Disruptions*, Optimization Technologies Journal, July 2010, Spain, PP.3-7.
- 2) Stoop Paul P. M. & Wiers Vincent C., S., *The Complexity of Scheduling in Practice*, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 16 Iss. 10 , 1996, PP.37-53.
- 3) Vieira Guilherme E, Herrmann, J.W., & Lin, E., *Rescheduling manufacturing Systems: A Framework of Strategies, Policies, and Methods*, Journal of Scheduling, no. 6, Kluwer Academic Publisher, Netherlands, 2003, PP.38-64.

ثالثاً: موقع وظيفة إعادة الجدولة ضمن قرارات تخطيط الانتاج:

يشتمل تخطيط الإنتاج على مجموعة من القرارات التي تتخذ في الغالب كجزء من عمليات التخطيط متوسطة الأمد على أساس شهري لتحديد حجم قوة العمل، ومعدلات الإنتاج، ومستويات المخزون التي يتم الاحتفاظ بها، وكميات المواد الأولية المطلوبة، وساعات تشغيل وسائل الإنتاج. ويعد التسلسل الهرمي لوظائف تخطيط وجدولة الانتاج الأساس الذي تبنى عليه جدولة الإنتاج الرئيسية والذي يحدد موقع وظيفة إعادة جدولة العمليات. إذ تضع أولاً الإدارة العليا خطة الإنتاج الإجمالية (Aggregate Production Planning) التي تحدد كميات الإنتاج لعوائل المنتج خلال أفق زمني طويل، والتي تشتق منها جدولة الانتاج الرئيسية (Master Production Schedule (MPS) التي تعد خطة أكثر تفصيلاً من خطة الإنتاج الإجمالية وتكون نموذجياً ذات أفق تخطيطي لسنة واحدة (الراوي، ٢٠٠٠: ٣٤). والشكل (٢) يوضح إطار عملية تخطيط وجدولة الإنتاج الذي تتجلى فيه أهمية وظيفة إعادة جدولة العمليات وعلاقتها بتخطيط الطاقة الإجمالي وخطة الإنتاج الإجمالية.



المصدر: اعداد الباحثان بالاعتماد على:

Markland, R. E. et. al., *Operations Management : Concepts In Manufacturing And Services* , U.S.A., 1995, P. 478 .

رابعاً: مداخل إعادة الجدولة **Rescheduling Approaches**:

ان محاكاة الانواع المختلفة من التغيرات والاضطرابات غير المتوقعة، سيكون امراً عصبياً بالنسبة لوظيفة جدولة أنظمة التصنيع في الواقع العملي (Duenas & Petrovic, 2006: 79). لذا اهتم الباحثون منذ العقدين السابقين بتطوير مداخل عديدة ركزت على التعامل مع حالات اللاتأكد في بيئات التصنيع والتي من شأنها حل مشاكل الجدولة الديناميكية، اهمها:

٤-١ المدخل التنبؤي Predictive Approach:

يهتم هذا المدخل بالجدولة التنبؤية (PS) Predictive Schedule التي يتم توليدها لامتناس الاضطرابات المتوقعة Anticipated Disruptions. وتستخدم هنا التوزيعات الاحتمالية لنمذجة هذه الاضطرابات او الاحداث، بسبب قدرتها على التعامل مع ظهورها او حدوثها. ومن اكثر هذه الاحداث شيوعاً: عطل المكانن وشحة المواد الاولية. ففي حالة عطل المكانن، يمكن التعبير عن ذلك بمؤشرين هما: (Duenas & Petrovic, 2006: 76)

- متوسط الوقت بين الاعطال Mean Time between Failures.

- متوسط زمن تصليح المكانن Mean Time for Repair.

يمكن تحديد هذين المتغيرين من خلال البيانات التاريخية في سجلات الصيانة. اما في حالة شحة المواد الاولية، فان البيانات التاريخية لن تجدي نفعاً في هذا المجال، لذا يعتمد بشكل كبير على التقديرات غير الدقيقة Vague Estimations، او المعرفة والخبرة التراكمية للخبراء.

يلانم هذا المدخل بيئة ورش التدفق Flow Shop بشكل كبير، اذ يمكن للجدولة التنبؤية (PS) ان تصور السلوك المطلوب للورشة، الا انه من غير المحتمل ان تنفذ هذه الجدولة بالضبط بالشكل الذي أعدت به (Katragjini et. al., 2010: 8). ما يعزز هذا الرأي ان ورش التدفق تصمم لتصنيع احجام كبيرة من المنتجات ذات معدلات انتاج عالية وكلف منخفضة. وتنظم المكانن والخطوط الانتاجية فيها على وفق تسلسل العملية المطلوبة للمنتج وتكون مصممة للقيام بعمليات محددة، كما تفتقر هذه الورش الى المرونة ولا يسمح باعادة ترتيبها فيما اذا دعت الضرورة لذلك. بهذا يتلانم مدخل الجدولة التنبؤية بشكل كبير مع هذه البيئة، اذ سيكون من الصعب بمكان اجراء تعديل في الجدولة، او الغاء بعض اوامر العمل، او تأجيل بعض العمليات اللازمة لتصنيع المنتج، او حتى تغيير تسلسل العملية المطلوبة.

٤-٢ المدخل الاستجابي Reactive Approach:

هناك بعض الحالات التي يصعب فيها على الجدولة التنبؤية امتصاص أثر التغيرات والاضطرابات الحاصلة في النظام. هذا ما يتطلب استراتيجية جدولة استجابية (RS) Reactive Scheduling Strategy يكون بمقدورها الاستجابة والتعامل مع مثل هذه الصعوبات والعراقيل. اي الحاجة الى نشاط اعادة الجدولة Rescheduling.

ظهر المدخل الاستجابي للجدولة كاحدى الثمار التي قدمها الباحثون في هذا المجال. ويأتي دور الجدولة الاستجابية (RS) Reactive Scheduling لأمتصاص أثر مثل هذه الاحداث التي يترتب على حدوثها احياناً اجراء تعديل كبير في الجدولة.

درس بعض الباحثين مدخل الجدولة الاستجابية RS في ورش العمل عن طريق اجراء تعديلات دورية على الجدولة الاصلية. من ثم قام آخرون باجراء مقارنة بين تعديل الجدولة بشكل دوري في البيئات الساكنة والديناميكية. ودرس آخرون امكانية تقديم جدولة جديدة تماماً عند حدوث اي تغيير او اضطراب. فضلاً عن الدراسات الكثيرة التي تناولت تحديث الجدولة فقط في حالة حدوث اضطرابات.

لاقى المدخل الاستجابي اهتماماً واضحاً من قبل الباحثين لأهميته في تقديم سياسات واستراتيجيات وتقنيات يمكن من خلالها تعديل الجدولة التنبؤية استجابة للتغيرات التي تحدث في بيئة التصنيع. وعلى الرغم من ان هذا المدخل لا يأخذ بنظر الاعتبار مسألة اللاتأكد بشكل مباشر عند توليد الجداول، الا انه يعمل على ايجاد أمثل طريقة للاستجابة لتلك الاحداث بعد حدوثها. تأخذ هذه الاستجابة احدى الصيغتين الاتيتين (Sabuncuoglu & Goren, 2009: 150):

- اما تعديل الجدولة الحالية، اي تصحيح الجدولة (SREP) Schedule Repairing.

- أو توليد جدولة جديدة بالكامل من البداية Schedule Generation أو تسمى اعادة الجدولة الكلية أو التامة (TRS) Total Rescheduling.

٤-٣ المدخل الاستباقي Proactive Approach:

يعد المدخل الاستباقي واحداً من اهم المداخل المعتمدة في الجدولة. ويشار اليه بالجدولة الاستباقية Proactive Schedule (PROS) او الجدولة المتينة (ROBS) Robust Schedule. اذ تسعى الجدولة الاستباقية الى تطوير جدولة تتوقع درجة معينة من المتغيرة Variability (Kuster et. al., 2007: 3).

وهي بذلك تهتم بتوليد جدولة اولية IS بمقدورها تخفيف تأثير الاضطرابات على بعض مقاييس اداء النظام مثل متانة الجدولة Robustness والاستقرارية Stability (Katragjini et. al., 2010: 4) وليس من الضرورة ان تكون مثلى بالنسبة لمشكلة الجدولة المتعلقة بها، الا انها يجب ان تكون ملائمة في الظروف الديناميكية والعشوائية (Sabuncuoglu & Goren, 2009: 154).

٤-٤ المداخل الهجينة Hybrid Approaches:

يمكن الدمج بين المداخل اعلاه لتطوير مداخل هجينة الغرض منها الاستفادة من مزايا كل مدخل من حيث توليد الجدولة الاولية ومن ثم التكيف مع الاضطرابات والاحداث التي يمكن ان تظهر لتعديل الجدولة او توليد جدولة جديدة. ويمكن الدمج بين كلا من المدخلين التنبؤي والاستجابي، والمدخلين الاستباقي والاستجابي كما في ادناه:

٤-٤-١ المدخل التنبؤي- الاستجابي Predictive-Reactive Approach:

عندما تظهر الحاجة الى إعادة جدولة اوامر العمل كأستجابة لأي حدث او تغير يمكن ان يحدث في بيئة التصنيع، سيكون من الضروري توليد جدولة جديدة تحقق معايير معينة. لذا يعد المدخل التنبؤي- الاستجابي الأكثر شيوعاً من بين المداخل الديناميكية للجدولة في انظمة التصنيع. تعد الجدولة التنبؤية- الاستجابية عملية متكررة ، تتضمن خطوتين اساسيتين: التوليد Generation، والرقابة Control. اذ تعني الاولى بتوليد جدولة انتاج اولية، او تسمى الجدولة الاساس Baseline، تعرض السلوك المرغوب لورشة العمل، وتأخذ بنظر الاعتبار المشاكل المحددة ضمنها فقط (Katragjini et. al., 2010: 4). اما الثانية فتعني بتحديث الجدولة الاولية استجابة للاضطرابات او اية تغيرات اخرى، ولتقليل تأثيرها على اداء النظام (Vieira et. al., 2003: 50).

٤-٤-٢ المدخل الاستباقي- الاستجابي Proactive-Reactive Approach:

يتم على وفق هذا المدخل توليد الجدولة الاولية حسب المدخل الاستباقي، من ثم مواجهة التغيرات والاضطرابات على وفق المدخل الاستجابي (Sabuncuoglu & Goren, 2009: 150). وتعد الجدولة الاستباقية- الاستجابية ملائمة في الظروف الديناميكية والعشوائية لتخمين درجة معينة من اللاتأكد. وهنا يمكن ان تشمل الجدولة الاولية لمشاكل أوسع من التي تضمنتها الجدولة الاولية في المدخل السابق. ثم يأتي دور المدخل الاستجابي، الذي يعمل على ايجاد أمثل طريقة للاستجابة للاحداث او الاضطرابات. وفي حين انه لا يأخذ بنظر الاعتبار مسألة اللاتأكد بشكل مباشر عند توليد الجداول، وبما ان هذه المسألة قد تم التحسب لها عند توليد الجدولة الاولية، لذا يقدم هذا المدخل دليل ارشادي لتوقع حدوث بعض الاحداث غير المتوقعة.

خامساً: اطار إعادة الجدولة Rescheduling Framework:

ركزت اغلب ادبيات إعادة الجدولة على تساولين رئيسين:

الاول، متى تتم إعادة الجدولة When to Reschedule. ويهتم هذا التساؤل بتحديد توقيت قرارات إعادة الجدولة. وتركز هذه القرارات على سياسات إعادة الجدولة.

الثاني، كيف ينفذ اجراء إعادة الجدولة How to Perform Reschedule Action. ويركز هذا القرار على طرق او تقنيات إعادة الجدولة. (Naseri & Kuzgunkaya, 2010: 3 ; Sabuncuoglu & Goren, 2009: 140-141; Zhang et. al., 2012: 260)

يمكن الاجابة على التساولين اعلاه عن طريق استعراض الاطار الذي قدمه Vieira وآخرون سنة ٢٠٠٣، الموضح في الجدول (١)، الذي عُده دليلاً استرشادياً لمعرفة بينات إعادة الجدولة، والاستراتيجيات والسياسات التي تنطوي ضمن كل بيئة، فضلاً عن اساليب وتقنيات إعادة الجدولة التي تتضمنها كل استراتيجية. وفي ادناه توضيح لاهم بينات واستراتيجيات وسياسات وتقنيات إعادة الجدولة.

١-٥ بينات إعادة الجدولة Rescheduling Environments:

تحدد بينات إعادة الجدولة مجموعة الاعمال اللازم جدولتها. لهذا تظهر بينتان هما: البيئة الساكنة Static Environment، التي تتضمن عدد محدود من الاعمال. والبيئة الحركية (الديناميكية) Dynamic Environment التي تتضمن عدداً لا محدود من الاعمال (Vieira et. al., 2003: 44).

وكما يشير الاطار، فان البيئة الساكنة تضم نوعين: الاول هو البيئة الساكنة المحددة **Deterministic**. اذ تفترض اغلب مشاكل الجدولة ان البيانات تكون معلومة ومحددة مسبقاً (Larsen & Pranzo, 2012: 1). وتعد مشاكل الجدولة في مثل هذا النوع من البيئات حالة خاصة من اعادة الجدولة، ذلك لانه هناك عدد محدود من اوامر العمل، وليس هناك تأكيد حول المستقبل، وانه يمكن اتباع الجدولة المحددة بدون اجراء اي تعديل (Vieira et. al., 2003: 44). والنوع الثاني هو البيئة الساكنة العشوائية **Stochastic** التي تفترض ايضاً عدد محدود من اوامر العمل، الا ان بعض المتغيرات يدور حولها اللاتأكد. تكمن الفكرة الاساسية في بناء نماذج اعادة الجدولة في البيئة العشوائية بمحاولة تضمين مصادر اللاتأكد بشكل مباشر، وذلك من خلال توليد وحل سيناريوهات متعددة، ومن ثم السماح باجراء تغيير في الحلول عبر الزمن (Larsen & Pranzo, 2012: 2).

جدول (١): اطار اعادة الجدولة

بيئات اعادة الجدولة				
البيئة الديناميكية			البيئة الساكنة	
ورش العمل	ورش التدفق	الانتاج الدوري	العشوائية	المحددة
استراتيجيات اعادة الجدولة				
التنبؤية- الاستجابية (توليد وتحديث للجدولة)			ديناميكية (بدون جدولة)	
سياسات اعادة الجدولة				
هجينة	مقادة بالحدث	دورية	رقابة نظرية	قواعد الارسال
طرق واساليب اعادة الجدولة				
تصحيح الجدولة			توليد الجدولة	
اعادة الجدولة الكلية (التامة)	اعادة الجدولة الجزئية	اعادة الجدولة بالتحول الى اليمين	جداول متينة	جداول اسمية

Source: Vieira, G.E, Herrmann, J.W., & Lin, E., *Rescheduling manufacturing Systems: A Framework of Strategies, Policies, and Methods*, Journal of scheduling, no. 6, Kluwer Academic Publisher, Netherlands, 2003, P. 44.

٥-٢ استراتيجيات اعادة الجدولة **Rescheduling Strategies**:

يشير الاطار الذي قدمه Vieira وآخرون الى استراتيجيتين شاع استخدامهما لاحكام الرقابة على الانتاج في البيئات الديناميكية لاعادة الجدولة التي تحدث بسبب الوصول غير المؤكد لاوامر العمل. وهاتان الاستراتيجيتان هما: الجدولة الديناميكية، والجدولة التنبؤية-الاستجابية.

٥-٢-١ الجدولة الديناميكية **Dynamic Scheduling**.

لا تهتم هذه الاستراتيجية بتوليد الجدولة الابتدائية، بل انها تكون اقرب ما يكون الى استخدام انظمة رقابة فورية، يجري على وفقها اطلاق اوامر العمل من خلال اساليب السيطرة اللامركزية على الانتاج، كلما كان ذلك ضرورياً وباستخدام ما يتاح من معلومات في ذلك الوقت (Vieira et. al., 2003: 48). خاصة ان القرارات تتخذ اعتماداً على الوضع الحالي لانظمة التصنيع بالشكل الذي يمكن معه الحفاظ على مستويات مرغوبة من مخزون العمل تحت التشغيل **WIP** والانتاج التام، خاصة عندما يكون هناك طلب مستقر على المنتجات. لذا تسمى هذه الاستراتيجية احياناً بالجدولة المباشرة **Online Scheduling**.

من الواضح ان هذه الاستراتيجية تشير الى استخدام قواعد الارسال وآليات السحب **Pull Mechanisms** للسيطرة على الانتاج من دون وجود وظيفة جدولة (Herrmann, 2001: 4). وبما ان انظمة تخطيط الاحتياجات المادية **MRP** والانتاج الآتي **JIT** تستخدم من الناحية النظرية اسلوب الجدولة الى الخلف **BS**، إذ تبدأ الأعمال حين تكون هناك حاجة إليها (Slack et. al., 2010: 342).

لذا يمكن القول ان هذه الاستراتيجية تلائم مثل هذه الانظمة.
يمكن توضيح التحديات المرتبطة بهذه الاستراتيجية من خلال التساؤلات الآتية:
- ما هي قواعد الارسال التي يمكن اختيارها لترتيب الاعمال؟
- هل يمكن لقرار اختيار قاعدة الارسال ان يتأثر بالحالات الطارئة؟
- هل تتخذ قرارات اختيار القاعدة المناسبة حسب اعتبارات تنظيمية، ام على اساس شخصي؟
للاجابة على هذه التساؤلات، تناولت بعض الدراسات مسألة اختيار قواعد الارسال اعتماداً على تحديد اوامر العمل التي ستسعى الموارد المتاحة الى معالجتها. وهنا تظهر حالتان (Herrmann, 2001: 5):
- بالنسبة للمكانن التي لا تتطلب وقت تهيئة واعداد Machines Without Setup Times فيمكن اتباع قواعد الارسال التي تركز على سياسة اقل وقت فائض Least Slack Policy ، التي تسعى الى ترتيب اسبقيات اوامر العمل حسب الفرق بين تواريخ استحقاقها، وبين مقدار الوقت المتوقع لحين انجاز العمل.
- اما بالنسبة للمكانن او الموارد التي تتطلب وقت تهيئة واعداد Resources With Setup Times ، فتركز قواعد الارسال المقترحة على اكمال جميع اوامر العمل في الانتظار التي تكون من النوع نفسه، قبل البدء باعداد الماكنة من جديد لانجاز عمل جديد من نوع مختلف. على ان تحافظ جميع هذه القواعد على ابقاء المكانن قيد الاشتغال، ولا يتم تجاهل اي امر عمل ضمن خط الانتظار للمعالجة.
من ناحية اخرى، على الرغم من سهولة اجراء حسابات قواعد الارسال مقارنة بالطرائق او التقنيات الاستراتيجية والمطورة، الا ان بعضها يتطلب جهد حسابي كبير، فضلاً عن حجم المعلومات الضخم الذي تحتاج اليه. وهذا ما يشكل تحدي آخر خاصة عندما يتطلب الامر اعادة ترتيب الاسبقيات كلما أُخذ قرار ارسال لاوامر العمل. لذا ظهر المدخل الاستراتيجي الآخر الذي قدم اجوبةً وحلولاً لبعض التساؤلات وهو الجدولة التنبؤية-الاستجابية.

٢-٢-٥ الجدولة التنبؤية-الاستجابية Predictive – Reactive Scheduling.

وهي كما ذكر سابقاً ، المدخل الاكثر شيوعاً من بين مداخل جدولة انظمة التصنيع الديناميكية. وتتضمن الجدولة التنبؤية - الاستجابية وظيفتين اساسيتين هما: التوليد Generation، والرقابة Control (Katragjini et. al., 2010: 4).

وصف كلاً من Wu & Li سنة 1995 الجدولة التنبؤية-الاستجابية بأنها عملية تكرارية مكونة من ثلاث خطوات: (Vieira et. al., 2003: 50)

- الخطوة الاولى هي التقييم Evaluation Step، اذ يجري تقييم التأثيرات التي تسببها الاضطرابات. وهنا لا تتخذ اية اجراءات اخرى فيما اذا كان ذلك التأثير صغيراً بشكل مقبول. ويحدث ذلك على سبيل المثال عندما يتم احتساب وقت عاطل ضمن النظام لامتصاص التأثير السلبي للاضطرابات.
- الخطوة الثانية هي تقديم الحل Solution Step، وهي اصعب خطوة في عملية اعادة الجدولة. وتتضمن تحديد الحلول الممكنة لاعادة الجدولة لتعزيز اداء الجدولة الحالية.
- الخطوة الثالثة هي التعديل او التصحيح Revision Step، التي تشمل تحديث جدولة الانتاج الحالية او توليد جدولة جديدة. واذا كانت النتيجة غير مقبولة، عندها يجب اعادة خطوة تقديم الحلول من جديد.

٣-٥ سياسات اعادة الجدولة Rescheduling Policies:

لا تركز سياسات اعادة الجدولة على تحديد متى يمكن اجراء مهمة اعادة الجدولة فحسب، بل انها تحدد ايضاً قيود واهداف مشكلة الجدولة الناتجة عن ذلك . ويمكن عن طريق هذه السياسات تحديد عدد اوامر العمل الواجب تضمينها ضمن نموذج اعادة الجدولة.

تحدث مهمة اعادة جدولة العمليات اما بشكل دوري Periodically ، لتخطيط الفعاليات والانشطة لفترة زمنية لاحقة وحسب حالة النظام ، او قد تحدث من حين لآخر حسب الحاجة Occasionally ، كأستجابة لبعض الاضطرابات المهمة (Herrmann, 2004: 2). او قد تأخذ الشكلين معاً. لهذا فقد طرحت الاديبيات عدة سياسات لاعادة جدولة العمليات وهي: (Vieira et. al., 2000: 260)

٣-٥-١ سياسة اعادة الجدولة الدورية Periodic Rescheduling Policy:

تشير هذه السياسة الى اجراء وظيفة اعادة جدولة العمليات بشكل دوري، وتلائم البيئات التي تتسم بعدم توافر المعلومات بشكل مستمر في ورش العمل (Vieira et. al., 2003: 51). وهنا سيحتاج المجدول الى جمع المعلومات من الورشة، ومن انظمة الرقابة في المستويات العليا، لغرض اعداد جداول على اساس فترات

زمنية منتظمة (Church & Uzsoy, 1992: 156) Regular Intervals.

بما ان فترة إعادة الجدولة Rescheduling Period على وفق هذه السياسة ثابتة، التي يشار إليها بالمعامل (h) الذي يشير الى إعادة جدولة النظام كل (h) فترة زمنية، لذا فان متوسط فترة إعادة الجدولة \bar{P} Average Rescheduling Period سيكون مساوياً للمعامل h ، من جانب آخر يمكن حساب متوسط تكرار إعادة الجدولة (\bar{F}) Average Rescheduling frequency الذي يمثل معكوس متوسط فترة إعادة الجدولة على وفق المعادلات (1) و (2) ادناه (Vieira et. al., 2000: 260):

$$\bar{P} = h \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\bar{F} = 1 \setminus h \quad \dots\dots\dots (2)$$

٢-٣-٥ سياسة إعادة الجدولة المقادة بالحدث Event-Driven Rescheduling Policy: يمكن ان تحدث وظيفة إعادة الجدولة على وفق هذه السياسة مرات عدة Repeatedly كلما حدث اضطراب او تغير في انظمة التصنيع مثل عطل المكنن او وصول اعمال عاجلة او الغاء بعض اوامر العمل او تغيير اسبقيات الاعمال.

اكثر ما تلائم هذه السياسة انظمة التصنيع التي تعمل في البيئات الديناميكية . السبب وراء ذلك هو ما تتصف به هذه الانظمة من خصائص وافتراضات تجعلها عرضة لحدوث تغيرات واضطرابات كثيرة من شأنها ان تقدر شرارة إعادة الجدولة .

٣-٣-٥ السياسة الهجينة لإعادة الجدولة Hybrid Rescheduling Policy:

وهي السياسة الاكثر شيوعاً في ادبيات إعادة الجدولة (Zhang et. al., 2012: 261). يتم على اساس هذه السياسة إعادة جدولة انظمة التصنيع بشكل دوري Periodically، وكلما تظهر حاجة لذلك Occasionally (Herrmann, 2004: 2). اي كلما تحدث احداث خاصة او اساسية (Vieira et. al., 2003: 52). وتحسب فترة إعادة الجدولة (h) Rescheduling Period ، ويعتمد متوسط تكرار إعادة الجدولة على هذه الفترة (Vieira et. al., 2000: 262).

٤-٥ تقنيات إعادة الجدولة Rescheduling Techniques:

نظراً لحدوث تغيرات واضطرابات عديدة ومختلفة في بيئة التصنيع، التي يكون ظهورها متكرر احياناً، مما يستوجب اجراء تعديلات مستمرة ومتكررة في الجدولة، وهذا ما يصعب تحقيقه مع تقنيات الجدولة التي لا تتوفر عندها مثل هذه الامكانية، فقد يتطلب الامر اما تصحيح الجدولة، او توليد جدولة جديدة بالكامل، في كل مرة تحدث بها اضطرابات او تغيرات بسيطة في النظام.

تستخدم تقنيات عدة لإعادة الجدولة والتي طرحت في ادبيات ادارة العمليات، وذلك حسب تأثير الاحداث غير المتوقعة (Kulcsar & Erdelyi, 2008: 5). كما ان استخدام تقنية واحدة لا يعد امراً مجدباً بشكل دائم بسبب اختلاف نوع الاضطرابات الحاصلة. لذا هناك عدد من التقنيات التي يمكن من خلالها تحديث الجدولة الحالية، او التي تعمل على اساس تصحيح الجدولة الحالية، او إعادة الجدولة بشكل جزئي، او إعادة توليد جدولة جديدة بالكامل كأستجابة لاي تغير او حدث يحدث في بيئة الانتاج. ومن اشهر هذه التقنيات هي:

(Wang & Xi Yu, 2006: 667 : Vieira et. al., 2003: 54 : Sun, 2012: 1 : Chan & Wee, 2003: 238)

١-٤-٥ تقنية إعادة الجدولة بتغيير التوقيت (الزمن) Time Shift Rescheduling Technique:

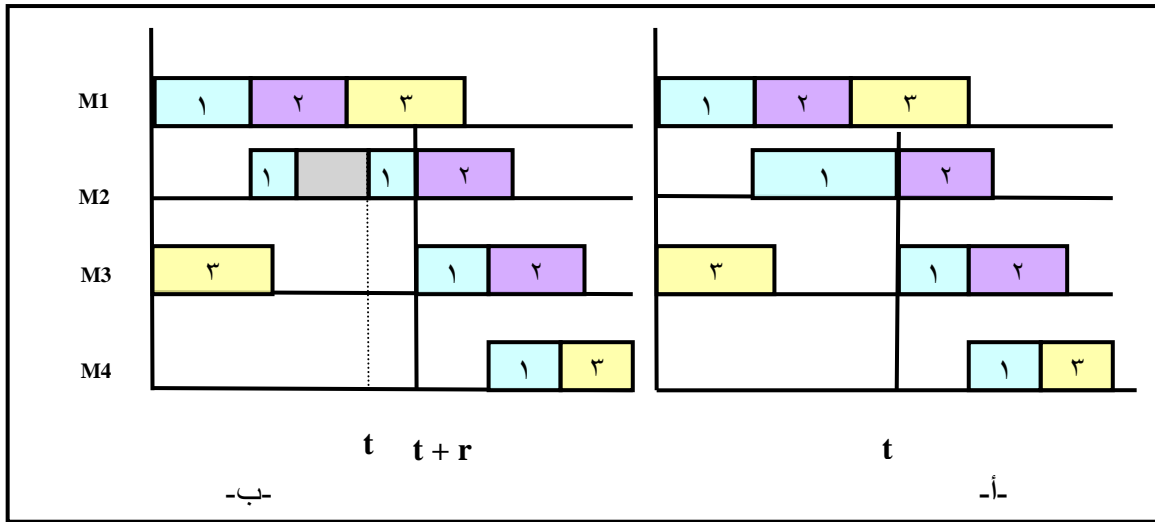
تسعى هذه التقنية الى تأجيل او تسريع تنفيذ بعض او جميع العمليات المتبقية لاوامر العمل بعد ظهور اي حدث او اضطراب. ويكون مقدار ذلك التغيير مساوياً لمقدار الوقت اللازم لجعل الجدولة ملائمة، وذلك باستخدام خرائط جانت (Vieira et. al., 2003: 54). الا ان ذلك لا يعني تغيير تتابع الاعمال، ولا حتى الموارد المخصصة لها (Kulcsar & Erdelyi, 2008: 5). لذا يظهر شكلان لهذه التقنية: إعادة الجدولة بتغيير التوقيت الى اليمين، وإعادة الجدولة بتغيير التوقيت الى اليسار، الا ان النوع الاول هو الاكثر شيوعاً. وهما كما موضحتان في ادناه:

- تقنية إعادة الجدولة بتغيير الوقت الى اليمين (Right Shift Rescheduling Technique (RSRT)

وهي واحدة من التقنيات الأكثر شيوعاً لتحديث الجدولة خاصة في حالة عطل المكانن (Sun, 2012: 6). يتم على وفق هذه التقنية دفع عمليات الانتاج قدماً الى الامام لغاية ان يتم تبديد الاضطراب (Chan & Wee, 2003: 238). اي تأجيل تنفيذ العمليات الخاصة بأوامر العمل بعد ظهور اضطراب في النظام الانتاجي بنحريكها الى اليمين على خرائط جانت، لذا يؤجل وقت اكمال اوامر العمل **Completion Time** بمقدار زمن الاضطراب (Vieira et. al., 2003: 54). ولا تؤثر هذه التقنية على تتابع اوامر العمل، او تتابع المهام والعمليات (Suwa & Sandoh, 2012: 65).

فعلى سبيل المثال، وكما موضح في الشكل (٣) الجزء أ يمثل الجدولة قبل حدوث الاضطراب والجزء ب يمثل الجدولة بعد حدوث الاضطراب)، قد تتعرض الماكنة ٢ الى العطل في احد ورش الانتاج خلال معالجة امر العمل ١. وكان مقدار الوقت اللازم لتصلح الماكنة = r وحدة زمنية (والذي يعبر عنه المربع المظلل باللون الرمادي في الشكل ب). عندها يجب تأجيل وقت اكمال امر العمل ١ (t) على الماكنة ٢ بمقدار يساوي وقت اكمال امر العمل مضافاً اليه زمن تصلح الماكنة، وكما في المعادلة ادناه:

$$t = t + r \quad \dots\dots\dots (3)$$



شكل (٣): تقنية التحويل الى اليمين لتحديث الجدولة.

Source: Vieira Guilherme E., Herrmann Jeffrey W., and Lin Edward, *Rescheduling Manufacturing Systems: A Framework of Strategies, Policies, and Methods*, Journal of Scheduling 6, Kluwer Academic Publisher, Netherland, 2003, P. 54.

الخطوة الاولى في هذه الطريقة هي تحديد العملية (او امر العمل) التي تتأثر بشكل مباشر بالاضطراب. ففي حالة حدوث عطل بالمكانن، فإن العمليات تحت المعالجة لامر عمل معين ، او التي كان من المقرر بدء معالجتها، تعتبر عمليات متأثرة مباشرة بالعطل. وبعد حدوث العطل، وكخطوة ثانية، تُختبر المعادلة الاتية لكل عملية من عمليات امر العمل الذي حُدّد بالخطوة الاولى (Sun, 2012: 6).

$$t_{BD}^k + R_k^t + P_{ijk} \leq \min (S_{i(j+1)k}, S_{suk,k}) \dots\dots\dots (4)$$

حيث ان:
 t_{BD}^k = زمن عطل الماكنة M_k .
 R_k^t = الزمن اللازم لتصلح الماكنة
 P_{ijk} = زمن معالجة كل عملية من عمليات امر العمل J على الماكنة k .
 $S_{i(j+1)k}$ = زمن بدء عملية المعالجة التالية الخاصة بأمر العمل J على الماكنة k .
 $S_{suk,k}$ = زمن بدء العملية التي تعقب امر العمل J على الماكنة k .

فإذا تحققت المعادلة اعلاه لعملية ما، يمكن عندها نقل تلك العملية فقط الى اليمين من دون ان تؤثر على العمليات الاخرى وان تبدأ عند الزمن $(t_{kBD} + R_{t_k})$. بخلاف ذلك، سيتم تحويل العمليات الاخرى. وفي بعض الحالات، يتم تأجيل تنفيذ العملية الخاصة بأمر العمل لغاية ظهور وقت عاطل Idle Time على الماكنة لامتناس اثر هذا التأجيل (Sun, 2012: 7). وبما انه يتم على وفق هذه التقنية تأجيل تنفيذ جميع اوامر العمل غير المنجزة الى ابعد توقيت ممكن لتسكين اثر الاضطراب، لذا فهي لا تضمن جودة الحل، على الرغم من انها تتطلب جهود حسابية قليلة (Wang & Xi Yu, 2006: 667).

وبذلك فهي تقدم أقل اداء فيما يختص بمقياس كفاءة الجدولة Efficiency (Kuster et. al., 2007: 3). فضلاً عن ذلك، سيظهر على وفق هذه التقنية تباين كبير بين الجدولة المعدلة و بين الجدولة الاصلية للمشغلين والمجدولين بسبب اعتمادها على الخرائط المرئية. (Raheja et. al., 2003: 2). الا ان ابرز مزاياها سهولة الاستخدام، وتعد التقنية الاكثر وضوحاً بالنسبة

من جانب آخر، تكمن فاعلية تقنية RSRT بعدم زيادة الكلف المترتبة على تغيرات اوقات التهيئة والاعداد. وانها لا تتطلب إعادة تخصيص بعض الموارد كالقوى العاملة. فضلاً عن انخفاض الكلف المترتبة على التنسيق فيما بين انظمة الرقابة على الانتاج والانظمة الاخرى كتلك المعتمدة على برامجيات التصنيع باستخدام الحاسوب CAM خاصة فيما يتعلق بتشارك معلومات الانتاج (Suwa & Sandoh, 2012: 67).

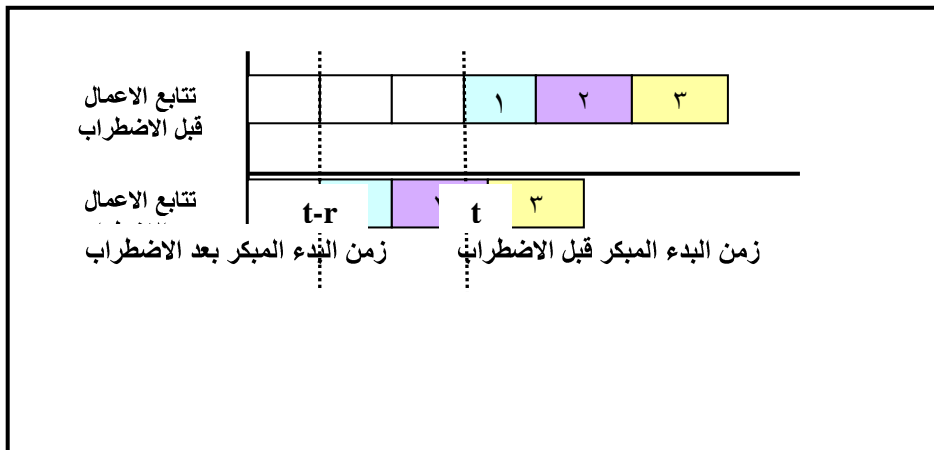
- تقنية تغيير الوقت الى اليسار Left Shift Rescheduling Technique (LSRT):
تختلف هذه التقنية عن تقنية (RSRT) بجانب واحد، وهو انه يجري تسريع تنفيذ العمليات الخاصة بأمر العمل وليس تأجيلها كما في التقنية الثانية.

يتم على وفق هذه التقنية تسريع بدء اوامر العمل المتبقية بعد ظهور اضطراب في النظام الانتاجي، عن طريق نقل زمن البدء المبكر لها Earliest Start Times الى اليسار على خرائط جانت، الى الوقت الذي حدث به الاضطراب الاكبر تأثيراً، مبقيين بذلك على التتابع نفسه، ومفترضين ان الاضطراب الاكبر تأثيراً يؤثر على ماكنة واحدة فقط ضمن الخط، ولهذا ينظر الى هذه التقنية على انها جدولة لماكنة مفردة Single Machine Scheduling (Duenas & Petrovic, 2006: 79).

فكما يوضحه الشكل (٤)، يمكن تسريع بدء تنفيذ امر العمل ١ من الزمن (t) الى الزمن (t-r) مع الابقاء على نفس تتابع الاعمال على الماكنة. وكما في المعادلة:

$$t = t - r \quad \dots \dots \dots (5)$$

حيث يمثل r زمن حدوث الاضطراب



شكل (٤): تقنية التحويل الى اليسار لتحديث الجدولة.

Source: Chan Weng-Tag and Wee Tan Heng, *A Multi-Heuristic GA for schedule Repair in Precast Plant Production*, American Association for Artificial Intelligence, ICAPS, 2003, P. 238.

تنفع هذه التقنية في حالة ازالة أو تخفيف أثر قيد غير مرن **Hard Constraint** كان قد أسهم سابقاً في منع بدء عملية ما من عمليات امر العمل (Chan & Wee, 2003: 238).

٥-٤-٢ تقنية إعادة الجدولة الكلية **(CRT) Complete Rescheduling Technique**: تسمى أيضاً تقنية إعادة الجدولة التامة **Full Rescheduling**، او إعادة توليد الجدولة **Schedule Regeneration**. ويقصد بها إعادة جدولة جميع العمليات (او اوامر العمل) التي لم تعالج بعد قبل نقطة إعادة الجدولة **Rescheduling Point**، متضمنة بذلك حتى العمليات غير المتأثرة بالاضطراب (Vieira et. al., 2003: 55).

بسبب التعقيدات والاجراءات الحسابية المطولة والجهود الكبيرة لتقنية **CRT**، فهي تقدم حل أمثل عندما تطبق لحل مشكلات الجدولة متوسطة الحجم (Wang & Xi-Yu, 2006: 667). من جهة اخرى، ستحقق اداء منخفض من حيث مقياس ثبات الجدولة **Stability** (Kuster et. al., 2007: 3). فضلاً عن ان وقت الاستجابة للتغير او الاضطراب يكون غير مرضي (Vieira et. al., 2003: 55). وهذا ما قاد الى ظهور مدخل إعادة الجدولة الجزئية.

٥-٤-٣ تقنية إعادة الجدولة الجزئية **(PRT) Partial Rescheduling Technique**: يقصد بها إعادة جدولة مجموعة جزئية **Subset** من العمليات المستقبلية فقط. وبذلك يمكن تحقيق افضل اداء ممكن للجدولة من حيث مقياس الكفاءة وثبات الجدولة (Kuster et. al., 2007: 3). وما يجعل الجدولة الجديدة على وفق هذه التقنية كفوءة ومستقرة هو التخفيض الحاصل في كلاً من الزيادة في زمن الاكمال، والانحراف عن الجدولة الاولية (Raheja et. al., 2003: 2). اذ تسعى تقنية **PRT** الى الحفاظ على استقرارية النظام الانتاجي قدر الامكان من خلال الحفاظ على ثبات الجدولة الاولية **Stability** بأقل قدر من التقلب (Vieira et. al., 2003: 54). كما تقوم فلسفة هذه التقنية على أساس استخدام المحاكاة لتوليد عدد من الحلول الملائمة لجدولة اوامر العمل خلال حلقة تكرارية. ومن ثم اختيار الأفضل من بينها.

يمكن تطبيق تقنية **PRT** باضافة وقت عاطل اضافي **Additional Idle Time** الى زمن انجاز العمليات الحرجة **Critical Operations**، وبذلك تضمن هذه التقنية الحفاظ على التوازن بين كفاءة الجدولة وثباتها. والعملية الحرجة هي كل عملية تقع على المسار الحرج **Critical Path** الذي يمثل اطول مسار منذ بداية تنفيذ امر العمل وحتى النهاية. وبحساب متوسط الوقت بين العطل الحاصل في المكان ومتوسط الزمن اللازم لتصلح الماكنة، وعلى فرض انهما يتبعان التوزيع الأسّي **Exponential Distribution**، وان الماكنة خاضعة الى احتمالية حدوث عطل غير متوقع، يمكن محاكاة عطل الماكنة كما في ادناه: (Zhang et. al., 2012: 261- 262)

$$IFT_j = \exp_rand (MTBF) \dots\dots\dots (6) \text{ for machines } j = 1,2,\dots, m$$

$$mt_j = IFT_j + ma_j \dots\dots\dots (7)$$

اذ ان:

IFT = فترة عطل الماكنة **interval failure time**

MTBF = متوسط الوقت بين العطل الحاصل في المكان **mean time between failure**

mt = وقت عطل الماكنة

ma = الوقت المتاح للماكنة

ويحسب **IFT** لكل ماكنة عند كل مرة يحدث بها العطل. كما يمكن التنبؤ باحتمالية عطل الماكنة (P_i) عند كل نقطة لإعادة الجدولة بالاعتماد على نتائج المحاكاة وكالاتي:

$$P_i = 1 - e^{-MTBFx(t-ma_j)} \dots\dots\dots (8)$$

اذ تمثل t الفترة الدورية التالية لإعادة الجدولة

بتوافر جدولة اولية (S_0) عند بداية الأفق الزمني للجدولة، وحساب زمن اكمال اوامر العمل حسب هذه الجدولة، يمكن عندها محاكاة توليد جدولة جديدة (S_n) عند كل نقطة لإعادة الجدولة. وبتنفيذ المحاكاة لدورات عدة تحتسب احتمالية عطل الماكنة (P_i)، فاذا كانت $P_i > 95\%$ ، يتم عندها اضافة وقت عاطل اضافي الى كل عملية حرجة يكون مقداره ثابتاً لجميع نقاط إعادة الجدولة. وهذا ما يعزز من متانة النظام ويحافظ على ثبات الجدولة.

الا ان هذه الطريقة غير مناسبة على الدوام، اذ انه لا يمكن اضافة مقدار ثابت من الوقت العاطل **Fixed Idle Time** الى جميع العمليات الحرجة، خاصة عندما يكون عطل الماكائن متكرر الحدوث. ومن هذا المنطلق، يعد اعتماد اضافة وقت عاطل متغير **Variable Idle Time** الى العمليات ارض خصبة لمزيد من البحوث والدراسات في هذا المجال.

تسمى تقنية **PRT** ايضاً بتقنية إعادة جدولة العمليات المتأثرة **Affected Operations Rescheduling (AOR)** (Vieira et. al., 2003: 54). اذ تعاد جدولة جميع العمليات التي تأثرت بشكل مباشر او غير مباشر بالاحداث او الاضطرابات الحاصلة (Zhang et. al., 2012: 261). ويتم على وفق هذه التقنية تعديل تخصيص الموارد الخاصة بأوامر العمل والعمليات ضمن المجموعة المختارة (Kulcsar & Erdelyi, 2008: 5).

تناسب تقنية **AOR** بشكل كبير مشاكل جدولة ورش العمل (Kuster et. al., 2007: 4). وعلى الرغم من انها طورت لتصحيح الجدولة في حالة عطل الماكائن، الا ان ورش العمل وكما تم ذكره سابقاً تتضمن في الواقع العملي انواع اخرى من الاضطرابات.

فعلى سبيل المثال اذا وردت الى الورشة طلبيات مستعجلة، عندها يتطلب الامر اتباع اسلوب تصحيح مختلف. لذا اجري الباحثون تعديلات عدة على بعض التقنيات، ومنها هذه التقنية، فظهرت تقنية إعادة جدولة العمليات المتأثرة المعدلة **Modified Affected Operations Rescheduling (mAOR)** التي اصبح لها القدرة على تصحيح الجدولة في حالة ظهور اضطرابات اخرى في الورش غير العطل الذي يصيب الماكائن العاجلة **Urgent Jobs**، وتغيرات اوقات المعالجة **Process Times Variation**. وهي تعتمد على اجراءات **AOR** لاتخاذ اجراء تصحيح الجدولة.

٥-٤-٤-٤ تقنية إعادة الجدولة بتعديل تواريخ الاستحقاق **Due Dates Modification Rescheduling Technique (DDMRT)**

تناول العديد من الباحثين تقنية إعادة الجدولة بتعديل تواريخ استحقاق اوامر العمل والعمليات **DDMRT** لما اثبتته من فاعلية كبيرة في تخفيض اجمالي وقت التأخير **Total Tardiness**، كما اثبتت تقديمها لامثل جدولة في حالات معينة قياساً بالتقنيات الاخرى من حيث وقت التأخير. وتبنى هذه التقنية كالاتي (Nyirenda, 2006: 78-79):

- لاي تتابع **Sq** لعدد من اوامر العمل **N**، يمكن ايجاد تتابع فرعي **r** مكون من عدد من اوامر العمل المتتالية ويبدأ عند امر العمل **J** بالموقع **k** من التتابع **Sq**.

وبتحقيق الشرط في المعادلة (٩) ادناه، يمكن ترتيب افضل تتابع من خلال تبديل امر العمل بالموقع **k** (**J_k**) بالتتابع الفرعي المكون من (**J_{k+1}, J_{k+2}, J_{k+3},, J_{k+r-1}**).

$$\sum T_k + t_{k+1} < T_k + T_{k+1} \dots \dots \dots (9)$$

فاذا تحقق الشرط، اي اذا كان الجانب الايسر من المعادلة اعلاه اقل من الجانب الايمن، عندها سيمنح تخفيض اجمالي زمن تأخير تنفيذ اوامر العمل. وبهذا ينتج عن ذلك الترتيب جدولة مثلى. اما اذا لم يتحقق الشرط، فان التبديل حسب الترتيب المقترح سيؤدي الى تأخير اكمال امر العمل **J_k** بمقدار مجموع ازمنا معالجة اوامر العمل ضمن التتابع الفرعي **r** ($\sum t_{(k+i)}$). وبالتالي، زيادة اجمالي زمن التأخير بما يساوي ذلك المقدار.

اذ ان:

t = الوقت اللازم لمعالجة امر العمل.

T = زمن التأخير التراكمي لامر العمل.

k = موقع امر العمل الذي يتم البدء به في **r**.

r = تتابع فرعي **subsequence** من اوامر عمل متتالية.

❖ يكون اختيار امر العمل **J_k** على اساس وقت التأخير الاكبر له. (وكما هو معروف، زمن التأخير يمثل الفرق بين زمن اكمال امر العمل وتاريخ الاستحقاق، ويكون مساوياً للصفر اذا كان زمن المعالجة اقل من تاريخ الاستحقاق).

❖

- ❖ فإذا كان مجموع وقت التأخير للعمل المختار J_k وزمن معالجة امر العمل التالي له اقل من مجموع وقت التأخير لامر العمل J_k ووقت التأخير لامر العمل التالي $(\sum T_k + t_{k+1} < T_k + T_{k+1})$ ، عندها يتم التبديل بين امري العمل (بشرط اختيار امر عمل تالي يكون وقت المعالجة له قصير مقارنة بالامر J_k)، وتعديل تواريخ الاستحقاق لاوامر العمل المتبادلة.
- ❖ لغرض تنفيذ هذه التقنية، يُعتمد اجراء بسيط يسمى "التبادل" Swapping لغرض تعديل الجدولة الحالية وايجاد جدولة جديدة عن طريق تبديل امر عمل او مجموعة جزئية من اوامر العمل ضمن الجدولة مكان امر عمل اخر (Suwa & Sandoh, 2013: 68).
- ❖ اما اذا لم يتحقق الشرط، يترك امر العمل المقترح في موقعه ضمن الجدولة، وتنتقل التقنية نحو الامام لاختيار امر عمل اخر لاحق بحيث يكون مجموع وقت التأخير لامر العمل J_k مع وقت معالجة الامر المقترح الجديد اقل من مجموع وقت التأخير للعمل J_k ووقت التأخير للامر الجديد $(\sum T_k + t_{k+2} < T_k + T_{k+2})$. وبذلك يتم التبديل بين مواقع امري العمل وتعديل الجدولة. وبذلك يكون وقت التأخير لامر العمل الاخير ضمن النتائج المختار يساوي حاصل جمع وقت تأخير امر العمل J_k وازمنة معالجة اوامر العمل ضمن ذلك التابع . ويكون وقت البدء للتتابع الجديد مساوياً لحاصل جمع ازمنا المعالجة لاوامر العمل السابقة للامر J_k ضمن الجدولة.
- ❖ مرة اخرى تنفذ التقنية باختيار امر العمل الاخير ضمن التابع المعدل في الجدولة المعدلة باعتباره اطول امر عمل من حيث وقت التأخير، واختيار امر عمل تالي ذو وقت معالجة قصير، واتخاذ نفس الاجراء اعلاه. الى ان يتم تقليص اجمالي زمن تأخير اوامر العمل ضمن الجدولة.

المبحث الثالث/ الاستنتاجات والتوصيات

اولاً: الاستنتاجات:

- 1) استرشاداً بما طرحتة الأدبيات والجدليات الفكرية والدراسات النظرية والمعرفية في موضوع إعادة جدولة العمليات، أمكن استخلاص جملة من الاستنتاجات المعرفية المهمة وهي:
 - (1) تتعرض بيئة الانتاج الى العديد من الاحداث والتغيرات العشوائية والاضطرابات التي قد تكون متعلقة بالطاقة، او بالطلبات، او بقياس البيانات. ويعزى ذلك الى الطبيعة الديناميكية لبيئة التصنيع. والتي يكون لها اثر كبير في الحد من قدرة الجدولة الحالية على تنفيذ الالتزامات والتعهدات. وانه من الصعوبة أخذ مثل هذه التغيرات والاضطرابات في الحسبان عند وضع او توليد الجدولة الاولية بما يؤدي الى ارباك تنفيذ الجدولة على وفق ما هو مخطط، وبالتالي تتعرض الشركة الى خسارات عدة من اهمها تحمل كلف الغرامة التأخيرية في حالة عدم تلبية الطلبات في مواعيد الاستحقاق المتفق عليها، وخسارة الزبون، فضلاً عن خسارة المركز التنافسي في السوق.
 - (2) تتطلب استجابة وتكيف الشركات للبيئات المتغيرة، وحاجات السوق المتغيرة، ضرورة اعتماد اساليب وتقنيات يمكن من خلالها تعديل او تصحيح الجدولة الحالية وفقاً للتغيرات الحاصلة، او إعادة توليد الجدولة من جديد لضمان عدم توقف النظام الانتاجي من جهة، والمحافظة على مركزها التنافسي في السوق من جهة ثانية.
 - (3) إعادة الجدولة هي عملية اتخاذ القرارات في الاوقات الحرجة، استجابة للاحداث والاضطرابات غير المتوقعة سواء الداخلية منها او الخارجية خلال تنفيذ العمليات المخططة والمجدولة بهدف تعديل وتصحيح الجدولة الحالية.
 - (4) اهتم الباحثون منذ العقدين السابقين بمشاكل الجدولة وتطوير مداخل عديدة ركزت على التعامل مع حالات اللاتأكد في بيئات التصنيع والتي من شأنها حل مشاكل الجدولة الديناميكية. لذا فقد طورت مداخل عدة تتعامل مع انواع الاضطرابات الحاصلة سواء المتوقعة منها او غير المتوقعة، وهي المدخل التنبؤي ، والمدخل الاستجابي ، والمدخل الاستباقي ، والمداخل الهجينة. وتتعامل هذه المداخل كلٌ منها بطريقة معينة مع الاضطرابات الحاصلة.
 - (5) يعد المدخل الاستجابي من أهم مداخل انظمة الجدولة، الذي لاقى اهتماماً واضحاً من قبل الباحثين لأهميته في تقديم سياسات واستراتيجيات وتقنيات يمكن من خلالها تعديل الجدولة التنبؤية استجابة للتغيرات التي تحدث في بيئة التصنيع، وبالتالي تقليل اجمالي تأخير الاعمال.



استراتيجيات وسياسات وتقنيات إعادة جدولة عمليات الانتاج مدخل فلسفي

٦) طرحت ادبيات إعادة الجدولة تقنيات عدة من الممكن استخدامها والاسترشاد بها لتوليد جدولة متينة تعكس أمثل أداء متوقع في المحافظة على أداء النظام الانتاجي. ومن هذه التقنيات: تقنيات إعادة الجدولة بتحويل الازمنة على خرائط جانت (الى اليمين والى اليسار)، وتقنية إعادة الجدولة الكلية، وتقنية إعادة الجدولة الجزئية، وتقنية إعادة الجدولة بتعديل تواريخ الاستحقاق.

ثانياً: التوصيات:

- تقدم البحث بجملة من التوصيات المستندة لما تم التوصل إليه من استنتاجات تتعلق بتطوير اطار عمل لاعادة جدولة العمليات في الشركات الانتاجية اهمها:
- ١) ضرورة سعي الشركات نحو تجسير الفجوة بين الاتجاه الأكاديمي والاتجاه التطبيقي لتحقيق التوافق والانسجام مابين الدراسات النظرية والطروحات الفكرية و بين الواقع العملي.
 - ٢) ضرورة دراسة وفهم وتطبيق مداخل واستراتيجيات وسياسات إعادة الجدولة وتطويعها لخدمة الواقع الفعلي لدورها الكبير في تقديم حلول لمشكلات الجدولة في اغلب الشركات الفعلية.
 - ٣) تطبيق تقنيات إعادة الجدولة على مستوى قطاعات صناعية مختلفة. لا سيما وان القطاع الصناعي في العراق يواجه تحديات خطيرة، ويعمل في ظل بيئة ديناميكية عشوائية كثيرة التغير، او في منظمات الخدمة. ويمكن اقتراح اجراء دراسة لاعادة جدولة رحلات القطارات او رحلات الخطوط الجوية.
 - ٤) اقتراح اجراء دراسة مسحية شاملة لشركات وزارة الصناعة لتحليل الاسلوب الفعلي الذي تعتمد في إعادة جدولة العمليات، وتقديم مقترحات لادارات الشركات لتطبيق استراتيجيات وتقنيات إعادة الجدولة المطروحة في هذا البحث.

المصادر:

الرسائل العربية:

- ١) الراوي، مها عبد الكريم ، اختبار اساليب تحديد حجم دفعة الانتاج / الشراء: دراسة تطبيقية في عينة من الشركات الصناعية العراقية ، رسالة ماجستير مقدمة الى كلية الادارة والاقتصاد / جامعة بغداد ، ٢٠٠٠.

الكتب الاجنبية

- 1) Markland, R. E. et. al., Operations Management : Concepts In Manufacturing And Services , U.S.A., 1995
- 2) Slack Nigel, Chambers Stuart, & Johnston Robert Operations Management, 6th ed., Published by Prentice-Hall, England, 2010.
- 3) Suwa, Haruhiko & Sandoh, Hiroaki, Online Scheduling in Manufacturing: A Cumulative Delay Approach, Springer , London, 2013 .

الاطاريح الاجنبية

- 1) Ghonim, Ahmed, Static and Dynamic Job Shop Scheduling Using Rolling-Horizon Approached and the Shifting Bottleneck Procedure, Virginia State University, USA, 2002.
- 2) Luthi Marco , Improving the Efficiency of Heavily Used Railway Networks through Integrated Real-Time Rescheduling, A Dissertation Submitted to School of Electrical Engineering & Information Technology, Italy, 2009.



البحوث والدوريات الاجنبية:

- 4) Chan Weng & Wee Tan *A Multi-Heuristic GA for Schedule Repair in Precast Plant Production*, American Association for Artificial Intelligence, 2003, PP. 236-244.
- 5) Church L. K. & Uzsoy R., *Analysis of Periodic and Event-Driven Rescheduling Policies in Dynamic Shop*, International Jour. of Computer Integrated Manufacturing, Vol 5, 1992, PP. 153-163.
- 6) Duenas Alejandra & Petrovic Dobrila , *An Approach to Predictive-Proactive Scheduling of Parallel Machines Subject to Disruptions*, Mathematical & Information Science Journal, 12(4) , 2006, PP. 74-91.
- 7) Herrmann Jeffrey W., *Information Flow & Decision-Making in Production Scheduling*, Proceeding for the Conference of Naval Surface Center, University of Maryland, 2004, PP. 1-8.
- 8) Huaccho Huatuco et. al., *Comparing the Impact of Different Rescheduling Strategies on Entropic-Related Complexity*, Working Paper Series, Leeds University Business School, Vol. 2, No. 4, Leeds, U.K. , 2007, PP. 2-14.
- 9) Katrajini Ketrina, Vallada Eva, & Ruiz Ruben, *Flow Shop Rescheduling Under Different Types of Disruptions*, Optimization Technologies Journal, July 2010, Spain, PP.3-7.
- 10) King J. R., *The Theory Practice Gap in Job Shop Scheduling*, Production Engineering Journal Vol. 55, No. 3, 1976, PP.137-143.
- 11) Kulcsar Gyula & Erdely Ferenc , *A New Approach to Solve Multi-Objective Scheduling and Rescheduling Tasks*, Information Engineering Researches, Hungary, 2008, PP. 4-10.
- 12) Kunnathur Anand S. , Sundararaghavan P. S., & Sampath Sriram , *Dynamic Rescheduling Using A Simulation – Based Expert System*, Journal of Manufacturing Technology Management, Vol. 15, Iss 2, 2004, PP. 199-212.
- 13) Kunnathur Anand S. , Sundararaghavan P. S., & Sampath Sriram, *Dynamic Rescheduling of A Job Shop: A Simulation Study*, Proceedings of the Winter Simulation Conference, 1996, PP. 1091-1098.
- 14) Kuster Jurgen, Jannach Dietmar, & Friedrich Gerhard, *Applying Local Rescheduling in Response to Schedule Disruptions*, paper Proceedings of the IEEE Symposium on Computational Intelligence in Scheduling, Honolulu, U.S.A., , 2007, PP.2-15.
- 15) Larson Rune & Pranzo Marco, *A Framework for Dynamic Rescheduling Problems*, Technical report of Research Group, April 2012, PP.16-43.
- 16) Liu Shu Shun & Shin Kuo Chuan , *Construction Rescheduling Based on a Manufacturing Rescheduling Framework*, Automation in Construction18: ELSEVIER Journal www.elsevier.com, 2009, PP.715-723.
- 17) Matsuura H. , Tsubone H., & Kanezashi M., *Sequencing, Dispatching and Switching in a Dynamic Manufacturing Environment*, International Journal of Production Research, Vol. 31, No. 7, 1993, PP.1671-1688.



- 18) Muhlemann A. P., Lockett A. G., & Farns C. K., Job Shop Scheduling Heuristics and Frequency of Scheduling, International Journal of Production Research, Vol.20, No.2, 1982, PP.227-241.
- 19) Naseri Ehsanallah & Kuzgunkaya Onur, Cost Effective Handling of Disruptions in Production Management, Proceedings of the 21st Annual Conference, of Department of Mechanical & Industrial Engineering \ Concordia University, Canada, May 2010, PP.3-22.
- 20) Nyirenda JC, A Rescheduling Heuristic for the Single Machine Total Tardiness Problem, Statistical Science Journal, Vol. 22, No. 1 , 2006, PP. 77-87.
- 21) Rahija A. S. , Reddy K. R. , & Subramaniam V., A Generic Mechanism for Repairing Job Shop Schedules, National University of Singapore, 2003, PP. 1-6.
- 22) Sabuncuglu, Ihsan & Goren, Selcuk, Hedging Production Schedules Against Uncertainty in Manufacturing Environment with A Review of Robustness and Stability Research, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, Vol. 22, No. 2, February 2009, Ankara-Turkey, PP. 138-157.
- 23) Stoop Paul P. M. & Wiers Vincent C., S., The Complexity of Scheduling in Practice, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 16 Iss. 10 , 1996, PP.37-53.
- 24) Sun Wei He-Di Hua, Scheduling Flexible Job Shop Problem Subject to Machine Breakdown with Rout Changing and Right Shift Strategies, International Journal of Manufacturing Technology, Vol.10 ,2012 , PP.1-13.
- 25) Vieira Guilherme E, Herrmann, J.W., & Lin, E., Rescheduling manufacturing Systems: A Framework of Strategies, Policies, and Methods, Journal of Scheduling, no. 6, Kluwer Academic Publisher, Netherlands, 2003, PP.38-64.
- 26) Vieira Guilherme E., Hermann Jeffery W & Lin Edward, Predicting the Performance of Rescheduling Strategies for Parallel Machines Systems, Journal of Manufacturing Systems, Vol. 19, No. 4, 2000, PP. 256-266.
- 27) Wang Bing & Xi Yu-Geng, Rolling Partial Rescheduling with Dual Objectives for Single Machine Subject to Disruptions, National Natural Science Foundation of China, Vol. 32, No. 5 , September 2006, PP. 667-673.



Operations Rescheduling Strategies, Policies, and Methods: A Philosophic Approach

Abstract:

When scheduling rules become incapable to tackle the presence of a variety of unexpected disruptions frequently occurred in manufacturing systems, it is necessary to develop a reactive schedule which can absorb the effects of such disruptions. Such responding requires efficient strategies, policies, and methods to controlling production & maintaining high shop performance. This can be achieved through rescheduling task which defined as an essential operating function to efficiently tackle and response to uncertainties and unexpected events. The framework proposed in this study consists of rescheduling approaches, strategies, policies, and techniques, which represents a guideline for most manufacturing companies operating in such dynamic changing environments, facing a wide variety of unexpected events and disruptions.

Rescheduling strategies are dynamic scheduling & predictive\reactive scheduling. In practice, rescheduling done either periodically or occasionally, and in some cases it done in a hybrid manner as policies to plan activities for next time periods and at the same time to response to significant disruption. Some rescheduling methods used to create robust schedules by regenerating or updating schedules. These methods are: Time Shift Rescheduling, Partial Rescheduling, and Total Rescheduling.

Keywords/ Rescheduling, Disruptions, Rescheduling Strategies, Rescheduling Techniques.