A Proposed Method to Minimize the Flow Time Average and the Due Date Average in Sequence Problem

Ghazwan H. Mahmoud
College of Computer Science and Mathematics
University of Mosul, Mosul, Iraq

Received on: 20/07/2009 **Accepted on: 28/12/2009**

ABSTRACT

The problem tackled in this research is to propose a method to minimize the flow time average and the due date average to resolve the sequence problem. Assuming that we have a set of jobs, and every job has processing time and due date required to running by method that satisfy balance and minimize the flow time average and the due date average. The research presents the methods used to solve the former. The paper compares the new method with the Critical ratio (CR) method on a set of data generated by simulation by system (MATLAB). The results show a high efficiency and ease of use.

Keywords: flow time average, due date average , sequences, Critical ratio (CR) .

طريقة مقترحة لتقليل معدل الانسيابية ومعدل التأخير في مسائل المتتابعات

غزوان هاني محمود
كلية علوم الحاسبات والرياضيات
جامعة الموصل

تاريخ استلام البحث: 2009/7/20 **تاريخ قبول البحث: 2009/12/28**

الملخص

أن المسالة التي يتناولها هذا البحث هي اقتراح طريقة لتقليل معدل الانسيابية ومعدل التأخير لحل مسائل المتتابعات. بافتراض أن لدينا مجموعة من الأعمال، وكل عمل يمتلك وقت تنفيذ وموعد استحقاق والمطلوب تنفيذ تلك الأعمال بالطريقة التي تحقق الاتزان وتقلل من معدل انسيابية الأعمال ومعدل التأخير. وقد تم في هذا البحث عرض الطرق السابقة لحل مثل هذه المسائل وتوضيحها، وكذلك عرض الطريقة المقترحة وتم مقارنتها مع طريقة Critical Ratio (CR) على مجموعة من البيانات والمولدة بالمحاكاة باستخدام نظام (MATLAB)، وأظهرت كفاءة عالية وسهولة بالاستخدام.

الكلمات المفتاحية: معدل الانسيابية ، ومعدل التأخير ، المتتابعات، Critical Ratio (CR) .

1- المقدمة:

تعتبر إدارة المشاريع من الأعمال المهمة لأي مؤسسة للسيطرة على وقت إنهاء العمل والإنتاج والسيطرة على التأخير، وتهدف مشاكل التتابع إلى تحقيق اقل وقت ممكن أو اقل كلفة ممكنة أو أداء ممكن لعمليتين أو أكثر

(المستهلكين اللذين تقدم لهم ألخدمه) يراد إنجازها، مع وجود واحد أو أكثر من الإمكانيات المتاحة (مراكز عمل مخصصة) لإنجاز معالجة تلك الإعمال.

ولتنفيذ هذه الأعمال وفق تسلسل معين تظهر مشاكل التتابع في مراكز الأعمال حيث تتدرج من الأبسط إلى الأكثر تعقيدَا عند وجود أعمال كبيرة. ولقد نجحت نظرية التتابع بشكل كبير في حل هذه المشاكل وخاصة التي تعمل حسب الطلب

وفي ضوء ما تقدم يمكن تعريف التتابع بأنه إيجاد التسلسل الأمثل للمراحل الضرورية لإنجاز مشروع معين بالشكل الذي يحقق تنفيذ مجموعة من الأعمال بأقل وقت أو جهد ونتيجة لذلك يكون بأقل كلفة ممكنة.

وتعد فروض مشاكل التتابع بمثابة قيود في عملية حل مشاكل التتابع منها أن العمل الواحد يمكن تنفيذه في مركز عمل واحد وعند البدء بتنفيذه في إحدى مراكز العمل لابد أن يستمر حتى إتمامه. وتشترط مشاكل التتابع إن يكون هناك مركز عمل متاح قبل البدء بتنفيذ أي عمل أخر، وبذلك لا يسمح بتداخل وقت التنفيذ للعمليات المتتالية لعمل معين. ومن الفروض الأساسية السابقة يستلزم توفر بعض القيود الأخرى منها أن يكون وقت تنفيذ أي عمل في أي مركز عمل قابلا للقياس.

إن الهدف الأساسي من هذا البحث هو عرض بعض الطرق (القواعد) المستخدمة في حل مسائل المتتابعات لتقليل معدل الانسيابية للأعمال ومعدل التأخير ومعدل عدد الأعمال في النظام، وذلك من خلال استخدام قواعد الأسبقية في جدولة مجموعة من الأعمال. وتم في هذا البحث التوصل لطريقة جديدة تمكننا من تقليل معدل انسيابية العمل ومعدل التأخير ومعدل عدد الأعمال في النظام [1] [8] [5] .

2- تعاريف ومصطلحات:

يمكن تقسيم المفاهيم الأساسية إلى قسمين وهما [3] [4]:

البيانات:

2-1- المتتابعات Sequencing:

تحديد العمل الذي سيتم تنفيذه من بين مجموعة من الأعمال في مركز إدارة المشروع.

2-2- وقت التنفيذ (processing time):

هو الوقت الذي يستغرقه كل عمل لتنفيذه.

2-3- تاريخ الاستحقاق (due date):

هو الوقت اللازم الذي يجب فيه تسليم العمل بصورته النهائية إلى صاحب العمل (المستهلك). ويحدد هذا الوقت من قبل المستهلك.

2-4- وقت إنهاء العمل(make span):

هو الزمن الكلي اللازم لإنهاء تنفيذ مجموعة من الأعمال ويمكن حسابه من العلاقة التالية:

وقت إنهاء العمل = مجموع أوقات التنفيذ لجميع الأعمال

make span = sum of processing times

المعايير:

2-5- انسيابية العمل (flow time):

هو الوقت اللازم من بدأ تنفيذ الأعمال في مركز العمل لإتمام العمل, أو هو عبارة عن التكرار المتجمع الصاعد لأوقات التنفيذ ويمكن حساب معدل الانسيابية حسب الصيغة التالية:

معدل انسيابية العمل = مجموع أوقات انسيابية العمل/ عدد الأعمال

average flow time = sum of flow times / no. of jobs

2-6- وقت التأخير (Tardy time):

هو الاختلاف الموجب بين انسيابية العمل وتاريخ الاستحقاق للأعمال حيث تهمل فيها القيم ألسالبة وتصبح صفرا ويحسب بالصيغة التالية:

وقت التأخير = انسيابية العمل – تأريخ الاستحقاق

tardy = flow time-due date

أما معدل وقت التأخير فيحسب بالصيغة التالية:

معدل التأخير = مجموع التأخير/عدد الأعمال

average of tardiness = sum tardy / no. of jobs

2-7- معدل عدد الأعمال في النظام (Average number of jobs in system):

هو مجموع أوقات انسيابية العمل مقسومة على مجموع أوقات إنهاء العمل الكلي لجميع الأعمال.ويمكن توضيحه بالصيغة التالية:

معدل عدد الأعمال بالنظام = مجموع انسيابية العمل / وقت إنهاء العمل.

average no. of jobs in system = sum of flow times / make span

3- قواعد الأسبقية (Priority Rules):

يشير تتابع الأعمال إلى ترتيب الأعمال بالشكل الذي يتم بموجبة معالجة الأعمال في مراكز العمل، وان مجرد تحديد وقت التنفيذ وتاريخ الاستحقاق ليس كافيا لضمان إنجاز العمل وإنما يتطلب اعتماد قواعد تستخدم لتحديد أسبقيات تتابع الأعمال على مراكز العمل ومن هذه القواعد نذكر ما يلي [1] [9]:

3-1- من يأتي أولا يخدم أولا (First Come First Served (FCFS.

3-2- تاريخ الاستحقاق المبكر (Earliest Due Date(EDD.

3-3- وقت التنفيذ الأقصر (Shortest Processing Time (SPT.

3-4- النسبة الحرجة (Critical Ratio (CR.

ولتوضيح طريقة عمل كل طريقة سيتم اخذ مثال توضيحي ومن خلاله نجد معدل انسيابية الأعمال ومعدل التأخير ووقت إنهاء التنفيذ ومعدل عدد الأعمال بالنظام:-

3-1- من يأتي أولا يخدم أولا First Come First Served (FCFS):

تفترض هذه الطريقة إن الأسبقية في إنجاز العمل تكون للعمل الذي يصل أولا لمكان الخدمة، وبذلك لن تكون هنالك أسبقية أو تفضيل أي عمل على عمل أخر، ولتوضيح ذلك نأخذ المثال التالي [1] :-

jobs	processing time	Due date
1	4	9
2	9	14
3	2	7
4	5	5
5	7	11

الحل: نجد جدول الانسيابية وذلك عن طريق التكرار المتجمع الصاعد لجدول أوقات التنفيذ، ثم نجد جدول أوقات التأخير وذلك عن طريق طرح جدول تاريخ الاستحقاق من جدول أوقات الانسيابية ويصبح لدينا جدول الحل الكامل للمثال بالشكل الأتي:-

jobs	processing time	due date	flow time	tardy
1	4	9	4	0
2	9	14	13	0
3	2	7	15	8
4	5	5	20	15
5	7	11	27	16
Total	27	46	79	39

1- معدل انسيابية العمل = مجموع أوقات الانسيابية / عدد الأعمال

average flow time = 79 / 5 = 15.8

2- معدل التأخير = مجموع أوقات التأخير/ عدد الأعمال

Average tardy = 39 / 5 = 7.8

3- وقت إنهاء العمل الكلي = مجموع أوقات التنفيذ

make span = 27

4- معدل عدد الأعمال في النظام = مجموع أوقات الانسيابية / وقت إنهاء العمل

average no. Jobs in system = 79 / 27 = 2.95

3-2- تاريخ الاستحقاق المبكر Earliest Due Date (EDD):

تهدف هذه الطريقة إلى تقليل عدد الأعمال المتأخرة حيث تقوم على أساس تجهيز العمل وإنجازه متى ما يريده المستهلك. والعمل الذي يكون تاريخ استحقاقه مبكرا ينفذ أولا ومن ثم العمل الذي يليه وهكذا. ولذلك فإنها لا تأخذ في الحسبان كم هو وقت التنفيذ للعمل القادم المراد تنفيذه، ولتوضيح هذه الطريقة نأخذ نفس المثال السابق وكالاتي [2] [6]:-

jobs	Processing time	Due date
1	4	9

2	9	14
3	2	7
4	5	5
5	7	11

الحل: بعد ترتيب الأعمال حسب تاريخ الاستحقاق المبكر يصبح لدينا الجدول كالآتي:-

jobs	processing time	Due date
4	5	5
3	2	7
1	4	9
5	7	11
2	9	14

نجد جدول الانسيابية وذلك عن طريق التكرار المتجمع الصاعد لجدول أوقات التنفيذ، ثم نجد جدول أوقات التأخير وذلك عن طريق طرح جدول تاريخ الاستحقاق من جدول أوقات الانسيابية ويصبح لدينا جدول الحل الكامل للمثال بالشكل الأتي:-

jobs	processing time	Due date	Flow time	tardy
4	5	5	5	0
3	2	7	7	0
1	4	9	11	2
5	7	11	18	7
2	9	14	27	13
Total	27	46	68	22

1- معدل انسيابية العمل = مجموع أوقات الانسيابية / عدد الأعمال

average flow time = 68 / 5 = 13.6

2- معدل التأخير = مجموع أوقات التأخير/ عدد الأعمال

average tardy = 22 / 5 = 4.4

3- وقت إنهاء العمل الكلي = مجموع أوقات التنفيذ

make span = 27

4- معدل الأعمال في النظام = مجموع أوقات الانسيابية / وقت إنهاء العمل

average no. Jobs in system = 68 / 27 = 2.52

3-3- وقت التنفيذ الأقصر (Shortest Processing Time (SPT:

يتم وفق هذه الطريقة معالجة العمل الذي يمتلك وقت تنفيذ اقصر، أي أن العمل الذي وقت تنفيذه اقل يخدم أولا لذلك فان الأعمال التي تتطلب أوقات تنفيذ أطول قد تعالج بصوره متأخرة جدا لأنها تبقى في الانتظار لحين اكتمال كافه الأعمال ذات أوقات التنفيذ الأقصر منها. ولتوضيح هذه الطريقة نأخذ المثال السابق وكالاتي [3]:-

jobs	processing time	Due date
1	4	9

2	9	14
3	2	7
4	5	5
5	7	11

الحل:-

بعد ترتيب الأعمال حسب أوقات التنفيذ الأقصر يصبح لدينا الجدول كالأتي:-

jobs	processing time	Due date
3	2	7
2	4	9
4	5	5
5	7	11
1	9	14

نجد جدول الانسيابية وذلك عن طريق التكرار المتجمع الصاعد لجدول أوقات التنفيذ، ثم نجد جدول أوقات التأخير وذلك عن طريق طرح جدول تاريخ الاستحقاق من جدول أوقات الانسيابية ويصبح لدينا جدول الحل الكامل للمثال بالشكل الأتي:-

jobs	processing time	Due date	flow time	tardy
3	2	7	2	0
2	4	9	6	0
4	5	5	11	6
5	7	11	18	7
1	9	14	27	13
Total	27	46	64	26

1- معدل انسيابية العمل = مجموع أوقات الانسيابية / عدد الأعمال

average flow time = 64 / 5 = 12.8

2- معدل التأخير = مجموع أوقات التأخير/ عدد الأعمال

average tardy = 26 / 5 = 5.2

3- وقت إنهاء العمل الكلي = مجموع أوقات التنفيذ

make span = 27

4- معدل الأعمال في النظام = مجموع أوقات الانسيابية / وقت إنهاء العمل

average no. Jobs in system = 64 / 27 = 2.37

3-4- النسبة الحرجة (Critical Ratio(CR:

تعتبر من أفضل واهم الطرق المستخدمة لحل مسالة المتتابعات لكونها تحقق الاتزان بين وقت التنفيذ وموعد الاستحقاق. وتمثل هذه النسبة التوازن بين طريقة (SPT) وطريقة (EDD) وتعتمد على اقصر زمن متبقي وأطول زمن معالجة وتكون الأسبقية للعمل الذي تكون فيه انسيابية العمل اقل. أي إن العمل الذي وقت انسيابيته قليلة يخدم أولا وتعتمد أيضا الانسيابية ووقت التنفيذ وتاريخ الاستحقاق ولتوضيحها نأخذ المثال السابق [7] [9]:-

jobs	Processing time	Due date
1	4	9
2	9	14
3	2	7
4	5	5
5	7	11

الخطوة الأولى:- نقوم بحساب النسبة الحرجة (CR)حسب الصيغة التالية:-

critical ratio = (due date - flow time) / processing time

النسبة الحرجة = (تاريخ الاستحقاق- انسيابية العمل) / وقت التنفيذ

ثم نأخذ اقل نسبة ويمكن التوضيح كالأتي:-

jobs	processing time	due date	critical ratio
1	4	9	(9-0)/4=2.25
2	9	14	(14-0)/9=1.56
3	2	7	(7-0)/2=3.50
4	5	5	(5-0)/5=1.00
5	7	11	(11-0)/7=1.57

نلاحظ أن انسيابية العمل في الخطوة الأولى تساوي (0) وذلك لكون انه لم يتم تنفيذ أي عمل. وبتطبيق قانون النسبة الحرجة نحصل على اقل نسبة. ونلاحظ من الجدول السابق أن العمل الذي يمتلك اقل نسبة هو العمل الرابع لذلك سيتم تنفيذه أولا.

الخطوة الثانية:-

jobs	processing time	due date	critical ratio
1	4	9	(9-5)/4=1.00
2	9	14	(14-5)/9=1.00
3	2	7	(7-5)/2=1.00
5	7	11	(11-5)/7=0.86

نلاحظ أن انسيابية العمل في الخطوة الثانية تساوي (5) وذلك لكون انه تم تنفيذ العمل الرابع والذي وقت تنفيذه يساوي (5). وبتطبيق قانون النسبة الحرجة نحصل على اقل نسبة. ونلاحظ من الجدول السابق أن العمل الذي يمتلك اقل نسبة هو العمل الخامس لذلك سيتم تنفيذه ثانيا.

الخطوة الثالثة:-

jobs	processing time	due date	critical ratio
1	4	9	(9-12)/4=-0.75
2	9	14	(14-12)/9=0.22
3	2	7	(7-12)/2=-2.50

نلاحظ أن انسيابية العمل في الخطوة الثالثة تساوي (12) وذلك لكون انه تم تنفيذ العمل الرابع والخامس واللذان يكون وقت تنفيذهما يساوي (12=7+5). وبتطبيق قانون النسبة الحرجة نحصل على اقل نسبة. ونلاحظ من الجدول السابق أن العمل الذي يمتلك اقل نسبة هو العمل الثالث لذلك سيتم تنفيذه ثالثا.

الخطوة الرابعة:-

jobs	processing time	due date	critical ratio
1	4	9	(9-14)/4=-1.25
2	9	14	(14-14)/9=0.00

نلاحظ أن انسيابية العمل في الخطوة الثالثة تساوي (14) وذلك لكون انه تم تنفيذ العمل الرابع والخامس والثالث والذين يكون وقت تنفيذهم يساوي (14=2+7+5). وبتطبيق قانون النسبة الحرجة نحصل على اقل نسبة. ونلاحظ من الجدول السابق أن العمل الذي يمتلك اقل نسبة هو العمل الأول لذلك سيتم تنفيذه رابعا. ثم بعد ذلك يتم تنفيذ العمل الأخير (العمل الثاني).

وبعد إجراء الخطوات السابقة يصبح جدول الحل كالأتي:-

jobs	processing time	Due date	flow time	tardy
4	5	5	5	0
5	7	11	12	1
3	2	7	14	7
1	4	9	18	9
2	9	14	27	13
Total	27	46	76	30

1- معدل انسيابية العمل = مجموع أوقات الانسيابية / عدد الأعمال

average flow time = 76 / 5 = 15.2

2- معدل التأخير = مجموع أوقات التأخير/ عدد الأعمال

average tardy = 30 / 5 = 6

3- وقت إنهاء العمل الكلي = مجموع أوقات التنفيذ

make span = 27

4- معدل عدد الأعمال في النظام = مجموع أوقات الانسيابية / وقت إنهاء العمل

average no. Jobs in system = 76 / 27 = 2.81

4- الطريقة المقترحة:

في بداية شرح الطريقة المقترحة لابد من توضيح الأساس الذي تم الاعتماد عليه لاقتراح هذه الطريقة، إن الطريقة المقترحة هي عبارة عن توفيق بين طريقة SPT (Shortest Processing Time) وطريقة EDD (Earliest Due Date) ففي طريقة (SPT) يتم تقليل معدل انسيابية العمل على حساب معدل التأخير، أما في طريقة (EDD) فيتم تقليل معدل التأخير على حساب معدل انسيابية العمل. وكما هو معلوم فان الأمثلية تعني تحقيق الاتزان بين جميع المقاييس (المعايير).

تتكون الطريقة المقترحة من الخطوات الآتية:

1- إيجاد حاصل جمع وقت التنفيذ وموعد الاستحقاق لكل عمل.

2- ترتيب المجموع الذي تم الحصول عليه في الفقرة الأولى ترتيبا تنازليا.

3- تنفيذ العمل الذي يمتلك اقل مجموع أولا ثم العمل الذي يليه وهكذا.

ولتوضيح طريقة عمل الطريقة المقترحة سيتم اخذ المثال السابق

jobs	processing time	due date
1	4	9
2	9	14
3	2	7
4	5	5
5	7	11

الحل:-

الخطوة الأولى إيجاد حاصل جمع وقت التنفيذ وموعد الاستحقاق لكل عمل فيكون لدينا الجدول الأتي:

jobs	processing time	due date	Sum processing time & due date
1	4	9	13
2	9	14	23
3	2	7	9
4	5	5	10
5	7	11	18

الخطوة الثانية ترتيب المجموع الذي تم الحصول عليه في الجدول الأول ترتيبا تنازليا فيكون لدينا الجدول الأتي:

jobs	processing time	due date
3	2	7
4	5	5
1	4	9
5	7	11
2	9	14

نجد جدول الانسيابية وذلك عن طريق التكرار المتجمع الصاعد لجدول أوقات التنفيذ، ثم نجد جدول أوقات التأخير وذلك عن طريق طرح جدول تاريخ الاستحقاق من جدول أوقات الانسيابية ويصبح لدينا جدول الحل الكامل للمثال بالشكل الأتي:-

jobs	processing time	Due date	flow time	tardy
3	2	7	2	0
4	5	5	7	2
1	4	9	11	2
5	7	11	18	7
2	9	14	27	13

Total	27	46	65	24

1- معدل انسيابية العمل = مجموع أوقات الانسيابية / عدد الأعمال

average flow time = 65 / 5 = 13

2- معدل التأخير = مجموع أوقات التأخير/ عدد الأعمال

average tardy = 24 / 5 = 4.8

3- وقت إنهاء العمل الكلي = مجموع أوقات التنفيذ

make span = 27

4- معدل عدد الأعمال في النظام = مجموع أوقات الانسيابية / وقت إنهاء العمل

average no. Jobs in system = 65 / 27 = 2.41

والجدول التالي يوضح كفاءة الطريقة المقترحة من حيث امتلاكها لمعايير (معدل وقت الانسيابية ووقت التأخير) ذات كفاءة عالية، وتحقيقها للاتزان بين معدل وقت الانسيابية ووقت التأخير بالاعتماد على بيانات المثال السابق:

الطريقة المستخدمة	معدل وقت الانسيابية	معدل وقت التأخير
من يأتي أولا يخدم أولا	15.8	7.8
تاريخ الاستحقاق المبكر	13.6	4.4
وقت التنفيذ الأقصر	12.8	5.2
النسبة الحرجة	15.2	6
الطريقة المقترحة	13	4.8

نلاحظ من الجدول أعلاه أن طريقة من يأتي أولا يخدم أولا ذات معايير غير كفوءة، وطريقة تاريخ الاستحقاق المبكر تمتلك اقل معدل وقت تأخير ولكنها تمتلك معدل وقت انسيابية عالي، وطريقة وقت التنفيذ الأقصر تمتلك اقل معدل وقت انسيابية ولكنها تمتلك معدل وقت تأخير عالي، وطريقة النسبة الحرجة تحقق الاتزان بين معدل وقت الانسيابية ومعدل وقت التأخير، أما الطريقة المقترحة فإنها تمتلك معايير ذات كفاءة عالية كذلك تحقق الاتزان بين معدل وقت الانسيابية ومعدل وقت التأخير.

5- الجانب التجريبي:

تم في هذا المبحث كتابة برنامج بلغة (MATLAB) لتوليد عدد من الأعمال (5,6,7,…,100) باستخدام التوزيع المنتظم وبثلاث مراحل لكل عدد، في كل مرحلة يتم تغيير فترة التوزيع المنتظم وكانت (1-20) للمرحلة الأولى و(1-50) للمرحلة الثانية و(1-100) للمرحلة الثالثة. وحساب معدل وقت انسيابية العمل ومعدل وقت التأخير ومعدل عدد الأعمال بالنظام باستخدام الطريقة المقترحة ومقارنتها مع طريقة النسبة الحرجة (CD). والجدول التالي يوضح عدد الأعمال والمقارنة بين الطريقتين:

عدد الأعمال	الطريقة المقترحة			طريقة النسبة الحرجة		
	معدل انسيابية العمل	معدل التأخير	معدل عدد الأعمال	معدل انسيابية العمل	معدل التأخير	معدل عدد الأعمال
5	21.8000	11.0000	2.5349	23.0000	11.4000	2.6744
	13.2000	5.0000	2.1290	20.0000	11.0000	3.2258
	10.0000	3.2000	2.5000	13.2000	4.8000	3.3000
6	26.3333	14.1667	2.8727	31.1667	17.8333	3.4000
	18.0000	7.5000	2.6341	19.5000	7.8333	2.8537
	18.6667	10.3333	2.8000	20.0000	10.8333	3.0000
7	39.1429	23.4286	3.1860	44.8571	28.0000	3.6512
	34.4286	21.5714	3.3014	37.4286	24.4286	3.5890
	10.7143	5.2857	3.0000	13.8571	8.1429	3.8800
8	29.8750	17.0000	3.1039	33.3750	19.8750	3.4675
	28.7500	17.2500	3.5938	34.2500	22.7500	4.2818
	26.5000	17.6250	3.8545	27.0000	17.8750	3.9273
9	37.7778	26.0000	4.0476	38.6667	26.3333	4.1429
	39.7778	28.0000	4.1149	42.6667	29.4444	4.4138
	17.7778	10.7778	3.5556	19.4444	11.8889	3.8889
10	39.2000	25.1000	3.6636	46.5000	30.0000	4.3458
	36.2000	25.5000	4.0674	39.6000	27.7000	4.4494
	24.2000	15.3000	4.6538	26.1000	17.1000	5.0192
15	49.6667	35.8667	5.6015	56.1333	42.3333	6.3308
	44.0000	33.4667	5.8407	49.2667	38.2000	6.5398
	25.2000	18.4000	5.6418	26.0667	19.1333	5.8358
20	88.1000	73.3000	8.0457	87.3500	72.5000	7.9772
	58.1000	47.1000	7.9589	63.5500	52.2500	8.7055
	53.7500	44.4500	8.3333	54.1500	44.6000	8.3953
25	82.8000	68.7600	9.2825	81.9200	67.7200	9.1839
	71.9600	60.0400	9.5185	74.2000	62.2400	9.8148
	63.6000	54.9600	10.0633	63.6400	54.9200	10.0696
30	138.7667	122.3333	11.4683	139.0667	121.9667	11.4931
	88.1667	76.1667	11.0669	90.5667	78.5000	11.3682
	62.8000	54.7667	11.4878	64.6333	56.4667	11.8232
35	132.3714	118.3714	12.8694	132.1429	117.8286	12.8472
	110.1714	98.6286	13.2966	111.1714	99.5429	13.4172
	72.2857	64.4857	13.5294	74.4571	66.6571	13.9358
40	159.2000	143.3250	14.3423	161.4000	145.4750	14.5405
	127.9500	115.9500	14.8348	129.7000	117.7000	15.0377
	86.5750	78.4500	15.4598	86.5750	78.4000	15.4598
45	169.4444	154.2000	15.7867	176.1778	160.8667	16.4141
	150.6444	138.5778	17.8865	152.0222	139.8000	18.0501
	107.7333	98.7333	17.8235	107.5111	98.4889	17.7868

50	179.3000	163.9800	18.3333	180.7200	165.3800	18.4785
	163.0200	150.6800	19.3610	163.8600	151.4400	19.4608
	117.8800	109.3800	19.8451	118.4200	109.8800	19.9360
100	381.7400	366.7100	35.6766	384.1000	369.0400	35.8972
	272.9400	261.5100	35.8660	273.2400	261.7900	35.9054
	201.8900	193.6900	37.6660	202.1900	193.9900	37.7220

في الجدول السابق نلاحظ أن معدل وقت الانسيابية باستخدام الطريقة المقترحة كان أفضل من طريقة النسبة الحرجة بنسبة 0.89 %، ومعدل وقت التأخير باستخدام الطريقة المتقرحة كان أفضل من طريقة النسبة الحرجة بنسبة 0.84 %، أما معدل عدد الأعمال بالنظام باستخدام الطريقة المقترحة كان أفضل من طريقة النسبة الحرجة بنسبة 0.91 %.

6- الاستنتاجات والتوصيات:

1- تم التوصل لطريقة تمتلك معايير ذات كفاءة عالية وسهولة بالاستخدام لتنفيذ مجموعة من الأعمال.

2- تم التوصل لطريقة تحقق الاتزان بين وقت التنفيذ وموعد الاستحقاق.

3- استخدام طريقة (SPT) للحصول على معدل انسيابية (flow time) قليل.

4- استخدام طريقة (EDD) للحصول على معدل التأخير (tardy) قليل.

5- استخدام الطريقة المقترحة لتحقيق الاتزان بين المعايير بدلا من طريقة (CR) ولتقليل معدل انسيابية العمل ومعدل التأخير وكذلك سهولة الحل.

المصادر

[1] النعيمي، محمد عبد العال والحمداني، رفاه شهاب (1999)، "مقدمة في بحوث العمليات"، دار وائل للنشر، عمان.

[2] Anderson, E.J., and Nyirenda, J.C., (1990), "Two New Rules to Minimize Tardiness in a Job Shop", International Journal of Production research, Vol. (28), No. (12), pp 2277-2292.

[3] Baker, K.R., (1974), "Introduction to Sequencing and Scheduling", John Wiely and Sous, Inc, New York.

[4] Billy E. Gillett, (1976), " Introduction to Operations Research", McGraw-Hill, Inc, New York.

[5] Dan Reid, R., and Nada, R.S., (2007) "Operations Management " 3rd Edition, Wiley.

[6] Jeffery, W.H., and Chun-Lee, l., (1992) "On Scheduling to Minimize Earliness-Tardiness and Batch Delivery Cost with a Common Due Data"

[7] Kenneth, R.B., and Gary, D.S., (1990) "Sequencing with Earliness and Tardiness Penalties :a Review" Operational Research, vol.(38), No.(1), pp.22-27.

[8] Kutanoglu, E., and Sabuncuoglu, I., (1999) "An Analysis of Heuristics in a Dynamic Job Shop with Weighted Tardiness Objectives" International Journal of Production research. Vol. (37), No. (1), pp.165-187.

[9] Repsalainen, A., and Morton, T.E., (1987), "Priority Rules for Job Shop with Weighted Tardiness Costs", Management Science, Vol.(33), pp 1035-1047.

```
n=5;
a=10;
g=unifrnd(1,a,n,1);
g=round(g);
p=unifrnd(1,a,n,1);
p=round(p);
u=unifrnd(1,5,n,1);
u=round(u);
d=[g p u];
for e=1:n
if p(e,:)<g(e,:);
p(e,:)=u(e,:)+g(e,:);
end
end
k=[g p ];
for q=1:n
q=q;
kk(q)=q;
end
kk=kk';
x=[kk g p];
r(n,3)=[1];
for j=1:n
if j==1
d=0;
end
z=(x(:,3)-d)./x(:,2);
y=[x , z];
c=min(y(:,4));
for i=1:n+1-j
if y(i,4)==c
r(j,:)=x(i,:);
x(i,:)=[];
break
end
end
d=d+r(j,2);
v(j)=d;
end
v=v';
w=v-r(:,3);
for c=1:n
if w(c,:)>=0;
else
w(c,:)=0;
end
end
o=[r v w]
h=g+p;
```

```
m=[ g p h];
qq=sortrows(m,3);
vv=qq(:,1);
vv(1,1)=qq(1,1);
for a=2:n
vv(a,1)=vv(a-1,1)+qq(a,1);
end
zzz=[qq vv];
pp=qq(:,2);
ww=vv-pp;
for c=1:n
if ww(c,:)>=0;
else
ww(c,:)=0;
end
end
oo=[zzz ww]
makespan=sum(g)
ftcr=sum(v)/n
ftm=sum(vv)/n
tcr=sum(w)/n
tm=sum(ww)/n
anjcr=sum(v)/sum(g)
anjm=sum(vv)/makespan
```