الفصل التاسع

جدولة العمليات -Operations Scheduling-

1.9: المفهوم :

تمثل جدولة العمليات خططاً قصيرة الامد تعنى بتوقيت انجاز العمليات التشغيلية لمهام العمل المحددة، فضلاً عن تحديد تعاقب الاعمال على وفق اسبقيات معينة تحدد اسلوب تدفق الاعمال على ارضية المصنع. فيما تعكس المهام المحددة ، الاوامر التي اطلقت إلى ورشة العمل والممثلة بصافي الاحتياجات في خطة متطلبات المواد –MRP– ، من اجل انجاز الاجزاء المطلوبة بالوقت المناسب والكمية المطلوبة . مع اهمية اعداد جدولة العمليات في ضوء حدود الطاقة المتاحة وقيودها المحددة.

2.9: الاهمية :

تساهم الجدولة الفاعلة للعمليات في كل مما يأتي :

- تخفيض وقت انتظار العمل عن طريق تقليل الوقت غير المستغل.
- تخفيض زمن دورة التصنيع.
- تخفيض مستويات المخزون سيما مخزون تحت الصنع –WIP–.
- تقليل كلفة المخزون وكلفة انجاز العمل ومن ثم الكلفة الكلية للمنتج.
- الاستخدام الامثل للموارد المتاحة من الآلات والافراد عن طريق تقليل الوقت غير المنتج ، فضلاً عن تخفيض وقت اعداد الآلة ووقت معالجة اوامر العمل.
- تحسين جودة العمل.

3.9 : قواعد الأسبقية –The Priority Rules– :

أ . قواعد اسبقية انجاز اوامر العمل على محطة واحدة:

في آلاتي اهم قواعد تحديد تتابع انجاز اوامر العمل على محطة تتألف من آلة واحدة:

اولاً: قاعدة القادم أولاً يخدم اولاً -First Come, First Served, FCFS- :

بدءً بمعالجة امر العمل الوارد اولاً إلى المحطة ثم الذي يليه وهكذا.

ثانياً: قاعدة وقت المعالجة الاقصر– Shortest Processing Time, SPT-:

يجدول اولاً انجاز امر العمل ذو وقت المعالجة الاقصر .

ثالثاً: قاعدة وقت المعالجة الاطول – Longest Processing Time, LPT- :

يتم معالجة اولاً امر العمل وقت المعالجة الاطول .

رابعاً: قاعدة تاريخ الاستحقاق المبكر –Earliest Due Date, EDD-:

ينجز اولاً امر العمل ذو تاريخ الاستحقاق الاقصر .

خامساً: قاعدة النسبة الحرجة –Critical Ratio, CR- :

يختار اولاً امر العمل ذو النسبة الحرجة الاقل.

وتحتسب على وفق المعادلة الاتية :

$$\text{النسبة الحرجة} = \frac{\text{وقت الانجاز المتبقي} \quad \text{تاريخ الاستحقاق} - \text{تاريخ اليوم}}{\text{وقت العمل المتبقي} \quad \text{ايام العمل المتبقية}} =$$

تمثل ايام العمل المتبقية وقت الانتظار اللازم لانجاز جميع العمليات التي لم تنجــز بعــد ، متضمناً وقت الاعداد ، وقت المعالجة ، ووقت النقل ...الخ

إذا كانت :

(1>CR) ، يعد العمل متأخراً عن الموعد المتفق عليه لانجاز العمل (خلف الجدولة).

(1=CR) ، تؤشر أن العمل يسير على وفق الجدولة.

(1<CR) ، تعكس تقدم العمل عن الموعد المتحقق (امام الجدولة)

سادساً: قاعدة الفائض في العملية المتبقية –Slack Per Remaining, S/RO- :

يجدول اولاً انجاز امر العمل ذو نسبة الفائض الاقل .

وتحتسب بالمعادلة الاتية :

$$S/RO = \frac{\text{وقت الانجاز المتبقي – وقت العمل المتبقي}}{\text{عدد العمليات المتبقية}}$$

$$= \frac{\text{(تاريخ الاستحقاق – تاريخ اليوم) – (ايام العمل المتبقية)}}{\text{عدد العمليات المتبقية}}$$

مثال رقم (1.9):

وردت خمسة اوامر عمل إلى معمل العروبة للاثاث المنزلي، اوجد تعاقب انجاز تلك الاوامر على اساس قواعد الاسبقية الاربعة الاولى المتقدم ذكرها، باستخدام وقت المعالجة المطلوب ، وتاريخ الاستحقاق المحدد بالايام ازاء كل عمل، وكما مبين في الجدول آلاتي :

امر العمل	وقت المعالجة (PT)/ يوم	تاريخ الاستحقاق (DD) /يوم
A	8	8
B	5	10
C	4	18
D	9	30
E	3	20

الحل :

أولاً: قاعدة –FCFS– :

باتباع الخطوات الاتية :

(1) : يتم ترتيب تسلسل انجاز اوامر العمل كما وردت إلى المعمل ، وبذا يسبق انجاز امر العمل (A) انجاز امر العمل (B) فيما ينجز (B) قبل (C) ، وهكذا . وبذا يعتمد تسلسل الاوامر كما وردت في السؤال (الجدول اللاحق).

(2) : يوضع ازاء كل امر عمل وقت المعالجة الذي يستغرقه.

(3) : تحتسب مدة الصنع –Makespan– اللازمة لاتمام انجاز جميع اوامر العمل وتساوي حاصل جمع اوقات معالجة مجمل تلك الاوامر .

(4) : يستخرج وقت التدفق –FT, Flow Time– ويمثل وقت بقاء امر العمل داخل ورشة العمل حتى اتمام انجازه.

تعاقب امر العمل	PT	FT	DD	التقديم	التأخير
A	8	8	8	–	–
B	5	13	10	–	3
C	4	17	18	1	–
D	9	26	30	4	–
E	3	29	20	–	9
المجموع	29	93	–	5	12

اذ ينتهي انجاز امر العمل (A) في (8) ايام، في حين يستغرق انجاز العمل الثاني (13) يوماً، على الرغم من أن الوقت اللازم لمعالجته لا يتعدى (5) ايام، نتيجة الانتظار داخل الورشة لغاية اتمام انجاز العمل الاول، بينما يتأخر انجاز امر العمل (C) إلى اليوم السابع

عشر، مع انه لايستدعي اكثر من (4) ايام كوقت معالجة، وهكذا يبقى العمل (E) مـــدة (29) يوماً حتى الانتهاء من جميع الاعمال التي تسبقه.

وبذا يساوي وقت التدفق ، الوقت التراكمي لانجاز العمل ذاته مضافاً اليه اوقات معالجة جميع الاعمال التي تسبقه. بعبارة اخرى ، يمثل وقت التدفق كمية الوقت اللازم لتحرك العمل بين العمليات، متضمناً وقت الاعداد، وقت المعالجة، ووقت التأخير بسبب العطل، أو الصيانة، او تأخر وصول المواد الاولية ...الخ.

(5) : احتساب وقت التقديم ووقت التأخير وكما يأتي :

تاريخ الاستحقاق (DD) – وقت التدفق (FT) = + تقديم، – تأخير

فإذا كان :

- FT>DD = نتيجة سالبة ، تعكس تخلف وقت تدفق او اتمام انجاز العمل عن موعد الاستحقاق المتفق عليه كما هو الحال في امري العمل (B ، E).
- FT=DD ، عند انجاز ومن ثم استلام امر العمل في الموعد المحدد ، كما هو الحال في العمل (A) الذي ينتهي انجازه في الموعد المتفق عليه.
- FT<DD = نتيجة موجبة، تشير الى تقدم انجاز العمل عن موعد الاستحقاق استنادا إلى وقت التدفق الذي يستغرقه. كما هو الحال في أمري العمل (C ، D).

تستخدم معايير تقييم قواعد جدولة العمليات الاتية في تحديد درجة فاعلية القاعدة المعتمدة:

$$\textbf{(1) . متوسط وقت التدفق} = \frac{\textbf{مجموع وقت التدفق}}{\textbf{عدد الاوامر}} = \frac{93}{5} = \textbf{18,6 يوم}$$

ويدعى ايضاً بمتوسط وقت المعالجة او الانجاز.

$$\textbf{(2) . نسبة الاستغلال} = \frac{\textbf{مدة الصنع}}{\textbf{مجموع وقت التدفق}} = \frac{\textbf{مجموع وقت المعالجة}}{\textbf{مجموع وقت التدفق}} \times 100 =$$

$$= \frac{29}{93} \times 100 = \%31,83$$

(3) . معدل عدد اوامر العمل في النظام (معدل –WIP–)، ويمثل معكوس نسبة الاستغلال.

$$= \frac{\text{مجموع وقت التدفق}}{\text{مجموع وقت المعالجة}} \times 100 = \frac{93}{29} = 3,207 \text{ امر عمل}$$

$$\text{(4) . معدل المخزون الكلي} = \frac{\text{مجموع الوقت في النظام}}{\text{مدة الصنع}} =$$

$$= \frac{\left\{ \text{موعد التسليم الفعلي (الوقت الاكبر بين DD و FT)} \right\}}{\text{مدة الصنع}}$$

$$= \frac{29+30+18+13+8}{29} = \frac{98}{29} = 3,379 \text{ أمر عمل}$$

$$\text{(5) . متوسط تقديم الانجاز (متوسط الوقت المبكر)} = \frac{\text{مجموع وقت التقديم}}{\text{عدد الاوامر}} = \frac{5}{5} = 1 \text{ يوم}$$

$$\text{(6) . متوسط تأخير الانجاز (متوسط الوقت المتأخر)} = \frac{\text{مجموع وقت التأخير}}{\text{عدد الاوامر}} = \frac{12}{5} = 2,4 \text{ يوم}$$

ثانياً : قاعدة –SPT– :

يتم ترتيب تسلسل انجاز اوامر العمل بدءً من امر العمل الذي يستدعي وقت انجاز اقصـــر، وبدءً يكون تعاقب الاوامر (D،A،B،C،E) على التوالي ، وكما موضح في الجدول آلاتي:

أمر العمل	PT	FT	DD	التقديم	التأخير
E	3	3	20	17	–
C	4	7	18	11	–
B	5	12	10	–	2
A	8	20	8	–	12
D	9	29	30	1	–
المجموع	29	71	–	29	14

معايير تقييم القاعدة:

متوسط وقت التدفق = $\frac{71}{5}$ = 14,2 يوم

نسبة الاستغلال = $\frac{29}{71}$ ×100 =40,845%

معدل عدد أوامر العمل في النظام= $\frac{71}{29}$ =2,448 أمر عمل

معدل المخزون الكلي = $\frac{30+20+12+18+20}{29}$ = $\frac{100}{29}$ =3,448 أمر عمل

متوسط تقديم الإنجاز = $\frac{29}{5}$ =5,8 يوم

متوسط تأخير الإنجاز = $\frac{14}{5}$ = 2,8 يوم

ثالثاً : قاعدة –LPT– :

ترتكز على وقت الإنجاز الأطول كأساس في ترتيب تسلسل أنجاز أوامر العمل التي تأخذ التعاقب (D، A، B ،C ، E) على التوالي وكما مبين في الجدول آلاتي:

أمر العمل	PT	FT	DD	التقديم	التأخير
D	9	9	30	21	–
A	8	17	8	–	9
B	5	22	10	–	12
C	4	26	18	–	8
E	3	29	20	–	9
المجموع	29	103	–	21	38

معايير تقييم القاعدة:

متوسط وقت التدفق = $\frac{103}{5}$ = 20,6 يوم

نسبة الاستغلال = $\frac{29}{103} \times 100$ = 28,155 %

معدل عدد أوامر العمل في النظام= $\frac{103}{29}$ =3,552 امر عمل

معدل المخزون الكلي = $\frac{30+17+22+26+29}{29} = \frac{124}{29}$ = 4,276 أمر عمل

متوسط تقديم الإنجاز = $\frac{21}{5}$ =4,2 يوم

متوسط تأخير الإنجاز = $\frac{38}{5}$ = 7,6 يوم

رابعاً: قاعدة –EDD– :

تبدأ بامر العمل ذو موعد الاستحقاق الاقرب، ليكون التعاقب (D،E،C،B،A) على التوالي ، وكما يتضح من الجدول آلاتي :

امر العمل	PT	FT	DD	التقديم	التأخير
A	8	8	8	–	–
B	5	13	10	–	3
C	4	17	18	1	–
E	3	20	20	–	–
D	9	29	30	1	–
المجموع	29	87	–	2	3

معايير تقييم القاعدة:

متوسط وقت التدفق = $\frac{87}{5}$ = 17,4 يوم

نسبة الاستغلال = $\frac{29}{87} \times 100$ =33,333%

معدل عدد أوامر العمل في النظام= $\frac{87}{29}$ = 3 امر عمل

معدل المخزون الكلي = $\frac{30+20+18+13+8}{29} = \frac{89}{29}$ = 3,069 أمر عمل

متوسط تقديم الإنجاز = $\frac{2}{5}$ =0,4 يوم

متوسط تأخير الإنجاز = $\frac{3}{5}$ = 0,6 يوم

خامساً: قاعدة –CR– :

يجدول اولاً انجاز أمر العمل ذو النسبة الحرجة الأقل ، ولاحتساب تلك النسبة ينبغي معرفة تاريخ اليوم وعدد ايام العمل المتبقية ازاء كل أمر عمل. وبافتراض أن تاريخ اليوم هو

السابع من ايام الجدولة قصيرة الامد لمعمل الاثاث ، وباعتماد عدد ايام العمل المتبقية المسجلة ازاء أوامر العمل الواردة للمعمل ، والمبينة في الجدول التالي ، يمكن استخراج النسبة الحرجة لأوامر العمل تلك.

امر العمل	PT	DD	ايام العمل المتبقية
A	8	8	1
B	5	10	6
C	4	18	3
D	9	30	10
E	3	20	6

ويقدم الجدول آلاتي نتائج احتساب –CR– :

أمر العمل	CR	ترتيب الاسبقية
A	1 / (7–8) = 1	2
B	6/ (7–10) =0,5	1
C	3 / (7–18) = 3,667	5
D	10 / (7–30) = 2,3	4
E	6 / (7–20) = 2,167	3

في ضوء نتائج –CR– اعلاه، يجدول اولاً أمر العمل (B) ذلك أن (1>CR) مما يؤشر تخلف انجازه عن الموعد المقرر، بينما يمكن تأخير انجاز أمر العمل (C) ذلك أن (1<CR) مما يعكس تقدم انجازه عن الجدولة اذ ان ايام العمل المتبقية لانجازه ، ثلاثة ايام فقط ، في

حين ان موعد استحقاقه في اليوم الثامن عشر . وبذا يكــون التعاقــب (C،D،E،A،B) علــى التوالي ، وكما مبين في الجدول آلاتي:

امر العمل	PT	FT	DD	التقديم	التأخير
B	5	5	10	5	–
A	8	13	8	–	5
E	3	16	20	4	–
D	9	25	30	5	–
C	4	29	18	–	11
المجموع	29	88	–	14	16

معايير تقييم القاعدة:

متوسط وقت التدفق = $\frac{88}{5}$ = 17,6 يوم

نسبة الاستغلال = $\frac{29}{88} \times 100$ = 32,955%

معدل عدد أوامر العمل في النظام= $\frac{88}{29}$ = 3,034 امر عمل

معدل المخزون الكلي = $\frac{29+30+20+13+10}{29}$ = $\frac{102}{29}$ = 3,517 أمر عمل

متوسط تقديم الإنجاز = $\frac{14}{5}$ = 2,8 يوم

متوسط تأخير الإنجاز = $\frac{16}{5}$ = 3,2 يوم

سادساً: قاعدة –S/RO:

يختار البدء بانجاز أمر العمل ذو نسبة الفائض الأقل، وتمثل الفرق بين ما تبقى من وقتي الانجاز والعمل مقسوماً على عدد العمليات المتبقية ، التي اضيفت إلى البيانات المستخدمة في استخراج (CR) ، كما يتبين في الجدول آلاتي :

أمر العمل	PT	DD	ايام العمل المتبقية	عدد العمليات المتبقية
A	8	8	1	2
B	5	10	6	4
C	4	18	3	1
D	9	30	10	7
E	3	20	6	3

ويعرض الجدول آلاتي نتائج احتساب –S/RO– :

أمر العمل	CR	ترتيب الاسبقية
A	1/2– (7–8) =0	2
B	4/ 6– (7–10) =–0,75	1
C	1/ 3– (7–18) =8	5
D	10/7– (7–30) =1,857	3
E	6/3–(7–20) =2,333	4

في ضوء نتائج الجدول السابق ، يكون تعاقب انجاز أوامر العمل (C،E،D،A،B) على التوالي، وكما يتضح من الجدول آلاتي :

امر العمل	PT	FT	DD	التقديم	التأخير
B	5	5	10	5	–
A	8	13	8	–	5
D	9	22	30	8	–
E	3	25	20	–	5
C	4	29	18	–	11
المجموع	29	94	–	13	21

معايير تقييم القاعدة:

متوسط وقت التدفق = $\frac{94}{5}$ = 18,8 يوم

نسبة الاستغلال = $\frac{29}{94} \times 100$ =30,851%

معدل عدد أوامر العمل في النظام= $\frac{94}{29}$ =3,241 امر عمل

معدل المخزون الكلي = $\frac{29+25+30+13+10}{29} = \frac{107}{29}$ =3,69 أمر عمل

متوسط تقديم الإنجاز = $\frac{13}{5}$ =2,6 يوم

متوسط تأخير الإنجاز = $\frac{21}{5}$ = 4,2 يوم

ويقدم الجدول آلاتي خلاصة نتائج مؤشرات تقييم درجة فاعلية قواعد تحديد تعاقب أوامـــر العمل الستة المتقدم ذكرها ويتضح منه كل من آلاتي :

مؤشر التقييم / القاعدة	FCFS	SPT	LPT	EDD	CR	S/RO
متوسط وقت التدفق (يوم)	18,6	14,2	20,6	17,4	17,6	18,8
نسبة الأستغلال (%)	31,183	40,845	28,155	33,333	32,955	30,851
معدل عدد الاوامر في النظام (أمر عمل)	3,207	2,448	3,552	3	3,034	3,241
معدل المخزون الكلي (أمر عمل)	3,379	3,448	4,276	3,069	3,517	3,69
متوسط تقديم الإنجاز (يوم)	1	5,8	4,2	0,4	2,8	2,6
متوسط تأخير الإنجاز (يوم)	2,4	2,8	7,6	0,6	3,2	4,2

(1) : تعد –SPT– القاعدة الافضل في تقليل الوقت اللازم لتدفق العمل ومعدل عدد الاوامر في النظام ومن ثم نسبة الاستغلال، وهذا ما عكسته خلاصة النتائج المستعرضة في الجدول اعلاه. اذ تفوقت هذه القاعدة على القواعد الاخرى في أربعة مؤشرات تقييم من اصل ستة وهي :

متوسط وقت التدفق، نسبة الاستغلال، معدل عدد أوامر العمل في النظام ومتوسط تقديم الانجاز. الا أن تأخير انجاز أوامر العمل التي تستغرق وقت معالجة اطول ، يعد المأخذ الأساسي على هذه القاعدة.

(2) : سجلت قاعدة –EDD– افضل تقييماً في مؤشر متوسط تأخير الانجاز ومن ثم معدل المخزون الكلي، كونها تجدول اولاً انجاز أمر العمل ذي موعد الاستحقاق الاقرب.

(3) : انخفضت فاعلية قاعدتي –CR و S/RO– استناداً إلى بيانات هذا السؤال.

(4) : تؤشر نتائج تقييم قاعدة –LPT– انخفاض درجة فاعليتها في معظم المؤشرات . الا انها مفضلة في المنظمات الخدمية ، كونها تستند الى اسبقية القدوم في خدمة الزبائن.

مثال رقم (7-2):

وردت الطلبيات الاتية إلى ورشة نجارة العراقي للاثاث في اليوم الرابع من الشهر . حـــدد اسبقيات انجاز أوامر العمل على وفق قواعد تحديد التعاقــب-FCFS، SPT،LPT،EDD،CR-، S/RO مع تقييم درجة فاعلية كل منها ، مستعيناً ببيانات الجدول آلاتي :

أمر العمل	PT	DD	عدد ايام العمل المتبقية	عدد العمليات المتبقية
A	5	8	2	1
B	8	18	3	8
C	12	19	4	7
D	10	10	2	2

الحل :

- قاعدة –FCFS–:

امر العمل	PT	FT	DD	التقديم	التأخير
A	5	5	8	3	–
B	8	13	18	5	–
C	12	25	19	–	6
D	10	35	10	–	25
المجموع	35	78	–	8	31

- قاعدة –SPT– :

امر العمل	PT	FT	DD	التقديم	التأخير
A	5	5	8	3	–
B	8	13	18	5	–
D	10	23	10	–	13
C	12	35	19	–	16
المجموع	35	76	–	8	29

- قاعدة –LPT– :

امر العمل	PT	FT	DD	التقديم	التأخير
C	12	12	19	7	–
D	10	22	10	–	12
B	8	30	18	–	12
A	5	35	8	–	27
المجموع	35	99	–	7	51

- قاعدة –EDD– :

امر العمل	PT	FT	DD	التقديم	التأخير
A	5	5	8	3	–
D	10	15	10	–	5
B	8	23	18	–	5
C	12	25	19	–	6
المجموع	35	68	–	3	16

-قاعدة –CR– :

أمر العمل	CR	ترتيب الاسبقية
A	2= 2/(4–8)	1
B	4,667= 3/(4–18)	4
C	3,75= 4/(4–19)	3
D	3= 2/(4–10)	2

وفي آلاتي ترتيباً لإنجاز أوامر العمل استناداً إلى نتائج قاعدة –CR– :

امر العمل	PT	FT	DD	التقديم	التأخير
A	5	5	8	3	–
D	10	15	10	–	5
C	12	27	19	–	8
B	8	35	18	–	17
المجموع	35	82	–	3	30

- قاعدة –S/RO– :

أمر العمل	CR	ترتيب الاسبقية
A	2= 1/2–(4–8)	1
B	1,375= 8/3–(4–18)	4
C	1,571= 7/4–(4–19)	3
D	1,333= 3/2–(4–10)	2

ويعرض الجدول آلاتي تسلسل انجاز أوامر العمل اعتماداً على نتائج قاعدة –S/RO–:

امر العمل	PT	FT	DD	التقديم	التأخير
D	10	10	10	–	–
B	8	18	18	–	–
C	12	30	19	–	11
A	5	35	8	–	27
المجموع	35	93	–	–	38

يلخص الجدول آلاتي نتائج مؤشرات تقييم درجة فاعلية جميع القواعد المتبعة ، وبتأمل تلك النتائج يمكن أستنتاج كل مما يأتي :

القاعدة / مؤشر التقييم	FCFS	SPT	LPT	DD	CR	S/RO
–متوسط وقت التدفق (يوم)	78 / 4 = 19,5	76 / 4 = 19	99 / 4 = 24,75	68 / 4 = 17	82 / 4 = 20,5	93 / 4 = 23,25
–نسبة الاستغلال (%)	35 / 78 ×100 = 44,872	35 / 76 ×100 = 46,053	35 / 99 ×100 = 35,354	35 / 68 ×100 = 51,471	35 / 82 ×100 = 42,683	35 / 93 ×100 = 37,634
–معدل عدد الأوامر في النظام (أمر عمل)	78 / 35 = 2,229	76 / 35 = 2,171	99 / 35 = 2,829	68 / 35 = 1,943	82 / 35 = 2,343	93 / 35 = 2,657
–معدل المخزون الكلي (أمر عمل)	35+25+18+8 / 35 = 2,457	35+23+18+8 / 35 = 2,4	35+30+22+19 / 35 = 3,029	25+23+15+8 / 35 = 2,029	35+27+15+ 8 / 35 = 2,429	35+30+18+ 10 / 35 = 2,657
–متوسط تقديم الانجاز (يوم)	8 / 4 = 2	8 / 4 = 2	7 / 4 = 1,75	3 / 4 = 0,75	3 / 4 = 0,75	صفر / 4 = صفر
–متوسط تأخير الانجاز (يوم)	31 / 4 = 7,75	29 / 4 = 7,25	51 / 4 = 12,75	16 / 4 = 4	30 / 4 = 7,5	38 / 4 = 9,5

- تتقدم قاعدة –EDD– في معظم مؤشرات التقييم قياساً بقواعد الاسبقية الاخرى.
- تتفوق قاعدة –SPT– في مؤشر متوسط تقديم الانجاز ، كذلك قاعدة -FCFS–.
- تؤشر نتائج تقييم درجة فاعلية قاعدة –LPT– انها الاسوأ بين القواعد الاخرى.

- تختلف نتائج تقييم قواعد الاسبقية استناداً الى البيانات المعتمدة.

ب . قواعد اسبقية انجاز اوامر العمل على محطتين:

استعرض فيما تقدم من امثلة ، قواعد اسبقية انجاز اوامر العمل على محطة واحدة . ومن اجل تحديد افضل تسلسل لمعالجة مجموعة اوامر عمل على أكثر من محطة . تتناول الفقرة الحالية جدولة تتابعية لإنجاز عدة أوامر عمل على محطتين ، باستخدام قاعدة جونسون Johnson's Role-.

يستهدف تطبيق هذه القاعدة ، تخفيض مدة الصنع اللازمة لإنجاز مجموعة اوامر عمل تتعاقب فيما بينها على محطتين يتألف كل منها من آلة واحدة ، وباستخدام بيانات المثال الآتي ، يمكن تتبع خطوات تطبيق قاعدة جونسون.

مثال رقم (7-3):

استلم مدير مصنع صلاح الدين خمسة اوامر عمل تباعاً ، ينجز كل منها في مرحلتي السباكة ، والتثقيب . ويستغرق أمر العمل وقتاً للمعالجة في كل محطة (آلة) وكما يأتي:

أمر العمل	محطة (1) / ساعة	محطة (2) / ساعة
A	3	5
B	2	1
C	2	4
D	6	4
E	7	5

الحل:

أولاً: اختيار أمر العمل ذي مدة المعالجة الاقصر ، التي ترتبط بأمر العمل (B) استناداً الى بيانات المثال ، كونه يتطلب ساعة معالجة واحدة في المحطة (2).

ثانياً: يوضع أمر العمل (B) في بداية الجدولة الى جهة اليمين من الشكل الأتي (اسبقية انجاز مبكرة) ، اذا كان وقت المعالجة الاقصر الذي يستغرقه ينجز في المحطة (1) ، وليس في المحطة (2) . في حين يحدد موقعه في نهاية الجدولة الى الجهة اليسرى من ذات الشكل (انجاز متأخر) ، اذا كان ذلك الوقت ينجز في المحطة (2) . وبذا يحدد موقع أمر العمل (B) في نهاية الجدولة كالآتي:

				B

ثالثاً: يستبعد أمر العمل (B) الذي تمت جدولته من بيانات الجدول السابق.

رابعاً: تستمر عملية المفاضلة بين أوامر العمل المتبقية ، اذ يجدول أمر العمل (C) كونه يرتبط بأقصر وقت معالجة لاحق بعد الامر (B) ، قدره (2) ساعة في المحطة (1) لذا يحدد موقعه في بداية الجدولة وكالآتي:

				C
				B

ثم يجدول أمر العمل (A) الى جهة اليمين ايضاً بأسبقية عمل مبكرة بعد الأمر (C) ، يعقبه أمر العمل (D) في الجهة المقابلة من الجدولة ، وبأسبقية انجاز تعقب الأمر (B) ، وكما يأتي:

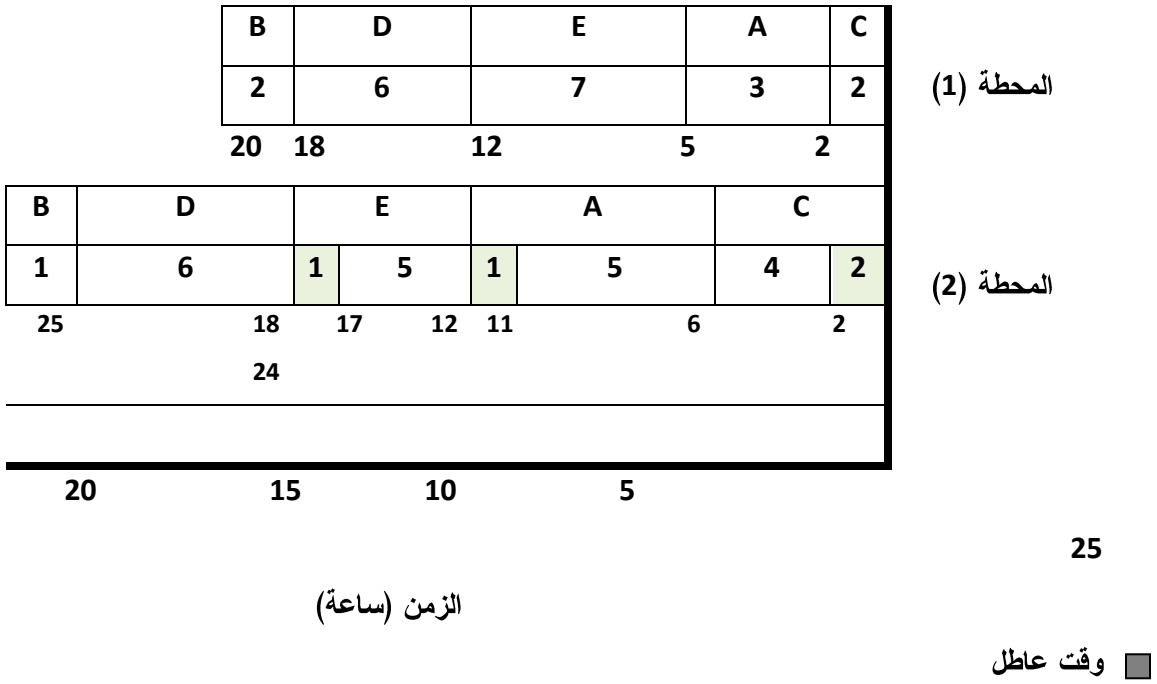
			A	**C**
B	**D**			

واخيراً يوضع أمر العمل (E) في الموقع المتبقي ، وبذا يكتمل تعاقب انجاز اوامر العمل على المحطتين بما يخفض مدة التصنيع الكلية وكما يأتي:

B	D	E	A	C

ثم تستخدم خارطة جانت -Gannt Chart– لاحتساب مدة الصنع باتباع الخطوات الآتية:

أولاً: يتسلسل انجاز الاوامر بدءً على المحطة (1) استناداً الى التعاقب الـذي حـدد باسـتخدام طريقة جونسون ، اذ تبدأ معالجة أمر العمل (C) من الوقت صفر ، ليكتمل انجازه في الساعة الثانية من الجدولة ، يعقبه مباشرةً انجاز الامر (A) مستغرقاً (3) ساعات . فيما تبدأ معالجـة الامر (E) في الساعة الخامسة من الجدولة لغاية الساعة الثانية عشر منها ، والتي تمثل بدايـة انجاز الأمر (D) لمدة (6) ساعات ، حتى يتم انجازه في الساعة (18) . فيما يكتمـل انجـاز الامر الاخير (B) في الساعة (20) من الجدولة ، بعد ان يستغرق ساعتين معالجة في المحطة (1)، وبذا فان المدة اللازمة لمعالجة جميع الاوامر في المحطة الاولى هي (20) ساعة فقط.



ثانياً: بما ان اتمام انجاز كل أمر يقتضي مروره على المحطة الثانية ايضاً ، لـــذا ينبغـــي البـــدء بانجاز أوامر العمل في المحطة (2) بذات التعاقب الذي استخدم في المحطة (1).

ثالثاً: المباشرة بإنجاز أمر العمل بعد اكتمال انجازه في المحطة السابقة وليس قبل ذلـــك ، وبـــذا يبدأ انجاز أمر العمل (C) في الساعة الثانية من الجدولة في محطة (2) بعد انتهـــاء معالجتـــه في المحطة (1) وبذا تشكل الساعتين.

رابعاً: يباشر بإنجاز أمر العمل (A) في الساعة السادسة من الجدولة ، بعد اكتمال انجـــازه فـــي المحطة الاولى منذ الساعة الخامسة.

خامساً: يستغرق انجاز الأمر (E) الذي سبق انجازه في المحطة (1) خمسة ساعات في المحطة (2) ما بين الساعة (11) والساعة (15) من الجدولة ، وبعد اكتمال معالجة الأمر (A) مباشرة.

سادساً: تنتظر محطة (2) ساعة واحدة كوقت عاطل ما بين انجاز الأمر (A) في الساعة (11) ووصول الأمر (E) في الساعة (12) الى المحطة (2) بعد اتمام انجازه في المحطة السابقة.

سابعاً: يباشر بإنجاز أمر العمل (D) في المحطة (2) بعد اكتمال معالجته في المحطة (1) وذلك في الساعة (8) من الجدولة وبعد انتظار ساعة واحدة في هذه المحطة عقب انتهاء معالجتها للأمر (E).

ثامناً: يكتمل انجاز أمر العمل (D) في الساعة (24) من الجدولة ، كونه يستغرق (6) ســـاعات بدءً من الساعة (18) من الخطة (18+6) = 24 ، فيما ينتهي انجاز العمل (B) في الســـاعة (25) من الجدولة بعد مدة معالجة قدرها ساعة واحدة.

تاسعاً: تبلغ مدة الصنع اللازمة لمعالجة جميع أوامر العمل الواردة الى معمل صلاح الدين فـــي محطتي السباكة والتثقيب (25) ساعة بوقت فائض قدره (4) ساعة في المحطة الثانية.

مثال رقم (7-4):

تدرس شركة حضرموت للنقل البري جدولة (7) شاحنات على محطتي صيانة تمتلكها لأغراض اجراء اعمال الصيانة الدورية ويعرض الجدول الآتي عدد أيام الصيانة على كل محطة:

الشاحنة / المحطة	1	2	3	4	5	6	7
(A) / يوم	5	3	2	10	7	11	8
(B) / يوم	3	5	4	7	9	9	6

الحل:

أولاً: ترتيب تعاقب صيانة الشاحنات استناداً الى وقت المعالجة الاقصر وقدره يومان على المحطة (A) للشاحنة رقم (3) ، وبذا تجدول صيانتها مبكراً مع حذف ازمنة معالجتها في كلتا المحطتين.

ثانياً: تمثل مدة المعالجة البالغة ثلاثة ايام الزمن الاقصر الثاني في كلتا المحطتين للشاحنتين رقم (2,1)، ويتم اختيار أي منهما عشوائياً مع جدولة متأخرة للشاحنة رقم (1) ، وجدولة مبكرة للشاحنة رقم (2).

ثالثاً: بعد اختيار الشاحنة رقم (2) في الخطوة السابقة ، وحذف ازمنة معالجتها في كلتا المحطتين. تجدول الشاحنة ذات الزمن الاقصر التالي . وباختيار الشاحنة رقم (1) يكون موعد جدولتها متأخراً ، ذلك ان مدة المعالجة التي اختيرت في ضوئها على المحطة (B) وليست (A) ، بزمن معالجة قدره (3) يوم.

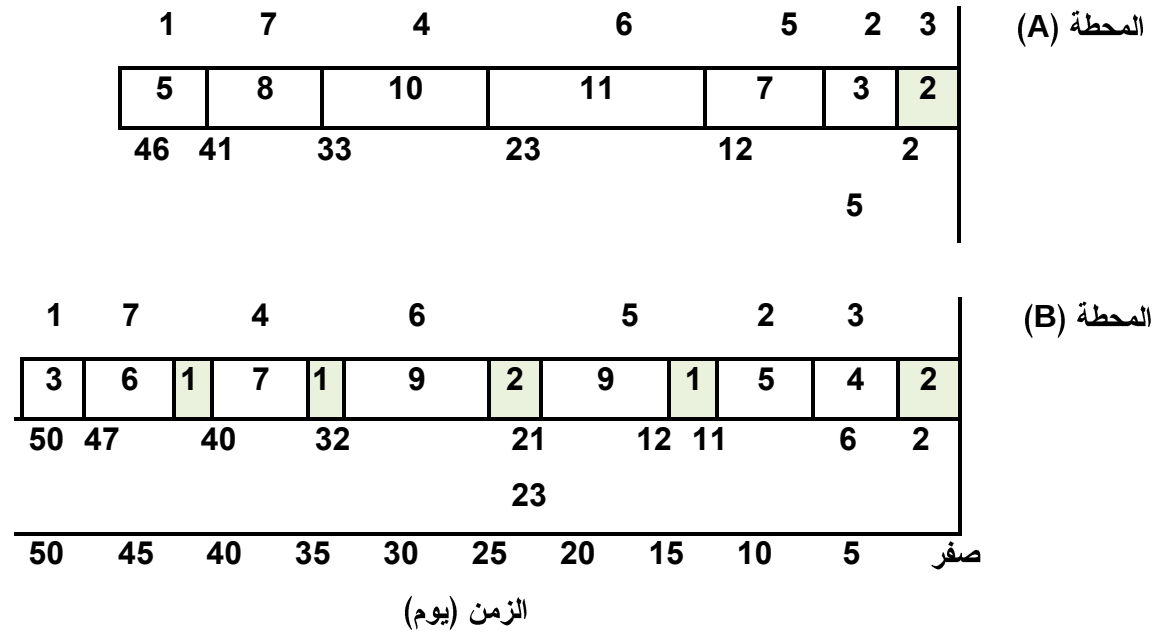
رابعاً: توضع شاحنة رقم (7) الى يسار الجدولة استناداً الى اقصر مدة معالجة لاحقة قدرها (6) يوم على المحطة (B) ، فيما يحدد موقع الشاحنة رقم (5) الى يمين الجدولة استناداً الى زمن انجازها البالغ (7) يوم على المحطة (A) وبعد المفاضلة مع الشاحنة رقم (4).

خامساً: تجدول عملية صيانة الشاحنة رقم (4) الى جهة اليسار كونها تستغرق (7) يوم للمعالجة في المحطة (B)، فيما توضع الشاحنة الاخيرة رقم (6) في الموقع المتبقي ممثلة بالشاحنة رقم (6) .

وبذا يكون شكل الجدولة كما يأتي.

1	7	4	6	5	2	3

فيما يحدد زمن البدء والانتهاء من صيانة جميع الشاحنات على المحطتين ، فضلاً عن الوقت الفائض في المحطة الثانية ، في الشكل الآتي:



يتضح من الشكل اعلاه كل مما يأتي :

أولاً: تبدأ معالجة الشاحنة رقم (3) في المحطة (B) في اليوم الثاني من الجدولة بعد انتهاء انجازها في المحطة (A) ، وبذا يكون اليومين الاول والثاني من الجدولة وقتاً فائضاً في المحطة (B).

ثانياً: تنتظر المحطة (B) يوماً واحداً بعد انتهاء انجاز الشاحنة رقم (2) في اليوم الحادي عشر بغية اكتمال انجاز الشاحنة الخامسة على المحطة (A) في اليوم الثاني عشر من الجدولة مما يشكل وقتاً فائضاً بمقدار يوم واحد.

ثالثاً: تتوقف المحطة (B) عن العمل لمدة يومين بانتظار اكتمال معالجة الشاحنة السادسة في المحطة (A) في اليوم (23) من الجدولة والذي يمثل موعد بدء انجازها في المحطة (B) ولغاية اليوم (32) من الجدولة بزمن معالجة قدره (9) يوم في هذه المحطة.

رابعاً: يتكرر توقف المحطة (B) لمدة يوم كامل بدءً من اليوم (32) من الجدولة بانتظار أنجاز الشاحنة رقم (4) في المحطة (A) ، مع توقف آخر وبفترة مماثلة من اجل اتمام انجاز الشاحنة رقم (7) في المحطة (A) ما بين اليوم (40) و (41) من الجدولة . وبذا يصبح مجموع الوقت الفائض الكلي في المحطة الثانية (7) يوم ، فيما تبلغ مدة الصنع (50) يوماً لانتهاء انجاز آخر عمل في المحطة (B) . في حين ينتهي انجاز جميع الاعمال في المحطة (A) في اليوم (46) من الجدولة ، اذ تبدأ بإنجاز اعمال جدولة أخرى.

4.7- جدولة الأفراد في منظمات الخدمة:

تترجم خطة الملاك الى جداول عمل محددة تبين ايام العمل لكل فرد. ترتكز جدولة الافراد على تعديل طاقة قوة العمل المتاحة بما يتناسب مع المتطلبات البشرية اللازمة لتغطية طلب متوقع ذو استجابة سريعة، وذلك عن طريق تحديد ايام عمل الفرد خلال فترة زمنية معينة، استناداً الى جدولة متحركة لمناوبة الافراد على ايام العمل والعطل خلال تلك الفترة ،

كما هو الحال في منظمات الخدمة منها ، المشفى ، مركز الشرطة ، المطعـــم ، المســـرح ... الخ ، بما يتيح ذات الفرصة لجميع الافراد مقارنة بالجدولة الثابتة التي تستند الى ايـــام عمـــل وعطل ثابتة لكل فرد خلال الفترة.

مثال رقم (7-5):

تدرس ادارة فندق بحيرة ساوة ، امكانية منح يومي عطلة متتاليتين لكل موظف بعد تغطية متطلباتها اليومية من القوى العاملة والمبينة في الجدول ادناه ، ما هي افضل جدولـــة للقـــوى العاملة في ذلك الفندق ، وما هو العدد المطلوب من الافراد ؟

اليوم	السبت	الاحد	الاثنين	الثلاثاء	الاربعاء	الخميس	الجمعة
المتطلبات (عدد الأفراد)	4	3	3	5	6	7	5

خطوات الحل:

أولاً: تحديد الحد الاقصى من متطلبات الطاقة ويمثل (7) افراد في يوم الخميس.

ثانياً: اختيار ادنى متطلبات ليومين متعاقبين وهما يومي (الاحد والاثنين) في ضوء بيانات الجدول اعلاه ، وبمقدار (3 + 3 = 6 أفراد) وبذا تكون عطلة الموظف الاول في يومي الاحد والاثنين.

اليوم	السبت	الاحد	الاثنين	الثلاثاء	الاربعاء	الخميس	الجمعة	التفاصيل
الموظف الاول	4	3	3	5	6	7	5	اختيار اقل مجموع متطلبات ليومين متعاقبين وهما يومي الاحد والاثنين. وبذا تجدول عطلة الموظف الاول فيهما ، فيما تكون ايام عمله من الثلاثاء ولغاية السبت . ثم يطرح رقم (1) من جميع الايام عدا ايام عطلة الموظف الاول وتعكس النتائج ، المتطلبات التي تجدول في ضوئها ايام عمل وعطلة الموظف الثاني.
الموظف الثاني	3	3	3	4	5	6	4	تجدول ايام عطلة الموظف الثاني في يومي (السبت ، الاحد) أو (الاحد ، الاثنين) ، كونهما يمثلان ادنى مجموع لمتطلبات يومين متتاليين . وبعد اختيار الايام في بداية الاسبوع (السبت ، الاحد) ، أو الاختيار عشوائياً ، أو الركون الى تفضيل الموظف ، يطرح رقم (1) من جميع ايام عمل الموظف الثاني لاستخراج متطلبات جدولة الموظف الثالث.
الموظف الثالث	3	3	2	3	4	5	3	تجدول عطلة الموظف الثالث في يومي الاحد والاثنين ، ثم تحدّث المتطلبات.
الموظف الرابع	2	3	2	2	3	4	2	يمكن جدولة عطلة الموظف الرابع في زوجين من الايام (الجمعة ، السبت) أو (الاحد ، الاثنين) وبأختيار يومي (الجمعة والسبت) ، تحدّث المتطلبات.
الموظف الخامس	2	2	1	1	2	3	2	تجدول عطلة الموظف الخامس في يومي الاثنين والثلاثاء ، ثم تحدّث المتطلبات.
الموظف السادس	1	1	1	1	1	2	1	تجدول عطلة الموظف السادس بالاختيار العشوائي بين خمسة ازواج من الايام ، ولتكن في يومي الجمعة والسبت ، ثم تحدّث المتطلبات.
الموظف السابع	1	0	0	0	0	1	1	تجدول عطلة الموظف السابع بالاختيار العشوائي بين ثلاثة ازواج من الايام وباختيار يومي الاحد والاثنين ، يكون مجموع عدد الافراد الفائضين اثنين في يومي (الثلاثاء والاربعاء) ، مع ملاحظة تجنب اعطاء عطلة في يوم الخميس لأي موظف كونه يمثل اقصى متطلبات لازمة ، مع امكانية منح عطلة في يوم الاربعاء للموظف السابع.
الطاقة	4	3	3	6	7	7	5	35
المتطلبات	4	3	3	5	6	7	5	33
الفائض = الطاقة - المتطلبات	0	0	0	1	1	0	0	2

ثالثاً: تطرح ايام عمل الموظف الاول من جميع ايام الاسبوع عدا يومي العطلة (السبت والاحد) ، وهكذا تجدول الايام ذات المتطلبات الاعلى أولاً ، بعد طرح رقم (1) من جميع الايام عدا

السبت والاحد وذلك لعدم جدولة أي موظف للعمل فيهما لغاية الآن وبذا ينخفض مستوى الطاقة الفائضة في هذين اليومين

مثال رقم (7-6):

كم هو حجم القوى العاملة التي تغطي المتطلبات اليومية من الافراد في مطعم الشرقية بعد جدولة خمسة ايام عمل لكل فرد ، فضلاً عن منح عطلة لمدة يومين متعاقبين.

اليوم	السبت	الاحد	الاثنين	الثلاثاء	الاربعاء	الخميس	الجمعة
المتطلبات (عدد الأفراد)	2	3	5	3	2	4	3

الحل:

اليوم	السبت	الاحد	الاثنين	الثلاثاء	الاربعاء	الخميس	الجمعة	
الموظف الاول	2	3	5	3	2	4	3	
الموظف الثاني	2	2	4	2	1	3	3	
الموظف الثالث	1	1	3	2	1	2	2	
الموظف الرابع	1	1	2	1	0	1	1	
الموظف الخامس	0	0	1	1	0	0	0	
الطاقة (ايام العمل)	2	4	5	3	3	4	3	24
المتطلبات (من السؤال)	2	3	5	3	2	4	3	22
الفائض = الطاقة – المتطلبات	0	1	0	0	1	0	0	2

يمكن التخلص من الطاقة الفائضة عن طريق تخفيض عدد ايام عمل بعض الموظفين (العمل بوقت جزئي) . اذ قد يعمل الموظف الاول من الاثنين الى الخميس ، فيما تكون ايام عمل الموظف الثالث مثلاً (الاحد ، الاثنين ، الخميس والجمعة) . وبذا يتم القضاء على الطاقة الفائضة.

مسائل الفصل التاسع

س1: الامتحان المركزي الوزاري للعام الدراسي (1998–1999)/ الدور الثاني :

فيما يأتي معلومات لخمسة أوامر عمل ، المطلوب تحديد الطريقة الافضل لأســـبقيات تشغيل الاوامر وفقاً للآتي :

- قاعدة ما يصل اولاً يخدم اولاً -FCFS-.
- قاعدة وقت الاستحقاق المبكر -EDD-.

بالاعتماد على مؤشر متوسط وقت الانجاز الكلي.

امر العمل	وقت الإنجاز (يوم) PT	تاريخ الأستحقاق DD
A	4	6
B	17	20
C	14	18
D	9	12
E	11	12

س2: الامتحان المركزي الوزاري للعام الدراسي (2000–2001)/ الدور الاول :

يبين الجدول التالي الاعمال الواجب انجازها في احدى الورش.

العمل	الوقت اللازم للإنجاز (يوم)	تاريخ الأستحقاق
A	5	21
B	11	13
C	13	28
D	2	18
E	9	24
F	7	30

المطلوب : جدولة هذه الأعمال وفق قاعدة -SPT– وقاعدة -EDD- وبيان ايهما افضل وفــق معيار نسبة الاستغلال (Utilization Ratio).

س3: الامتحان المركزي الوزاري للعام الدراسي (2001–2002) / الدور الاول :

يبين الجدول آلاتي الوقت الازم للإنتاج وتاريخ الاستحقاق بالأيام لــ (4) أوامر عمل :

المطلوب :

أ- ترتيب أوامر العمل حسب قاعدتي الاسبقيتين الآتيتين.

- وقت التشغيل الأقصر SPT. - وقت التشغيل الاطول LPT.

ب- بين درجة فاعلية كل قاعدة بالاعتماد على معياري:

- معدل وقت الانجاز الكلي. - معدل عدد ايام التأخير.

أوامر العمل	A	B	C	D
وقت الإنتاج (يوم) PT	15	13	10	25
تاريخ الأستحقاق (يوم) DD	20	17	18	32

س4: الامتحان المركزي الوزاري للعام الدراسي (2001–2002) / الدور الثاني :

باستخدام بيانات السؤال الأول ما هي الطريقة الأفضل لأسبقيات تشغيل الأوامر (الأعمــال) على وفق آلاتي :

- قاعدة التشغيل الأطول –LPT–. - قاعدة وقت الاستحقاق المبكر–EDD–.

وباعتماد مؤشري متوسط وقت الإنجاز ، ومتوسط عدد ايام التأخير .

س5: وردت الطلبيات آلاتية إلى مدير معمل الشرق للألمنيوم ، حدد اســبقيات ترتيــب الطلبيــات باعتماد قاعدتي –CR، S/RO– ، علماً أن تاريخ اليوم هو الثالث من الشهر، مع تقييم درجــة فاعلية كل قاعدة.

أمر العمل	PT	DD	أيام العمل المتبقية	عدد العمليات المتبقية
A	5	6	2	1
B	8	19	2	10
C	12	18	5	15
D	10	12	9	7

س6: اوجد اسبقيات انجاز أوامر العمل آلاتية باستخدام قاعدتي –CR، S/RO– مع تقييم افضليتهما، علماً أن تاريخ اليوم هو الثاني من الشهر.

أمر العمل	PT	DD	أيام العمل المتبقية	عدد العمليات المتبقية
A	4	6	3	5
B	17	21	9	6
C	14	19	4	7
D	11	11	10	8

س7: الامتحان المركزي الوزاري للعام الدراسي (1997/1998) / الدور الأول:

استخدم طريقة جونسون لحل مشكلة التعاقب التالية وتحديد اسبقيات تشغيل الأوامر على الآلتين (B،A)، مع تحديد الوقت الكلي اللازم للإنجاز والوقت الفائض على الآلة الثانية(B).

اوقات التشغيل (ساعة)

الشغلة / الآلة	1	2	3	4	5	6	7	8
A	4	6	7	4	5	3	6	2
B	8	10	7	8	11	8	9	13

س8: يدرس مطار البصرة الدولي جدولة (9) طائرات على محطتـــي صـــيانة لأغـــراض اجـــراء الصيانة الدورية وعلى وفق البيانات الآتية:

المحطة / الطائرة	1	2	3	4	5	6	7	8	9
(A) / يوم	3	5	2	4	3	6	5	7	8
(B) / يوم	2	6	4	7	6	4	8	7	6