

استخدام أسلوب التتابع (Sequencing) في تنفيذ الأعمال المطلوبة وتدريب الطلبة في ورشة الخراطة

نعمه حافظ الموسوي
ماجستير هندسة صناعية
أستاذ مساعد

الخلاصة :-

يهدف البحث إلى دراسة إمكانية استخدام أسلوب التتابع (sequencing) في تنفيذ الأعمال المطلوبة من قبل الطلبة ضمن المنهاج العملي، وتحديد متوسط وقت الانسياب لإنجاز التمارين على ماكينة (الخراطة lathe machine) والاستفادة من الوقت المستخدم والمهارة العالية للطلبة. بينت النتائج التي تم التوصل إليها ومن خلال استخدام أسلوب (LPT&SPT) وحساب متوسط وقت الانسياب، بان هناك هدر كبير في الوقت المستخدم لإنتاج التمارين نتيجة عدم توفر مخطط انسيابي للعمل، إضافة إلى ضعف في مهارة الطالب من خلال استهلاك كبير في المواد الأولية للتمارين لأكثر من مرة.

THE USE OF SEQUENCING TECHNIQUE IN IMPLEMENTING REQUIRED WORK AND TRAINING STUDENTS IN TURNING WORK SHOP.

Niema-Hafedh-Elmosawi
M.SC/industrial engineering
Assist-prof
nelmosawi@yahoo.com

ABSTRACT:

The present paper aims at studying the possibility of using sequencing technique in implementing required works done by student with the Application schedule, and determining the mean of flow time to do exercise on lathe machine to make the utmost use of time and skill of students. The results reached that have shown there is a noticeable waste of time used to produce exercises due to the unavailability of a flow chart for the work in addition to weaknesses in the students skills through consuming a great deal in raw materials in exercises more than once. It is noteworthy that the technique used in analyzing results is (LPT&SPT).

المقدمة :-

من المشاكل الرئيسية التي تواجه أكثر مهندسي الإنتاج والهندسة الصناعية في المعامل والمصانع الإنتاجية والتدريبية والمتعلقة منها بكيفية جدولة وانسيابية العمل الإنتاجي في الورش الميكانيكية والكهربائية والأقسام الإنتاجية التي تحتاج إلى حل مباشر خلال فترة التدريب والإنتاج، خاصة المتعلقة منها والعاملة على حسب الطلب (Job shop scheduling) وخلال فترة التدريب (الساعات العملية في الورشة) حيث يمكن تحقيق الحل الأمثل لأوامر التشغيل المطلوبة بأفضل وأقل وقت وكلفة ممكنة ومهارة عالية من قبل الطالب المتدرب وجودة عالية في إنتاج المنتج، وبالتالي إيجاد الترتيب الصحيح والتتابع (Sequencing) المطلوب لتنفيذه لترتيب الأعمال المخطط لها بالإمكانات المتوفرة في الورش (المتدربين ، المكائن ، المواد الأولية) .

وإذا ما توفر أكثر من عمل أمام إحدى المكائن الإنتاجية فإن اختيار أحداها لتنفيذه ينبغي أن يؤدي إلى إنتاج المنتج ضمن المواصفات المطلوبة وإن يكون تاريخ التسليم لكل عمل قدر الإمكان وإمكانية تقليص الوقت الكلي اللازم لتنفيذها والعمل على تقليل وانخفاض كلفة المخزون من المواد تحت التشغيل وتسويق المنتج بدون تأخير أو الحصول على تمارين مطابقة للمواصفات المطلوبة والمحددة من قبل الورشة. (Frank and Manapo)

هدف البحث :-

يهدف البحث إلى دراسة إمكانية الاستخدام الأمثل لطريقة عمل التمارين والفترة الزمنية لإنتاجه من قبل الطالب المتدرب، وإمكانية تعليم الكادر التقني في الورش الميكانيكية والكهربائية حول كيفية الاستفادة في تقسيم الوقت وإنتاج التمرين بأقل فترة ممكنة والتتابع الصحيح للخطوات اللازمة لإكمال التمرين وتعريف الطالب على الخطوات الصحيحة وتتبعها في إنتاج التمارين وبنوعية عالية ضمن المواصفات المطلوبة للإنتاج، وبالتالي إمكانية عمل الطالب أكثر من تمرين خلال الفترة المحددة للتدريب العملي وتنفيذ التمارين المطلوبة خلال الساعات المحددة للتدريب وبدون استهلاك وتلف المواد الأولية .

مشكلة البحث :-

أن المهارة التي يحصل عليها الطالب المتخرج من المعاهد التقنية لا يمكن الحصول عليها من الساعات النظرية فقط، حيث هناك نسبة عالية للتدريب العملي والتطبيقي في المختبرات والورش الميكانيكية والكهربائية، وأن يقوم الطالب خلال الفترة العملية والتطبيقية من التدريب بصورة صحيحة خلال كيفية إجراء التتابع الصحيح لخطوات التمرين وإنتاجه على الماكينة وضمن الفترة الزمنية الخاصة بإنتاج ضمن المواصفات المطلوبة والنوعية العالية.

فرضية البحث:-

- ١ - أن جميع التسهيلات المتاحة بالورشة متاحة للعمل حيث لا يوجد أي عطل من شأنه أن يوقف العمل ويعطله كالصيانة أو تغيير الوجبات أو عدم توفر إي من عوامل الإنتاج.
- ٢ - يمكن انجاز العمل بواسطة ماكينة واحدة فقط بالورشة من قبل طالب واحد عند الوقت المحدد.
- ٣ - أن حق الأولوية لأي عمل على حساب عمل آخر غير مسموح به، أي أنه بمجرد البدء بعمل ما على أي ماكينة فلا بد أن يستمر حتى أتمام العمل .

الجانب النظري:-

هناك عدد من العناصر التي يمكن من خلالها تحديد كيفية جدولة وتتابع العمل الإنتاجي والتدريبي والتي يمكن استخدامها في تقييم أعمال الورش الميكانيكية والكهربائية، إذن يمكن القول على أن المشكلة ساكنة (static) ، إذا ما وصلت مجموعة مقاديرها (N) من الأعمال في وقت واحد (مباشرة) إلى الورشة في حالة (توقف) أو (انتظار) لهذه الأعمال واستعدادها للعمل فوراً. بينما تعرف المشكلة بأنها متحركة (dynamic) إذا ما وصلت الأعمال دفعة واحدة، وتعتبر الورشة انسيابية وتتابعية (shop flow) إذا كانت الأعمال في الورشة لها نفس السلوك (Kennetha nd Baker) ويشير (Lencker) إن القياس له دور كبير في تقييم أداء الورشة في عملية الجدولة لتحديد الوقت الكلي لإكمال العمليات الإنتاجية لإنجاز التمارين، حيث يساوي الوقت الكلي لأي عمل وقت التقاطر للعمل (wt) مضافاً إليه وقت انجاز العمل (pi) مع وقت التأخير فإذا كان (di) هو موعد تسليم العمل (i) وكان (Ci) هو الوقت المتبقي لإتمام العمل (i). فإن وقت التأخير للعمل عند موعد التسليم (Li) هو:-

$$Li = Ci - di \text{ --- (1)}$$

ويعرف (د. مازن بكر عادل و د. ابراهيم القزاز) إلى أن هناك عدد من العوامل التي تؤخر وتعيق عملية الانسياب والتتابع في الورشة الميكانيكية والكهربائية ومنها عمليات الفحص النوعي (قياس جودة المفردات المعيبة إعادة تشغيلها أو البدء بالعمل من جديد، مما قد يسبب تأخير التمارين) وقد تحتاج في المفردات المقبولة (التمارين) إضافة إلى عمليات التوقف للماكينة عن العمل بسبب عطل كهربائي وميكانيكي وهذا يسبب التوقف لعملية الإنتاج. ويؤكد (د. عادل عبد المالك و د. خليل ابراهيم) بان هناك نماذج عديدة من التتابع في الأعمال للورش الميكانيكية والكهربائية ويمكن تحديدها كما في النماذج الاتية:-

- *النموذج الأول والخاص بإجراء التتابع لعدد (n) من الأعمال على ماكينة واحدة في ورشة عمل انسيابية والوصول ساكن بهدف تحقيق اقصر وقت ممكن.
- *النموذج الثاني والخاص بإجراء التتابع لعدد (n) من الأعمال على ماكينتين في ورشة عمل انسيابية والوصول ساكن بهدف تقليص إجمالي الوقت المتبقي.
- *النموذج الثالث والخاص بإجراء التتابع لعدد (n) من الأعمال على ماكينتين في ورشة عمل وظيفية عشوائية الانسياب والوصول ساكن بهدف تقليص الوقت الكلي..
- *النموذج الرابع والخاص بإجراء التتابع لعدد (n) من الأعمال على ثلاث مكائن في ورشة عمل انسيابية والوصول ساكن بهدف تقليص أجمالي الوقت المنقضي (machine flow).
- *النموذج الخامس والخاص بإجراء التتابع لعدد (n) من الأعمال على عدد (m) من المكائن في ورشة عمل وظيفية عشوائية الانسياب والوصول ساكن بهدف تقليص الوقت الكلي المتبقي
- *النموذج السادس والخاص بإجراء التتابع لعدد (n) من الأعمال على عدد (m) من المكائن في ورشة عمل انسيابية والوصول ساكن بهدف تقليل الوقت الكلي المنقضي.
- *النموذج السابع والخاص بإجراء التتابع لعدد (n) من الأعمال على عدد (m) من المكائن في ورشة عمل تعاقدية والوصول ديناميكي (الحالة العامة).
- يعتبر النموذج الأول لأجراء التتابع لعدد (n) من الأعمال على ماكينة واحدة في ورشة عمل انسيابية والوصول ساكن بهدف تحقيق اقصر وقت ممكن ، أهمية خاصة نظرا لأنه نادر ما تخلو أية ورشة عمل من هذا النموذج حيث تتواجد عادة مجموعة من الأعمال البالغ عددها (n) ، ويحتاج كل منها إلى نفس الخدمة (العملية الإنتاجية) والتي تؤدي على نفس الماكينة حيث يمكن جدولة إنتاج هذه القطعة بغض النظر عن المكائن الأخرى بالورشة ، وتتمثل مشكلة الجدولة هنا أساسا في ترتيب وتنفيذ تلك الأعمال في تتابع معين يقلل وقت انسياب إنتاج المنتج (Flow time) أو الوقت الكلي الذي يقضيه العمل المطلوب (i) في الورشة.
- أن كل طرق التتابع الممكنة والبالغ عددها (ni) لها نفس وقت التشغيل الإجمالي (Total make span)، ألا أنه يوجد فيها تتابع معين يعتبر التتابع الأمثل الذي يحقق الهدف المطلوب، حيث يمكن اختيار التتابع الذي يحقق اقل متوسط لوقت الانسياب أي أقل (F) حيث:-

$$\bar{F} = \frac{\sum_{i=1}^n (F_i)}{n} \text{ --- (2)}$$

وان (1) تعني العمل الذي في الترتيب الأول في التتابع

وان (2) تعني العمل الذي في الترتيب الثاني من التتابع وهكذا----
وان (1) p تعني وقت التشغيل للعمل الذي في الترتيب الأول من التتابع.
وان (2) p تعني وقت التشغيل للعمل في الترتيب الثاني في التتابع وهكذا—
فان التتابع الذي يمكن من خلاله أن يتحقق اقل متوسط لوقت الانسياب هو التتابع حسب قاعدة وقت التشغيل الأصغر (Shortest processing time) (SPT) والتشغيل الأطول (Longest processing time) (LPT) أي أن :-

$$P_{[1]} \leq P_{[2]} \leq P_{[3]} \dots \leq p_{[n]} \text{-----} (3)$$

ويمكن إثبات أن تتابع الأعمال طبقا لقاعدة وقت التشغيل الأقصر يحقق اقل متوسط لوقت الانسياب ، حيث أن وقت انسياب عمل ما في الترتيب (K) لأي تابع اختباري هو :-

$$F_{(k)} = \sum_{i=1}^k P_{[i]} \text{-----} (4)$$

كما أن

متوسط وقت انسياب الأعمال التي عددها (N) في التتابع يكون :-

$$\bar{F} = \frac{\sum_{k=1}^n F}{n} \text{-----} (5)$$

$$= \frac{\sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^k P_{[i]}}{n} \text{-----} (6)$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^n (n-i+1) P_{[i]}}{n} \text{-----} (7)$$

أن (N) مقدار ثابت لأي تتابع ، لذا فان التتابع الذي يحقق اقل متوسط لوقت الانسياب هو الذي يحقق اقل مجموع لأوقات انسياب هذه الأعمال. وحيث أن المعامل (N-i+1) في ترتيب تنازلي، فان (F) ستخف بتتابع الأعمال بحيث أن وقت التشغيل يكون في ترتيب تصاعدي، أي

أن التتابع حسب قاعدة (SPT) و (LTP) ينشأ عن أقل متوسط لوقت الانسياب والموضحة بالاتي:-

1- المحور الأفقي يوضح وقت التشغيل بالدقائق والمحور الراسي وبمسافات متساوية توالي

الأعمال من الاخير (N) الى الاول (i)

2 -يمثل أي عمل في التتابع بمستطيل قاعدته تساوي وقت تشغيل العمل المستغرق وارتفاعه الوحدة. وان مجموع مساحات المستطيلات يمثل مجموع وقت التشغيل الذي لا يعتمد على القاعدة المتبعة.

3-تمثل المساحة الكلية للرسم البياني الناتج المتضمن مساحة المستطيلات وما تحتها (المهشرة في الرسم) مجموع وقت الانسياب لكافة الاعمال.

الجانب العملي:-

تم تحديد المكائن الموجودة في ورشة الخراطة والتي تحتوي على ثمانية مكائن خراطة يوغسلافية الصنع (المعهد التقني - الكوت) والخاصة بتدريب الطلبة (الصف الثاني انتاج) لإنتاج التمارين المعدة رسوماتها مسبقا من قبل الكادر التقني الذي يشرف على انجاز التمارين، والمحدد فيها أبعاد التمرين المطلوب أنتاجه فقط، دون تحديد الفترة الزمنية للإنتاج، حسب النموذج (أنتاج تمرين يحتوي على طرق خراطة للمعدن مع إجراء سن مثلث (شكل رقم 1)، وعلى أساس أن المنتج ينتج على ماكينة واحدة من قبل كل طالب متدرب، حيث تم:-

١- تتابع الأعمال تصاعديا حسب قاعدة (SPT) الجدول (رقم 1) والجدول (رقم 2) والشكل (رقم 2).

٢- تتابع الأعمال تنازليا حسب قاعدة (LPT) الجدول (رقم 3) والجدول (رقم 4) والشكل (رقم 3).

٣- تم جدولة الأعمال وحسب النموذج المحدد للطلبة واستخدام أسلوب التتابع في أنتاج التمرين ولمعرفة مقدار الوقت الذي يهدر في عمل التمارين ومدى اهتمام الطالب والمدرب التقني في المهارة والنوعية ومطابقة التمرين للمواصفات والأبعاد المطلوبة، حيث تم استخدام أسلوب التتابع تصاعديا وحسب قاعدة (SPT) الجدول (رقم 5)

4- استخدام قاعدة (LPT) في عملية التتابع، الجدول (رقم 7) والجدول (رقم 8) والشكل (رقم 5).

النتائج والمناقشة:-

تم حساب متوسط وقت الانسياب ومجموع الأوقات الكلية للتمارين المنجزة من قبل الطلبة المتدربين بالاعتماد على قاعدة (SPT) و (LPT) وباستخدام المعادلة رقم (7) وبصورة تصاعديّة وتنازليّة وكانت النتائج كآلاتي:-

١- الجدول (رقم 1) والجدول (رقم 2) ضمن (SPT) تصاعدياً قبل تحديد ووضع جدولة التتابع، كان مجموع وقت الانسياب (156 ساعة) ومتوسط وقت الانسياب (19.5 ساعة) وبالاعتماد على المعادلة رقم (7) كان احتساب الوقت (156) ومقدار متوسط الانسياب (19.5)، مقارنة مع الجدول (رقم 5) والجدول (رقم 6) ضمن (SPT) تصاعدياً، بعد إجراء عملية التتابع كان مجموع وقت الانسياب (77 ساعة) ومتوسط وقت الانسياب (9.625) وبالاعتماد على المعادلة (7) كان وقت الانسياب (77 ساعة) ومقدار الانسياب (9.625)، حيث يمكن ملاحظة بان هناك فرق كبير في الوقت المستخدم ومتوسط الانسياب والوقت الكلي لإنتاج التمارين يقدر بمقدار النصف.

٢- الجدول (رقم 3) والجدول (رقم 4) ضمن قاعدة (LPT) تنازلياً كان مجموع وقت الانسياب (240 ساعة) و متوسط وقت الانسياب (30 ساعة)، وبالاعتماد على المعادلة (7) كان وقت الانسياب (240 ساعة) ومقدار وقت الانسياب (30 ساعة)، مقارنة إلى الجدول (رقم 7) والجدول (رقم 8) ضمن قاعدة (LPT) تنازلياً كان مجموع وقت الانسياب (131 ساعة) ومتوسط وقت الانسياب (16.375) وبالاعتماد على المعادلة (7) كان وقت الانسياب (131 ساعة) ومقدار متوسط الانسياب (16.375)، يمكن ملاحظة الفرق الكبير في الوقت المستخدم.

٣- الشكل (رقم 2) والشكل (رقم 4) ضمن قاعدة (SPT) تصاعدياً، يمكن هناك ملاحظة الفرق الكبير في الوقت الكلي للإنتاج والذي يقدر بالضعف، وكذلك الشكل (3) والشكل (4) ضمن قاعدة (LPT) تنازلياً.

الاستنتاجات:-

1- أن مقارنة بين الجداول (1,2) و (5,6) ضمن قاعدة (SPT) تصاعدياً قبل الجدولة وبعدها، يمكن ملاحظة الهدر في الوقت والذي يقدر تقريبا بالضعف (أي يمكن إجراء تمرين آخر يتدرب عليه الطالب) إضافة إلى مقدار الهدر في تلف المواد الأولية المستخدمة.

2- الجدول رقم (3,4) و (7,8) ضمن قاعدة (LPT) تنازلياً قبل وبعد الجدولة، يلاحظ مقدار الهدر في الوقت والذي يقدر بنسبة أكثر من الضعف (أي أن هناك وقت كبير لجراء أكثر من تمرين) إضافة إلى مقدار الهدر في المواد الأولية.

- 3- الشكل رقم (2,3,4,5) والتي من خلالها تم تحديد الوقت الكلي لإنجاز التمارين ،يمكن ملاحظة مقدار الفرق في الوقت قبل وبعد عملية الجدولة والتي تقدر بالضعف.
- 4- هناك هدر في الوقت المحدد للتدريب من قبل الطلبة والمدرّب التقني وعدم وجود مخطط انسيابي لأجراء الخطوات الخاصة بإنتاج التمرين (مخطط مرسوم مع الأبعاد وخطوات العمل والوقت المحدد لأجراء التمرين).
- 5- عدم الاهتمام بمهارة الطالب والمنافسة بين من ينجز التمرين ضمن الوقت المحدد، بل هناك تسليم للتمرين في نهاية الوقت المحدد للتدريب العملي (8 ساعة) دون النظر إلى من ينجز التمرين بأبعاد صحيحة وآخر ينجز التمرين بدون مواصفات

جدول (رقم 1) تتابع الأعمال حسب قاعدة (SPT) تصاعديا

التتابع	العمل	وقت الانتظار	وقت التشغيل	وقت الانسياب
1	A	0	2	2
2	F	2	3	5
3	E	5	4	9
4	H	9	5	14
5	B	14	6	20
6	G	20	7	27
7	C	27	8	35
8	D	35	9	44
المجموع				156

$$156$$

$$\text{متوسط وقت الانسياب} = \frac{156}{8} = 19.5 \text{ ساعة}$$

$$8$$

جدول (رقم 2) احتساب متوسط وقت الانسياب باستخدام المعادلة (7) وقاعدة (SPT) تصاعديا

التتابع (i)	العمل	وقت التشغيل P(i)	(N-i+1)	وقت الانسياب P(i)(N-i+1)
1	A	2	8	16
2	F	3	7	21
3	E	4	6	24
4	H	5	5	25
5	B	6	4	24
6	G	7	3	21
7	C	8	2	16
8	D	9	1	9
المجموع				156

156

متوسط وقت الانسياب = $\frac{156}{8} = 19.5$ ساعة

8

جدول (رقم 3) تتابع الأعمال حسب قاعده (LPT) تنازليا

التتابع	العمل	وقت الانتظار	وقت التشغيل	وقت الانسياب
1	D	0	9	9
2	C	9	8	17
3	G	17	7	24
4	B	24	6	30
5	H	30	5	35
6	E	35	4	39
7	F	38	3	42
8	A	40	2	44
المجموع				240

240

متوسط وقت الانسياب = $\frac{240}{8} = 30$ ساعة

8

جدول (رقم 4) احتساب متوسط وقت الانسياب باستخدام المعادلة (7) وقاعدة (LPT) تنازليا

التابع (I)	العمل	وقت التشغيل P(i)	(N-i+1)	P(i)(N-i+1)
1	D	9	8	72
2	C	8	7	56
3	G	7	6	42
4	B	6	5	30
5	H	5	4	20
6	E	4	3	12
7	F	3	2	6
8	A	2	1	2
المجموع				240

240

متوسط وقت الانسياب = $\frac{240}{8} = 30$ ساعة

8

جدول (رقم 5) تتابع الأعمال حسب قاعدة (SPT) تصاعديا

التابع	العمل	وقت الانتظار	وقت التشغيل	وقت الانسياب
1	F	0	1	1
2	E	1	1	2
3	A	2	2	4
4	H	4	2	6
5	B	7	3	9
6	G	11	4	13
7	C	16	5	18
8	D	21	5	23
المجموع				77

77

متوسط وقت الانسياب = $\frac{77}{8} = 9.625$ ساعة

8

جدول (رقم 6) احتساب متوسط وقت الانسياب باستخدام المعادلة (7) وأسلوب (SPT) تصاعديا

التتابع (i)	العمل	وقت التشغيل p(i)	N+i-1	وقت الانسياب (p(i)(N-i+1))
1	F	1	8	8
2	E	1	7	7
3	A	2	6	12
4	H	2	5	10
5	B	3	4	12
6	G	4	3	12
7	C	5	2	10
8	D	5	1	5
				77
المجموع				

77

$$\text{متوسط وقت الانسياب} = \frac{77}{8} = 9.625 \text{ ساعة}$$

جدول (رقم 7) تتابع الأعمال حسب قاعدة (LPT) تنازليا

التتابع	العمل	وقت الانتظار	وقت التشغيل	وقت الانسياب
1	D	0	5	5
2	C	10	5	10
3	G	14	4	14
4	B	17	3	17
5	H	19	2	19
6	A	21	2	21
7	E	22	1	22
8	F	23	1	23
				131
المجموع				

131

$$\text{متوسط وقت الانسياب} = \frac{131}{8} = 16.375 \text{ ساعة}$$

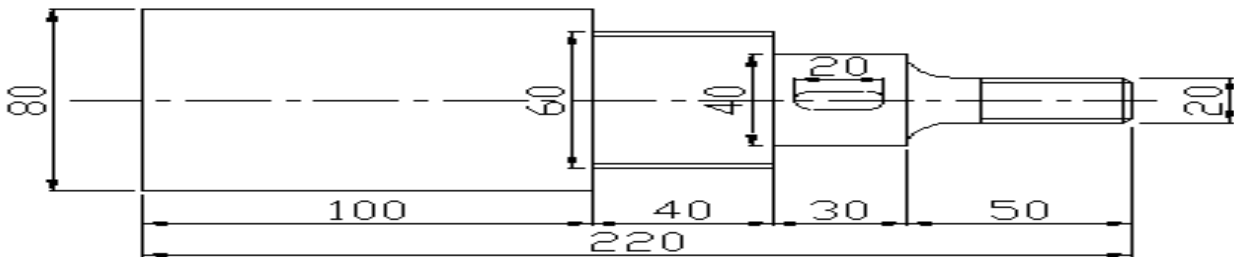
جدول (رقم 8) احتساب متوسط وقت الانسياب باستخدام المعادلة (7) وقاعدة (LPT) تنازليا

التتابع (i)	العمل	وقت التشغيل P(i)	(N+i-1)	وقت الانسيابي (N+i-1)P(i)
1	D	5	8	40
2	C	5	7	35
3	G	3	6	24
4	B	3	5	15
5	H	2	4	8
6	A	2	3	6
7	F	2	3	6
8	E	1	1	1
المجموع				107

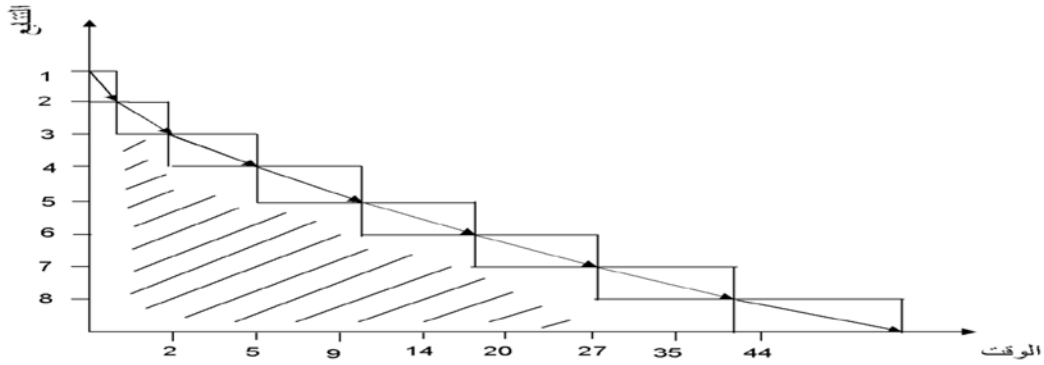
107

متوسط وقت الانسياب = $\frac{107}{8}$ = 13.42 ساعة

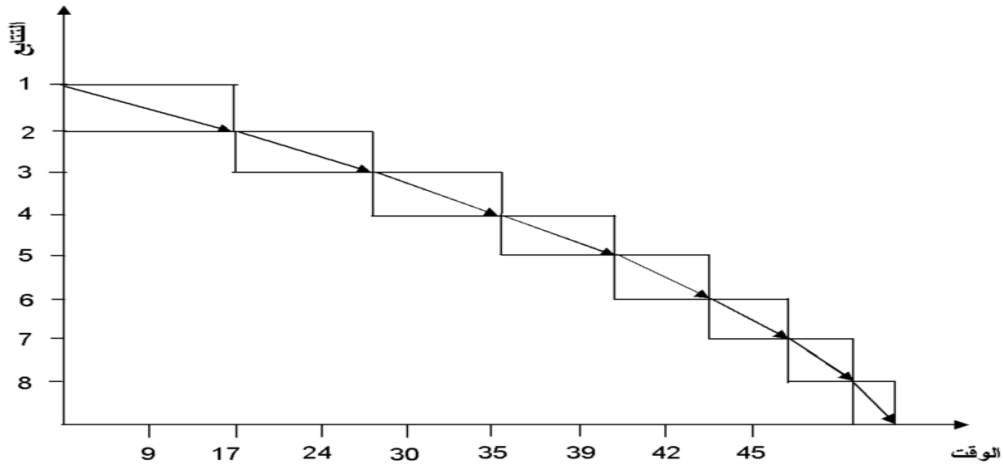
8



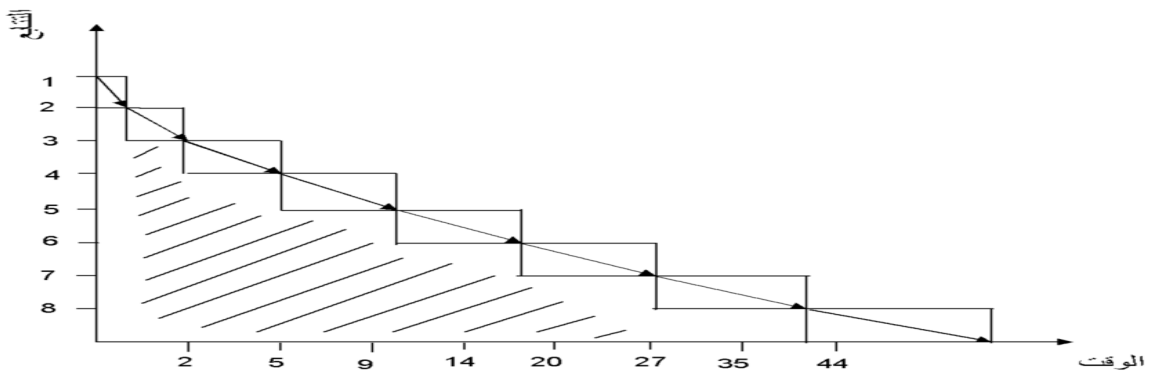
شكل رقم (1) التمرين المطلوب إنتاجه من قبل الطلبة (الأبعاد بالمليمتر)



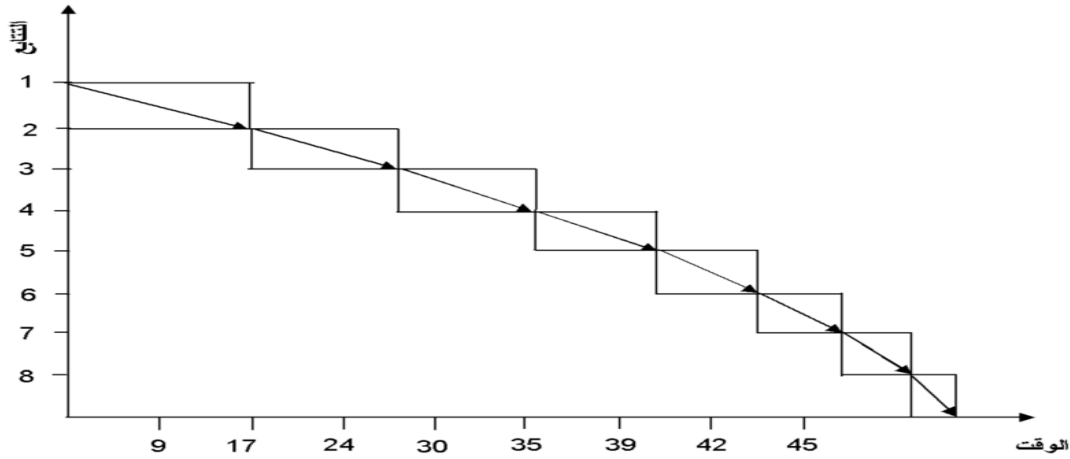
شكل رقم(2)مجموع وقت الانسياب للتمارين المنتجة ضمن قاعدة (SPT) تصاعدي.



شكل رقم(3)مجموع وقت الانسياب لتمرارين المنتجة ضمن قاعدة(LPT) تنازليا.



شكل رقم(4)مجموع وقت الانسياب للتمارين المنتجة ضمن (SpT) تصاعديا



شكل رقم (5) مجموع وقت الانسياب للتمارين المنتجة ضمن (LPT) تنازليا

المصادر:-

Frank Werner and Manaop, "Sequencing algorithms ,For Flexible problems with unrelated parallel flow shop machine," Setup time, and dual criteria university of Bangkok, Thailand.2009.

Kenneth R. and Baker, 'Principles of Sequencing & Scheduling', John Wiley and sunset, April, 2009.

Martin lencker, "Runtime Verification and international work shop ',Budapest,Hungary ,March 2008.

د. مازن بكر عادل، د. إبراهيم القزاز، "بحوث العمليات للإدارة الهندسية"، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة الموصل، العراق ، 1986.

د.عادل عبد المالك، "الهندسة الصناعية"، دار الكتب للطباعة والنشر، العراق ، جامعة البصرة . الطبعة الأولى. 2000 .

د. عادل عبد المالك، د. خليل إبراهيم العاني ، د. إبراهيم القزاز، "أدارة الجودة الشاملة ومتطلبات الايزو 9001-2000"، الطبعة الأولى، مطبعة الأشقر ، بغداد .2009.