موازنة خط التجميع باستعمال الخوارزمية الجينية

Assembly line balance using genetic algorithm

الباحثة: ايناس شكوري فرج
جامعة التقنية الوسطى/ كلية التقنية الادارية, بغداد, العراق
Enas Shkoury Farag
Middle Technical University / Technical College of Management , Baghdad,Iraq
EnasShkoury123@yahoo.com

ا.م .د .شفاء بلاسم حسن
جامعة التقنية الوسطى/ كلية التقنية الادارية, بغداد, العراق
Asst. Prof. Dr. Shifa Balasim Hassan
Middle Technical University / Technical College of Management , Baghdad,Iraq
Shifa-b.hassan@yahoo.com

معلومات البحث:

- **تاريخ الاستلام:** 28-10-2020
- **تاريخ ارسال التعديلات :** 04-11-2020
- **تاريخ قبول النشر:** 11-11-2020

المستخلص:

يهدف البحث الى موازنة خط تجميع السيارات الصالون (صبا) لتحديد وقت دورة الانتاج وعدد المحطات العمل للقضاء على الاختناقات والوقت العاطل بين المحطات وزيادة كفاءة خط التجميع . تمثلت مشكلة البحث في انخفاض كفاءة خط تجميع وحجم الانتاج بسبب عدم موازنة خط التجميع ووجود الوقت العاطل بين المحطات العمل واختلاف اوقات المهام . طبق البحث في الشركة العامة لصناعة السيارات والمعدات / الاسكندرية ووقع الاختيار على معمل تجميع سيارات الصالون مجتمعاً لدراسة ، وخط تجميع سيارات الصالون (صبا) عينة للدراسة . اعتمد البحث منهج (دراسة الحالة) في تشخيص المشكلة وجمع البيانات والمعلومات اللازمة من خلال المعايشة الميدانية في الشركة للاطلاع على واقع العمل في خط التجميع وتحديد المشكلات التي تؤدي الى انخفاض كفاءة الخط ، تم تصميم برنامج محاكاة لتطبيق الخوارزمية الجينية لاختيار افضل كرموسوم بواسطة عدد من المهام واوقاتها تم استعمال التزواج من النوع البسيط (Simple crossover) لتوليد الجيل الجديد وتم تنفيذ البرنامج باستعمال الطفرة من نوع الجين الجزئي (partial Gen) لتحديد وقت دورة الانتاج ،اكدت النتائج امكانية تحديد افضل كرموسوم (وقت دورة الانتاج) ، الذي يساعد في زيادة مخرجات الخط وتقليل الاختناقات والوقت العاطل وزيادة كفاءة خط التجميع .

الكلمات المفتاحية :خط التجميع ، موازنة الخط ، الخوارزمية الجينية ، كفاءة الخط ، وقت دورة الانتاج ، الاختناقات ، الوقت العاطل .

Abstract:

The study aims to balance the saloon car assembly line (Saba) to determine the production cycle time and count the work stations to eliminate bottlenecks and idle time between stations and to increase the efficiency of the assembly line. The study problem represented in the decrease in the efficiency of the assembly line and the production volume due to the unbalanced assembly line, the idle time between the work stations and the different task times. The study was applied in the General Company for Automobile and Equipment Manufacturing / Alexandria, and the saloon assembly plant, the study community, and the saloon car assembly line (Saba), Abla, were selected for the study. The study adopted the case study approach (in diagnosing the problem, the data and information needed through the field coexistence in the company, to see the reality of work in the assembly line and to identify the problems that lead to the decrease in the efficiency of the line. A simulation program was designed to apply the genetic algorithm to choose the best chromosome by a number of tasks and their time, then The use of simple-type mating (Simple crossover) to generate the new generation, and the program was implemented using the mutation of the partial genome to determine the time of the production cycle. Idler and increasing efficiency of assembly line W.

Keywords: line balancing, genetic algorithm, line efficiency, production cycle time, bottlenecks, idle time

المقدمـــــة

تبرز مشكلات ترتيب وتصميم خطوط التجميع ومعالجة مشكلات عدم توازنها بوصفها أحدى أهم القضايا التي تواجهها عمليات التجميع، في ظل تغير انظمة الانتاج ، مما جعل مشكلاتها ذات طابع ديناميكي مستمر. وقد تعددت اساليب موازنة خطوط التجميع وتراوحت بين الاساليب المبسطة الى الخوارزميات الاجتهادية وما فوق الاجتهادية لتمثل مداخل حديثة تهدف إلى تحسين مستوى كفاءة خطوط التجميع. وقد تجسدت مشكلة خط تجميع سيارات الصالون (صبا). في انخفاض كفاءة الخط ويسبب عدم موازنة الخط وانخفاض حجم الانتاج ووجود والوقت العاطل بين محطات العمل واختلاف اوقات المهام ووقت دورة الانتاج.

تبلورت أهمية البحث استعمال الخوارزمية الجينية كفوءة في تحقيق توازن خط التجميع بالشكل الذي يعزز واقع الشركة ويجعلها اكثر قدرة على مواجهة التنافس ورفع مستويات الانجاز وتنفيذ الخطط الانتاجية.

وتوزعت مواضيع البحث الى اربع محاور المحور الاول تضمن منهجية البحث اما المحور الثاني لقد خصص للجانب النظري متضمنا جانبين الاول موازنة خط التجميع والجانب الثاني خوارزمية الجينية اما المحور الثالث فتضمن جانبين الجانب الاول وصف عينة البحث والجانب الثاني موازنة خط التجميع باستعمال الخوارزمية الجينية اما المحور الرابع فتضمن اهم الاستنتاجات والتوصيات.

المحور الاول : منهجية البحث:

أولاً: مُشكلة البحث:

تواجه الشركة العامة لصناعة السيارات والمعدات مُشكلة انخفاض كفاءة خط تجميع سيارات الصالون(صبا) بسبب عدم توزيع المهام بصورة متوازنة على محطات العمل في خط التجميع ، مما يؤدي الى وجود اختناقات في بعض المحطات واوقات عاطلة في محطات أُخرى. وبالتالي انخفاض مخرجات الخط (عدد السيارات التي يتم تجميعها).

بناءً عليهِ تتجسد مُشكلة البحث في" التساؤلات الآتية ":-

1. ما الأسلوب المُعتمد في موازنة خط التجميع في الشركة(خط تجميع سيارات الصالون صبا)؟
2. ما امكانية موازنة خط تجميع سيارات الصالون (صبا)؟
3. ما إمكانية تطبيق الخوارزمية الجينية لموازنة خط التجميع من خلال تصميم برنامج المحاكاة؟
4. ما مدى تحسين كفاءة خط التجميع بعد تطبيق الخوارزمية الجينية؟

ثانياً: أهداف البحث:

تتمثل اهداف البحث بالاتي:

1. تقييم الاسلوب المعتمد في موازنة خط تجميع سيارات الصالون (صبا).
2. قياس كفاءة خط التجميع لتحديد ما مدى موازنته.
3. تطبيق الخوارزمية الجينية في موازنة خط التجميع من خلال تصميم برنامج محاكاة .
4. قياس كفاءة خط التجميع من خلال وقت الدورة وعدد محطات العمل والوقت العاطل والاختناقات بعد تطبيق الخوارزمية الجينية.

ثالثاً : أهمية البحث:

تكمن أهمية هذه البحث في كونه محاولة لاستعمال الخوارزمية الجينية في موازنة خط تجميع سيارات الصالون (صبا) من اجل :

1. تقدم البحث اطار منهجياً يساعد الشركة في حل مشكلة الاختناقات والوقت العاطل من خلال تطبيق الخوارزمية الجينية.
2. معالجة مشكلة موازنة خط التجميع من خلال تجزئة المهام المعقدة والمركبة وترتيبها في محطات عمل ، وفق التسلسل المنطقي لعمليات خط التجميع .
3. المساهمة في زيادة حجم الانتاج والايرادات التي تنعكس في قدرة الشركة على المنافسة .

رابعاً : منهج البحث:

اعتمدت البحث منهج دراسة الحال (Case Study)في تطبيق الجانب العملي من البحث يقوم على المعايشة الميدانية وجمع البيانات والمعلومات اللازمة من خلال الملاحظة والمقابلات الشخصية والرجوع إلى سجلات والوثائق بهدف تحديد المشكلات ووضع الحلول المناسبة لها .

خامساً: حدود البحث

1. **الحدود المكانية:**

تم اختيار الشركة العامة لصناعة السيارات والمعدات/الاسكندرية لإجراء الجانب العملي من البحث.

2. **الحدود الزمانية:**

امتدت الحدود الزمنية للدراسة مدة (3) اشهر للتعرف على واقع خط التجميع وجمع البيانات والمعلومات عن اوقات المهام وحجم الانتاج وعدد المحطات العمل ووقت دورة الانتاج.

3. **مجتمع البحث وعينتهُ :**

وقع الاختيار على الشركة العامة لصناعة السيارات والمعدات لإجراء الجانب العملي من البحث، واختير معمل تجميع سيارات الصالون مجتمعاً للدراسة ، وخط تجميع سيارات الصالون (صبا) عينة للدراسة.

سادساً : الأساليب الكمية والبرامج :

اعتمد تطبيق الجانب العملي من البحث على الاساليب الاتية :-

1. مقاييس موازنة خط التجميع .
   - أ. وقت دورة الانتاج
   - ب. عدد المحطات العمل
   - ت. كفاءة خط التجميع
   - ث. توازن الخط
   - ج. الوقت العاطل
2. الخوارزمية الجينية .
3. برنامج (Mat lab 2018) لتصميم برنامج المحاكاة

المحور الثاني : النظري

الجانب الاول : موازنة خط التجميع

اولاً : تعريف موازنـــــة خـــط التجميـــع

تتمثل موازنة خط التجميع بتخصيص العمل على محطات العمل لتحقيق معدل المخرجات المرغوب مع أقل عدد من محطات العمل وعادة ما يتم إجراء موازنة خط التجميع لمعالجة حالات عدم التوازن أثناء تلبية المخرجات المطلوبة بمعدل محدد ، وينبغي على الإدارة معرفة الأدوات والمعدات واساليب العمل المستخدمة لتحديد المتطلبات الزمنية لكل مهمة تجميع (Heizer , et al.,2017:426).

يتحقق التوازن عندما تتطلب المراحل في التجميع جميعها الوقت نفسه، بحيث لا يظهر الوقت الضائع في اية محطة عمل فيحصل ما يسمى بالتوازن التام، وعندما لا يتساوى الوقت اللازم لإنجاز المراحل الانتاجية المتعاقبة في خط التجميع تظهر حالة عدم التوازن، عندها تصبح كمية الانتاج الاعلى للخط مساوية لأبطأ مرحلة فيه، مما يعني عدم تحقيق الاستغلال الكامل للوقت المتاح في جميع المراحل عدا المرحلة التي يحصل فيها اختناق، التي تكون فيها كمية الانتاج لمرحلة معينة اقل من المرحلة السابقة. (الجنابي، 2017: 30) وتعد موازنة خط التجميع ذات أهمية كبيرة كونها تتعلق بتصميم وتوزان محطات العمل لتحقيق اكبر قدر ممكن من الكفاءة والفاعلية والإنتاجية (Nejad and Kashan,2019:487)، تساعد الموازنة في جعل تدفق الإنتاج أكثر انسيابية والانتاجية اكبر، كما تساعد في تقليل وقت دورة الإنتاج ومعدل التشغيل المطلوب (Ibrahim, 2013: 1752) وقد وردت عدة تعريفات لموازنة خط التجميع نوضحها في الجدول (1).

جدول (1) :تعريف موازنة خط التجميع

ت	الباحث ،السنة	التعريف
-1	دودين، 2012: 47	"ترتيب الخط الإنتاجي بالشكل الذي يحقق انسيابية التدفق المنتظم للموارد، بحيث لا يكون هناك تأخير أو تعطل في أية محطة عمل، والتي تؤدي إلى توقف المحطة التالية عن العمل وانتظار وصول المواد أو الأجزاء لإتمام العمليات التصنيعية اللازمة عليها".
-2	Krajewski , et al., 2013 : 254	"تخصيص العمل على محطات العمل لتحقيق معدل المخرجات المرغوب مع أقل عدد من محطات العمل".
-3	Heizer , et al., 2017: 386	"تحقيق مخرجات كل محطة عمل في خط الإنتاج باقل وقت تأخير".
-4	Stevenson , 2018: 270	"تحديد كيفية تخصيص المهام على محطات العمل للوصول إلى مجموعات المهام التي تتطلب اوقات متساوية تقريبا".
-5	نوري ومحمد ،2019: 68	عملية تخصيص المهام على محطات خط التجميع بأفضل طريقة ممكنة

المصدر : من اعداد الباحث بالاستناد إلى المصادر الواردة.

ثانياً : اهداف موازنة خط التجميع

يتمثل الهدف في موازنة خط التجميع إلى تقليل عدد محطات العمل، من خلال تجزئة العمل إلى عناصره من الانشطة والمهام المتعاقبة مع تحديد اسبقيات واوقات انجازها بدقة، ثم تخصيصها على محطات العمل، وذلك من اجل تحقيق معدل مخرجات متساوي بين محطات العمل اللازمة (ال فيحان ، 2011: 70).

وكما يمكن تحديد اهداف موازنة خط التجميع بالاتي (Jameel, 2015:1360)(العامري وداود، 2009: 9)

1. تقليل الوقت الإجمالي في محطات العمل.
2. القضاء على الاختناقات، وضمان انسيابية تدفق العمل.
3. تحديد العدد الأمثل لمحطات العمل والمهام في كل محطة.
4. تعظيم الاستفادة من الموارد من خلال تقليل الوقت العاطل في محطات العمل.
5. تقليل اوقات الانتظار والهدر .
6. تقليل تكاليف مناولة المواد بين محطات العمل.
7. زيادة كفاءة وفاعلية خط التجميع .
8. تحقيق معدلات انتاج اعلى .
9. تقليل كلفة الوحدة الواحدة من الانتاج.
10. تقليل وقت دورة الانتاج.
11. التخلص من الارباك والفوضى في العمل.

ويحدد (Krajewski et. al., 2013: 275) الهدف من موازنة الخط التجميع بتحقيق الاتي :

1. ضمان التسليم في الوقت المحدد.
2. تقليل من تراكم المخزون.
3. تجنب تأخير الزبائن.

ثالثاً: اهمية موازنة خط التجميع The importance of balancing the assembly line

تساهم موازنة خط التجميع في تجنب حدوث ظاهرتي الاختناق والوقت العاطل (الموسوي ، 2004: 57)

1. **الاختناقات: Bottleneck:** تعني تكدس الوحدات المطلوب انجاز العمل عليها عند محطة عمل معينة بسبب تفوق انتاجية المحطة السابقة عليها.
2. **الوقت العاطل:Idle Time:** يحدث عندما تكون انتاجية المحطة السابقة اقل من انتاجية المحطة اللاحقة، مما يعني ان الانتاجية الفعلية للمحطة

اللاحقة تصبح مساوية لإنتاجية المحطات السابقة ويبقى في المحطة اللاحقة الوقت الفائض.

رابعاً: مشكلات موازنة خط التجميع

تظهر مشكلات موازنة خطوط التجميع عند توزيع المهام على محطات العمل مع مراعاة ترتيب وتوافق تلك المهام من اجل تحسين كفاءة خط التجميع من خلال تقليل عدد محطات العمل او وقت الدورة (Hamzaday and Bektas, 2019: 55)، يتوقف تصميم خط الإنتاج على معدل الإنتاج خلال مدة زمنية محددة، والعمليات أو المهام الواجب القيام بها لإنتاج المنتج ، وكذلك الوقت اللازم لكل مهمة أو عملية ، والمسار التكنولوجي لتتابع العمليات والمهام، اذ يتم تجميع المهام أو العمليات اللازمة لإنتاج المنتج في محطات عمل متناسقة ومتقاربة في وقت التشغيل اللازم لأداء المهام والعمليات التي تضمها كل محطة (فواز، 2019: 33).

تعالج موازنة خط التجميع مشكلة تقليل عدم التوازن بين الآلات أو العاملين أثناء انجاز المهام المطلوبة في خط الإنتاج (Heizer , et al., 2017: 386) ، وتحدث هذه المشكلات في مرحلة التصميم، ويمكن ان ترتبط في تقليل وقت دورة محطات العمل بهدف زيادة كفاءة خط التجميع (Akyol and Baykaso ğlu, 2016:3) . وقد صنفت مشكلات موازنة خط التجميع بالاتي: (Asl , et al.,2019: 2-3)

(Ibrahim, 2013: 1752)

1. **مشكلات موازنة خط التجميع الفردي** : يوصف خط التجميع الفردي بانه خط ينتج نموذجًا واحدًا، اي هذا انتاج كميات كبيرة من منتج واحد دون أي اختلاف، فالمهام التي تؤدي في كل محطة هي نفسها بالنسبة لجميع الوحدات المنتجة ، وتمثل مشكلات هذا النوع من الخط التجميع بالاتي (Nearchou, 2006:1018)
   أ. مشكلة تخصيص المهام على محطات العمل، بحيث يتم تقليل عدد المحطات مع معدل إنتاج معين لا يمكن بعده تقليل عدد محطات العمل.
   ب. مشكلة تقليل وقت الدورة في بعض محطات العمل.
   ت. مشكلة زيادة كفاءة الخط من خلال تقليل وقت الدورة والوقت العاطل.
2. **مشكلات خط التجميع متعدد النماذج** : تنتج خطوط التجميع المتعدد منتجات متنوعة وفق دفعات متعددة، وعادة ما يتم إعداد محطات العمل لإنتاج الكمية المطلوبة من نموذج معين، ثم إعادة ترتيب المحطات لإنتاج نوع آخر من المنتجات، ومن خلال ذلك تبرز مشكلات موازنة خط التجميع المتعدد النماذج (Slack , et al.,2004: 156)
3. **مشكلات خط التجميع المختلط:** ينتج خط التجميع المختلط أكثر من نموذج ، اذ يتم تصنيع كل منتج في محطة عمل في نفس خط التجميع. وبالتالي يتم تهيئة كل محطة لأداء المهام المختلفة اللازمة لإنتاج المنتج الذي ينتج فيها(Meyr,2004: 348)

خامساً: محددات موازنة خط التجميع

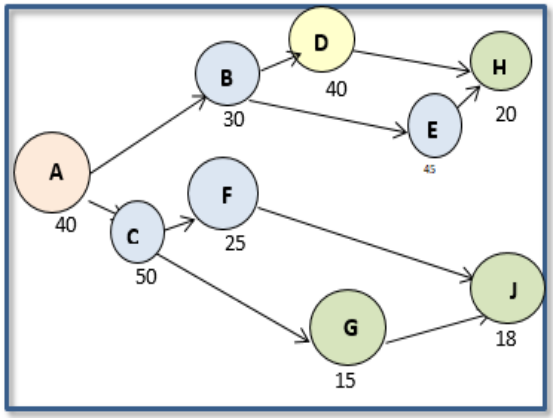
ينبغي ان تحقق موازنة خط التجميع التدفق الانسيابي للموارد خلال الخط لتحقيق الاستغلال الافضل للموارد، الا ان ذلك لا يحدث دون محددات يمكن تحديدها بالاتي. (Stevenson, 2018:270)

1. عدم امكانية الجمع بين بعض المهام والعمليات في محطة واحدة .
2. اختلاف متطلبات المعدات.
3. عدم توافق المهام والعمليات.
4. صعوبة جمع بعض المهام والعمليات في محطة واحدة بسبب التسلسل التكنولوجي لخط التجميع.

سادسا: متطلبات موازنة خط التجميع

تتأثر موازنة خط التجميع بعدد من المتطلبات يمكن تحديدها بالاتي(Krajewski,et.al., 2013: 254) (Evans and Collier,2007:322):

1. **متطلبات الاسبقية: Precedence Requirements** تحدد متطلبات اسبقية العمليات التي ينبغي ان تنجز قبل غيرها، والعمليات التي تنفذ في وقت واحد، والتي يجب ان تنتظر حتى وقت لاحق ويتطلب ذلك رسم مخطط الاسبقية لتحديد تتابع انجاز العمليات في خط التجميع, وكما موضح في الشكل (1):



شكل(1) : مخطط الأسبقية لعناصر العمل

Source: Krajewski, Lee J., Ritzman, Larry P., and Malhotra, Manoj K., 2013, Operations Management: Processes and Supply Chains,10th ed., Prentice Hall, Inc, USA, P: 275.

2. **وقت الدورة: Cycle Time (CT):** المدة الزمنية المطلوبة لإنجاز دورة واحدة من العملية او وظيفة او مهمة من البداية إلى النهاية، ويحسب وقت الدورة من خلال الوقت المتاح للإنتاج في اليوم مقسوما على الطلب اليومي ويمكن توضيحه من خلال المعادلة (1):

معادلة $CT=\frac{PT}{D}$ **.....(1)**

إذ ان:

Production Time = (PT) الوقت المتاح للإنتاج في اليوم

Demand = (D) الطلب اليومي

3. العدد النظري الادنى لمحطات العمل:
Theoretical Minimum Number of Work Station (WS_t):

يتحقق التوازن المثالي عندما يكون مجموع اوقات عناصر العمل في كل محطة مساوياً مع وقت الدورة (CT)ليتوازن عبء العمل في كل محطة بشكل تام ولا يكون هناك وقت عاطل (Idle Time) في اية محطة، ويمكن حساب العدد النظري الادنى لمحطات العمل من خلال قسمة محتوى العمل (مجموع الاوقات اللازمة لإنجاز الانشطة اللازمة لتجميع وحدة واحدة من المنتج) على وقت الدورة (CT) ويمكن توضيحه من خلال المعادلة (2):

معادلة (2)..... $WS_t = \frac{JC}{CT}$

إذ ان:

Job Content = JC (محتوى العمل)
= وقت دورة الانتاجCT

4. **الوقت العاطل :Idle Time(I):** يشير إلى مجموعة الاوقات غير المستغلة من وقت الانتاج في محطات العمل جميعها، ويتم حسابه من حاصل ضرب عدد محطات العمل الفعلية في وقت الدورة مطروحا منها محتوى العمل، ويمكن توضيحه من خلال المعادلة (3):

معادله (3) ..... $I = (WS_a \times CT) - J$

إذ ان:

WS_a = عدد محطات العمل الفعلية
CT = وقت الدورة الانتاج
JC = محتوى العمل

5. **الكفاءة: Efficiency (E) :** تعد احد معايير تقييم اداء خط التجميع، وتمثل النسبة المئوية لمحتوى العمل إلى وقت الدورة مضروباً بالعدد النظري الادنى لمحطات العمل ويمكن توضيحهُ من خلال المعادلة (4):

معادلة(4)..... $E = \frac{JC}{CT \times WSt} * 100$

إذ ان :-

JC = محتوى العمل
CT = وقت دورة الانتاج
WS_t = العدد النظري الادنى لمحطات العمل

6. **تأخير التوازن: Balance Delay(BD) :** يمثل مقدار الوقت الضائع الذي ينجم عن عدم التوازن بين محطات العمل ، ويحسب من خلال المعادلة (5) :-

معادلة (5)..... $BD = 1 - E$

إذ ان :

BD = تأخير التوازن
E = الكفاءة

ويمكن معالجة حالة عدم التوازن بإحدى الطرائق الاتية (محسن والنجار،2012: 350)

1. اعادة ترتيب الخط بإحدى الطرائق الاجتهادية.
2. تدريب العاملين لإنجاز النشاطات المكلفين بها بوقت اقصر.
3. تزويد العاملين بمعدات تساعدهم على انجاز اعمالهم بسرعة.
4. تكليف عمال مؤقتين لتعجيل العمل في محطة العمل التي يحدث فيها اختناق
5. تجزئة محطة العمل البطيئة إلى محطتين او اكثر لزيادة مخرجاتها.
6. استخدام برمجيات جاهزة قادرة على اعادة ترتيب على اساس المنتوج بسرعة فائقة وتوزيع النشاطات على محطات العمل يصل عددها إلى اكثر من (100) محطة.
7. العمل بالوقت الإضافي.

الجانب الثاني :الخوارزمية الجينية Genetic algorithm

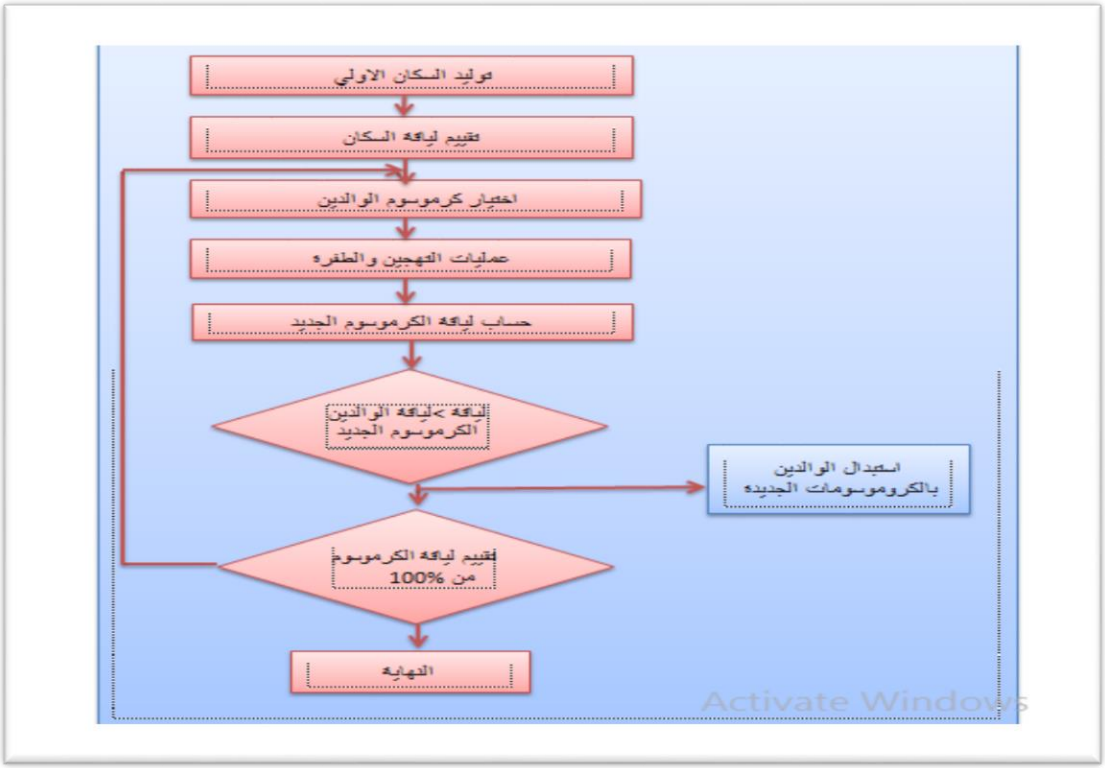
قدم العالم جون هولاند واخرون John Holland,et.,alالخوارزمية الجينية (GA) في جامعة ميشكان الأمريكية عام 1975, والتي تعتمد على المفهوم الطبيعي للتطور وتقترح أن التنوع يساعد في ضمان الحفاظ على الحياة على الرغم من تغير الظروف (السبعاوي وخليل، 2014: 122)، استوحت الخوارزمية الجينية من نماذج حسابية من علم الوارثة والتطور الطبيعي (Pimenta and Silva, 2011:45) تعمل على حل المشكلات المعقدة مثل الجدولة وأنظمة التصنيع (الحكاك،2019: 471)، ويمكن تصنيف الخوارزمية كإحدى الخوارزميات التطويرية Evaluation Algorithmوالتي تعتمد على تقليد عمل الطبيعة من منظور (Drown) الذي يتضمن على ان الكائنات الحية تتلائم مع الظروف المحيطة بها وتحاول ان تتكيف من غير تغير الظروف عبر الأجيال وفي حالة عدم تمكنها من التكيف والتطوير فالكائنات ذات الصفات القوية هي التي تسود بينما تضمحل وتموت الكائنات ذات الصفات الضعيفة، كما تعد الطفرة الوراثية التي تحدث بنسب قليلة جدا من العوامل التي تساعد في تطوير الصفات الوراثية المنقولة عبر الجينات (رضا وصالح ، 2014: 16).

تكمن فكرة الخوارزمية الجينية في توليد بعض الحلول عشوائياً ثم تفحص هذه الحلول ومقارنتها ببعض المعايير التي يعملها مصمم الخوارزمية ، وأفضل الحلول هي التي تبقى أما الحلول الأقل كفاءة فتهمل عملاً بالقاعدة البيولوجية (البقاء للأصلح), ومن ثم مزاوجة الحلول المتبقية الحلول الأكثر كفاءة لا نتاج حلول جديدة على غرار ما يحصل في الكائنات الحية وذلك بمزج جيناتها، إذ أن الكائن الجديد الناتج ستكون صفاته عبارة عن مزيج من صفات والديه وهذه الحلول الناتجة من التزاوج تدخل أيضاً تحت الفحص والتنقيح لمعرفة مدى كفاءتها واقترابها من الحل الأمثل, وهكذا تتم عمليات التزاوج والانتقاء حتى تصل العملية إلى عدد معين من التكرارات يقدره مصمم الخوارزمية أو تصل الحلول الناتجة أو أحدها إلى نسبة كفاءة عالية. وهكذا فالخوارزمية الجينية تولد بنجاح الفرضيات بواسطة تكرار الطفرة وإعادة تجميع أفضل الفرضيات الموجودة. إن الخوارزمية الجينية يمكن أن تعالج أية دالة هدف مع أو بدون قيود

سواء أكانت خطية ام لا خطية ومجال الحل قد يكون ببعد واحد أو أكثر .(الحكاك، 2019: 371)

تتمثل خطوات عمل الخوارزمية الجينية بالتالي :(السبعاوي وخليل، 2014: 122) (Goldberg,1989:127)

1. **البداية Start :** تمثل توليد مجتمع عشوائي من الكروموسومات, من خلال إيجاد حلول مناسبة للمشكلة.
2. **الملائمة Fitness :** هي تحويل دالة الهدف Objective Functionإلى دالة مناسبة للحل في الخوارزمية الجينية.
3. **توليد مجتمع جديد New Population :** توليد جيل جديد بتكرار الخطوات الآتية إلى أن يكتمل الجيل وتتضمن:
4. **الاختيارSelection:** يتم اختيار زوج من الكروموسومات من المجتمع الابتدائي استنادا إلى دالة الملائمة لأفضل القيم التي لديها فرص اكبر للاختيار.
5. **التهجين Crossover:** إجراء إحدى عمليات التعابر للحصول على كرسومات تتميز بصفات افضل من صفات الكرموسومات الاصلية و تحدد من 60٪ إلى 90٪ من الأفراد ليتم استبدالهم ويتم اختيارهم عشوائيا لأجراء عملية حسابية لإنتاج ذرية جديدة.
6. **الطفرة : Mutation :** يتم عمل الطفرة للجيل الجديد بموقع معين في الكروموسوم من خلال اجراء تغيير بسيط او استبدال قيمة الكروموسوم الناتج من عملية الاختيار، تجري عملية الطفرة لتحسين الصفات الجينية تحدد من 0.1٪ إلى 5٪ من الأفراد ليتم استبدالهم بالطفرة من الكروموسومات التي تم اختيارها عشوائيا
7. **الاستبدال Replacement :** استبدال الانباء في المجتمع الجديد ليصبحوا آباء في المجتمع اللاحق.
8. **الاختبار Test :** عند تحقق شرط التوقف فإن الخوارزمية الجينية تتوقف وتختار الحل الملائم من آخر جيل متكون.
9. **الدورة Loop:** اذ تحقق معيار التوقف ، تتوقف الخوارزمية وبعكسه يتم الرجوع إلى الخطوة (2) وتسمى تكرار العملية بالجيل Generation وبعد نهاية التنفيذ يقوم الباحث بتقديم تقرير عن الحقائق التي تم التوصل إليها. ويوضح الشكل (2) خطوات تطبيق الخوارزمية الجينية



شكل (2) :خطوات تطبيق الخوارزمية الجينية

Source :Pimenta Ricardo, Silva, Manuel and, Reis Cecília .,2011, Assembly Line Balancing Using Genetic Algorithms Conference Paper ,June p:47

المحور الثالث : الجانب التطبيقي

الجانب الاول : وصف خط تجميع سيارات الصالون (صبا)

اولاً :- مراحل تجميع سيارات الصالون (صبا).

يمتاز الترتيب الداخلي للمعمل بكونه على أساس المنتوج، إذ ترتب المعدات على أساس تتابع عمليات التجميع التي تبدا من المحطة الاولى (TO1) وتنتهي بالمحطة(F11) تتألف عملية التجميع من ثلاثة مراحل هي المرحلة الرئيسة و المرحلة الميكانيكية و المرحلة النهائية وكالاتي:

المرحلة الاولى:- المرحلة الرئيسة

1. استيراد الهياكل من شركة (سايبا) الام في ايران إلى الشركة العامة لصناعة السيارات والمعدات في العراق عن طريق البر وعلى شكل وجبات، كما يتم ارسال المواد الاولية الخاصة بها.
2. تخزن الهياكل والمواد نصف مصنعة في المخازن، ونتيجة لعمليات التحميل والمناولة تتعرض الهياكل للخدوش او الضرر مما يتطلب وجود ورشة لإصلاح الهياكل المتضررة من جراء تلك العمليات، يجري في الورشة اصلاح الاضرار قبل دخول الهيكل إلى محطات التجميع تتضمن هذه الورشة سمكريين ماهرين وصباغين لإعادة الهيكل إلى وضعه الطبيعي لكي يتم تجميع السيارة بشكل وتجري عملية اصلاح الهيكل.
   أ. دخول السيارة إلى ورشة المعالجة بعد اكمال تجميعها.
   ب. تفكيك القطع المجمعة بعد اكمال عملية التجميع.
   ت. تلف الاجزاء نتيجة التفكيك والتجميع المتكرر.
   ث. سهولة وسرعة عملية الاصلاح قبل التجميع .

بعد اصلاح الهيكل المتضرر وتنظيفه وغسله من الداخل والخارج يجري تحميله على عربة خاصة لنقل الهياكل إلى خط التجميع بواسطة عمال متخصصين لمنع حدوث اي اصطدام للعربة الناقلة مع اي جزء اخر في المعمل.

3. تصف العربات الحاملة للهياكل الجاهزة بصورة متوازية مع بعضها وتعلق بواسطة ذراع معلق يقوم بتعليق السيارة في المحطة الصفرية (Zero Station)التي تقع خارج خط التجميع قبل ان يتم وضع هيكل السيارة على الحزام الناقل لوضعها على اول محطة وتقوم هذه المحطة بوضع الاجزاء تحت الهيكل انابيب الفرامل ،انابيب الوقود وتأسيس الاسلاك الكهربائية وكذلك وضع عازل بين المحرك والهيكل ، وربط مشط المقود ، و خزان الوقود.
4. انزال الهياكل في اول محطة من محطات خط التجميع والتي تسمى (To1) والتي تجري فيها وضع هيكل السيارة في خط التجميع ،حيث يقوم فيها العاملين في قسم السيطرة النوعية بفحص وتدقيق الهيكل للتأكد من خلوه من العيوب وتسجيل العيوب ان وجدت والملاحظات في ورقة خاصة بتلك العملية وتوضع في هيكل السيارة ليتم معالجتها في محطات خاصة بتلك العملية.
5. ترتيب القطع المراد تجميعها على رفوف مقسمة إلى خانات، وتوجد على كل خانة ملصقات تتضمن رمز (Code) كل مادة، تساعد العاملين في قسم الامداد على ترتيب المواد وفقا لهذه الرموز ، ويوجد في كل محطة عدد من العاملين يقومون بتجميع الاجزاء، اذ يتم تجميع الأجزاء يدوياً ولكل عامل عدة يستخدمها لتجميع الجزء الخاص به ووفقا للتعليمات الموكلة له، تنتقل السيارة من محطة إلى اخرى بعد اكتمال تجميع كل الاجزاء في المحطة بواسطة ناقل ارضي يتم التحكم بسرعته وحركته بواسطة لوح الكتروني، وبعد انتهاء تجميع الاجزاء في المرحلة الاولى يجري فحص السيارة وتتضمن المرحلة من خط التجميع (14) محطة يرمز لها (Trim1,Trim2 ,Trim3, ….. , Trim14)

المرحلة الثانية :- المرحلة الميكانيكية

تنتقل السيارة الى مرحلة الميكانيكية بعد تجميع جميع الاجزاء والقطع واجراء الفحص في المرحلة الاولى والتي يطلق عليها مرحلة تجميع محرك السيارة وملحقاته في محطة رقم (15) التي يعمل فيها (8) عمال يقومون بالمهام الاتية.

أ. ربط ناقل الحركة بالمحرك وربط السلف بناقل الحركة.
ب. ربط كهرباء السلف بالداينمو.
ت. ربط قاعدة الكمبريسر ضاغط المقود (Power Steering)
ث. ربط قاعدة المحرك (حامل المحرك)
ج. ربط (Drive Shift) بالكيربوكس .
ح. ربط عنبر الزيت (سي اؤيل).

تكون هذه المحطة على ارتفاع متر تقريبا عن سطح الارض، لذلك تعلق السيارة بصورة تسمح للعاملين بتجميع الاجزاء الميكانيكية وتفرعات المحرك من اعلى واسفل الهيكل وعملية تجميع الاطارات , تتضمن هذه المرحلة (3) محطات يرمز لها (Mo1,Mo2 and Mo3) .

المرحلة الثالثة :- المرحلة النهائية

تبدأ مرحلة التجميع النهائي للسيارة في المرحلة الميكانيكية التي تضم (11) محطة يرمز لها بالرموز (Fo1,Fo2,Fo3…….Fo11)، اذ يجري تجميع الاجزاء الكمالية والخارجية للسيارة بعد ان تم تجميع الاجزاء الاخرى في المراحل السابقة ،تنتقل السيارات خلال هذه المحطات بواسطة ناقل ارضي إلى مرحلة الفحوصات الديناميكية.

المرحلة الرابعة :- مرحلة الفحوصات الديناميكية

1. تبدأ مرحلة الفحوصات الديناميكية بمحطة فحص موازنة الاطارات والمصابيح وتسمى (Wheel Alignment)، اذ يتم موازنة وضبط استقامة الاطارات منعاً لانحراف السيارة اثناء القيادة وكذلك يتم معايرة استوائية المصابيح الامامية.
2. يتم اختبار ديناميكية السيارة عن طريق العجلة (Roll)لفحص سرعة السيارة والاتجاهات والمكابح وناقل الحركة وتسمى (Roll Test) .

3. ثم تخضع السيارة إلى الاختبار الميداني (Road Test)بظروف مشابهة للواقع في مضمار خاص يحتوي على مطبات لفحص حالة السيارة مع الاتجاهات والسرعة للتعرف على العيوب اثناء القيادة والتأكد فيما اذا كان هنالك اي تسريب في الانابيب.
4. ثم يجري فحص السيارة بواسطة اختبار (Shower Test)من خلال تسليط ماء قوي على السيارة في حالة وجود عيوب تؤدي إلى دخول الماء إلى داخل السيارة .
5. ثم تتحول السيارة إلى قسم السيطرة النوعية لفحص السيارة و تأشير الملاحظات في ورقة خاصة توضع في هيكل السيارة تكتب فيها العيوب ليتم معالجتها في المرحلة النهائية , وفي حالة ظهور اي خلل خلال الاختبارات
6. يتم تحويل السيارة إلى مرحلة اعادة العمل (Rework)التي يتم فيها اصلاح الخلل بواسطة بـ(السمكرة، الصباغة، الصيانة الكهربائية، الصيانة الميكانيكية) ،يقوم قسم السيطرة النوعية بمعاينة هيكل السيارة اثناء العمل وتسجيل العيوب والملاحظات في ورقة خاصة بتلك العملية ، اما في حالة اجتياز السيارة جميع الاختبارات تحصل على شهادة ضمان من قبل قسم السيطرة النوعية للتسويق .ويوضح الجدول(2) المهام المنجزة في محطات العمل واوقات الانجاز والوقت العاطل ووقت الانتظار .

الجدول (2): المهام المنجزة في محطات العمل في خط تجميع سيارات الصالون (صبا)

ت	رمز المحطة	المهام التي تنجز في المحطة	الوقت اللازم لإنجاز المهام (دقيقة)	وقت المهمة السابقة (دقيقة)	الوقت العاطل (دقيقة)	الاختناقات ووقت الانتظار (دقيقة)
.1	T1	-ربط العازل تحت الدشبول - ربط (كيلون باب + نرمادات) - غلق الفتحات الموجودة في الصندوق مع ربط سبرنك الصندوق	7	-	-	-
.2	T2	- تأسيس الاسلاك الرئيسة و الفرعية - ربط الفرامل اليدوية (Hand Break)	5	7	2	-
.3	T3	- ربط تقسيم الفرامل مع الانابيب - ربط العقل - ربط (ماطور الماسحات) مع الاذرع	5	5	-	-
.4	T4	- ربط عمود المقود - ربط دواسات (الكلج ، الوقود ، الفرامل) - تاسيس الاجزاء الكهربائية في القمارة	6	5	-	1
.5	T5	- ربط غلاف القمارة - ربط حزام الامان الخلفي - ربط قاعدة الكتفات - ربط راديتر التبريد	8	6	-	2
.6	T6	- ربط الابواب الامامية -تركيب زجاج الابواب الامامية	4	8	4	-
.7	T7	- ربط الابواب الخلفية - تركيب زجاج الابواب الخلفية	6	4	-	2
.8	T8	- ربط حزام الامان الامامي - ربط العازل الارضي و تغليف الارضية - ربط اقفال الابواب الاربعة	5	6	1	-
.9	T9	- ربط الدعامية الخلفية والمصباح الخلفي (Back Light) - ربط الشمسيات و مقابض الابواب وتأسيس كهرباء الابواب (الاضاءة عند فتح الابواب) - ربط قفل الصندوق	10	5	-	5
.10	T10	- ربط التبريد مع المروحة - وضع الدشبول و العدادات مع غطاء العدادات	7	10	3	-
.11	T11	- ربط انابيب التبريد - ربط الدعامية الامامية	4	7	3	-

.12	T12	- ربط الدبل الامامي والخلفي - ربط اجزاء البنيد	5	4	-	1
.13	T13	- ربط المرايا الجانبية - ربط المقود - ربط غلاف (الدشبول خلفي) و ربط السماعات	7	5	-	2
.14	T14	- نقطة فحص السيارة من قبل السيطرة النوعية .	11	7	-	4
.15	M1	- ربط ساید بریك بأنابيب البريك - ربط الاكسل - تثبيت الدبل في(Drive Shift) وربطه بمشط المقود - تثبيت المحرك	12	11	-	1
.16	-M2	- تثبيت الدعامية الامامية و الواقيات الامامية - تثبت الدعامية الخلفية و الواقيات الخلفية - ربط خرطوم البانزين - ربط عازل الصالنصة	12	12	-	-
.17	-M3	- تثبيت الاطارات الاربعة - ربط الفرامل الامامية - ربط الصالنصة - ربط ناقل الحركة بالصالنصة	7	12	5	-
.18	-F1	- تغليف الساید بریك وناقل الحركة عن طريق وضع (اغطية) - تغليف الصندوق - ربط دكة المحرك وتعزيمها	5	7	2	-
.19	-F2	- ربط قاعدة البطارية - ربط الراديتر	8	5	-	3
.20	-F3	- ربط (المصابيح) الامامية - تأسيس الكهرباء - ربط صندوق الفيوزات - تأسيس مرشاة المياه للزجاج الامامي	4	8	4	-
.21	-F4	- ربط المقاعد الامامية والخلفية - ربط البطارية	5	4	-	1
.22	F5	- نصب الزجاج الامامي والخلفي - ربط الماسحات امامية وتغليفها	7	5	-	3
.23	-F6	- تعبئة الراديتر بالماء - تعبئة محرك السيارة بالزيوت	7	7	-	-
.24	-F7	- تعبئة غاز التبريد - تعبئة الخزان بالوقود	5	7	2	-
.25	-F8	- تعبئة الزيت الخاص بالمقود (Power Steering) - ربط ترايش الابواب	6	5	-	1
.26	-F9	- تجهيز السيارة بعدة ومثلث واطار احتياطي	6	6	-	-
.27	-F10	- تعريف وبرمجة العقل (ECU) و تشغيل السيارة	6	6	-	-
.28	F11	- نقطة فحص السيارة من قبل السيطرة النوعية	5	6	1	-
مجموع الاوقات الفعلية			186		26	25

المصدر : اعداد الباحث بالاعتماد على بيانات المعمل

مجموع وقت تجميع السيارة الواحدة = 186 دقيقة
مجموع الوقت العاطل =26
مجموع الاختناقات =25

ثانياً: مقاييس موازنة خط التجميع الفعلية

تبلغ الطاقة التصميمية لخط تجميع سيارات الصالون (صبا) (30000) سيارة سنوياً، بواقع (250) يوم عمل في السنة ،(3) وجبات عمل في اليوم وبذلك يبلغ معدل الانتاج اليومي (120) سيارة خلال (3) وجبات، (40)خلال وجبة العمل الواحدة *

بما ان الشركة تعمل وجبة عمل واحدة لمدة (8) ساعات عمل يومياً،فان عدد الوحدات المنتجة (40) سيارة يوميا الا ان الواقع الفعلي يشير الى انتاج (24)

سيارة يوميا ، كما يعمل في الخط (170) مهندسي وفني وعامل ،الذي يعتمد معدل الانتاج على سرعة وكفاءة العاملين .

تم حساب مقاييس موازنة خط التجميع الفعلية كالاتي :

1. معدل الانتاج الفعلي في اليوم = 24 سيارة / اليوم
2. وقت دورة الانتاج الفعلية = الوقت المتاح/الانتاج الفعلي
3. وقت دورة الانتاج الفعلية = 8 ساعات* 60 دقيقة /24سيارة= **20دقيقة**

-نسبة كفاءة الخط = $\frac{\text{محتوى العمل}}{\text{عدد المحطات* وقت الدورة}}$

$$= \frac{186}{20*28}$$

$$= 33\%$$

4. نسبة تأخير التوازن = 1 – كفاءة الخط

$$= 1-33\%$$

$$= 67\ \%$$

5. الوقت العاطل 26 دقيقة لكل سيارة مجمعة

الجانب الثاني :موازنة خط التجميع باستعمال الخوارزمية الجينية

اولاً : خطوات تصميم البرنامج

جرى تصميم البرنامج وفق مرحلتين هما :-

1. **المرحلة الاولى:** تتضمن المرحلة الاولى الاتي :

أ. تعريف وتحديد المشكلة :

تساعد موازنة خط التجميع في توزيع المهام على محطات العمل وتقليل الوقت العاطل بين المحطات بهدف زيادة كفاءة خط التجميع وتحقيق التدفق المستمر في الخط. تتمثل المشكلة في خط تجميع سيارات الصالون (صبا) في عدم توزيع المهام بشكل صحيح على محطات العمل ، مما يؤدي الى تراكم المواد ، الذي يؤدي إلى ارباك العمل وانخفاض كفاءة خط التجميع و كمية الانتاج وعدم القدرة على تحقيق كمية الانتاج المخطط لها .

ب. تحديد لغة البرمجة :

تم استخدام لغة (Matlap2018) في كتابة البرنامج ، التي تمثل احدى لغات البرمجة المرئية، التي تعمل ضمن بيئة Windows وتتصف بالمرونة العالية في تكوين وانشاء برامج النوافذ Windows Program ، وتتميز هذه اللغة بالعديد من المزايا اهمها سهولة وسرعة أنشاء تطبيقات Windows ، تمتلك بيئة تطوير متكاملة ، تساعد في اكتشاف الاخطاء عند كتابة الاوامر والتأكد من صحة كتابة الرمز (Code) ، فضلاً عن الارتباط بتطبيقات Windows ، وامكانية فصل برمجة الواجهات، مما يوفر امكانية عدم التداخل بين برمجة الواجهات اي ان الخطأ الحاصل في برمجة احدى الواجهات، لا يؤثر على الواجهات الاخرى ، كما تمتاز بقدرتها على خزن كمية كبيرة من المعلومات ومعالجتها في وقت قياسي .

2. **المرحلة الثانية :**

تتضمن هذه المرحلة تطبيق الخوارزمية الجينية باستعمال البرنامج وكالاتي :-

أ. تحديد المدخلات (Input)

تتمثل مدخلات برنامج الموازنة خط التجميع باستعمال الخوارزمية الجينية المعلومات اللازمة عن :

1. المهام التي يتم انجازها في كل محطة والتي تم توضيحها في الجدول (5).
2. معدل الطلب اليومي (40) سيارة (تم تحديد الطلب اليومي بالاعتماد على الطاقة التصميمية ، الذي قد يصل اكثر من الطاقة التصميمية.
3. عدد ساعات العمل اليومي (8) ساعة/اليوم.
4. عدد وجبات العمل (1) وجبة/اليوم.
5. عدد محطات العمل (28) محطة عمل.
6. اوقات المهام الموضحة في الجدول (5).

ب. المعالجة (processing)

تتكون المعالجة من مجموعة الاجراءات المبرمجة التي تتحكم في عملية الاختيار الفعال للترتيب الذي يحقق افضل توازن ، استخدام معادلات خط التجميع من خلال تطبيق الخوارزمية الجينية وفق الخطوات الاتية :

1. تحديد اوقات المهام من خلال التهيئة Initialisation ، التي تتراوح بين (4 -12) دقيقة ، إذ يعبر رقم (4) عن اقل وقت ورقم (12) اعلى وقت من اوقات المهام الفعلية، إذ تقوم الخوارزمية الجينية بالبحث بشكل عشوائي لتوليد اوقات جديدة تسمى الكروموسومات، ويتم تقييم الكرموسوم الجديدة من خلال دالة المطابقة او دالة التقييم Fitness function لتقييم الكروموسوم وفق اعلى نسبة كفاءة للخط ،اما اذا كانت نسبة الكفاءة منخفضة فيهمل الكرموسوم ويجري اختيار كرموسوم جديد في دالة التقييم وتتكرر العملية إلى ان يتم الوصول إلى اعلى كفاءة .
2. تتمثل المعادلات المستخدمة في حساب النتائج بالمعادلة رقم (1-2-3-4-5)

ب. المخرجات :

يجري تشغيل البرنامج من خلال الواجهات الرئيسة والمصممة بلغة (Matlap2018)، الموضحة في الملحق (4) تعمل واجهة المستخدم كوسيلة اتصال بين البرنامج والمستخدم بأسلوب سهل ومفهوم الاستخدام وبلغة تخاطب من خلال الرسوم والجداول والتي تمت على وفق مبادى اساسية تمكن المستخدم من حل المشكلة وهي مشكلة عدم موازنة الخط التجميع .

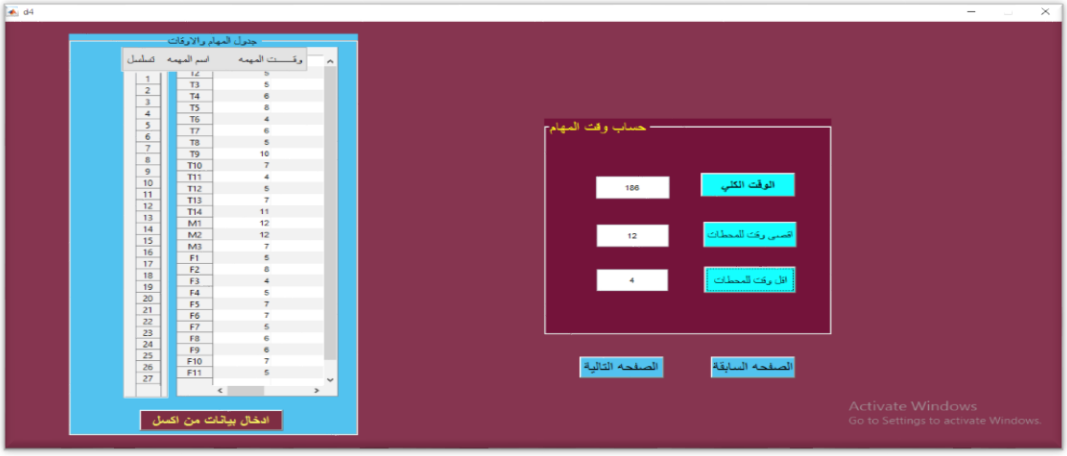
ثانياً : تنفيذ المعالجات في البرنامج لتطبيق الخوارزمية الجينية

يجري تنفيذ المعالجات في البرنامج لتطبيق الخوارزمية الجينية الخاصة بموازنة خط التجميع كالاتي:

1. البداية (واجهة تعريفية) الموضحة بالشكل (3) التي تتضمن معلومات عن اسم الشركة وخط التجميع ونوع السيارة وتاريخ البدء والانتهاء من الانتاج .

شكل (3) : واجهة تعريف البرنامج

2. يجري استدعاء يتم الجدول من برنامج (Excel) الذي يحتوي على تسلسل المهام واسم المهمة ووقت المهمة ، ويحسب مجموع محتوى العمل(Job Content) بالاعتماد على جمع عمود معدل الوقت الخاص بالمهام وحساب اقصى وقت للمحطات واقل وقت كما في الشكل(4).

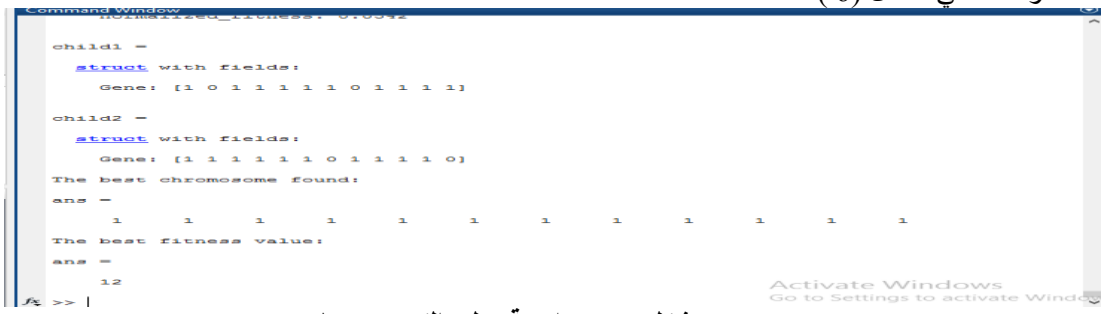


الشكل (4): مدخلات برنامج تطبيق الخوارزمية الجينية

3. تتضمن واجهة المقاييس مدخلات وقت المتاح يومياً(Production Time Available Per Day) والبالغ (8 ساعات x 60 دقيقة= 480) دقيقة والطلب اليومي (Demand Per Day) والبالغ (40) سيارة كما موضحة بالشكل (5)

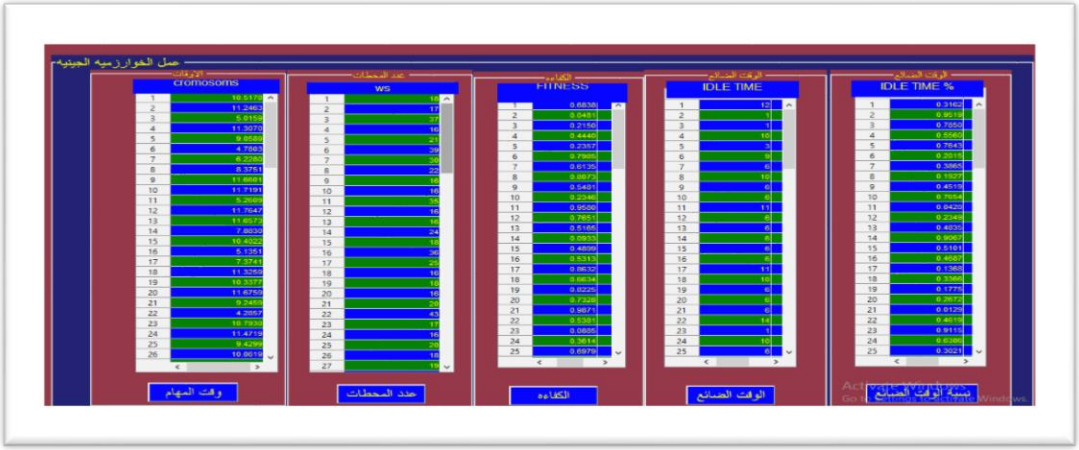
الشكل (5) : واجهة مدخلات البرنامج

4. توليد الكروموسومات بشكل عشوائي من خلال اوقات المهام المحصورة بين (4-12) دقيقة كما موضحة في الشكل (6)



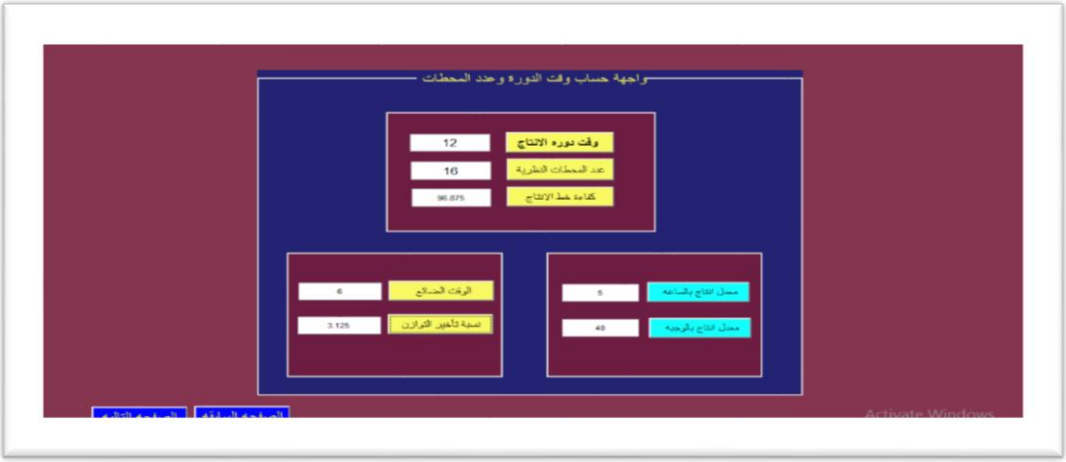
شكل (6): واجهة توليد الكروموسومات

5. تم حساب مقاييس موازنة خط التجميع وفق المعادلات (2 -3 -4 -5).
   أ. يمثل العمود الاول الكروموسومات التي تم توليدها بشكل عشوائي من خلال ادخال الحد الادنى (4) والحد الاعلى (12) للجينات المتمثلة بأوقات المهام.
   ب. يمثل العمود الثاني يمثل عدد محطات العمل .
   ت. يمثل العمود الثالث دالة التقييم (Fitness function) ،التي تعبر عن الكفاءة (**Efficiency (E**).
   ث. يمثل العمود الرابع حساب الوقت الضائع .
   ج. يمثل العمود الخامس حساب نسبة تأخير التوازن .
   ح. **الدورة : Loop** اذ تحقق معيار التوقف ، تتوقف الخوارزمية وبعكسه يتم الرجوع إلى الخطوة (أ) وتسمى تكرار العملية بالجيل Generation وبعد نهاية التنفيذ يقوم الباحث بتقديم تقرير عن الحقائق التي تم التوصل إليها.كما موضحة في الشكل (7) والشكل (8) يوضح مخرجات البرنامج .
6. اظهار النتائج



شكل (7): واجهة عمل الخوارزمية الجينية

7. واجهة اظهار النتائج كما موضحة في الشكل (8)



شكل (8): واجهة النتائج

6. تخصيص المهام على محطات العمل

الجدول (3): توزيع المهام على المحطات عمل جديدة

اسم المحطات	المهمة او العملية	وقت دورة الانتاج الفعلي	وقت دورة الانتاج النظري	الوقت العاطل
S1	T1-T2	12	12	-
S2	T3-T4	11	12	1
S3	T5-T6	12	12	-
S4	T7-T8	11	12	1
S5	T9	11	12	1
S6	T10-T11	11	12	1
S7	T12-T13	12	12	-
S8	T14	11	12	1
S9	M1	12	12	-
S10	M2	12	12	-
S11	M3	11	12	1
S12	F1-F2	12	12	-
S13	F3-F4	12	12	-
S14	F5-F6	12	12	-
S15	F7-F8	12	12	-
S16	F9-F10	12	12	-
المجموع				دقائق6

المصدر : اعداد الباحث

اذ يوضح الجدول (3) عملية توزيع المهام على محطات العمل بعد موازنة خط التجميع بعد ان تم تحديد تتابع محطات العمل ووقت الدورة ،خصصت المهام (العمليات) على محطات عمل وفق المحددات الآتية:

أ. أن لا يتجاوز عدد المحطات عن (16) محطة.

ب. أن لا يتجاوز وقت كل محطة (مجموع المهام في كل محطة) 12 دقيقة.

ت. أن تراعى الأسبقيات وتسلسل العمليات عند تخصيصها إلى محطات العمل.

ث. عدم ترك مهمة دون تخصيصها على محطة عمل.

ثالثاً: مقارنة مقاييس موازنة خط التجميع

جرت مقارنة مقاييس موازنة خط التجميع وفق اسلوب الشركة مع المقاييس التي تم التوصل اليها باستعمال الخوارزمية الجينية وفق البرنامج المصمم وكما مبين في الجدول(4)

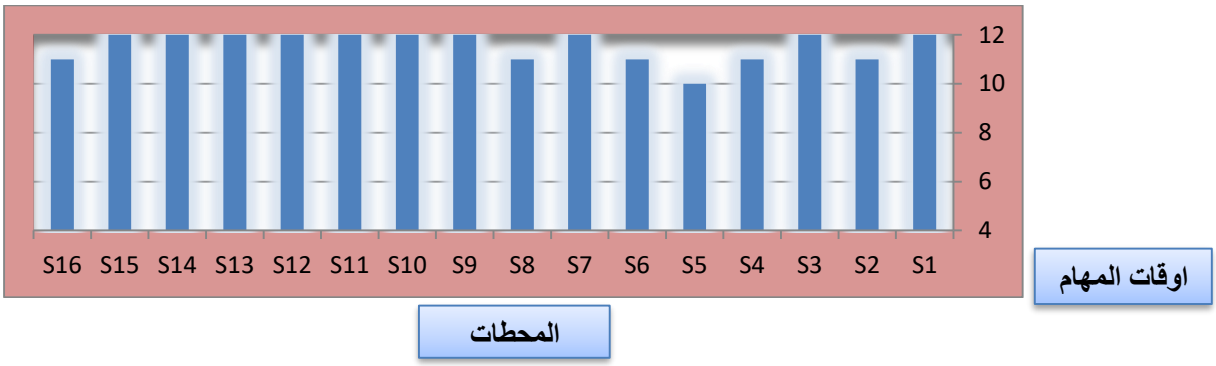
جدول (4): مقارنة مقاييس موازنة خط التجميع

المقاييس	الخوارزمية الجينية	اسلوب الشركة
عدد السيارات	40 سيارة	24 سيارة
وقت دورة الانتاج	12 دقيقة	24دقيقة
عدد محطات العمل	16محطة	28محطة
نسبة كفاءة الخط	%96	33%
نسبة تأخير التوازن	%3	% 67
الوقت العاطل	6دقائق	51دقيقة

المصدر : اعداد الباحث

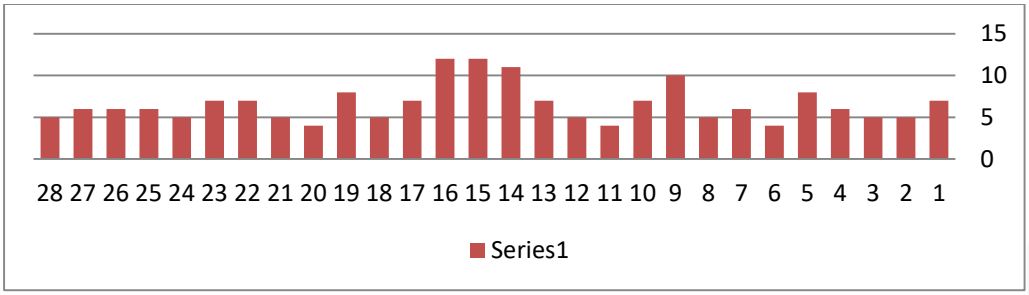
1. زيادة عدد الوحدة المنتجة بمعدل (40) سيارة في وجبة العمل الواحدة ، بعد ان كانت عدد الوحدات المنتجة قبل الموازنة (24) سيارة في وجبة العمل الواحدة .
2. يشير الواقع الفعلي لخط التجميع إلى وجود (28) محطة عمل، في حين بلغ عدد محطات العمل (16) محطة وفق الخوارزمية الجينية .
3. ارتفاع كفاءة خط التجميع بعد تطبيق الخوارزمية الجينية إلى (96 %) بعد ان كانت (33%).
4. انخفاض الوقت العاطل من 51 دقيقة الى 6 دقائق .
5. انخفضت نسبة التأخير إلى (3%) بعد ان كانت نسبة التأخير في الواقع الفعلي (67%) .

ويوضح الشكلين (9 -10) توزيع المهام على محطات العمل وفق اسلوب الشركة ووفق تطبيق الخوارزمية الجينية



شكل (9): توزيع المهام على محطات العمل وفق الخوارزمية الجينية

المصدر : اعداد الباحث



شكل (10): توزيع المهام على محطات العمل وفق اسلوب الشركة
المصدر: اعداد الباحث

المحور الرابع :الاستنتاجات والتوصيات

اولا: الاستنتاجات

يمكن ايجاز اهم الاستنتاجات التي توصل اليها الباحث في الاتي:-

1. يؤدي تباين عبء العمل بين المحطات الى وجود وقت عاطل واختناقات وزيادة وقت دورة الانتاج وانخفاض كفاءة الخط .
2. ضعف الاسلوب المعتمد في توثيق البيانات والمعلومات الخاصة بالخط لخط تجميع سيارات الصالون (صبا) من حيث (حجم المخرجات و اسباب تأخير عملية التجميع على الخط واوقات المهام).
3. غياب الاسلوب العلمي في توازن خط التجميع سيارات الصالون (صبا) جعل من عملية متابعة الخط وتحليل مكوناته شبه ضبابية، والذي يتمثل وعدم تحديد اوقات قياسية للمهام المنجزة في كل محطة والوقت الذي تستغرقهُ المحطة في انجاز العملية .
4. موازنة الخط في أحسن الاحوال تخضع لافتراضات شخصية بسيطة لا تتلائم مع طبيعة عمل خط التجميع وتعد اساليب العمل المطبقة داخل المعمل تقليدية ولا تواكب حالات التطور التي تشهدها عمليات التصنيع.
5. ضعف اداء العاملين نتيجة لقلة الخبرات والمهارات التي يمتلكونها والحاجة الى التدريب وعدم انتظام عملية النقل والمناولة داخل خط التجميع.
6. أثبت نموذج المحاكاة المصمم لتطبيق الخوارزمية الجينية على خط التجميع والمتمثل بخط سيارات الصالون (صبا) قدرته على محاكاة الواقع الفعلي واستخراج النتائج المطلوبة، حيث يتميز بالمرونة العالية في معالجة مشكلات عدم توازن الخط في ظل ظروف عمل عشوائية تمثلت بعشوائية أوقات المهام.
7. يساعد تطبيق الخوارزمية الجينية في تحديد وقت الدورة الامثل ، والذي ينعكس على توزيع المهام على محطات العمل بشكل صحيح .
8. زيادة كفاءة خط التجميع نتيجة لتحديد الوقت الامثل للدورة الانتاج والقضاء على الاختناقات والوقت العاطل بين المحطات .
9. زيادة مخرجات خط التجميع نتيجة لموازنة الخط وزيادة كفاءته ، التي ساعدت في تقليل الوقت العاطل والاختناقات .
10. تفوق مقاييس موازنة خط التجميع بتطبيق الخوارزمية الجينية على مقاييس الاداء الفعلية لخط التجميع وفق الاتي :
   أ. عدد الوحدة المنتجة بمعدل (40) سيارة في وجبة العمل الواحدة ، بعد ان كانت عدد الوحدات المنتجة قبل الموازنة (24) سيارة في وجبة العمل الواحدة.
   ب. يشير الواقع الفعلي لخط التجميع إلى وجود (28) محطة عمل، في حين بلغ عدد محطات العمل (16) محطة وفق الخوارزمية الجينية .
   ت. ارتفاع كفاءة خط التجميع بعد تطبيق الخوارزمية الجينية إلى (96 %) بعد ان كانت (33%).
   ث. انخفاض الوقت العاطل من 51 دقيقة الى 6 دقائق.
   ج. انخفضت نسبة التأخير إلى (3%) بعد ان كانت نسبة التأخير في الواقع الفعلي (67%) .

ثانيا : التوصيات

1. تطبيق الاساليب العلمية في موازنة خط التجميع من اجل تحقيق افضل ترتيب للمهام واعلى نسبة كفاءة واقل وقت عاطل .
2. ضرورة استخدام الاساليب الكمية من قبل الشركة لتخطيط وجدولة المواد الداخلة لعملية التجميع بالطريقة التي تتلاءم مع متطلبات خط التجميع ، وهذا يؤهلها لتجاوز بعض المعوقات التي تؤثر في كفاءة وفاعلية تدفق الخط.
3. تحليل وكشف نقاط الاختناق والاوقات العاطلة اولاً بأول ومعالجة تلك المشكلات بإعادة تخصيص وتوزيع المهام على وفق خوارزمية الدراسة.
4. على ادارة المعمل الاهتمام بعملية توثيق البيانات والمعلومات لجميع الخطوط ومنها خط التجميع من حيث حركة الخط ومحاولة جدولة الاعمال على الخط من خلال الاستفادة من المحطات العاطلة عن العمل.
5. اعادة تدريب وتطوير العاملين وذلك لتحسين اسلوب العمل لديهم للإسهام في تحسين ورفع نسب الانجاز لديهم، واستخدام الحوافز المادية والمعنوية لرفع مستوى الدافعية في تنفيذ الاعمال.
6. ضرورة استخدام وتطبيق نموذج المحاكاة المصمم باستعمال الخوارزمية الجينية لموازنة خط تجميع من قبل الشركة، ولاسيما بعد أن أثبتَت الخوارزمية

الجينية قدرتها على احتواء حالات التغيير والعشوائية لأوقات المهام وتحقيق توازن الخط.

المصادر:

اولاً : المصادر العربية

I. الكتب العربية :

1. دودين ،أحمد يوسف،"،2012 ،"إدارة الإنتاج و العمليات، الطبعة الاولى"، الاكاديميون للنشر والتوزيع، الاردن، عمان.
2. ال فيحان، ايثار عبد الهادي،2011، "إدارة الإنتاج والعمليات"، الطبعة الاولى، دار الكتب والوثائق، بغداد.
3. محسن، عبد الكريم والنجار، صباح مجيد،2012، "ادارة الانتاج والعمليات"، الطبعة الرابعة، بغداد، الذاكرة للنشر والتوزيع.

II. البحوث العربية :

1. الحكاك، ندى،2019 ،استخدام الخوارزميات الجينية لإعادة ترتيب طابور الانتظار في خوارزمية دائرة روبن للجدولة الزمنية ذات المعدل الموزون للشريحة الزمنية، مجلة الجامعة العراقية، العدد 43، ج2.
2. رضا، صباح منفي وصالح، ياسر إبراهيم،2014 ، "استخدام الخوارزمية الجينية في حل مشكلة التخصيص المتعدد الأهداف"، الجمعية العراقية لتكنولوجيا المعلومات المجلد 6، العدد 4 .
3. السبعاوي، أحمد محمود محمد وخليل، زيدون مهند،2014، اقتراح خوارزمية مهجنة عن طريق ربط الخوارزمية الجينية وخوارزمية محاكاة التلدين لحل مسائل التخصيص التربيعية، المجلة العراقية للعلوم الإحصائية (2).
4. العامري، صالح مهدي وداود، فضيلة سلمان،2009، اختيار أساليب موازنة خطوط الإنتاج، مجلة كلية الرافدين الجامعة للعلوم، العدد 24.

III. الرسائل والاطاريح:

1. الجنابي، حسن عادل منهل،2017، تصميم وترتيب خط التجميع لتحسين العملية الإنتاجية باستخدام أسلوب المحاكاة بحث تطبيقي في الشركة العامة لصناعة السيارات، رسالة مقدمة إلى كلية الادارة والاقتصاد/ جامعة بغداد للحصول على درجة ماجستير علوم في الادارة الصناعية.
2. فواز، هذلي،2019، أهمية الترتيب الداخلي في المصنع دراسة ميدانية بمصنع "عطابي وشوبار للبلاط" بلدية برهوم – ولاية المسيلة، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة محمد بوضياف المسيلة.
3. الموسوي، بتول عطية،2004 ، تصميم نظام خبير لتوازن خطوط الانتاج / دراسة حالة في الشركة العامة للصناعات الكهربائية ببغداد، رسالة مقدمة إلى كلية الادارة والاقتصاد / جامعة بغداد للحصول على درجة ماجستير علوم في الادارة الصناعية .

ثانياً : المصادر الاجنبية

I. Books:

1. Goldberg, D. E.,(1989), "**Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning**", Addison-Wesley, Reading, MA
2. Heizer, Jay& Render ,Barry& Munson, Huck.,(2017), "**Operations Management** Sustainability and Supply Chain Management", Pearson Education
3. Krajewski, Judie & Ritzman, Barbara& Malhotra ,Maya. ,(2013), "**Operations Management "Processes and supply chains**", Prentice-Hall, New Jersey.
4. Slack, N & Chambers,S & Johnston.,(2004) "**Operations Management, Book, Fourth Edition**"; Prentice Hall
5. Stevenson, William J. ,(2018), "**Operations Management**", 10th ed., McGraw-Hill / Irwin, US.
6. Waller, Derek. L ., (1999), "**Operation Management A Supply Chain approach**" 2ed : Thomson

II. Foreign Research:

1. Meyr,H.,(2004),**Supply Chain Planning in the German Automotive Industry**,OR Spectrum,26(4),447-470.
2. Nearchou . A., (2006) "Balancing large assembly lines by a new heuristic based on differential evolution method" Springer-Verlag London Limited,.
3. Nejad ,Mazyar Ghadiri & Kashan ,Ali Husseinzadeh.,(2019), An Effective Grouping Evolution Strategy Algorithm Enhanced with Heuristic Methods for Assembly Line Balancing Problem, **Journal of Advanced Manufacturing Systems**, Vol. 18, No. 3,
4. Ibrahim, Batool.,(2013) Production Flow in Gas Cooker Assembly Line, **Journal of Babylon**

Balancing Problem, **International Con-ference on Data Science, Machine Learning and Statistics** - 2019 (DMS-2019) Faculty of Economics and Administrative Scienc-es,Van Yuzuncu Yil University ,Turkey ,June 26-29, 2019

Pimenta, Silva, Manueland Reis Cecília .,2011,Assembly Line Balancing Using Genetic Algorithms **Conference Paper** ,Jun

University/Engineering Sciences, No.5,Vol.21,.

5. Jameel ,Batool Ibraheem.,(2015)The Effectiveness of Line Balancing on Production Flow Efficiency: An Experimental Study, **Eng. &Tech. Journal**, Vol.33,Part (A), No.6.

III. Journals & Periodicals

1. Hamzadayı1, A.& Bektas, T., Delayed Constraint Generation for the Type-II Assembly Line