

**تصميم نموذج خوارزمية<sup>1</sup>**  
**جينية\_عصبية لحل مشكلة جدولة ورش العمل المضطربة**  
**في حالة الأهداف المتعددة**  
**(دراسة حالة)**

**أ.د محمد عبود طاهر**

**جامعة البصرة / كلية الإدارة والاقتصاد**

**الباحث: عبد الكريم عبد الأمير عبد الكريم**

**جامعة البصرة / كلية الإدارة والاقتصاد**

---

**Design a model of a genetic algorithm-neuro to solve Fuzzy job shop scheduling problem in the case of multi-objectives (Case Study)(Quoted Research)****Prof. Mohammed Abood Tahir****Resercher : Abdulkareem Abdulameer Abdulkareem****Abstract**

This study adopted a methodology of work to build a hybrid model using the artificial intelligence systems, which is represented in Hopfield neural networks and the genetic algorithm. Resolving any Fuzzy Job Shop Scheduling Problem (FJSSP) is through fuzzing the processing times by a triple fuzzy number and fuzzing due date by a double fuzzy number. Hopfield's neural networks are used to improve the performance of the genetic algorithm by generating an initial generation of P size, represents near-optimization solutions, used by the genetic algorithm to perform mating, crossover, and mutation. The study was applied to Al-Ghadeer Printing and Publishing Co. Ltd., where the fuzzy processing times and the fuzzy due date of the four different jobs were processed by eleven machines according to the nature of the job and based on the data in the company records. Finally, the study was able to reach a set of conclusions, the most important of which is to achieve the hypothesis of the involved research. The hybrid model proposed by the researcher will be better in obtaining the optimal jobs sequence, to reduce the finish time and to reach customer satisfaction by delivering the product at the due date through the method of fuzzing the neural networks and the method of fuzzing the genetic algorithm.

- المجلد الثاني عشر
- العدد الخامس والعشرون
- حزيران 2020
- استلام البحث: 2017/6/5
- قبول النشر: 2017/7/6

## تصميم نموذج خوارزمية جينية\_عصبية لحل مشكلة جدولة ورش العمل المضطربة في حالة الأهداف المتعددة

(دراسة حالة)

أ.د. محمد عبود طاهر  
الباحث: عبدالكريم عبدالأمير عبدالكريم

### المستخلص

تبنّت هذه الدراسة منهج وأطار عمل لبناء نموذج هجين باستخدام انظمة الذكاء الاصطناعي المتمثلة بالشبكات العصبية هوبفيلد والخوارزمية الجينية، لحل أي مشكلة من مشاكل جدولة ورش العمل المضطرب (FJSSP) من خلال تضبيب أوقات المعالجة بعدد ضبابي ثلاثي وتضبيب تاريخ الاستحقاق بعدد ضباب ثنائي، إذ استعملت الشبكات العصبية هوبفيلد لتحسين أداء الخوارزمية الجينية من خلال توليد جيل الأولية بحجم P، يمثل حلول قريبة الى الأمثلية، تستخدم من قبل الخوارزمية الجينية لإجراء عملية التزاوج والتداخل الابدالي والطفرة. تم تطبيق الدراسة على شركة الغدير للطباعة والنشر المحدودة، إذ تم تسجيل أوقات المعالجة المضطربة وتاريخ الاستحقاق المضطرب لأربع أعمال مختلفة تعالج من قبل أحد عشر ماكينة حسب طبيعة العمل، وبالاعتماد على البيانات التاريخ في سجلات الشركة. وأخيراً تمكنت الدراسة من الوصول الى مجموعة من الاستنتاجات، أهمها تحقيق فرضية البحث المتضمنة، أن النموذج الهجين المقترح من قبل الباحث يكون أفضل في الحصول على نتائج الأعمال الأمثل؛ لتقليل وقت الانتهاء والوصول الى رضا الزبون من خلال تسليم المنتج بتاريخ الاستحقاق المحدد من اسلوب تضبيب الشبكات العصبية واسلوب تضبيب الخوارزمية الجينية.

## أولاً: منهجية الدراسة

تهدف المنهجية الدراسية الى تعميق الرؤية حول الإطار الفكري والعملية للدراسة من خلال بناء صورة واضحة عن مشكلتها وأهدافها وأهميتها ومنهجها، وتم طرحها وفق الاتجاه الآتي:

### 1. مشكلة الدراسة

تعاني المنشأة الصناعية التي تعمل بنظام حسب طلب الزبائن من كيفية تنظيم تتابع الاعمال (Jobs) حسب كل ماكينة والذي قد يؤدي الى زيادة في وقت الصنع الكلي اللازم لإنجاز جميع الاعمال أو قد يؤدي الى زيادة في الوقت الضائع لجميع المكائن أو عدم تلبية طلبات العملاء في تاريخ الاستحقاق المثبت في العقد المبرم مع المنشأة، وبالتالي قد يؤدي الى خسارة أو عقوبة للمنشأة لما لها من أثر كبير في زيادة الكلفة وانخفاض الإنتاج. لذلك تكمن مشكلة الدراسة في كيفية إيجاد التتابع الأمثل للأعمال (Jobs) الذي يقلل وقت الانجاز، ويعظم مستوى استخدام الموارد، ويحقق رضا الزبون من خلال تسليم المنتج بالوقت المحدد.

### 2. أهداف الدراسة

أن الجدولة تلعب دوراً مهماً في عملية صنع القرار في معظم نظم التصنيع والإنتاج، وهو شرط ضروري جداً لاستقرار ونمو هذه الصناعة لذا تهدف الدراسة الى:

أ. تقديم منهج وأطار عمل لبناء نموذج هجين باستخدام انظمة الذكاء الاصطناعي المتمثلة بالشبكات العصبية هوبفيلد (Hopfield Neural Network)، الخوارزمية الجينية (Algorithm Genetic)، لحل أي مشكلة من مشاكل جدولة ورش العمل المضطربة (FJSSP).

ب. أعداد أفضل تتابع ممكن لأوامر العمل الذي يساهم بشكل كبير في اتخاذ القرار المناسب التي تهدف الى تحقيق الأهداف العامة للمنشأة بالوصول الى رضا الزبون من خلال تسليم المنتج بالوقت المحدد، وتقليل وقت الانتهاء الكلي، وتعظيم مستوى استخدام الموارد، وأهداف أخرى.

ج. تقديم جدولة مثلى لشركة الغدير للطباعة والنشر المحدودة تهدف الى تحقيق رضا الزبون من خلال الإيفاء بالمواعيد المحدد لتسليم المنتج حسب أهمية العمل.

### 3. أهمية الدراسة

أ. نتيجة زيادة حدة التنافس في الاسواق والتي ينتج عنها تسابق مع الزمن بهدف الاستغلال الامثل للموارد ولعامل الوقت؛ لذا برزت أهمية الدراسة بتقديم نموذج واقعي وفعال يضع امام مدراء العمليات أداة معالجة تساعد في صنع القرارات المناسبة لتنظيم تتابع عمليات الإنتاج بصورة أكثر موضوعية بعيداً عن اتخاذ القرارات بالاستناد الى التقديرات الشخصية والخبرة الذاتية.

ب. تكمن الأهمية التطبيقية للدراسة من حيث كونها اسهاماً علمياً متواضعاً يتمثل بتطبيق تقنية لحل مشاكل جدولة ورش العمل المضطربة في البيئة العراقية، فضلاً عن كونه محاولة جادة لتطبيق أسلوب جديد يدمج بين أنظمة الذكاء الاصطناعي؛ ليعطي نظاماً هجيناً يستفاد من محاسن كل نظام ويتجاوز مساوئه، يمكن الاستفادة منه في البيئات العربية والاجنبية.

## ثانياً الإطار النظري

### 1. مشكلة جدولة ورش العمل المضطرب ( Fuzzy Job Shop Scheduling ) ((FJSSP) Problem

تعد مشكلة جدولة ورش العمل من المشاكل الأكثر تعقيداً في مجال جدولة عمليات الإنتاج، إذ يزيد تعقيدها مع ازدياد عدد الأعمال وعدد الماكائن، وتوصف بأنها جدولة  $n$  من الأعمال (Jobs) على  $m$  من الماكائن (Machine) وكل عمل يمر بسلسلة من الماكائن ولكل ماكنه وقت معالجة محدد سلفاً، ولا يمكن معالجة أكثر من عمل واحد على نفس الماكينة بنفس الوقت. وتهدف مشكلة جدولة ورش العمل الى تقليل Makespan (تقليل وقت أنجاز العمل)، والفكرة من وراء هذه الهدف توفير الموارد (العاملين، الماكائن) لتنفيذ مهام بديلة، أو الى تسليم المنتج خلال تاريخ الاستحقاق المحدد هو مقياس لمدى أنجاز الاعمال ضمن تاريخ الاستحقاق، ذلك لان التأخير قد يؤدي الى عقوبات تأخيريته أو خسارة الزبون، وغيرها من المعايير. وتمر (JSSP) بنوعين من القيود [6]: أ. قيود التسلسل (Sequence constraints): وتدعى أيضاً بقيود الاسبقية (precedence constraints)، يشير هذا القيد الى عدم إمكانية معالجة العملية  $j$  للعمل  $i$  حتى يتم معالجة العملية التي تسبقها أي أن وقت البدء (Start time) للعملية  $j$  أكبر أو يساوي وقت انجاز العملية (j-1) [5]، وكما موضح بالمعادلة أدناه:

$$S_{ijl} - S_{i(j-1)k} - t_{i(j-1)k} \geq 0 \quad \forall l \neq k \quad . . . (1)$$

أذ أن:

$S_{ijl}$  = وقت البدء (Start time) للعمل  $i$  للعملية  $j$  على الماكينة  $l$ .

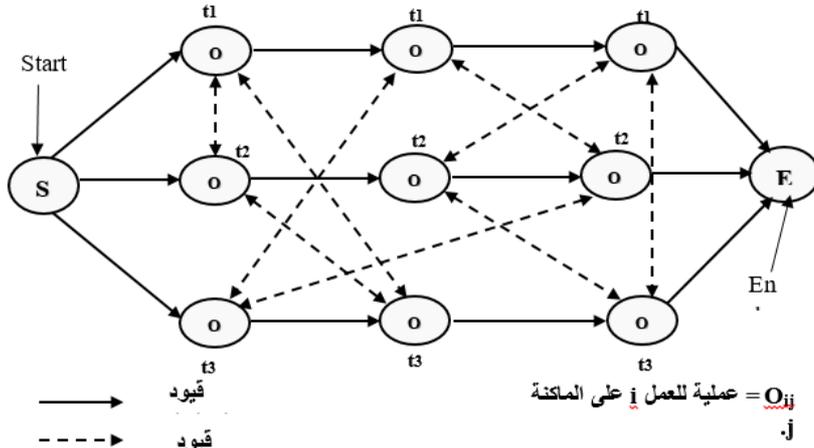
$S_{i(j-1)k}$  = وقت البدء (Start time) للعمل  $i$  للعملية (j-1) على الماكينة  $k$ .

$t_{i(j-1)k}$  = وقت المعالجة (Processing time) للعمل  $i$  للعملية (j-1) على الماكينة  $k$ .

ب. قيود الموارد (Resource constraints): تعد أوقات بدء الاعمال (Job) أو العمليات (operations) هي متغيرات القرار لمشكلة جدولة ورش العمل التي تلعب دوراً هاماً في إيجاد التتابع الأمثل الذي يحقق أهداف المنشأة، إذ تتنافس عدة أعمال (Job) في نفس الوقت على الموارد (الماكينة) [5]، ويمكن توضيح قيود الموارد بالمعادلة أدناه:

$$\begin{cases} S_{ijk} - S_{lpk} - t_{lpk} \geq 0 \\ OR \\ S_{lpk} - S_{ijk} - t_{ijk} \geq 0 \end{cases} \quad \forall i \neq l \quad \dots (2)$$

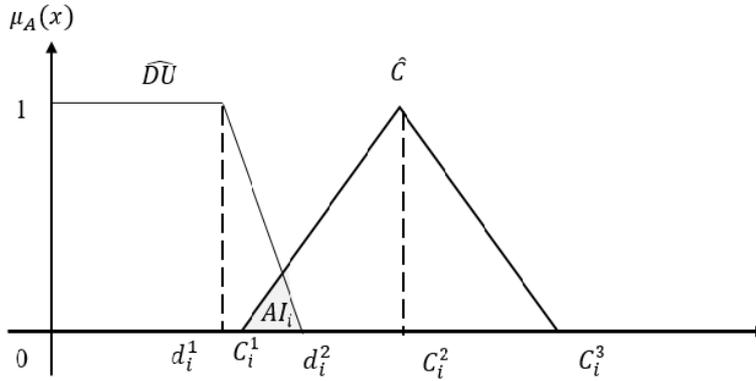
الشكل أدناه يوضح تسلسل الاعمال في مشكلة جدولة ورش العمل.



الشكل (1) قيود التسلسل وقيود الموارد لمشكلة جدولة ورش العمل

المصدر: [4]

وعلى الرغم من الأساليب العديدة المستخدمة لإيجاد حلول جيدة لمشكلة جدولة ورش العمل (JSSP)، إلا أن أغلب الحلول غير فعال عند التطبيق العملي بسبب عدم التأكد لأوقات المعالجة الحقيقية، وهذا ينسجم مع طبيعة المشكلة، إذ أن أغلب أوقات المعالجة غير دقيقة نتيجة اختلاف خبرات العاملين وأداء الماكينة، بالتالي فإن تواريخ الاستحقاق تكون أيضاً غير مؤكده لعدم دقة أوقات المعالجة فضلاً عن زخم العمل وأثر الخبرة في تحديد مواعيد التسليم [12]. ومن خلال هذه الدراسة سنتناول استخدام أسلوب هجين لحل (FJSSP) لكونها أكثر واقعية ودقة من مشكلة جدولة ورش العمل (JSSP)، إذ سيتم تضبيب أوقات المعالجة بأعداد ضبابية مثلثية  $(t_{ij}^1, t_{ij}^2, t_{ij}^3)$ ، تمثل وقت المعالجة المتفائل،  $t_{ij}^2$  وقت المعالجة الأكثر احتمالاً،  $t_{ij}^3$  وقت المعالجة المتشائم، وتضبيب تاريخ الاستحقاق بأعداد ضبابية ثنائية  $(d_i^1, d_i^2)$ ، إذ أقل تاريخ استحقاق،  $d_i^2$  أعلى تاريخ استحقاق [9, 11, 13]. وكما موضح بالشكل (2).



الشكل (٢) تضبيب أوقات المعالجة وتاريخ الاستحقاق

المصدر: [٩،١١،١٣]

أذ أن  $(C_i^1, C_i^2, C_i^3)$ ، تمثل أعداد ضبابية مثلثية لوقت الإنجاز، ويحسب مؤشر التوافق (AI) (Agreement index) حسب المعادلة أدناه:

$$AI_i = \frac{\text{area}(\hat{C}_i \cap \widehat{DU}_i)}{\text{area}(\widehat{DU}_i)} \quad \forall i \in \{1, 2, \dots, n\} \quad \dots (3)$$

أذ أن:

$AI_i =$  مؤشر التوافق للعمل  $i$ .

$\hat{C}_i =$  وقت الانجاز المضطرب للعمل  $i$ .

$\widehat{DU}_i =$  تاريخ الاستحقاق المضطرب للعمل  $i$ .

أذ تتراوح قيمة AI بين الصفر والواحد.

## 2. الشبكات العصبية هوبفيلد:

تعود شبكات هوبفيلد التي تعد إحدى شبكات التغذية العكسية (Recurrent or Feedback Networks) إلى العالم John Hopfield عام 1982م، أذ قدّم أسلوب جديد حدد من خلاله التشابه الوثيق بين شبكته العصبية ونموذج Ising للمواد المغناطيسية، والذي يستخدم في الفيزياء الإحصائية. وأدى ذلك إلى ظهور قدر كبير من النظرية القائمة على تحليل الشبكات العصبية، وشجع العديد من الفيزيائيين، فضلاً عن علماء ومهندسين وآخرين على تحويل انتباههم إلى أبحاث الشبكات العصبية، والتي عززت بدورها التجديد بالاهتمام بالشبكات العصبية واعطاء مصداقية للشبكات العصبية بعد التشوه والضجيج الذي حصل في منتصف الستينيات [7].

تقنية تصميم شبكات هوبفيلد هي اختيار أو إيجاد مصفوفة الأوزان (Weight) ومتجه التحيز (bias) الذي يؤخذ على شكل الدالة المراد تقليلها، أي تحويل المشكلة المراد حلها إلى مشكلة من الدرجة الثانية تقوم شبكة هوبفيلد بتقليلها، من ثم يتم إيجاد حل المشكلة الأصلية. أما الذاكرة الاسترجاعية لشبكة هوبفيلد فتعمل كذاكرة ارتباطية،

ذلك لان الذاكرة المخزونة تسترجع على أساس جزء من المحتوى. ولتوضيح عمل الذاكرة الارتباطية نفترض اننا نريد تخزين مجموعة من الأنماط (شكل النتائج المراد التوصل اليها) بشكل معين في شبكة هوبفيلد، ثم يتم إدخال شكل نمط الإدخال الى الشبكة حيث تكون مخرجات الشبكة تشبه النمط الذي تم إدخاله، ويتم تعيين مخرج الشبكة الأول بدلاً من النمط الذي تم إدخاله، وتكرر العملية لحين الوصول الى النتائج المطلوبة حيث يتم استبدال المخرج الجديد بدلاً من المخرج المخزن اذا كانت النتائج أقرب الى الحل المطلوب بالاعتماد على دالة أو قيمة معينة. أما بالنسبة الى قاعدة التعلم، تعد شبكة هوبفيلد من الشبكات التي ليس لها قانون تعلم مرتبط به، كما إنها لا تتعلم من تلقاء نفسها [7].

### 3. الخوارزمية الجينية:

الخوارزميات الجينية (GA) هي خوارزميات البحث التكييفية الاستدلالية مستوحاة من الأفكار التطورية من الانتقاء الطبيعي وعلم الوراثة الطبيعية لتحسين دوال الهدف المعقدة للغاية [8]. يعد العالم Holland هو أول من وضع أساس لعمل الخوارزمية الجينية من خلال سلسلة من الأبحاث امتدت من العام 1962م ولغاية 1975م من خلال تقديم خوارزميات لمحاكاة بعض الظواهر الطبيعية أستعمل من خلالها مفاهيم التكاثر (Reproduction)، والتزاوج (Mating)، والطفرة (Mutation)، دون أن يستخدم مصطلح الخوارزمية الجينية [3]. وتتم الخوارزمية الجينية بسلسلة من العمليات كما موضح ادناه:

أ. **تمثيل الكروموسوم (Chromosome Representation):** هو تعبير عن متغيرات القرار المراد إيجاد قيم المثلى لها أو تمثل الحلول المتاحة التي يتم معالجتها، كما تعرف بانها عبارة عن خيط رمزي (String) يتكون من مجموعة من الجينات (Genes). وتتطلب الخوارزمية الجينية عملية تشفير الكروموسوم، إذ هناك عدة طرق للتشفير [2].

ب. **الجيل الاولي (Initial population):** هو عبارة عن مجموعة من الكروموسومات (حلول أولية) يتم توليدها بصورة عشوائية بحجم معين حسب طبيعة المشكلة، التي تستخدم لأجراء عملية الخوارزمية الجينية المتمثلة (الانتخاب، الاختيار، التبادل، الطفرة).

ج. **دالة الكفاءة (Fitness function):** دالة تقيس مدى ملاءمة الفرد للبيئة المحلية أو قرب الكروموسوم (الحل) من الحل المثلى، إذ أن الحل ذات قيمة كفاءة عالية تمتلك فرصة أكبر للدخول في عملية التكاثر [2].

د. **الانتخاب (Election):** للحفاظ على الكروموسومات الأكثر ملائمة او الأقرب للحل المثلى يتم انتخاب أو انتقاء نسبة من الكروموسومات على أساس قيمة الكفاءة لضمان بقائهم بالجيل اللاحق.

تصميم نموذج خوارزمية جينية\_عصبية لحل مشكلة جدولة ورش العمل المضطربة في حالة الأهداف المتعددة ...

- هـ. **الاختيار (Selection):** عملية اختيار زوج من الكروموسومات كأباء لأجراء عملية التزاوج وتوليد جيل جديد يحمل صفات مشتركة من الإباء، وتلعب عملية التزاوج دوراً هاماً في تطوير الخوارزمية الجينية [1].
- و. **التداخل الأبدالي (Crossover):** ويطلق عليه أيضاً ب (عملية العبور أو التبادل) هي عملية تبادل الصفات بين الابوين لتوليد مولودين جديدين (كروموسومين جديدين) يحملان صفات مشتركة من الابوين. كما موضح بالشكل أدناه:

000000111	الأبْن الأول	000000000	الوالد الأول
1111111000	الأبْن الثاني	111111111	الوالد الثاني

الشكل (3) يوضح عمل التداخل الأبدالي (Crossover)

حسب منهج الخوارزمية الجينية

- ز. **الطفرة (Mutation):** هي عملية استبدال جين واحد أو أكثر يتم تحديده بصورة عشوائياً بين الأبناء الجدد اللذين تم توليدهم من خلال عملية التداخل الأبدالي (Crossover)، وكما موضح بالشكل التالي:

0001000111	الأبْن الأول بعد الطفرة	0000000111	الأبْن الأول
1110111000	الأبْن الثاني بعد الطفرة	1111111000	الأبْن الثاني

الشكل (4) يوضح عملية الطفرة

المصدر: حسب منهج الخوارزمية الجينية

- ح. **معيار التوقف (Stop Criterion):** هو مقياس أو معيار يستخدم لتوقف الخوارزمية الجينية عن توليد حلول أو أجيال جديده وهناك طرائق مختلفة تحدد متى يتوقف تنفيذ الخوارزمية الجينية، ومن هذه الطرائق: [4]:
1. الوصول الى أقصى عدد محدد من التكرارات.
  2. أفراد المجتمع تكون متماثله لكثير من دورة (تكرار).
  3. الخوارزمية الجينية تمتلك أفضل فرد لأكثر من تكرار.
  4. إذا تم الوصول الى دالة الكفاءة (Fitness function) ضمن مدى محدد من قبل المستخدم.

4. معايير النموذج:

❖ أقل مؤشر توافق (minimum Index Agreement)

$$\min AI = \min(AI_i) \text{ where } i \in \{1,2, \dots, n\} \quad \dots (4)$$

❖ متوسط مؤشر التوافق (Average Index Agreement)

$$AAI = \frac{\sum_{i=1}^n AI_i}{N} ; i \in \{1,2, \dots, n\} \quad \dots (5)$$

❖ درجة الرضا عن التأخير المرجح للأعمال ( Satisfaction grade of )  
(weighted tardiness of jobs)

$$WAI = \sum_{i=1}^n W_i AI_i ; i \in \{1,2, \dots, n\}, W_i = [0,1] \quad \dots (6)$$

أذ أن:

$W_i$  = تمثل أهمية العمل المرجحة حسب العقوبة التأخير أو حسب أهمية الزبون.

❖ درجة الرضا عن عدد الاعمال المتأخرة ( Satisfaction grade of )  
(number of tarty job)

$$NT_i = \begin{cases} 1 & , \quad \text{if } AI_i \leq \lambda \\ 0 & , \quad \text{if } AI_i < \lambda \end{cases} ; i \in \{1,2, \dots, n\}, \lambda = (0.5,1) \quad \dots (7)$$

$$NTAI = \sum_{i=1}^n NT_i / n \quad \dots (8)$$

❖ درجة الرضا عن جميع المعايير

$$Obj - fun = \frac{(minAI + AAI + WAI + NTAI)}{4} \quad \dots (9)$$

والهدف من المعايير أعلاه تعظيم درجة الرضا.

## ثالثاً: الإطار العملي

### 1. الحالة الدراسية:

تعتبر الحالة الدراسية أداة تعليمية فاعلة في كثير من التخصصات؛ لما تقدمه من فوائد كثيرة للباحث كسد الفجوة بين النظرية والممارسة، وبين الجوانب الأكاديمية وأماكن العمل كما أنها توفر فرصة تحديد معالم المشكلة وأدراك وتوضيح المواقف وتقييم مسارات العمل. فلأهمية الحالة الدراسية ومما تقدم سنتناول نبذة عن شركة الغدير للطباعة والنشر المحدودة، والبيانات التي تم تسجيلها، إضافة الى الأسلوب المستخدم من قبل الشركة للجدولة.

### I. البيانات المسجلة

لغرض اختبار النموذج المقترح من قبل الباحث قمنا بزيارة ميدانية الى شركة الغدير للطباعة والنشر المحدود للفترة من 2017/1/23 ولغاية 2017/2/21، أذ تم تسجيل أوقات المعالجة المضطربة لأربع اعمال مختلفة  
تعالج من قبل أحد عشر ماكينة حسب طبيعة العمل (job) بالاعتماد على البيانات التاريخية الموجود في سجلات الشركة ولمدة عام والخبرة من ذوي الاختصاص، وكما موضح بالجدول (1).

أذ أن:

تصميم نموذج خوارزمية جينية\_عصبية لحل مشكلة جدولة ورش العمل المضطربة في حالة الأهداف المتعددة ...

- ❖ العمل 1 طباعة كتاب 500 نسخة.
  - ❖ العمل 2 تقويم جداري 1000 نسخة.
  - ❖ العمل 3 علبة كارتون عدد 1000 نسخة.
  - ❖ العمل 4 وصل قبض عدد 20 دفتر.
- كما تم تسجيل أوقات المعالجة الحقيقية لأعمال الأربعة، والأهمية المرجحة لكل عمل، كما موضح بالجدول (2) و(3) على التوالي.

جدول (1) يمثل وقت المعالجة المضطرب لشركة الغدير

تاريخ الاستحقاق المضطرب	وقت المعالجة المضطرب بالساعة لكل عملية								العمل
	OP8	OP7	OP6	OP5	OP4	OP3	OP2	OP1	
(١٢٠٠١٦٠)	(٣٠٥٠٧) M8	(٤٠٦٠٨) M7	(٨٠١٢٠١٦) M6	(٤٠٦٠٨) M5	(٨٠١٢٠١٦) M4	(١٤٠٦٨٠٢٤) M3	(٨٠١٢٠١٦) M2	(١٦٠٢٤٠٤٠) M1	العمل ١
(٢٤٠٣٢)	.	.	.	(٢٠٣٠٤) M9	(٥٠٥٠١٠٠٥) M8	(٥٠٥٠١٠٢) M3	(١٠٢٠٣) M2	(١٠٢٠٣) M1	العمل ٢
(٧٢٠٩٦)	.	.	.	(٨٠١٦٠٢٤) M10	(٢٠٤٠٦) M9	(٢٠٤٠٥) M3	(٢٠٣٠٤) M2	(٨٠١٦٠٢٤) M1	العمل ٣
(٣٢٠٤٠)	.	.	(٥٠٥٠١٠٠٥) M8	(٥٠٥٠١٠٠٥) M11	(١٠٢٠٣) M6	(٢٠٣٠٤) M3	(٥٠٥٠١٠٠٥) M2	(٥٠٥٠١٠٢) M1	العمل ٤

المصدر: الاعتماد على سجلات الشركة

جدول (2) أوقات المعالجة الحقيقية

وقت الانتهاء بالساعة	وقت المعالجة الحقيقي بالساعة لكل عملية								العمل
	OP8	OP7	OP6	OP5	OP4	OP3	OP2	OP1	
93.5	5 m8	5.5 m7	12 m6	6 m5	10 m4	17 m3	13 m2	22 m1	العمل ١
11.5				3 m9	1.5 m8	1.5 m3	2 m2	2 m1	العمل ٢
76				12 m10	5 m9	4 m3	3 m2	17 m1	العمل ٣
10			1 m8	1.5 m11	2 m6	3.5 m3	1 m2	1 m1	العمل ٤

المصدر: الاعتماد على الأوقات المعالجة الحقيقية التي تم تسجيلها

الجدول (3) الأهمية النسبية للعمل

وزن أهمية العمل	العمل
0.4	العمل 1
0.2	العمل 2
0.2	العمل 3
0.2	العمل 4

المصدر: شركة الغدير للطباعة والنشر المحدودة

## II. الجدولة المستخدمة من قبل الشركة:

تعتمد الجدولة المستخدم من قبل الشركة على تاريخ الاستحقاق وأهمية العمل وحجم العمل، من خلال البيانات المسجلة في جدول (1) نلاحظ أن العمل 2 والعمل 4 لا يتطلب وقت طويل للمعالجة عكس العمل 1 يحتاج الى وقت طويل للمعالجة، ومن خلال

المقابلة مع المدير المفوض بين أن الاعمال التي لا تحتاج الى وقت طويل يتم معالجتها أما في بداية أو قبل تاريخ الاستحقاق بالفترة التي يحتاجها العمل لمعالجته حسب زخم العمل، لذا تم معالجة العمل 4 أولاً ثم العمل 2 وبعدها العمل 1 ذلك لان معالجة العملية الأولى للعمل 3 تتطلب وقت (8,16,24) كما موضح بالجدول (1) وقد يؤثر على وقت الانتهاء الخاص بالعمل 1 . والجدول رقم (4) يوضح الجدولة المستخدمة من قبل الشركة.

الجدول(4) الجدولة الشركة الغدير للطباعة والنشرة المحدودة

المكان										
M11	M10	M9	M8	M7	M6	M5	M4	M3	M2	M1
4	3	2	2	1	4	1	1	4	4	4
		3	4		1			2	2	2
			1					1	1	1
								3	3	3

المصدر: الاعتماد على الجدولة المستخدمة من قبل الشركة

## 2. بناء النموذج

### أولاً: مدخلات النموذج Input:

1. FT: مصفوفة من درجة  $(n \times 3m)$  حيث تمثل  $m$  عدد الماكينات (Machines) و  $n$  عدد الاعمال (Jobs)، وعناصر المصفوفة تمثل اوقات المعالجة الضبابية للعملية  $(i, j)$ .

$$\begin{array}{c} J_i \\ 1 \\ 2 \\ \vdots \\ n \end{array} \begin{array}{cccc} O_1 & O_2 & \dots & O_m \\ \left[ \begin{array}{cccc} \widehat{t_{1,1,k}} & \widehat{t_{1,2,k}} & \dots & \widehat{t_{1,m,k}} \\ \widehat{t_{2,1,k}} & \widehat{t_{2,2,k}} & \dots & \widehat{t_{2,m,k}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \widehat{t_{n,1,k}} & \widehat{t_{n,2,k}} & \dots & \widehat{t_{n,m,k}} \end{array} \right] & ; & k = 1, 2, \dots, m
 \end{array}$$

أذ أن:

2. M: مصفوفة من درجة  $(n \times m)$  تمثل عناصر المصفوفة رتبة العملية (Operation) لكل ماكينة  $k$  (Machine) حسب العمل  $i$  (Job).

$$\begin{array}{c} J_i \\ 1 \\ 2 \\ \vdots \\ n \end{array} \begin{array}{cccc} M_1 & M_2 & \dots & M_m \\ \left[ \begin{array}{cccc} O_{1,1} & O_{1,2} & \dots & O_{1,m} \\ O_{2,1} & O_{2,2} & \dots & O_{2,m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ O_{n,1} & O_{n,2} & \dots & O_{n,m} \end{array} \right]
 \end{array}$$

3. FDUE: مصفوفة من درجة  $(n \times 2)$  تمثل تاريخ الاستحقاق المضطرب لكل عمل (Job).

$$\begin{matrix} J_1 \\ J_2 \\ \vdots \\ J_n \end{matrix} \begin{bmatrix} \widehat{DU}_1 \\ \widehat{DU}_2 \\ \vdots \\ \widehat{DU}_n \end{bmatrix}$$

أذ ان:

1.  $\widehat{DU}_i =$  مصفوفة من درجة  $(1 \times 2)$  تمثل تاريخ الاستحقاق المضطرب للعمل i.
2. WJ: متجه من درجة  $(n \times 1)$  يمثل الأهمية النسبية للأعمال.
3. P: حجم الجيل الاولي (initial Population) المراد توليده.
4. N: عدد الأجيال المراد توليدها (عدد التكرارات).
5. lam: قيمة مؤشر التوافق المقبولة لكل عمل، وتتراوح قيمتها  $(0.5, 1)$ .

ثانياً: مخرجات النموذج **Output**:

1. SFuzzy: مصفوفة من درجة  $(n \times 3m)$  تمثل وقت البدء المضطرب (Fuzzy Start time) لكل عملية (Operation).
2. Cfuzzy: مصفوفة من درجة  $(n \times 3)$  تمثل وقت الانجاز المضطرب (Fuzzy complete time) لكل عمل.
3. Job\_Seq: مصفوفة من درجة  $(n \times m)$  تمثل تسلسل الأعمال (Jobs) لكل ماكينة (Machines).
4. AI: مصفوفة من درجة  $(n \times 1)$  تمثل قيمة مؤشر التوافق لكل عمل (Job)، كما موضح بالمعادلة (3).
5. minAI: يمثل اقل قيمة من قيم مؤشر التوافق (Agreement Index)، كما موضح بالمعادلة (4).
6. AAI: تمثل معدل مؤشر التوافق (Average the agreement index)، وكما موضح بالمعادلة (5).
7. WAI: تمثل قيمة مؤشر التوافق حسب الأهمية النسبية لكل عمل (Job) وكما موضح بالمعادلة (6).
8. NTAI: درجة الرضا عن عدد الاعمال المتأخرة، وكما موضح بالمعادلة (7,8).
9. Opt\_fun: درجة الرضا عن جميع المعايير وكما موضح بالمعادلة (9).
10. E(C<sub>i</sub>): وقت الانتهاء المتوقع لكل عمل (Job).

$$\frac{A^1 + 2a^2 - a^3}{4} \quad \dots \quad (10)$$

**ثالثاً: دالة الهدف (Objective function)**

$$\max Z1 = \min AI_i \quad \diamond$$

$$\max z2 = AAI \quad \diamond$$

$$\max z3 = wAI \quad \diamond$$

$$\max z4 = NTAI \quad \diamond$$

$$\max z5 = opt - fun \quad \diamond$$

رابعاً: أنظمة الذكاء الاصطناعي المستخدمة:

**I. خطوات عمل الخوارزمية الجينية لمعالجة مشكلة جدولة ورش العمل المضبية**

1. توليد حلول أولية (P) من المرات وحساب وقت الانجاز (Completion Time) لكل عمل (job) ودالة الكفاءة (Fitness Function). وسيتم استخدام الدالة أدناه كدالة كفاءة في الدراسة الحالية:

$$Fit = \max \left( \frac{C_i^3}{DU_i^2} \right) \quad \forall i = \{1, 2, \dots, n\} \quad \dots (11)$$

أذ ان:

$$C_i^3 = \text{وقت الانجاز المتشائم للعمل } i.$$

$$DU_i^2 = \text{أعظم تاريخ الاستحقاق للعمل } i.$$

2. النخبة (Elitism): يتم اختيار أفضل 50% حسب دالة الكفاءة من الجيل الابقاء لضمان استمرارهم في الجيل اللاحق.

$$El = p \times 0.5 \quad \dots (12)$$

3. الاختيار (Selection): تتلخص هذه المرحلة باختيار الأزواج المناسبة لأجراء عملية التزاوج، أذ سيتم استخدام طريقة المباراة (Tournament selection) المتمثلة باختيار 16 فرد بصورة عشوائية من المجتمع، ثم تجرى عملية المباراة حسب دالة الكفاءة واختيار أفضل فردين لأجراء التزاوج.

4. التداخل الابدالي (Crossover): تتمثل هذه العملية بتبادل الكروموسومات بين الإباء، سيتم استخدام أسلوب التداخل الحسابي (Arithmetic Crossover) حسب المعادلة التالية:

$$Child1 = a \times parent1 + (1 - a) \times parent2 \quad \dots (13)$$

$$Child2 = a \times parent2 + (1 - a) \times parent1$$

أذ أن قيمة a عدد عشوائي يتراوح بين (0,1).

5. الطفرة (Mutation): يتم اختيار 0.02 من عدد الجينات لكل كروموسوم لأجراء عملية الطفرة.

$$Mu = (m \times n) \times 0.02 \quad \dots (14)$$

6. يتم تكرار العملية (4,5,6) G من المرات لتوليد ابناء الجدد وحساب دالة الكفاءة (fitness function) لهم.

تصميم نموذج خوارزمية جينية\_عصبية لحل مشكلة جدولة ورش العمل المضطربة في حالة الأهداف المتعددة ...

$$G = \frac{(p - El)}{2} \quad \dots (15)$$

7. استبدال الجيل الجديد الذي تم توليده بدلاً عن اسوء ( $2 \times G$ ) من الجيل السابق.

8. يتم تكرار العملية  $N$  من المرات بدءاً من الخطوة (3).

## II. خطوات عمل الشبكات العصبية هوبفيلد (HNN) وألية تدريبها

1. حساب اوقات البدء الاولية (وقت البدء حسب تسلسل العمليات لكل عمل فقط)

$$S_{ijk} = S_{i(j-1)k} + T_{i(j-1)k}; i = 1, \dots, n, j = 2, \dots, m, k = 1, \dots, m \dots (16)$$

2. أيجاد طبقة مؤشر المتغيرات (YI) بالاعتماد على أوقات البدء، وكما موضح أدناه:

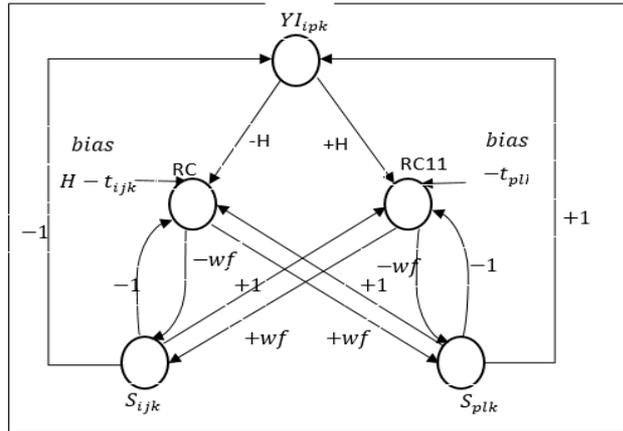
$$Y_{ipk} = 1 \text{ if } S_{ijk} \leq S_{plk} \quad \forall p > i, l \neq i \quad \dots (17)$$

$$Y_{ipk} = 0 \text{ if } S_{ijk} > S_{plk} \quad \forall p > i, l \neq i$$

أذ تتكون الطبقة (YI) من  $b$  من خلايا عصبية (العصبونات).

$$b = \frac{n \times m(n-1)}{2} \quad \dots (18)$$

3. قيود الموارد (resource constraints) ويرمز لها بالرمز RC، تتألف هذه الطبقة ( $b \times 2$ ) من عصبونات وكما موضح بالشكل أدناه.



الشكل (5) خوارزمية قيود الموارد (الطبقة RC)

المصدر: [10]

أذ أن قيمة RC:

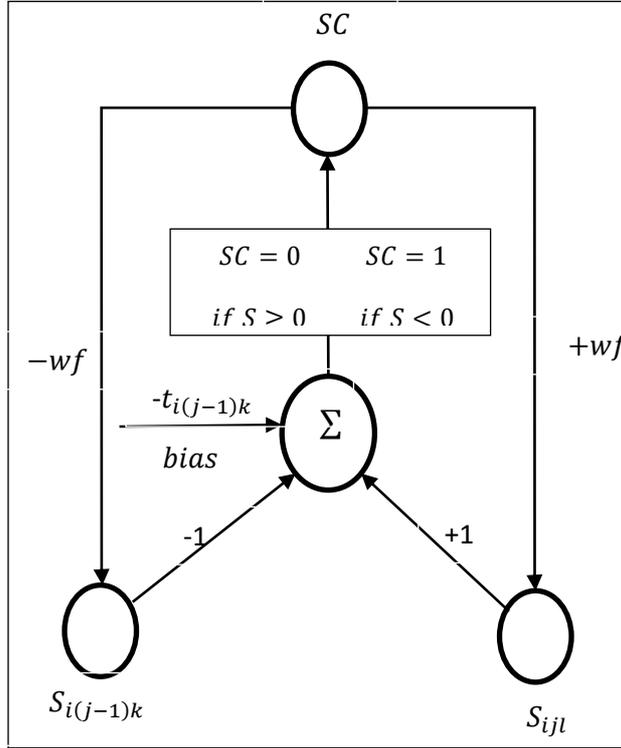
$$RC1 = \begin{cases} 0 & \text{if } S_{plk} - S_{ijk} - t_{ijk} + H - H \times YI_{ipk} \geq 0 \\ 1 & \text{Other wise} \end{cases} \quad \dots (19)$$

$$RC11 = \begin{cases} 0 & \text{if } S_{ijk} - S_{plk} - t_{plk} + H \times YI_{ipk} \geq 0 \\ 1 & \text{Other wise} \end{cases} \quad \dots (20)$$

أذ أن:

$H =$  مجموع أوقات المعالجة لجميع الأعمال.

في حالة قيمة RC يساوي 1 يتم اجراء تعديل على قيمة S من خلال ردود الافعال .Wf  
 4. إيجاد طبقة قيود التسلسل (Sequence constraints) ويرمز لها بالرمز SC  
 وكما موضح بالشكل أدناه:



الشكل (6) خوارزمية قيود التسلسل (الطبقة SC)

المصدر: [10]

أذ أن:

$$NS = S_{ijl} - S_{i(j-1)k} - t_{i(j-1)k} \quad \dots (21)$$

$$SC = \begin{cases} 0 & \text{if } NS \geq 0 \\ 1 & \text{if } NS < 0 \end{cases} \quad \dots (22)$$

في حالة قيمة SC يساوي 1 يتم اجراء تعديل على قيمة S (وقت البدء) من خلال ردود الافعال .Wf

5. تكرار الخطوات (4,3) حتى جميع قيم RC و SC يساوي صفر.

## 6. عملية التدريب

❖ حساب وقت الانتهاء لكل عمل (Completion Time)

$$C^3 = S^3(:, \text{end}) + T^3(:, \text{end}) \quad . . . (23)$$

أذ أن:

$C^3$  = متجه من درجة  $(n \times 1)$  يمثل وقت الانجاز المتشائم لكل الاعمال (Job).  
 $S^3(:, \text{end})$  = متجه من درجة  $(n \times 1)$  يمثل آخر وقت بدء لكل الاعمال (Job).  
 $T^3(:, \text{end})$  = متجه من درجة  $(n \times 1)$  يمثل آخر وقت معالجة لكل الاعمال (Job).

❖ حساب مؤشر التوقف (SI)، حسب المعادلة أدناه:

$$SI = \frac{C_i^3}{DU_i^2} ; i = \{1, 2, \dots, n\} \quad . . . (24)$$

أذ أن:

$DU_i^2$  = أعلى تاريخ استحقاق للعمل  $i$ .

❖ إيجاد قيمة  $Max(SI)$

7. إذا قيمة  $Max(SI)$  أصغر أو يساوي 1 يتم التوقف أي تم الوصول الى الحل الامثل، ما عدا ذلك اجراء تعديل على الأوزان تغيير التسلسل الأعمال حسب الخطوات التالية:

❖ تحديد العمل الذي قيمة  $SI$  أكبر من واحد.

❖ إجراء تغيير بتسلسل بعض العمليات الخاصة بهذا العمل بهدف تقليل قيمة  $SI$ .

❖ إيجاد قيم الطبقة  $YI$  حسب التسلسل الجديد.

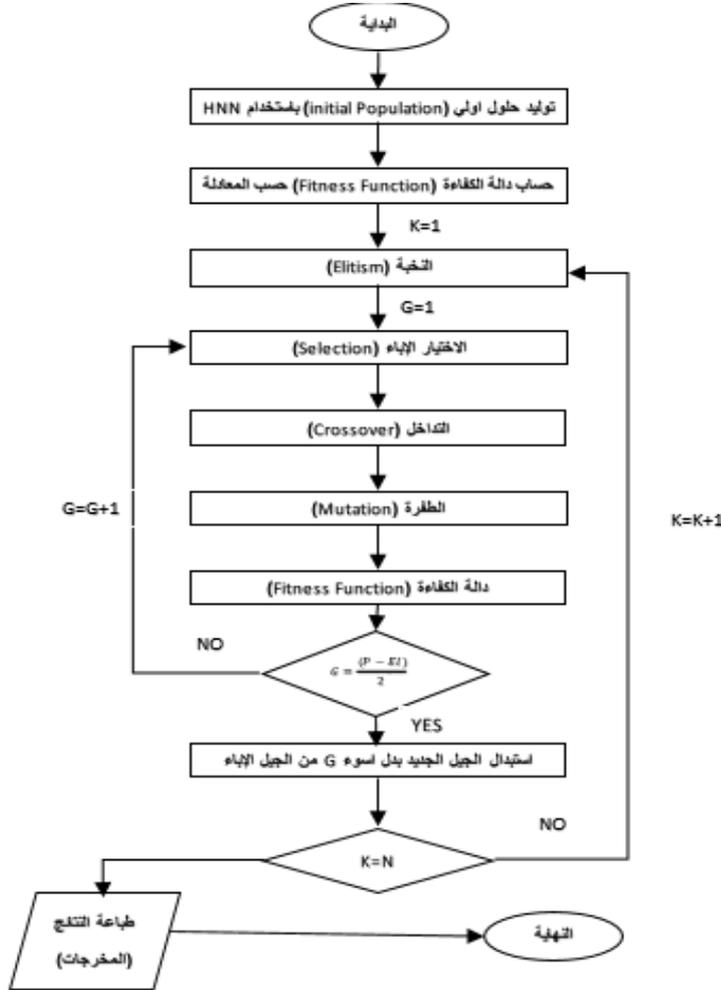
8. الرجوع الى الخطوة (3). يتم تكرار العملية 5000 مرة أو الوصول الى الحل الامثل.

### III. النظام الهجين (الخوارزمية الجينية-العصبية):

- 1- توليد الطبقة  $YI$  عشوائياً  $P$  من المرات.
- 2- إيجاد الحلول لكل طبقة تم توليدها باستخدام الشبكات العصبية وكما موضح في الفقرة (II).

3- حساب دالة الكفاءة (Fitness) لكل حل، وترتيبها تصاعدياً.

4- عمل الخوارزمية الجينية والموضحة بالفقرة (I)، بدءاً من الخطوة (2).  
 والشكل أدناه يوضح عمل الخوارزمية الجينية-العصبية.



الشكل (7) الخوارزمية الجينية-العصبية للنموذج المقترح  
المصدر: أعداد الباحث بالاعتماد على منهجية الخوارزمية الجينية

### 3. اختبار النموذج:

ليس من قبيل الدقة قبول أو رفض فرضية معينة ما لم يكون هناك طريقة لأثبات كونها صحيحة أو خاطئة، لذلك يعد اختبار الفرضية من الأمور المهمة في البحث العلمي لثبوت صحته. سنتناول في هذا المبحث اختبار النموذج من خلال مقارنة النموذج المقترح مع الأسلوب المستخدم من قبل مطبعة الغدير إضافة إلى مقارنة النموذج مع الخوارزمية الجينية والشبكات العصبية كل نظام على حده بتكرار عملية الجدولة أكثر من مره لكل نظام وتسجيل النتائج.

أ. مقارنة النموذج المقترحة مع أسلوب الجدولة المستخدم من قبل شركة الغدير:  
أولاً: المقارنة في حالة وقت المعالجة المضرب.

تصميم نموذج خوارزمية جينية\_عصبية لحل مشكلة جدولة ورش العمل المضطربة في حالة الأهداف المتعددة ...

1. من خلال تطبيق الجدولة المستخدمة من قبل شركة الغدير جدول (4) على وقت المعالجة المضطرب جدول (1) تم الحصول على النتائج ادناه:  
جدول (5) وقت البدء المضطرب لكل عملية حسب الجدولة المستخدمة من قبل الشركة

وقت المعالجة المضطرب لكل عملية								العمل
OP8	OP7	OP6	OP5	OP4	OP3	OP2	OP1	
(63.5,93,133) M8	(59.5,87,125) M7	(51.5,75,109) M6	(47.5,69,101) M5	(39.5,57,85) M4	(25.5,39,61) M3	(17.5,27,45) M2	(1.5,3,5) M1	العمل 1
			(4,7,11.5) M9	(3,5,6,10) M8	(3,5,8) M3	(1,5,3,5) M2	(0,5,1,2) M1	العمل 2
			(43,5,65,96) M10	(41,5,61,90) M9	(39,5,57,85) M3	(25,5,43,69) M2	(17,5,27,45) M1	العمل 3
		(4,5,8,12) M8	(4,7,10,5) M11	(3,5,7,5) M6	(1,2,3,5) M3	(0,5,1,2) M2	(0,0,0) M1	العمل 4

المصدر: بالاعتماد على الجدولة المستخدمة من قبل الشركة

الجدول (6) أوقات الانتهاء المضطرب حسب الجدولة المستخدمة من قبل الشركة

وقت الانتهاء المضطرب			
الوقت المتشائم	الوقت الأكثر احتمالاً	الوقت المبكر	العمل
140	98	66.5	العمل 1
15.5	10	6	العمل 2
120	81	51.5	العمل 3
13.5	9	5	العمل 4

المصدر: بالاعتماد على الجدولة المستخدمة من قبل الشركة

الجدول (7) مؤشر التوافق حسب جدولة الشركة

مؤشر التوافق	
العمل	العمل
1	العمل 1
1	العمل 2
0.5404	العمل 3
1	العمل 4

المصدر: بالاعتماد على الجدولة المستخدمة من قبل الشركة.

2. من خلال تطبيق النموذج المقترح على المشكلة الموضحة بالجدول (1)، حيث تم توليد جيل أولي بحجم (P=30)، وعدد الأجيال المراد توليدها (N=500)، تم الحصول على النتائج التالية:  
الجدول (8) وقت البدء المضرب حسب النموذج المقترح

وقت البدء المضرب لكل عملية								العمل
OP8	OP7	OP6	OP5	OP4	OP3	OP2	OP1	
(71.5,109,157) M8	67.5,103,14 (9 M7	59.5,91,1 (33 M6	55.5,85,1 (25 M5	47.5,73,1 (09 M4	33.5,55, (85 M3	25.5,43,69) ( M2	(9,19,29) M1	العمل 1
			(4,7,11.5) M9	(3.5,6,10) M8	(3,5,8) M3	(1.5,3,5) M2	(0.5,1,2) M1	العمل 2
			15.5,30,4 (4 M10	13.5,26,3 (8 M9	11.5,22, (33 M3	(9,5,19,29) M2	(1.5,3,5) M1	العمل 3
		(4.5,8,12) M8	(4,7,10.5) M11	(3,5,7.5) M6	(1,2,3,5) M3	(0.5,1,2) M2	(0,0,0) M1	العمل 4

المصدر: بالاعتماد نتائج النموذج المقترح.

الجدول (9) الجدولة للنموذج المقترح

تسلسل الأعمال حسب كل ماكينة										
M11	M10	M9	M8	M7	M6	M5	M4	M3	M2	M1
NAN	NAN	4	NaN	2	2	NaN	4	4	4	4
NAN	NAN	NAN	NAN	4	NaN	NAN	NAN	2	2	2
NAN	NAN	NAN	NAN	NaN	3	3	NaN	3	3	3
NAN	NAN	NaN	1	1	1	1	1	1	1	1

المصدر: بالاعتماد على نتائج النموذج المقترح.

الجدول (10) وقت الانتهاء المضرب حسب النموذج المقترح

وقت الانتهاء المضرب			
الوقت المتشائم	الوقت الأكثر احتمالاً	الوقت المبكر	العمل
164	114	74.5	العمل 1
15.5	10	6	العمل 2
68	46	23.5	العمل 3
13.5	9	5	العمل 4

تصميم نموذج خوارزمية جينية\_عصبية لحل مشكلة جدولة ورش العمل المضطربة في حالة الأهداف المتعددة ...

المصدر: بالاعتماد على نتائج النموذج المقترح.

الجدول (11) مؤشر التوافق لكل عمل حسب النموذج المقترح

مؤشر التوافق	
قيمة مؤشر التوافق	العمل
0.9821	العمل 1
1	العمل 2
1	العمل 3
1	العمل 4

المصدر: بالاعتماد على نتائج النموذج المقترح.

الجدول أدناه يوضح مقارنة النتائج بين أسلوب الجدولة المستخدم من قبل الشركة والأسلوب المقترح من قبل الباحث.

الجدول (12) مقارنة نتائج النموذج المقترح مع نتائج جدولة الشركة

قيمة مؤشر		المعايير
النموذج المقترح	النموذج المقترح	
0.8851	0.9955	معدل مؤشر التوافق
0.5404	0.9821	أقل مؤشر توافق
0.9081	0.9928	مؤشر الرضى حسب أهمية العمل
0.75	1	مؤشر الرضا عن عدد الاعمال المتأخرة
0.7709	0.9926	Opt-fun

المصدر: بالاعتماد على نتائج النموذج المقترح ونتائج الجدولة للشركة

نلاحظ من الجدول أعلاه أن الجدولة التي تم إيجادها باستخدام النموذج المقترح من قبل الباحث أفضل من الجدولة المستخدمة من قبل شركة الغدير للطباعة والنشر المحدودة حسب المعايير الأربعة المستخدمة (معدل مؤشر التوافق، أقل مؤشر توافق، مؤشر الرضى حسب أهمية العمل، ومؤشر الرضا عن عدد الأعمال المتأخرة) في حالة  $(0.8=lam)$ .

ثانياً: المقارنة من خلال القيم الحقيقية التي تم تسجيلها.

أ- من خلال الجدولة المستخدمة من قبل مطبعة الغدير الموضح بالجدول (4)، ومن خلال أوقات المعالجة الحقيقي التي تم تسجيلها من قبل الباحث والموضح بالجدول (2) نجد:

1. معدل وقت الانتهاء الحقيقي:

$$AC = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n} = \frac{93.5 + 11.5 + 76 + 10}{4} = 47.75$$

2. دالة الانتماء (Membership function):

$$\mu_D(C_i) = \begin{cases} 1 & : C_i < d^1 \\ \frac{C_i - d^2}{d^1 - d^2} & : d^1 < C_i < d^2 \\ 0 & : d^2 \leq C_i \end{cases} \dots (24)$$

$$\mu_D(C_1) = 1$$

$$\mu_D(C_2) = 1$$

$$\mu_D(C_3) = 0.8333$$

$$\mu_D(C_4) = 1$$

بالاعتماد على الجدولة التي تم الحصول عليها من النموذج المقترح والموضحة بالجدول (9).

الجدول (13) وقت الانتهاء حسب الأوقات المعالجة الحقيقية وجدولة النموذج المقترح

وقت الانتهاء	العمل
110.5	العمل 1
11.5	العمل 2
44	العمل 3
10	العمل 4
44	متوسط وقت الانتهاء

المصدر: بالاعتماد على جدولة النموذج المقترح  
الجدول (14) دالة الانتماء حسب الأوقات المعالجة الحقيقية وجدولة النموذج المقترح

قيمة الانتماء	العمل
1	العمل 1
1	العمل 2
1	العمل 3
1	العمل 4
1	متوسط وقت الانتهاء

المصدر: بالاعتماد على جدولة النموذج المقترح

تصميم نموذج خوارزمية جينية\_عصبية لحل مشكلة جدولة ورش العمل المضطربة في حالة الأهداف المتعددة ...

أدناه جدول يوضح المقارنة بين النتائج التي تم الحصول عليها من عملية الجدولة المستخدمة من قبل مطبعة الغدير والنتائج التي تم التوصل إليها حسب النموذج المقترح بالاعتماد على أوقات المعالجة الحقيقية.

**الجدول (15) مقارنة النموذج المقترح مع جدولة الشركة بالاعتماد على أوقات المعالجة الحقيقية**

المعيار	النموذج المقترح	جدولة الشركة
معدل وقت الانتهاء الحقيقي	44	47.75
أقل دالة انتماء	1	0.8333
متوسط دالة الانتماء	1	0.9583

**المصدر: بالاعتماد على جدولة النموذج المقترح**

نلاحظ من الجدول أعلاه معدل وقت الانتهاء للنموذج المقترح أقل من معدل وقت الانتهاء للأسلوب المستخدم من قبل الشركة إضافة الى أن جميع قيم دوال الانتماء تساوي واحد، ومما تقدم نستنتج أن الجدولة المستخدمة من قبل الباحث أفضل.

#### 6-2 مقارنة النموذج المقترحة مع الخوارزمية الجينية والشبكات العصبية:

في هذه الفقرة سنقارن بين الجدولة باستخدام النموذج الهجين خوارزمية جينية-العصبية و الجدولة الخوارزمية الجينية والشبكات العصبية من خلال تطبيقها على المشكلتين من درجة (6×6) و(10×10) وكما موضح بالجدول (16) و(17) على التوالي، وسيتم تكرار المشكلة عشرة مرات لتوضيح الفرق بعشوائية النتائج بين الأنظمة الثلاثة من خلال توليد 30 جيل أولي وعدد التكرارات (الأجيال الجديدة) التي سيتم توليدها (1000,500) جيل للمشكلة الأولى والثانية على التوالي، أما الأهمية النسبية للمشكلتين متساوية أي لا يوجد أفضلية لعمل على الآخر، ومؤشر التوافق المقبول للمشكلة الأولى (lam=0.8) والمشكلة الثانية (lam=0.6).

**الجدول (16) المشكلة الأولى من درجة (6×6)**

وقت الانتهاء المضطرب	وقت المعالجة المضطرب لكل عملية						العمل
	OP6	OP5	OP4	OP3	OP2	OP1	
(81,88 )	(9,10,11) M1	(4,6,8) M2	(1,3,5) M3	(1,3,5) M4	10,14,17) ( M5	(5,7,10) M6	العمل 1
(66,80 )	(2,3,4) M2	10,13,16) ( M4	(2,3,4) M6	(8,12,13) M3	(9,13,17) M1	(6,7,8) M5	العمل 2
(89,92 )	(4,7,9) M4	(6,9,12) M6	(8,12,13) M2	(9,12,16) M5	10,11,12) ( M1	(4,5,6) M3	العمل 3
(52,60 )	(6,8,10) M2	(3,5,7) M1	(5,8,10) M3	(5,7,8) M6	(2,4,5) M5	(1,2,4) M4	العمل 4
(91,96 )	(10,11,12) M3	(4,7,8) M2	(10,11,15) M6	(1,2,3) M5	(4,6,9) M1	9,11,15) (	العمل 5

						M4	
(54,59)	(9,13,14) M1	(1,2,3) M4	(10,14,18) M6	(6,9,11) M2	(1,2,4) M3	(6,7,9) M5	العمل 6

المصدر: [12]

## الجدول (17) المشكلة الثانية من درجة (10×10)

وقت الانتهاء المضيب	وقت المعالجة المضيب لكل عملية										العمل
	OP10	OP9	OP8	OP7	OP6	OP5	OP4	OP3	OP2	OP1	
(151,156)	(4,17,17) M10	(4,9,9) M8	(4,4,4) M3	(4,9,9) M6	(1,11,17) M1	(1,11,17) M4	(9,4,4) M5	(4,9,9) M2	(1,17,17) M9	(7,4,4) M7	العمل 1
(154,157)	(10,14,15) M9	(6,9,10) M6	(8,11,14) M7	(7,11,12) M2	(8,10,12) M1	(2,4,6) M8	(7,11,12) M4	(7,10,14) M5	(4,17,14) M3	(1,11,14) M10	العمل 2
(106,117)	(8,12,15) M10	(9,13,14) M9	(7,8,10) M2	(4,5,7) M6	(2,4,5) M8	(8,11,12) M1	(7,10,12) M4	(1,3,4) M3	(2,3,5) M7	(5,7,10) M5	العمل 3
(123,138)	(6,8,11) M10	(6,8,11) M5	(2,3,5) M9	(2,3,4) M1	(8,10,12) M2	(4,5,6) M8	(3,5,7) M7	(7,10,14) M4	(4,5,8) M6	(5,8,10) M5	العمل 4
(85,88)	(2,4,6) M10	(3,4,6) M8	(1,2,4) M6	(5,7,8) M9	(5,6,9) M5	(9,12,13) M3	(2,3,4) M1	(9,10,14) M4	(5,6,7) M7	(4,7,10) M2	العمل 5
(86,94)	(6,9,12) M5	(2,4,5) M6	(1,2,4) M1	(4,7,8) M10	(9,12,14) M9	(8,9,13) M4	(5,7,8) M2	(3,5,6) M8	(3,4,5) M3	(1,3,4) M7	العمل 6
(120,135)	(7,10,11) M5	(8,10,13) M1	(2,4,5) M4	(1,3,4) M9	(3,5,7) M2	(4,5,6) M7	(9,10,11) M3	(9,10,12) M6	(2,3,4) M8	(10,11,14) M10	العمل 7
(149,158)	(6,9,12) M1	(8,12,14) M10	(1,2,4) M5	(6,9,11) M9	(6,8,10) M3	(6,9,12) M7	(8,9,13) M4	(5,6,9) M8	(9,13,15) M2	(7,11,15) M6	العمل 8
(117,124)	(10,12,15) M5	(3,5,7) M8	(1,2,4) M1	(4,6,9) M10	(5,7,10) M4	(8,11,12) M9	(3,5,6) M6	(6,9,10) M8	(2,5,6) M2	(4,7,10) M7	العمل 9
(142,148)	(2,3,5) M7	(1,2,4) M8	(1,3,5) M3	(10,14,18) M6	(7,11,15) M2	(9,11,15) M5	(6,9,12) M10	(7,8,9) M9	(8,12,13) M1	(1,2,3) M4	العمل 10

المصدر: [12]

من خلال تحليل النتائج حسب نوع المشكلة والأسلوب المستخدم لإيجاد الحل الأمثل باستخدام برنامج SPSS، تم الحصول على النتائج الموضحة بالجدول (18) الجدول (18) مقارنة نتائج التحليل حسب الأسلوب المستخدم لكلا المشكلتين

مشكلة الثانية (10×10)			مشكلة الأولى (6×6)			المعيار
HNN	GA	GA-HNN	HNN	GA	GA-HNN	
0.5378	0.5400	0.7878	0.8069	0.8758	0.9919	أسوء قيمة
0.7830	0.7700	0.9268	0.9598	0.9924	0.9924	أفضل قيمة
0.6331	0.6637	0.8823	0.9353	0.9804	0.9923	متوسط القيم
0.0780	0.0658	0.0426	0.0465	0.03674	0.00021	الانحراف المعياري
0.	0.1719	0.5639	0.5813	0.7639	0.9658	أسوء minAI

تصميم نموذج خوارزمية جينية\_عصبية لحل مشكلة جدولة ورش العمل المضطربة في حالة الأهداف المتعددة ...

2299						قيمة	
0.6068	0.5889	0.8293	0.9186	0.9733	0.9733	أفضل قيمة	
0.3789	0.3922	0.7331	0.8499	0.9493	0.9677	متوسط القيم	
0.1212	0.1252	0.0897	0.1025	0.06518	0.00306	الانحراف المعياري	
0.5378	0.5400	0.7878	0.8070	0.8760	0.9921	أسوأ قيمة	WAI
0.7830	0.7700	0.9268	0.9599	0.9926	0.9926	أفضل قيمة	
0.6331	0.6637	0.8823	0.9355	0.9806	0.9925	متوسط القيم	
0.0780	0.0658	0.0426	0.0465	0.03674	0.00021	الانحراف المعياري	
0.3	0.4	0.9	0.5	0.6667	1	أسوأ قيمة	NTAI
0.1	0.9	1	1	1	1	أفضل قيمة	
0.55	0.62	0.98	0.9333	0.9667	1	متوسط القيم	
0.2368	0.1619	0.0422	0.1610	0.10540	0	الانحراف المعياري	
0.4305	0.4130	0.7648	0.6738	0.7956	0.9877	أسوأ قيمة	Opt-fun
0.7801	0.7572	0.9207	0.9596	0.9893	0.9893	أفضل قيمة	
0.5487	0.5849	0.8694	0.9136	0.9692	0.9881	متوسط القيم	
0.1219	0.0992	0.0529	0.0884	0.06100	0.00065	الانحراف المعياري	

المصدر: بالاعتماد على برنامج spss.

نلاحظ على الرغم من أن نتائج الأنظمة الثلاثة (الخوارزمية الجينية-العصبية، الخوارزمية الجينية، الشبكات العصبية هوبفيلد) الموضحة بالجدول أعلاه جيدة بالنسبة الى المشكلة الأولى، إلا أن النظام الهجين يعطي نتائج أفضل من خلال تقليل التشتت وموضح بالانحراف المعياري، إذ لا يوجد فرق واسع بين نتائج التجارب التي تم تكرارها أي أفضل وأسوأ قيمة تم تحقيقها بالنسبة الى الخوارزمية الجينية-العصبية مقارنة بالنسبة الى المعايير الخمسة المستخدمة، عكس النتائج التي تم تحقيقها باستخدام

GA و HNN. أما بالنسبة الى المشكلة الثانية التي تعد أعقد من المشكلة الأولى بسبب زيادة عدد الاعمال وعدد المكائن وبالتالي توفر حلول كثيرة نتيجة زيادة تداخل العمليات ، نلاحظ هناك فرق بالنتائج بين الأسلوب الهجين والاسلوبين الاخرين، أذ أسوء وأفضل معدل مؤشر توافق تم تحقيقه (0.7878،0.9268) بينما الخوارزمية الجينية (0.54،0.77) والشبكات العصبية هوبفيلد (0.5378،0.7830)، أفضل وأسوء أقل مؤشر توافق (0.8293،0.5639) بينما الخوارزمية الجينية (0.5889،0.1719) والشبكات العصبية (0.6068،0.2299)، وهذا ينطبق على بقية المعايير كما موضح في الجدول (18).

#### رابعاً: أهم الاستنتاجات

1. توصلت الدراسة من خلال النموذج الهجين المقترح لحل مشكلة جدولة ورش العمل المضبية (FJSSP)، أن استخدام الشبكات العصبية لتحسين الخوارزمية الجينية يُقدم نتائج أفضل من استخدام كل نظام على حدة، خصوصاً مع ازدياد تعقيد المشكلة، إذ تقوم الشبكات العصبية بتقديم حلول أولية مثلى أو قريبة الى الامثلية تساعد الخوارزمية الجينية في الحصول على نتائج جيدة بشكل سريع.
2. تعتمد شركة الغدير للطباعة والنشر المحدودة قواعد تقليدية في جدولة الاعمال مثل قاعدة (EDD) وقاعد (LPT) وقاعدة (SPT) حسب الخبرة ومتطلبات العمل، هي من القواعد الساكنة. هذه يجعل كلاً من مخزون العمل تحت التشغيل (WIP) وأجمالي المخزون مرتفعة، فضلاً عن عدم الدقة بمواعيد التسليم في بعض الحالات.
3. أن استخدام تاريخ الاستحقاق المضبيب ووقت المعالجة المضبيب في مشكلة جدولة ورش العمل، تُسهم في معالجة حالة عدم التأكد بمواعيد التسليم المنتج الى الزبون؛ نتيجة اختلاف خبرات العاملين وأداء الماكنة، من خلال اعتماد جدولة مبنية على عدم اليقين تساهم في اتخاذ قرارات أدق.

#### خامساً: التوصيات

1. نقترح تطبيق النموذج الهجين لاسيما بعد اثبات قدرته على تقديم جدولة جيدة لحل مشكلة جدولة ورش العمل المضبية لمعالجة مشاكل أخرى مثل مشكلة ورش التدفق (Flow Shop Scheduling) أو مشكلة جدولة ورش العمل المرنة (Flexible job shop scheduling).
2. تطبيق النموذج الهجين على مشكلة إعادة الجدولة الديناميكية التي تتمثل بأعاده الجدولة بشكل جزئي أو توليد جدولة جديدة كاستجابة لتغير أو حدث يحدث في بيئة الإنتاج كعطل ماكنة أو ورود أعمال جديدة أو إلغاء أوامر عمل.
3. اجراء دراسات اختبارية لمقارنة إداء الخوارزمية الجينية-العصبية مع الأساليب والخوارزميات الأخرى المستخدمة لمعالجة مشكلة جدولة ورش العمل المضبيب مثل خوارزمية النحل أو البحث المحظور أو الانصهار الزائف أو تطبيقات أخرى مطورة.

## المصادر

### أولاً: المصادر العربية

1. ثابت، همسه معن محمد، (2005)، "بعض تطبيقات الخوارزمية الجينية في حل مسائل الامتلية"، رسالة ماجستير، غير منشورة، كلية علوم الحاسبات جامعة الموصل، العراق.
2. حسن، عبد الهادي حسن، (2005)، "تطبيق الخوارزمية الجينية في تنظيم تتابع العملية الصناعية في ورش الإنتاج (دراسة حالة)"، أطروحة دكتوراه غير منشورة، كلية الإدارة والاقتصاد/ جامعة البصرة، العراق.
3. العطيوي، علي وليد علي، (1997)، "بعض تطبيقات الخوارزمية الجينية"، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب والعلوم قسم الرياضيات/ جامعة أهل البيت، الأردن.
4. هندي، شذى فالح، (2007)، "تضبيب شبكات عصبية-جينية لحل بعض مسائل التصنيف"، رسالة ماجستير، غير منشورة، كلية علوم الحاسبات جامعة البصرة، العراق.

### ثانياً: المصادر الأجنبية

1. Fahimi, H., (2016), "Efficient algorithms to solve scheduling problems with a variety of optimization criteria", Degree of Ph.D., Unpublished, University of Québec, Canada, pp. (1-101).
2. Fnaiech, N., H. Hammami, A. Yahyaoui, C. Varnier, F. Fnaiech and N. Zerhouni, (2012) New Hopfield Neural Network for joint Job Shop Scheduling of production and maintenance, 38th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society, IECON'12.
3. Hagan, M.T., H.B. Demuth, M.H. Beale and O.D. Jesús, (2014), Neural Network Design, 2<sup>nd</sup> Ed, Bookseller Inventory, USA.
4. Liu, Ying, (2014) Multi-objective optimisation methods for minimising total weighted tardiness, electricity consumption and electricity cost in job shops through scheduling, Degree of Ph.D., Unpublished, University of Nottingham, UK, PP. (1-190).
5. Rodríguez, I. G., J. Puente, C. R. Vela, and R. Varela, (2008), Semantics of Schedules for the Fuzzy Job-Shop Problem,

- IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans, Vol. 38, No. 3, MAY 2008,PP. (655-666).*
6. Sache, R. G., (2014), **Neural Network for Solving Job-Shop Scheduling Problem**, *IOSR Journal of Computer Engineering (IOSR-JCE), Volume 16, Issue 6, PP. (18-25).*
  7. Sakawa, M. and R. Kubota, (2001) **Two-Objective Fuzzy Job Shop Scheduling through Genetic Algorithm**, *Electronics and Communications in Japan, Part 3, Vol. 84, No. 4,pp. (60-68).*
  8. Sakawa, M. and R. Kubota,(2000) **Fuzzy programming for multiobjective job shop scheduling with fuzzy processing time and fuzzy due date through genetic algorithms**, *ELSEVIER, European Journal of Operational Research, No. 120 ,pp.( 393-407)*
  9. Sanja, S., C. Fayad, D. Petrovic, E. Burke and G. Kendall, (2008) **Fuzzy job shop scheduling with lot-sizing**, Springer. *Ann Oper Res 159, pp. (275–292).*
  10. Yamada, T. and R. Nakano, (1997), **Job-shop scheduling**, The Institution of Electrical Engineers, ISBN: 0, pp. (134–160).