استخدام العنقدة
في أمثلة أداء نظم المعطيات الصناعية الموزعة[1]

المهندس أسامة أسعد بحبوح[2] الأستاذ الدكتور المهندس فاروق دريعي[3]
الدكتور أغيد القطعان[4]

الملخص

نظراً إلى تطور المنتجات والأنظمة التحكمية اِسْتُخْدِمَتْ أنظمة تحكمية منطقية قابلة للبرمجة للتحكم بعدة كتل إنتاجية مترابطة الوظائف عبر شبكة صناعية مقادة بوساطة كتلة مركزيـــة ذات مواصفات عالية تدعى المشرف العمومي supervisor.

تظهر مشكلة انخفاض أداء المنظومة عند ازدياد عـــدد محطـــات العمـــل workstation المشكلة للشبكة– إلى حد كبير– لا يعود عنده المشرف العمومي قادراً على تخديم المحطات كلّها بالكفاءة والسرعة المطلوبة.

قمنا في هذا البحث باستخدام الخوارزميات الجينية للتغلب على هذه المشكلة باقتراح تجميع كل عدة محطات عمل متشابهة مع بعضها بما يسمى عنقودَ Cluster، بحيث ترتبط هـــذه العناقيد بمشرف عمومي يقوم بإدارة النظام بشكل كامل، كمـــا اِسْـــتُنْتِجَتْ مجموعـــة مـــن المعادلات المستخدمة لتحديد تابع الملاءمة المناسب.

وقد أظهرت نتائج الدراسة تحسناً ملحوظاً في أداء النظام بعد عملية العنقدة. كما دُرِسَ أثر تغيير عدة بارامترات في الأداء العام للنظام.

الكلمات المفتاحية: المشرف العمومي، محطات العمل، الخوارزميات الجينية، العنقدة.

[1] أعد البحث في سياق رسالة الدكتوراه للمهندس أسامة أسعد بحبوح بإشراف الأستاذ الدكتور المهنـــدس فاروق دريعي ومشاركة الدكتور أغيد القطعان.

[2] قسم هندسة الحواسيب والأتمتة– كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية– جامعة دمشق.

[3] أستاذ– قسم هندسة الحواسيب والأتمتة– كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية– جامعة دمشق.

[4] مدرس– قسم هندسة الحواسيب والأتمتة– كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية– جامعة دمشق.

1) المقدمة Introduction :

أوجد تلبية الطلب المتزايد على المنتجات الصناعية حاجة ملحة لرفع كفاءة النظم العاملة في هذا المجال بما يحقق زيادة كمية الإنتاج وفق معايير جودة محددة ونوعية مميزة. ولهذا فقد تم التوجه نحو الاستفادة القصوى من آخر ما توصلت إليه العلوم الهندسية الحديثة من تصاميم صناعية ومنتجات مادية أو حتى خوارزميات عمل برمجية.

إحدى أهم الطرائق المتبعة في هذا المضمار هي مكاملة فروع الإنتاج وخطوطه لتحقيق الأداء الأمثل للمنظومة عبر تشبيك محطات العمل Workstations وإدارتها بوساطة مشرف عمومي Supervisor، وبما يحقق كفاءة عمل عالية وإدارة سهلة لعمليات الإنتاج كلّها وانسجاماً مدروساً بين تلك المحطات. وعلى الرغم من إيجابيات تلك الطريقة إلا أنها تعاني من مجموعة سلبيات مهمة. إحدى أكثر هذه السلبيات حرجاً هي وصول المشرف العمومي إلى حالة لا يستطيع عندها تخديم الطلبات الواردة إليه جميعها عند زيادة عدد المحطات– إلى حد كبير– ممّا يؤثر سلباً في الأداء مسبباً توقف المنظومة أو الإخلال بتوازن العمليات وانسجامها بين المحطات.

ينصب بحثنا في محاولة جادة لتجنب حالة ازدحام الطلبات على المشرف العمومي باقتراح توزيع مجموعة من المشرفين المحليين على محطات العمل بشكل مدروس، وبما يحقق الكفاءة المطلوبة عن طريق تجميع المحطات المتشابهة ضمن عنقود يشرف عليه مشرف محلي، وبما يحقق توازناً كاملاً ومتقارباً لجميع العناقيد.

قمنا في دراستنا بتحليل محطات العمل واختيار مجموعة من البارامترات لاستخدمها كأساس للعنقدة للوصول إلى الحل الأمثل بوساطة الخوارزميات الجينية بعد إيجاد تابع الملاءمة المناسب عبر مجموعة معادلات مساعدة قمنا باستنتاجها. أُجْرِيَتْ فيما بعد دراسة تغيير خوارزمية العنقدة عبر تغيير أوزان تابع الملاءمة لتلك البارامترات. كما أُجْرِيَتْ دراسة ومقارنة نتائج النظام المقاد بمشرف عمومي وحيد والنظام المقترح

المكون من عدة عناقيد. بينت النتائج تحسناً ملحوظاً في نسبة ضـمان المهـام عنـد استخدام أسلوب العنقدة، كما بينت النتائج أثر زيادة عدد العناقيد وبعض البـارامترات الأخرى في أداء النظام.

يبدأ البحث بتعرّف على محطات العمل الصناعية ومن ثـم العنقـدة فالخوارزميـات الجينية لننتقل بعدها إلى تحليل النظام، ومن ثم الدراسة العملية والحصول على النتائج المطلوبة ليختم فيما بعد بالتوصيات والمقترحات.

2) محطات العمل الصناعية Industrial Workstations:

عندما نتحدث عن محطة عمل فإننا نعني بها مجموعة متكاملة من التجهيزات المادية والبرمجية، تتعاون فيما بينها لأداء مهمة محددة وفقاً لمنهجية يحددها المستخدم وتقـاد في الأنظمة الحديثة بأنظمة المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة PLC التي يمكن عـد الواحدة منها محطة عمل متكاملة. يقوم مبدأ العمل في محطة العمل الصناعية علـى أساس تحصيل البيانات والإشارات اللازمة لإتمام العملية الإنتاجيـة مـن مجموعـة مصادر خارجية مختلفة الشكل والبنية ومن ثم معالجتها وإصدار النتائج. كما يتم تأمين التراسل بين المحطات بإرسال المهام واستقبالها عبر شبكة صـناعية، بعـد اعتمـاد بروتوكول اتصال بينها وبما يؤمن موثوقية مرتفعة وسرعة عالية في وصول البيانات. علماً أن طريقة ربط المحطات تختلف حسب ماهية النظام الصناعي إذْ يمكننا تصنيف الأنظمة الصناعية وفقاً لمحطات العمل إلى أربعة أصناف هي:

1- الأنظمة التقليدية: تعمل كل محطة على التحكم بخط إنتاج وحيد أو عملية إنتاجيـة واحدة.

2- الأنظمة الشبكية البسيطة: تُرْبَطُ محطات العمل مع بعضها عبر شبكة صناعية.

3- الأنظمة الشبكية ذات المشرف العمومي: تُرْبَطُ محطات العمل مع بعـضها عبـر شبكة صناعية فضلاً عن وجود مشرف عمومي علـى المنظومـة لإدارة المحطـات الموزعة وتنسيق عملها.

4- الأنظمة الشبكية العنقودية: هي النظام المقترح في البحث لحل مشكلة الأنظمة الشبكية ذات المشرف العمومي.

3) العنقدة clustering:

تعدُّ العنقدة واحدة من الطرائق المستخدمة في أمثلة نظم المعطيات الواسعة، بتجميع العناصر المتشابهة في أدائها وصفاتها ضمن عنقود واحد، بهدف الوصول إلى مجموعة عناقيد ذات تقاطعات أقل ما يمكن. وكلما كان الاتصال فيما بين العناقيد مع بعضها بعضاً أقل حصلنا على أداء أفضل[3]. أدّى الأداء المرتفع الذي تقدمه عملية العنقدة إلى استخدامها في العديد من المجالات كالتنقيب عن المعطيات في قواعد المعطيات الموزعة ذات الحجم الكبير[4][5]، أو في مجال تصنيف ملفات الصور للحصول على تصانيف تسهل عملية البحث[6].

يمكن القول عموماً: إنَّ مردود العنقدة يزداد مع زيادة صعوبة المسألة. وقد أثبتت الدراسات العديدة أن عنقدة قواعد المعطيات الضخمة يرفع من أداء النظام ويخفف من الحمل على المشرف العمومي ممّا يؤدي إلى زيادة توازن النظام واستقراره مع ارتفاع في سرعة تخديم الطلبات والاستفسارات الموجهة من الزبائن[3][7]. إلا أن زيادة الكلفة أحياناً نتيجة زيادة عدد التجهيزات المادية قد تؤدي دوراً سلبياً في استخدامها[3]. ومن ثَمَّ يجب إجراء العديد من الدراسات في أثناء العنقدة للوصول إلى العنقدة المثلى. فمن تحديد تابع الملاءمة وما يتبعه من مجموعة تحديات إلى مقارنة أداء الخوارزميات العديدة مروراً بتحديد عدد العناقيد الأنسب ضمن الكلفة المعقولة.

إن كل عنصر يراد عنقدته يتصف بمجموعة من الصفات المعطاة كشعاع كما يأتي:

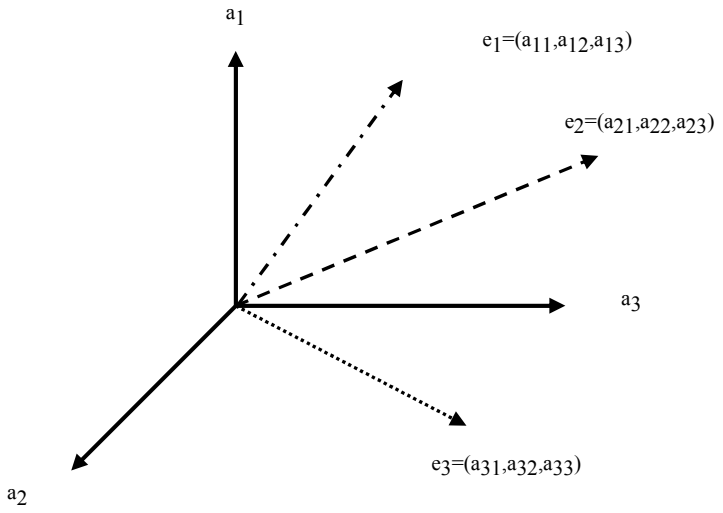
$$\{a_{i1}, a_{i2}, ... a_{ij}, ... a_{in}\}$$

إذْ إنَّ a_{ij} هي وزن الصفة j للعنصر i.

فإذا كان لدينا ثلاثة عناصر $E=(e_1,e_2,e_3)$ بثلاث صفات $A=(a_1,a_2,a_3)$ عندها يمكن وصف كل عنصر كما يأتي:

$e_1=(a_{11},a_{12},a_{13})$; $e_2=(a_{21},a_{22},a_{23})$; $e_3=(a_{31},a_{32},a_{33})$

كما هو مبين بالشكل(1):



الشكل(1) أشعة صفات عناصر العنقدة

واعتماداً على قيم هذه الصفات تتم عملية العنقدة إلى K عنقوداً.

في الواقع، يمكن عد مسألة العنقدة من المسائل الصعبة حيث توجد حلول كثيرة جـــداً وتزداد ازدياداً كبيراً مع زيادة عدد العناصر[8]. وبناءً على ذلك يمكن عدَّ هذه المسألة من المسائل الموصوفة بـــ NP-hard [9] ويفضل في حلّها استخدام تقنيـــات الـــذكاء الصنعي لما أثبتته من قدرة في معالجة مثل هذه المسائل ولاسيَّما الخوارزميات الجينية التي تعدُّ من أفضل التقنيات التي أثبتت قدرتها على حل مشاكل NP-hard.

4) الخوارزميات الجينية(الوراثية) Genetic Algorithms:

تعدُّ الخوارزميات الجينية من التقنيات المهمة في البحث عـــن الخيـــار الأمثـــل مـــن مجموعة كبيرة من الحلول المتوافرة لتصميم معين، معتمدة مبدأ داروين في الاصطفاء " البقاء للأصلح" إذ تقوم المعالجة الوراثية بتمرير الميزات القوية خـــلال عمليـــات

التوالد المتعاقبة وتدعيم هذه الصفات، وتكون لهذه الصفات القدرة الكبرى على دخول عملية التوالد وإنتاج ذرية قوية. وبتكرار الدورة الوراثية تتحسن نوعية الذرية تدريجياً حتى الوصول إلى الحل الأمثل. وقد أثبتت هذه الخوارزميات قدرتها على حل العديد من المشاكل حتى أنها تغلبت على طرائق البحث التقليدية مثل Hill Climping [13].

إن الميزة الأهم في الخوارزمية الجينية هي طبيعتها التكيفية، إذ لا تحتاج إلى معرفة مسبقة، بل تنطلق فكرتها من توليد بعض الحلول العشوائية للمشكلة، ومن ثم يتم فحص هذه الحلول ومقارنتها ببعض المعايير التي يضعها مصمم الخوارزمية، وذلك لإهمال الحلول الأقل كفاءة والمحافظة على الحلول الفضلى.

بالطبع تحتاج الخوارزميات الجينية قبل تطبيقها إلى معرفة تامة بالنظام لتحديد البارامترات المهمة لها كإيجاد **تابع الملاءمة** المعبر عن مقدار التقارب بين الحل الأمثل والحل الذي تم إيجاده. أيضاً لا بد من **ترميز المتحولات** ثنائياً أو محرفياً أو عشرياً كما هو مستخدم في بحثنا، وإجراء عمليتي **العبور والطفرة** وفق نسبة احتمالية محددة خلال الحل. أمَّا عملية **الانتخاب** فتُجْرى وفقاً لمجموعة من الخوارزميات التي تأخذ بالحسبان ملاءمة كل حل لإقرار مدى جودة استخدامه في عملية التزاوج للجيل اللاحق. وقد قمنا ضمن البحث باختيار خوارزميتين هما العجلة المتدحرجة (Roulette) وحكم النخبة (Elitism). أما **حجم الجيل** فيعبرّ عن عدد الحلول ضمن الجيل الواحد، إذْ إنَّ زيادة في حجم الجيل تعني زيادة في فرصة إيجاد الحل الأمثل، فكلما زاد عدد النقاط التي ننطلق منها في فضاء الحل زاد اقترابنا من الحل المطلوب[11]. واعتماداً على المعاملات السابقة يمكن إتباع الخوارزمية الآتية لإيجاد الحل الأمثل:

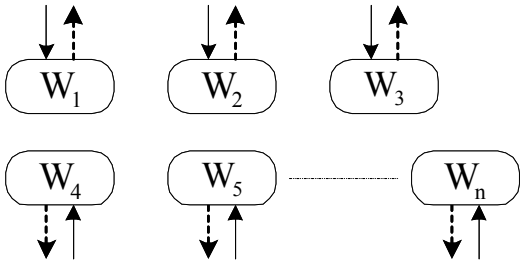
1. تحديد القيم الابتدائية للخوارزمية كحجم الجيل واحتمال العبور.
2. توليد جيل ابتدائي بشكل عشوائي.

3. تطبيق خوارزمية الانتخاب المناسبة للحصول على أزواج من الحلول بحيث يكون عدد الأزواج مساوياً إلى نصف حجم الجيل.
4. تطبيق خوارزمية العبور بين الأزواج المنتخبة للوصول إلى الجيل الجديد.
5. إحداث طفرة على الجيل الجديد.
6. استبدال الجيل الجديد بالجيل القديم.
7. فحص شرط إنهاء الخوارزمية سواء كان بعدد مرات التكرار أو بزمن التنفيـــذ أو بدقة الحل، فإن لم يتحقق تتم العودة إلى الخطوة الثالثة، وإلا يتم إنهـــاء الخوارزميـــة وإظهار الحل الأمثل الذي يتمتع بأفضل مستوى ملاءمة.

5) تحليل النظام System analysis :

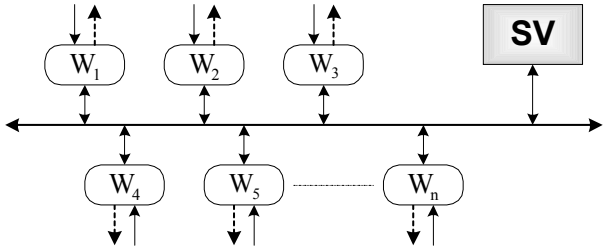
لإدارة محطات العمل المنتشرة بشكل واسع لا بد من توافر شبكة تؤمن الاتصال فيما بينها، فضلاً عن وجود مشرف عمومي للتنسيق والإشراف على هذه المحطـــات بمـــا يضمن أعلى أداء للمنظومة. وبناءً على ذلك قمنا باعتماد نظام بمواصفات محددة كي تُجْرَى عليه الدراسة آخذين بالحسبان العمل على تحسين مواصفات النظم الحالية التي نستعرضها بشكل سريع فيما يأتي:

يبينّ الشكل(2) مجموعة من المحطات العاملة بشكل مستقل (نظام تقليدي) والتي يمكن لكل واحدة منها قيادة خط إنتاج مستقل. تمتاز هذه الطريقة بسهولة عالية في حـــصر المشاكل وبساطة التصميم مع إمكانية التعديل المستقل لكل محطة على حـــدة. لكنهـــا بالمقابل طريقة بدائية لا توفر إدارة جيدة للمنظومة كاملة مع مراقبة شـــاملة وربـــط للعمليات الإنتاجية كما تتصف باستقلالية عمل المحطات عن بعضها وعدم القدرة على تكييف العمل لتحقيق الانسجام المناسب بين المحطات.



الشكل(2) مجموعة من المحطات العاملة بشكل مستقل

لتجنب مساوئ التشكيلة السابقة وتحسين أدائها تُجْرَى قيادة محطات العمل المنفصلة بربطها مع محطة ذات أداء أعلى تؤدي دور المشرف العمومي Supervisor(SV) الذي يقوم بالتنسيق بين مهام جميع المحطات الموزعة والإشراف عليها ومساعدتها في تنفيذ بعض المهام الخاصة، كما يبينّ الشكل(3).



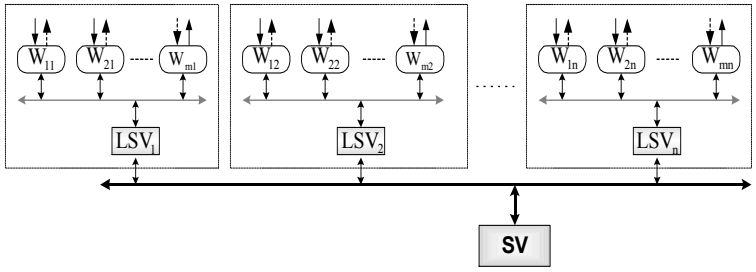
الشكل(3) مجموعة من المحطات المقادة بمشرف عمومي

تبدأ مشاكل مثل هذه التشكيلات عند زيادة تعقيدية الخط، ومن ثَمَّ ارتفاع عدد العمليات الواجب الإشراف عليها من قبل المشرف، كما يمكن القول: إنَّ العديد من المشاكل تبدأ بالظهور عند ربط عدة خطوط إنتاجية مع بعضها. وبمعنى آخر القيام بربط عدد من المحطات الفرعية مع بعضها بعضاً وزيادة عددها على حد معين أو حتى زيادة عدد المداخل والمخارج ضمن الوحدات ممّا يسبب ارتفاع عدد المهام الموكلة للمشرف العمومي والوصول إلى حالة يؤدي عندها المشرف دور عنق الزجاجة bottleneck في النظام. بالطبع يطلب من نظم المعطيات المزودة للأنظمة الحديثة والبيئات

الصناعية إيجاد صيغة أولية لضمان الأداء، وكما قلنا مثل هذه النظم تضمن العديد من المستخدمين المتزامنين والمنسجمين داخل الشبكة والذين يؤمن لهم الاتصال بالمشرف العمومي لإتمام مهامهم عبر الأوامر المناسبة[1]. تعدُّ إدارة مثل هذه الكمية الضخمة من المعطيات المارة عبر بيئة شبكية ذات طابع حرج وتفرض على المصمم إيجاد حل للخروج من هذا التحدي.

نقترح لحل هذه المشكلة القيام بالمحافظة على ربط المحطات جميعها معاً عبر شبكة صناعية مناسبة مع وضع مشرف عمومي للنظام كلّه. وكخطوة جديدة نقوم بتجميع كل مجموعة محطات عمل معاً مع وضع مشرف محلي Locally Supervisor (LSV)يقوم بإدارة مهام المجموعة وتنسيقها (نظام شبكي عنقودي). ومن ثَمَّ توزيع حمل قيادة المحطات على عدة مشرفين محليين وبما يضمن استمرار الإشراف المركزي على النظام. ترتبط مجموعة المشرفين المحليين في النظام بالمشرف العمومي ويؤدي كل مشرف محلي دور صلة الوصل بين مجموعة المحطات التي يديرها والمشرف العمومي. وبهذا الأسلوب نكون قد تجاوزنا مشكلة الاختناق الممكن حدوثها على المشرف العمومي دون المساومة على إيجابيات الإشراف المركزي لمجمل النظام.

يبينّ الشكل (4) كيفية توزيع محطات العمل على مجموعة عناقيد مقادة بمشرفين محليين.



الشكل(4) عنقدة محطات العمل وفق النظام العنقودي

تخفف الطريقة السابقة من عدد المهام الموكلة إلى المشرف العمومي بسبب قيام كل مشرف محلي بتخديم مجموعته، ولا يستخدم المشرف العمومي إلا في تخديم الطلبات والمهام التي لم يستطع المشرف المحلي القيام بها أو عدم استطاعته ضمان تنفيذها بالشكل المطلوب. ومن ثَمَّ تم تخفيف العبء عنه وسوف تزيد نسبة المهام المضمونة ومن ثَمَّ سوف يزداد النظام كفاءة ودقة كما سنرى لاحقاً من خلال المنحنيات البيانية. وكلما استطعنا تجميع محطات العمل ذات الارتباط الأقوى مع بعضها ووضعها ضمن قطاع مشترك ازداد أداء الطريقة السابقة. وهكذا تحولت مشكلتنا إلى حل مشكلة تجميع أنسب محطات العمل مع بعضها. لذلك سوف نقوم بتوصيف محطة العمل من ناحية المهام التي تقوم بها فضلاً عن توصيف عمل المداخل والمخارج.

كل محطة لها مجموعة من المداخل ومجموعة من المخارج، وعلى اعتبار وصل هذه المحطة عبر شبكة صناعية تؤمن تبادل المهام بين محطات الشبكة فإن هذا يعني بالضرورة وجود مجموعة من المهام المرسلة فضلاً عن مجموعة من المهام المستقبلة على كل محطة. ويكون الهدف المبدئي هو التمايز بين المحطات اعتماداً على هذه المجموعات الجزئية المتمثلة بالمداخل والمخارج والمهام المرسلة والمهام المستقبلة ووضع معيار مناسب لآلية اختيار المحطات المتشابهة ضمن عنقود واحد. وإذا استطعنا القيام بعملية العنقدة بشكل مناسب فسوف نخصص مشرفاً محلياً لكل عنقود للإشراف على محطاته والاستغناء- قدر الإمكان- عن المشرف العمومي في نقل تلك المهام.

نوضح فيما يأتي توصيف كل بارامتر اِستُخْدِمَ ضمن البحث لعنقدة المحطات:

5-1) المداخل Inputs:

تحتوي محطة العمل على عدد لا بأس به من المداخل ذات الطبيعة المختلفة والتي أخذت بالحسبان في عملية العنقدة، حيث تم تحديد أربع صفات للمداخل كي تتم على

أساسها عملية العنقدة، وهي: عدد المداخل الرقمية، وعدد المداخل التمثيلية، فضلاً عن كثافة الاستخدام المحلية، وكثافة الاستخدام العامة التي نوضحها فيما بعد.

2-5) المخارج Outputs:

بشكل مشابه تماماً للمداخل نعدُّ وجود أربع صفات كي تتم على أساسها عملية العنقدة، وهي عدد المخارج الرقمية وعدد المخارج التمثيلية فضلاً عن كثافة الاستخدام المحلية وكثافة الاستخدام العامة.

3-5) المهام Tasks:

قمنا باعتبار صفتين أساسيتين للمهام لاستخدامهما في عملية العنقدة وهما مصدر المهمة ووجهتها بهدف الحصول على عناقيد تتصف بأن مصدر محطاتها ووجهة مهامه تتركز ضمن العنقود نفسه بنسبة كبيرة.

وبذلك فإن عملية عنقدة المحطات تتم على أساس صفات المهام المتبادلة والمداخل والمخارج، بحيث إذا تم اختبار عدة محطات وكان من بينها بعض المحطات المتطابقة بالبرنامج والمداخل والمخارج والأوامر يجب أن يكون خرج عملية العنقدة هو تجميع المحطات المتطابقة مع بعضها.

6) عنقدة محطات العمل Industrial Workstations Clustering:

تحدثنا عن مفهوم العنقدة وما يقدمه من تحسين للنظام عبر الحد من كثافة اتصال جميع محطات العمل المستقلة بالمشرف العمومي والاستعاضة عنها بتجميع محطات العمل ذات الارتباط الأقوى. نبيّن فيما يأتي كيف ستتم عملية الاستفادة من الخوارزميات الجينية لتحقيق العنقدة المثلى واختبار عدة خوارزميات ودراسة تأثير تغيير بعض البارامترات في سلوك النظام. وقد أثبتت الكثير من البحوث كفاءة استخدام الخوارزميات الجينية في حل مسائل العنقدة [3][11][4][12] وهذا ما شجعنا على استخدامها ضمن دراستنا في عنقدة محطات العمل الصناعية.

ليكن لدينا n محطة عمل ولتكن المجموعة المشكلة لهذه المحطات هي:

$$W=\{w_1,w_2,\ldots\ldots w_n\}$$

يمكن أن تتم عنقدة هذه المحطات باستخدام c عنقود وتكون المجموعة المشكلة للعناقيد هي:

$$C=\{C1,C2,\ldots\ldots Cc\}$$

كل عنقود C_i يحوي عدداً مختلفاً من محطات العمل المترابطة، وكل محطة عمل W_i توصف بمجموعة من البارامترات الأساسية التي سيكون لها الدور الأبرز في إيجاد الملاءمة، ومن ثم تحديد العنقدة المثلى حيث تحوي كل محطة مجموعة من المداخل والمخارج والمهام المتبادلة.

يرمز لمجموعة المداخل على W_i بالشكل: $Set_Ii=\{I_1,I_2,\ldots I_{in}\}$

كما نصطلح على تسمية المدخل i في المحطة W ضمن العنقود C بالرمز: $I_{i,w,c}$

ويكون عدد المداخل الأعظمي في المحطة W: MI_W

يوصف أي مدخل على أي محطة بمجموعة من الصفات عددها a ومن ثَمَّ يوصف المدخل i في المحطة j بالشكل:

$$Set_AIji=\{A_1,A_2,\ldots..,A_a\}$$

تحدد الصفة الأولى A_1 كون المدخل إما رقمياً أو تمثيلياً.

أما الصفة الثانية A_2 فتعبر عن كثافة الاستخدام المحلية التي تعرّف بأنَّها نسبة عدد التغيرات المنطقية للمدخل إلى مجموع عدد التغيرات المنطقية لجميع المداخل على محطة العمل نفسها. نعرف الكثافة المحلية A_2 للمدخل i في المحطة W رياضياً بالشكل:

$$A_{2,i,n} = \frac{D_{i.n}}{\sum_{k=1}^{MI_n} D_k}$$

ويمثل $D_{i,n}$ عدد تغيرات المدخل i في المحطة W.

في حين تعبر الصفة الثالثة A_3 عن كثافة الاستخدام العامة (الكلية) التي تعرّف بأنَّهـــا نسبة عدد التغيرات المنطقية للمدخل إلى مجموع عدد التغيـــرات المنطقيـــة لجميـــع المداخل على جميع محطات العمل في النظام. نعرف الكثافة الكليـــة A_3 للمـــدخل i ضمن المحطة W رياضياً بالشكل:

$$A_{3,i,n} = \frac{D_{i,n}}{\sum_{n=1}^{MN} \sum_{k=1}^{MI_n} D_{k,n}}$$

نصطلح على تسمية الصفة A_k للمدخل i في المحطة n وضمن العنقود c بالرمز:

$$A_{k,i,n,c}$$

كما يرمز إلى مجموعة المخارج على المحطة i بالشكل:

$$Set_Oi=\{O_1,O_2,\ldots O_{ou}\}$$

نصطلح على تسمية المخرج i في المحطة n ضمن العنقود c بالرمز: $O_{i,n,c}$

ويكون عدد المخارج الأعظمي في محطات العمل n : MO_n

يوصف أي مخرج على أي عقدة بمجموعة من الصفات عددها b ومن ثَـمَّ يوصـــف المخرج i في المحطة j بالشكل:

$$Set_BOji=\{B_1,B_2,\ldots..,B_b\}$$

تحدد الصفة الأولى B1 كون المخرج إما رقمياً أو تمثيلياً.

أما الصفة الثانية B_2 فتعبر عن الكثافة المحلية لاستخدام هذا المخرج وتعرّف بأنَّهـــا نسبة عدد التغيرات المنطقية للمخرج إلى مجموع عدد التغيـــرات المنطقيـــة لجميـــع المخارج على المحطة نفسها. نعرف الكثافة المحلية B_2 للمخرج i رياضياً بالشكل:

$$B_{2,i,n} = \frac{D_{i.n}}{\sum_{k=1}^{MO_n} D_k}$$

يمثل $D_{i,n}$ عدد تغيرات المخرج i في المحطة n.

بينما تعبر الصفة الثالثة B_3 عن الكثافة الكلية لاستخدام هذا المخرج وتعـرّف بأنّهـا نسبة عدد التغيرات المنطقية للمخرج إلى مجموع عدد التغيرات المنطقيـة للمخـارج جميعها على محطات العمل في النظامكلّها.

نعرف الكثافة الكلية B_3 للمخرج i ضمن المحطة n رياضياً بالشكل:

$$B_{3,i,n} = \frac{D_{i,n}}{\sum_{n=1}^{MN} \sum_{k=1}^{MO_n} D_{k,n}}$$

نصطلح على تسمية الصفة B_k للمخرج i في المحطة n وضمن العنقود c بـالرمز: $B_{k,i,n,c}$

تم الاكتفاء بأخذ ثلاث صفات لكل مدخل ومخرج لاستخدامهم في عملية العنقدة، وذلك لأنَّ توافق صفات مداخل المحطات ومخارجها مؤشر على مدى تقارب عملها.

نعرف الآن جودة العنقدة على أساس المداخل والمخارج بما يحقق توزعـاً متـساوياً للمحطات ضمن العناقيد على أساس تساوي متوسطات الكثافات الكلية لعقد العناقيد.

إن متوسط الكثافة الكلية للمداخل لكل عنقود هو مجموع الكثافـات الكليـة للمـداخل جميعها في العنقود مقسوماً على عدد المداخل:

$$A_{3,c} = \frac{\sum_{n=1}^{MN} \sum_{i=1}^{MI_n} A_{3,i,n,c}}{\sum_{n=1}^{MN} MI_n} \qquad : n \in c$$

إن متوسط الكثافة الكلية للمخارج لكل عنقود هو مجموع الكثافات الكليـة للمخـارج جميعها في العنقود مقسوماً على عدد المخارج:

$$B_{3,c} = \frac{\sum_{n=1}^{MN}\sum_{i=1}^{MO_n} B_{3,i,n,c}}{\sum_{n=1}^{MN} MO_n} \qquad : n \in c$$

كما يمكن إدخال عدد المداخل والمخارج ضمن كل عنقود بحيث يكون التوزع منتظماً.

فعدد المداخل في العنقود c :

$$I_c = \sum_{n=1}^{MN} MI_n \qquad : n \in c$$

وعدد المخارج في العنقود c :

$$O_c = \sum_{n=1}^{MN} MO_n \qquad : n \in c$$

إن جودة توزع محطات العمل على العناقيد على أساس تساوي عدد المداخل في جميع العناقيد سوف نعرفها بالشكل:

$$MQI = \begin{cases} \dfrac{\sum_{i,j=1}^{c} (I_i - I_j)^2}{(MC-1)\left(\sum_{n=1}^{MN} MI_n\right)^2} & : MC \neq 1 \qquad i \neq j \\ 1 & : MC = 1 \end{cases}$$

تتوزع قيمة MQI بين الصفر والواحد حيث يعبر الصفر عن أفضل حل وهو عند كون عدد المداخل في جميع العناقيد متساوياً أما قيمة الواحد فهي تعبر عن أسوأ عنقدة والتي تحدث عند كون جميع المداخل قد تجمعت في عنقود واحد في حين لم تحوِ البقية على أي مدخل.

أما جودة توزع محطات العمل على العناقيد على أساس تساوي عدد المخارج في جميع العناقيد فسوف نعرفها بالشكل:

$$MQO = \begin{cases} \dfrac{\sum_{i,j=1}^{c} (O_i - O_j)^2}{(MC-1)\left(\sum_{n=1}^{MN} MO_n\right)^2} & : MC \neq 1 \qquad i \neq j \\ 1 & : MC = 1 \end{cases}$$

كما أن جودة توزع محطات العمل على العناقيد على أساس تساوي متوسطات الكثافات الكلية للمداخل لجميع العناقيد هي بالشكل:

$$MQA = \begin{cases} \dfrac{\sum_{i,j=1}^{c} (A_{3,i} - A_{3,j})^2}{(MC-1)\left(\sum_{n=1}^{MN} A_{3,n}\right)^2} & : MC \neq 1 \qquad n \in c \qquad i \neq j \\ 1 & : MC = 1 \end{cases}$$

أما جودة توزع محطات العمل على العناقيد على أساس تساوي متوسطات الكثافات الكلية للمخارج لجميع العناقيد فهي بالشكل:

$$MQB=\begin{cases}\dfrac{\sum_{i,j=1}^{c}\left(B_{3,i}-B_{3,j}\right)^2}{\left(MC-1\right)\left(\sum_{n=1}^{MN}B_{3,n}\right)^2} & :MC\neq 1 \qquad n\in c \qquad i\neq j \\ 1 & :MC=1\end{cases}$$

نلاحظ أنه كلما اقتربت قيمة الجودة من الصفر كان التوزع أفضل، وهذا ما يفيدنا في إيجاد تابع الملاءمة المناسب.

يمكننا أن نعامل كلاً من المداخل والمخارج بشكل متشابه كما نعامل صـــفاتهم بـــشكل متشابه أيضاً، وهذا يقودنا إلى كتابة جودة العنقدة على أســـاس المـــداخل والمخـــارج وصفاتهما بالشكل:

$$MQIO=\left(MQI+MQO\right)+\left(MQA+MQB\right)$$

كلما اقتربت قيمة MQIO من الصفر اقتربنا من الحالة المثالية التي تعطـــي العنقـــدة المثلى.

في حال أردنا زيادة جودة العنقدة على أساس المداخل والمخارج أو زيادة جودة العنقدة على أساس صفاتهما فعندها نقوم باستخدام المعاملين $(\alpha\ ,\ \beta)\in[0,1]$ لتصبح المعادلة بالشكل:

$$MQIO=\alpha\left(MQI+MQO\right)+\beta\left(MQA+MQB\right)$$

تؤدي قيم هذين المعاملين دوراً مهماً في تحديد أساس العنقدة. فإذا ما أردنا الاعتمـــاد على عدد المداخل والمخارج ما علينا سوى رفع قيمة المعامـــل α وتخفـــيض قيمـــة المعامل β .

عند كون $\beta=0$ فهذا يعني أن العنقدة على أساس عدد المداخل والمخارج فقط.
أما عند كون $\alpha=0$ فهذا يعني أن العنقدة على أساس صفات المداخل والمخارج فقط.
ويفضل اختيار أحد هذين المعاملين صفراً والآخر واحداً كي تتم العملية على العدد أو الصفات فقط.

من جهة أخرى تقوم عملية التراسل بين المحطات على أساس تبادل المهام فيما بينها، لذلك يمكننا توصيف المهام بين محطات العمل بالشكل الآتي:

لكل محطة i مجموعة من المهام هي: $Set_Ti=\{T_1,T_2,\ldots,T_t\}$

إذْ t هي عدد المهام على المحطة i.

نصطلح على تسمية المهمة i في المحطة n ضمن العنقود c بالرمز: $T_{i,n,c}$

ويكون عدد المهام الأعظمي في المحطة n : MT_n

توصف أي مهمة على أي محطة بمجموعة من الصفات عددها c ومن ثَـمَّ توصف المهمة i في محطة j بالشكل: $Set_CTji=\{C_1,C_2,\ldots..,C_c\}$

تحدد الصفة الأولى C_1 محطة المصدر. أما الصفة الثانية C_2 فتعبر عن محطة الهدف.

نوضح فيما يلي جودة العنقدة على أساس المهام كما يأتي:

إن الهدف الذي نسعى إليه فيما يخص المهام هو الوصول إلى عناقيد ذات ارتباطات داخلية كثيفة بين عقدها الداخلية وارتباطات ضئيلة فيما بين محطات العمل المنتمية إلى عناقيد مختلفة، وهذا ما نتوقع أن يعطي الأداء الأفضل للنظام[11].

بناءً على ذلك نعرف ما يأتي:

– كثافة الارتباط الداخلي: هي مؤشر لمدى شدة الارتباطات بين محطات العمل المنتمية لعنقود واحد. كلما كان هذا المقياس أكبر دلَّ ذلك على عنقدة أفضل حيث يكون اعتماد محطات العمل على بعضها أكبر من اعتمادها على محطات خارج

العنقود. في حين تدل القيمة المتدنية لهذا المقياس على ضعف العنقدة وذلك لـــضعف العلاقة بين محطات العمل داخل كل عنقود.

نعرف كثافة الارتباط الداخلي A_c للعنقود c ذي MN_c محطة وμc ارتبـــاط داخلـــي بالشكل الآتي:

$$A_c = \frac{\mu_c}{MN_c^2}$$

إذاً A_c هي عدد الارتباطات الداخلية بين محطات العمل μc (عدد المهام ذات الصفات C_1 وC_2 التي تنتمي للعنقود نفسه c أي المهمة التي مصدرها ووجهتها ضمن العنقود c) مقسوماً على العدد الأعظمي المحتمل لتلك الارتباطات.

وهكذا فإن قيم A_c تتراوح بين الصفر والواحد. فتكون قيمة A_c صفراً عنـــد عـــدم وجود ارتباطات، أو بمعنى آخر مهام مصدرها ووجهتها ضمن للعنقود نفسه. في حين تعبر القيمة واحد عن وجود ارتباطات بين جميع محطات العمل الداخليـــة، أي كـــل محطة تحوي على مهمة وجهتها كل محطة ضمن العنقود.

– كثافة الارتباط الخارجي: هي مؤشر لمدى شدة الارتباطات بـــين العناقيـــد ضـــمن النظام. كان هذا المقياس أكبر دلَّ ذلك على عنقدة أسوأ، حيث يكون اعتماد العناقيـــد على بعضها أكبر. في حين تدل القيمة المتدنية لهذا المقياس على جودة العنقدة وذلـــك لاستقلال العناقيد وعدم اعتمادها على مهام بعضها.

نعرف كثافة الارتباط الخارجي Ei,j بين العنقود i والعنقود j حيث لكل مـــنهم Ni و Nj محطة على التتالي و بارتباط خارجي εij بالشكل الآتي:

$$Ei,j = \begin{cases} 0 & if \quad i = j \\ \dfrac{\varepsilon ij}{2NiNj} & if \quad i \neq j \end{cases}$$

إذاً Ei,j هي النسبة بين الارتباطات الخارجية (عدد المهام ذات الصفات C_1 وC_2 بحيث تكون C_1 تنتمي للعنقود i أي المهمة التي مصدرها العنقود i وC_2 تنتمي للعنقود j أي المهمة التي وجهتها إلى العنقود j) والعدد الأعظمي المحتمل لتلك الارتباطات.

تكون قيمة Ei,j مساوية للصفر عند عدم وجود مهام متبادلة بين العناقيد. في حين تصل إلى قيمة الواحد عند وجود مهام بين كل محطة من العنقود الأول وكل محطة من العنقود الثاني.

نوضح فيما يأتي كيفية الاستفادة والربط بين كثافة الارتباط الداخلي وكثافة الارتباط الخارجي للحصول على بارامتر يعبر عن جودة العنقدة على أساس المهام.

ليكن لدينا k عنقود للنظام ولتكن A_i كثافة الارتباط الداخلي للعنقود i أما Ei,j فهي كثافة الارتباط الخارجي بين العنقودين i و j عندها تكون جودة العنقدة MQT معطاة وفق العلاقة:

$$MQT = \begin{cases} \dfrac{\sum_{i=1}^{k} A_i}{k} - \dfrac{\sum_{i,j=1}^{k} E_{i,j}}{\frac{k(k-1)}{2}} & \forall k \rangle 1 \\ A_i & k = 1 \end{cases}$$

إذاً، فجودة العنقدة تحسب لعنقود واحد باستخدام كثافة الارتباط الداخلي، أما في حالة أكثر من عنقود فهي حاصل طرح متوسط كثافة الارتباط الخارجي من متوسط كثافة الارتباط الداخلي. تتراوح قيم جودة العنقدة ضمن المجال [1,1-] بحيث يدل (1-) على أسوأ عنقدة، وذلك عند عدم وجود ارتباطات ضمن العنقود. أما (1) فيدلّ على أفضل عنقدة، وذلك عند عدم وجود ارتباطات بين العناقيد. ومن ثَمَّ يمكننا كتابة تابع

الملاءمة المستخدم في عنقدة نظامنا اعتماداً على جودة العنقدة على أســاس المــداخل والمخارج والمهام كما يأتي:

$$MQ = \delta(1 - MQT) + \lambda(MQIO)$$

قمنا بإضافة الواحد لتأمين الانسجام بين حدي الجمع حيث أصبحت أفضل عنقدة هــي عند الصفر.كما تم الضرب بمعاملات مساعدة لتحديد أســاس العنقــدة، فــإذا أردنــا الاعتماد على المهام ما علينا سوى رفع قيمة المعامل δ وتخفيض قيمة المعامل λ.

عند كون $\lambda=0$ فهذا يعني أن العنقدة على أساس المهام فقط. أما عند كون $\delta=0$ فهذا يعني أن العنقدة على أساس المداخل والمخارج فقط. ويفــضل اختيــار أحــد هــذين المعاملين صفراً والآخر واحداً كي تتم العملية على المداخل والمخارج أو المهام فقط.

7) الدراسة العملية :

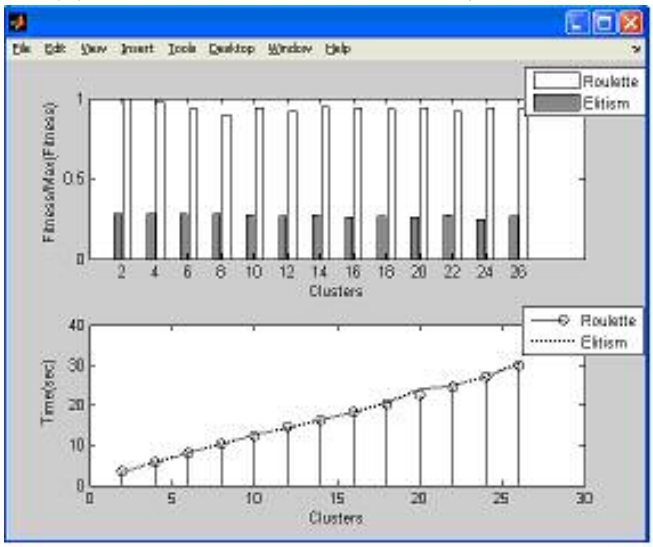
قمنا في دراستنا بالاستعانة ببيئة MATLAB لعمل محاكاة للنظام المقترح نظراً إلــى تمتعها بمجموعة من الميزات وتوافر العديد من التوابع المضمنة التي تهمنا في بحثنــا (نورد في نهاية البحث ملحقاً يتضمن أحد الاجرائيات المستخدمة). أُجْرِيَــتِ دراســة النظام المقترح واختباره في حالة وجود مشرف عمومي فقط دون عنقــدة ومقارنــة أدائها بحالة وجود عنقدة لمحطات العمل، مع تنفيذ عملية المحاكاة عدة مرات للتأكــد من تقارب النتائج.

7-1) تأثير عدد العناقيد:

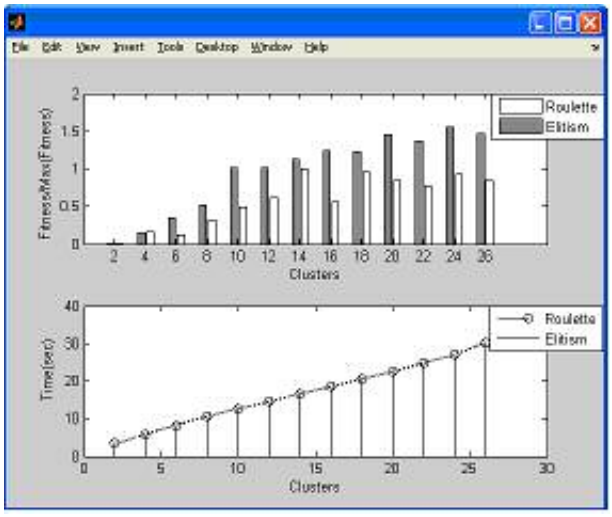
من المهم جداً تحديد عدد العناقيد الأنسب لعملية الدراســة ومعرفــة علاقتهــا ببقيــة البارامترات، لذلك أُجْرِيَتْ فقد تمت دراسة تــأثير عــدد العناقيــد ومقارنــة النتــائج لخوارزميتي انتخاب في الخوارزميات الجينية هما العجلة المتدحرجة وحكم النخبــة. يبيّن الشكل(5) أن زيادة عدد العناقيد لم يؤثر بشكل ملحوظ في قيمة الملاءمة وذلــك لحالة العنقدة على أساس المهام فقط. أما الشكل(6) فيبيّن أثر زيادة العناقيــد باعتبــار المداخل والمخارج فقط، إِذْ نلاحظ ازدياد قيمة الملاءمة في كلتا الخوارزميتين، ولكن

من الملاحظ أفضلية حكم النخبة في الحالة الأولى وأفضلية العجلة المتدحرجة في الثانية. في حين يزداد زمن التنفيذ طردياً مع زيادة عدد العناقيد في كلتا الحالتين.

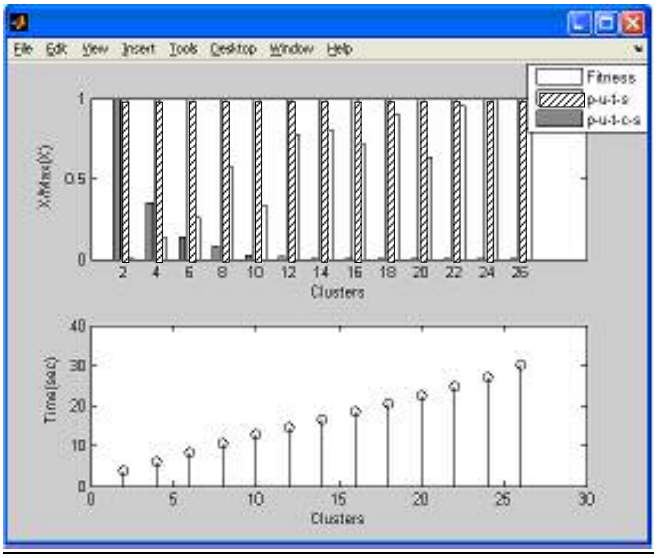
قمنا فيما بعد بمقارنة أداء النظام باستخدام العنقدة وعلاقة هذا التحسن بعدد العناقيد وقد اعتمدنا على بارامتر مهم وهو نسبة المهام غير المضمونة في كامل النظام سواء على المشرف العمومي أو المشرفين المحليين إلى العدد الكلي المتولد من جميع المحطات، والذي رمزنا له بـ p-u-t-c-s (percent –unguaranty – task – cluster - supervisor) في حالة استخدام العنقدة وبالرمز p-u-t-s في حال وجود مشرف عمومي دون عنقدة إذ تكون النسبة السابقة ثابتة. يبيّن الشكل(7) كيف تسيء زيادة عدد العناقيد إلى الملاءمة ولكنه بالمقابل ينقص– وبشكل ملحوظ– من نسبة المهام غير المضمونة، وذلك لأنَّ العنقدة تتم على أساس المداخل/المخارج. أما لو تمت العنقدة على أساس المهام فإننا نلاحظ تحسن الملاءمة تحسناً طفيفاً مع زيادة العناقيد فضلاً عن إنقاص نسبة المهام غير المضمونة، وهذا ما يبيّنه الشكل(8).



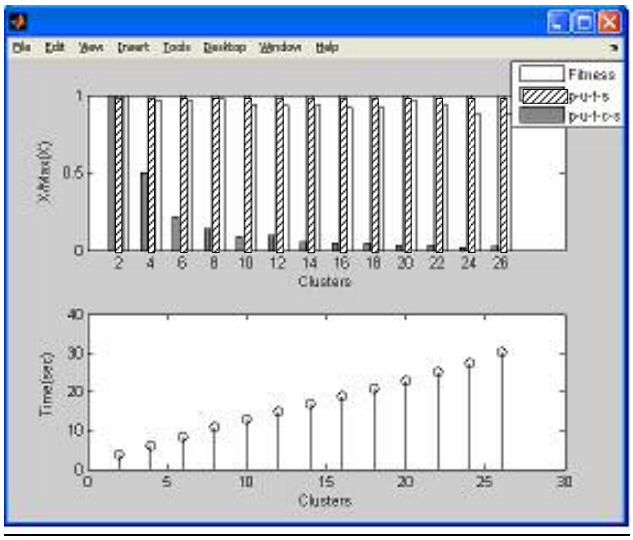
الشكل (5) تأثير عدد العناقيد في الملاءمة لأنَّ العنقدة تتم على أساس المهام



الشكل (6) تأثير عدد العناقيد في الملاءمة لأنَّ العنقدة تتم على أساس المداخل/المخارج



الشكل (7) تأثير عدد العناقيد في نسبة المهام غير المضمونة لأنَّ العنقدة تتم على أساس المداخل/المخارج



الشكل (8) تأثير عدد العناقيد في نسبة المهام غير المضمونة لأنَّ العنقدة تتم على أساس المهام

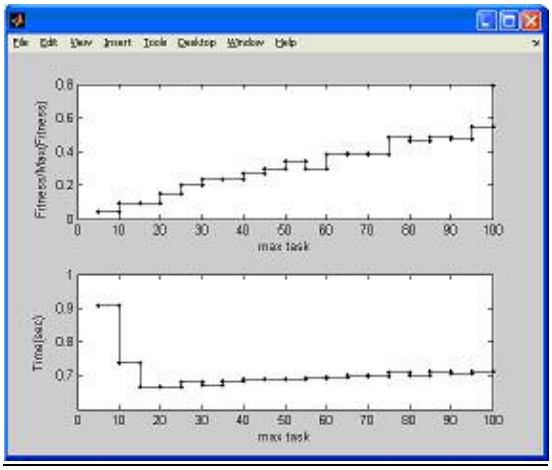
2-7) تأثير عدد المهام:

قمنا أيضاً بدراسة تأثير عدد المهام الأعظمي، في كل محطة عمل، في قيمة الملاءمة مع اعتبار قيمة المتحول $\delta=1$ و $(\alpha , \beta , \lambda)=0$ وباختيار المجال الآتي:

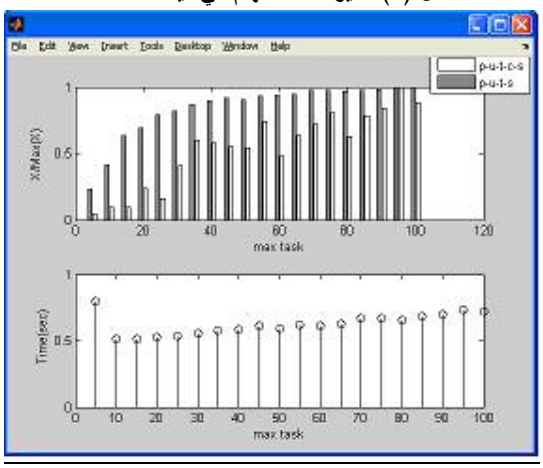
$$\text{Max task} = [\ 5 : 5 : 100\ ]$$

فوجدنا أن زيادة عدد المهام يؤثر سلباً في قيمة الملاءمة تأثيراً طرديـاً كمـا يبـيّن الشكل(9).

قمنا فيما بعد بمقارنة أداء النظام باستخدام العنقدة وعلاقة هذا التحسن بعدد المهام، وقد اعتمدنا على بارامتر المهام غير المضمونة. يبيّن الشكل(10) كيف تؤدي زيادة عـدد المهام إلى زيادة في نسبة المهام غير المضمونة مع ملاحظة وجود تحسن جيـد فـي النظام بوجود عنقدة عنه عند عدم استخدام العنقدة.



الشكل (9) تأثير عدد المهام في قيمة الملاءمة



الشكل (10) تأثير عدد المهام في نسبة المهام غير المضمونة

3-7) تأثير عدد المداخل/المخارج:

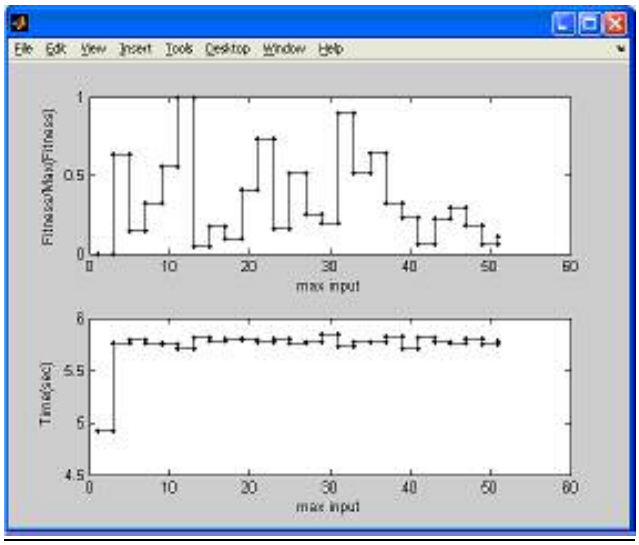
قمنا أيضاً بدراسة تأثير عدد المداخل/المخارج الأعظمي، في كل محطة عمـــل، فـــي قيمة الملاءمة مع اعتبار قيمة المتحول $\delta=0$ فـــي حـــين $(\alpha\ ,\ \beta\ ,\ \lambda)=1$ وباختيـــار المجال الآتي:

$$\text{Max input} = [\ 1 : 2 : 51\ ]$$

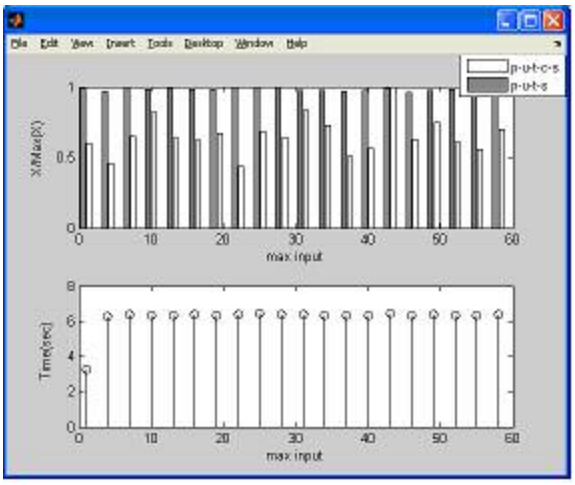
حيث يؤخذ عدد المخارج بنسبة (2/3) من عدد المداخل كل مرة.

من الشكل(11) يتضح لنا أن زيادة عدد المداخل/المخارج يؤثر تأثيراً إيجابياً في قيمة الملاءمة، ولكن ليس بشكل طردي تماماً ولاسيَّما عند المجالات المتدنية.

قمنا أيضاً بمقارنة أداء النظام باستخدام العنقدة وعلاقة هذا التحسن بعدد المهام وقد اعتمدنا على بارامتر المهام غير المضمونة. يبيّن الشكل(12) كيف أن زيادة عدد المداخل/المخارج لا تؤثر بشكل واضح في نسبة المهام غير المضمونة مع ملاحظة وجود تحسن جيد في النظام بوجود عنقدة عنه عند عدم استخدام العنقدة.



الشكل (11) تأثير عدد المداخل/المخارج في قيمة الملاءمة



الشكل (12) تأثير عدد المداخل/المخارج في نسبة المهام غير المضمونة

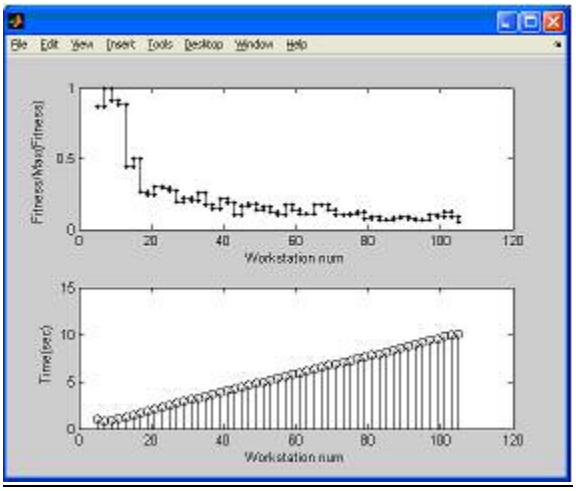
4-7) تأثير عدد محطات العمل:

نبين هنا أثر زيادة عدد محطات العمل في نتائج المحاكاة، وقد اخترنا المجال الآتي:

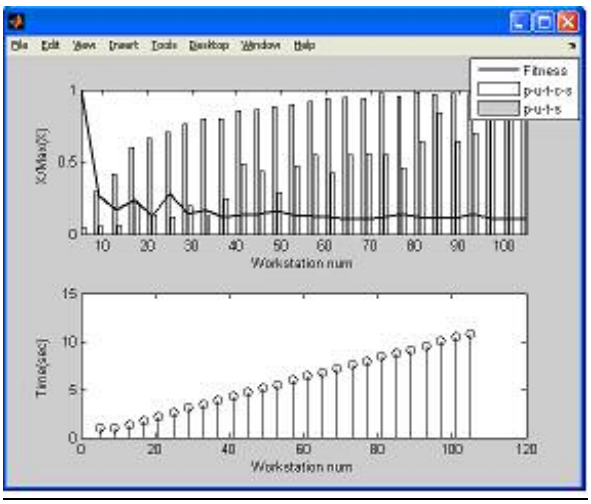
Workstations = [5 : 2 : 105]

نلاحظ من الشكل(13) أن النتيجة تتأرجح ضمن المجال [1 , 0.05]. مع تحـــسن أداء النظام –بشكل ملحوظ– مع زيادة عدد المحطات على حساب زيـــادة خطيـــة لـــزمن التنفيذ.

قمنا فيما بعد بمقارنة أداء النظام باستخدام العنقدة وعلاقة هذا التحسن بعدد المحطـــات وقد اعتمدنا على بارامتر المهام غير المضمونة. يبيّن الشكل(14) كيف تُحسّنُ زيـــادة عدد المحطات الملاءمة ولكنه بالمقابل تزيد من نسبة المهام غيـــر المـــضمونة، مـــع ملاحظة وجود تحسن جيد في النظام بوجود عنقدة عنه عند عدم استخدام العنقدة.



الشكل (13) تأثير عدد المحطات في قيمة الملاءمة



الشكل (14) تأثير عدد المحطات في نسبة المهام غير المضمونة

8) توصيات ومقترحات:

الخوارزميات الجينية هي طريقة لمحاكاة ما تفعله الطبيعة في تكاثر الكائنـات الحيـة واستخدام تلك الطريقة في حلّ مشكلات معقدة للوصول إلى الحل الأفضل أو أقـرب حل ممكن إلى الحل الأمثل. بالواقع هناك عدة متغيـرات تـؤدي دوراً بـارزاً فـي الوصول إلى الحل الأمثل بسرعة وكفاءة عـاليتين. قمنـا فـي دراسـتنا باسـتخدام الخوارزميات الجينية لإيجاد العنقدة الأفضل لمجموعة عقد مترابطة مع بعضها ومقادة عبر مشرف عمومي. وقد بيّنت نتائج الدراسة التحسن الملحوظ في أداء النظام الـذي أُجْرِيَتْ عليه عملية العنقدة مقارنة بالنظام نفسه بعدم وجود العنقدة. وفيما يأتي النتائج التي حصلنا عليها:

1- إن زيادة عدد العناقيد لم يؤثر تأثيراً ملحوظاً في قيمة الملاءمة وذلك لحالة العنقدة على أساس المهام فقط، وقد ازدادت قيمة الملاءمة عند العنقدة على أساس المـداخل والمخارج فقط في كلتا الخوارزميتين، ولكن من الملاحظ أفضلية حكـم النخبـة فـي الحالة الأولى وأفضلية العجلة المتدحرجة في الثانية. أما زمن التنفيذ فقد ازداد طردياً مع زيادة عدد العناقيد في كلتا الحالتين.

2- وجدنا أن عدد المهام غير المضمونة يتناقص مع زيادة عدد العناقيد في حين تزداد قيمة الملاءمة، وذلك عند العنقدة على أساس المداخل/المخارج. أما لو أُجْرِيَت العنقدة على أساس المهام فإننا نلاحظ تحسن الملاءمة تحسناً طفيفاً مع زيادة العناقيد فـضلاً عن إنقاص نسبة المهام غير المضمونة.

3- إن زيادة عدد المهام يؤثر سلباً في قيمة الملاءمة وتأثيراً طردياً. كما أن زيادة عدد المهام يزيد من نسبة المهام غير المضمونة مع ملاحظة وجود تحسن جيد في النظـام بوجود عنقدة عنه عند عدم استخدام العنقدة.

4- إن زيادة عدد المداخل/المخارج يؤثر تأثيراً إيجابياً في قيمة الملاءمة، ولكن لـيس طردياً تماماً خاصة عند المجالات المتدنية. كما أن زيادة عدد المـداخل/المخـارج لا

تؤثر تأثيراً واضحاً في نسبة المهام غير المضمونة مع ملاحظة وجود تحسن جيد في النظام بوجود عنقدة عنه عند عدم استخدام العنقدة.

5- إن زيادة عدد المحطات يؤدي إلى تحسّن الملاءمة تحسناً ملحوظاً على حساب زيادة خطية لزمن التنفيذ. ولكنه بالمقابل يزيد من نسبة المهام غير المضمونة مع ملاحظة وجود تحسن جيد في النظام بوجود عنقدة عنه عند عدم استخدام العنقدة.

6- إن الأساس في اختيار العنقدة هو الوصول إلى عناقيد ذات ارتباطات داخلية كثيفة وارتباطات قليلة بين محطات العمل المنتمية إلى عناقيد مختلفة، وهذا يتحقق باختيار جودة العنقدة على أساس المهام. أما العنقدة على أساس عدد المداخل والمخارج وصفاتها فهي حالة تستخدم عند طلب العنقدة مع تعذر معرفة المهام بين محطات العمل أو صعوبتها (نظام جاهز أو على درجة عالية من التعقيد).

9) آفاق مستقبلية:

يقدم هذا البحث خطوة نحو أمثلة أداء نظم المعطيات الصناعية الموزعة بعنقدة محطات العمل المتشابهة. كما يقدم مادة غنية لمتابعة العمل بآفاق متعددة لتحقيق هدف واحد هو الوصول إلى نظام بأداء عالٍ وموثوقية مرتفعة. وفيما يأتي أورد بعضاً من المحاور التي يمكن متابعة البحث على أساسها:

1. من المناسب إدخال مفهوم الزمن الحقيقي في معالجة المهام وجدولتها وعنقدة محطات العمل بما يضمن تنفيذ المهام جميعها ضمن زمنها الحرج، ودراسة الخوارزمية الأفضل في جدولة مهام الزمن الحقيقي.

2. يمكن دراسة تأثير التغيرات المستمرة للبارامترات $(\alpha, \beta, \delta, \lambda)$ في أداء النظام، وعدم الاكتفاء بالقيم الحدية $[0,1]$.

3. إن تنوع خوارزميات العنقدة يفتح الأفق واسعاً لمقارنة عدة خوارزميات أخرى مثل (k-means).

ملحق الإجرائيات المستخدمة:

نظراً إلى حجم الاجرائيات الكبير نسبياً مقارنة أورد إجرائية واحدة هي إجرائية تأثير عدد العناقيد:

```
clc
close all
clear all
% the constant region down
%------workstation
W_S_num=60;% how many workstation
max_input=24;%how many maximum inputs for every workstation
max_output=16;%how many maximum outputs for every workstation
max_task=50;%how many maximum tasks for every workstation
max_change_input=50;%how many maximum changes of inputs for
every workstation
max_change_output=50;%how many maximum changes of outputs for
every workstation
A_D_input=0.1;%the percent of analog to digital
A_D_output=0.1;%the percent of analog to digital
%------genetic
max_generation=10;
%probability of crossover
Pc= .5;
%probability of mutation
Pm=0.03;
%max time for simulation in second
max_time=100;
% population size
pop_size=20;
% how many best chromosome to pass in elitism_selected
num_gen_pass=ceil(pop_size/10);
%the number of clusters is less than W_S_num
%first case
%alpha=0;%input/output properety factor in fitness
%beta=0;%input/output number factor in fitness
%gamma=1;%task factor in fitness
%lamda=0;%input/output factor in fitness
%second case
alpha=0;%input/output properety factor in fitness
beta=1;%input/output number factor in fitness
gamma=0;%task factor in fitness
```

```
lamda=1;%input/output factor in fitness
% the constant region up
% to create the system
orginal_system=create_sys(W_S_num,max_input,...
   max_output,max_task,max_change_input,max_change_output,...
   A_D_input,A_D_output);
% to create the initial population
beg_c=2;
end_c=26;%the number of clusters is less than W_S_num
step_c=2;
for clu_num=beg_c:step_c:end_c
   clu_num
tic
init_pop=initial_population(W_S_num,clu_num,pop_size);
init_pop=corection(init_pop,clu_num);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
new_gen=init_pop;
% to determin the best chromosome and fitness
min_fit=fitness_function(orginal_system,...
         new_gen(1,:),alpha,beta,gamma,lamda,clu_num);
best_chrom=new_gen(1,:);
for generation=1:max_generation
   old_gen=new_gen;
   for i=1:size(old_gen,1)
      fit_of_gen(i)=fitness_function(orginal_system,...
         old_gen(i,:),alpha,beta,gamma,lamda,clu_num);
   end
   [minim,ind1]=min(fit_of_gen);
   if minim<min_fit
      best_chrom=old_gen(ind1,:);
      min_fit=minim;
   end
   if min_fit==0
      break
   end
   %selection algorithm
   new_gen = roulette_selected(old_gen,fit_of_gen);
   %new_gen = elitism_selected(old_gen,fit_of_gen,num_gen_pass);
   % Mate
   new_gen = shuffling(new_gen);
   % Simple 2 point Crossover
   new_gen = s2p_crossover(new_gen,Pc);
   % Mutate
```

```
    new_gen = mutation(new_gen,Pm);
    new_gen=corection(new_gen,clu_num);
end
min_fitness(clu_num)=min_fit;
execute_time(clu_num)=toc;
end
subplot(2,1,1)
maxi=max(min_fitness);
stem(beg_c:step_c:size(min_fitness,2),min_fitness(beg_c:step_c:size(min
_fitness,2))/maxi)
xlabel('Clusters')
ylabel('Fitness/Max(Fitness)')
subplot(2,1,2)
stem(beg_c:step_c:size(execute_time,2),execute_time(beg_c:step_c:size(
execute_time,2)))
xlabel('Clusters')
ylabel('Time(sec)')
%Elitism
for clu_num=beg_c:step_c:end_c
    clu_num
tic
init_pop=initial_population(W_S_num,clu_num,pop_size);
init_pop=corection(init_pop,clu_num);
new_gen=init_pop;
% to determin the best chromosome and fitness
min_fit=fitness_function(orginal_system,...
          new_gen(1,:),alpha,beta,gamma,lamda,clu_num);
best_chrom=new_gen(1,:);
for generation=1:max_generation
    old_gen=new_gen;
    for i=1:size(old_gen,1)
        fit_of_gen(i)=fitness_function(orginal_system,...
            old_gen(i,:),alpha,beta,gamma,lamda,clu_num);
    end
    [minim,ind1]=min(fit_of_gen);
    if minim<min_fit
        best_chrom=old_gen(ind1,:);
        min_fit=minim;
    end
    if min_fit==0
        break
    end
    %selection algorithm
```

```
    %new_gen = roulette_selected(old_gen,fit_of_gen);
    new_gen = elitism_selected(old_gen,fit_of_gen,num_gen_pass);
    % Mate
    new_gen = shuffling(new_gen);
    % Simple 2 point Crossover
    new_gen = s2p_crossover(new_gen,Pc);
    % Mutate
    new_gen = mutation(new_gen,Pm);
    new_gen=corection(new_gen,clu_num);
end
min_fitness(clu_num)=min_fit;
execute_time(clu_num)=toc;
end
subplot(2,1,1)
hold on
maxi=max(min_fitness);
plot(beg_c:step_c:size(min_fitness,2),min_fitness(beg_c:step_c:size(min
_fitness,2)),'r')
hold off
subplot(2,1,2)
hold on
plot(beg_c:step_c:size(execute_time,2),execute_time(beg_c:step_c:size(e
xecute_time,2)),'r')
hold off
```

References

1 - Ng R.T., and Han J. 1994. "Efficient and Effective Clustering Methods for Spatial Data Mining, Proc". 20th Int. Conf. on Very Large Data Bases, 144-155. Santiago, Chile.

2 - M. Carey, M. Franklin, M. Livny, and E. Shekita. "Data Caching Tradeoffs in Client-Server DBMS Architectures". In ACM SIGMOD Conference,May 1991.

3 - Je-Ho Park Vinay Kanitkar, Alex Delis, R. N. Uma. "On the Use of Genetic Algorithms in Database Client Clustering". Department of Computer and Information Science. Polytechnic University. Brooklyn, NY 11201. The National Science Foundation under Grant NSF IIS-9733642 and the Center for Advanced Technology in Telecommunications, Brooklyn, NY.

4 - James Cunha Werner, Terence C. Fogarty. "Genetic algorithm applied in Clustering datasets". SCISM South Bank University. 103 Borough Road. London SE1 0AA.

5 - William H. Hsu,MichaelWelge, Jie Wu, and Ting-Hao Yang. "Genetic Algorithms for Selection and Partitioning of Attributes in Large-Scale Data Mining Problems." Automated Learning Group, National Center for Supercomputing Applications 601 East Springfield Avenue, Champaign IL 61820.

6 - Xin Zheng1, Deng Cai, Xiaofei He2, Wei-Ying Ma, Xueyin Lin1. "Locality Preserving Clustering for Image Database". Microsoft Research Asia
Beijing, China. xiaofei@cs.uchicago.edu.

7 - Walter Cedeno V. Rao Vemuri. "Database Design with Genetic Algorithms". Independent Consultant Department of Applied Science. 446 Creekside Drive University of California.

8 - S. Mancoridis, B. S. Mitchell, C. Rorres, Y. Chen, and E. R. Gansner. "Using Automatic Clustering to Produce High-Level System Organizations of Source Code". In Proceedings of the International Workshop
on Program Understanding, 1998.

9 - Kumara Sastry Guanghua Xiao. "Silicon Cluster Optimization Using Extended Compact Genetic Algorithm". (ECGA) University of Illinois at Urbana-Champaign, December 12,2000

10 - Ester M.; Peter H.; and Xu X. "A Database Interface for Clustering in Large Spatial Databases". Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD-95), University of Munich.
11 - D. Doval, S. Mancoridis, B. S. Mitchell. "Automatic Clustering of Software Systems using a Genetic Algorithm". Dept. of Mathematics and Computer Science, Drexel University, Philadelphia, PA 19104. e-mail: { uddoval, smancori, bmitchel} @mcs.drexel.edu
12 - Damla Turgut Sajal K. Das, Ramez Elmasri and Begumhan Turgut. "Optimizing Clustering Algorithm in Mobile Ad hoc Networks Using Genetic Algorithmic Approach". School of EECS Dept of Computer Science & Engineering, University of Central Florida University of Texas at Arlington
Orlando, FL 32816-2450 Arlington, TX 76019-0015. turgut@cs.ucf.edu
13 - M. Mitchell. "An Introduction to Genetic Algorithms". The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1997.
14 - E. Goldberg, David, "Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning ", Addison-Wesley Publishing Company, Inc, 1989.
15 - Goldberg, D. E., & Lingle, R. (1985). "Alleles, loci, and the traveling salesman problem". Proceedings of an International Conference on Genetic Algorithms and Their Applications, 154-159.
16 - Meyer, D, C. "An evolutionary Algorithm with Applications to statistics". Journal of computational and graphical ststistics, volume 12, number 2, pages 1-17, DOI:10.1198/106186003169.
17 - Davis, L. (1991). "Handbook of Genetic Algorithms", Van Nostrand Reinhold, New York
18 - Grefenstette, J.J. (1986). "Optimization of control parameters for genetic algorithms". IEEE-SMC, SMC-16, 122-128.
19 - Smith, T. (2005). "Artificial Intelligence". Computer Science 165A.
20 – بحبوح، أسامة، أ. (2005). "Matlab لغة المهندسين". دار الأنس للنشر والتوزيع، دمشق، سورية.

تاريخ ورود البحث إلى مجلة جامعة دمشق: 2008/10/23.