

# دروس في الذكاء الصناعي

اعداد : د. محمد خطيب

مدرس في كلية الهندسة المعلوماتية - جامعة دمشق  
مدرس في كلية الهندسة والتكنولوجيا - جامعة المأمون الخاصة

[http://mohamed\\_khatib.tripod.com](http://mohamed_khatib.tripod.com)

- 2 ..... تعريفات : **الدرس الأول**
- 4 ..... الذكاء الصناعي : **الدرس الثاني**
- 6 ..... الذكاء الحسابي : **الدرس الثالث**
- 8 ..... خوارزمية النمل 1 : **الدرس الرابع**
- 10 ..... خوارزمية النمل 2 : **الدرس الخامس**
- 13 ..... خوارزمية الأسراب (اسراب الطيور PSO) : **الدرس السادس**

## الدرس الأول

### تعريفات

### تعريف الذكاء الصناعي

هناك العديد من التعريفات للذكاء الصناعي نذكر منها الآتي :

- " الذكاء الصناعي هو دراسة كيفية توجيه الحاسب لأداء أشياء يؤديها الإنسان بشكل أفضل " أيلين ريتش (Elaine rich)
- "إن هدف الذكاء الصناعي هو بناء آلات قادرة على القيام بالمهام التي تتطلب الذكاء البشري" نيلز نيلسون (Nils Nilsson)
- "هدف الأبحاث في مجال الذكاء الصناعي هو بناء برمجيات قادرة على أداء سلوكيات توصف بالذكاء عند قيام الإنسان بها" إدوارد فيجنباوم (Edward Feigenbaum)
- "الذكاء الصناعي هو اسم يطلق على المشاكل التي يصعب حلها باستخدام الحاسب" دونالد ميتشي (Donald Michi)
- "الذكاء الصناعي هو العلم القادر على بناء الآلات التي تؤدي مهاماً تتطلب قدراً من الذكاء البشري عندما يقوم بها الإنسان" مارتن منسكي (Martin Minsky)
- "الذكاء الصناعي هو قدرة الآلة على القيام بالمهام التي تحتاج للذكاء البشري عند أدائها مثل الاستنتاج المنطقي والتعلم والقدرة على التعديل" مارتن ويك (Martin Weik)

### خصائص الذكاء البشري التي يحاول الذكاء الصناعي محاكاتها

اكتساب المعلومات والقدرة على التعلم والفهم من خلال الممارسة الفعلية والتطبيق العلمي والخبرة المكتسبة ، ويؤدي ذلك إلى التمييز الدقيق بين القضايا والتوصل إلى المعلومات من الجزئيات واستبعاد المعلومات غير المناسبة .

القدرة على الاستجابة بمرونة تامة وسرعة لمختلف المواقف مع عدم الانحياز الخاطئ ، بمعنى أن الإنسان ليس مقيداً باتباع سلوك معين عند تعرضه لنفس الموقف بطريقة تكرارية مشابهة لأن ذلك يعد سلوكاً آلياً ونمطياً وليس سلوكاً ذكياً .

القدرة على اتخاذ القرارات الصحيحة بناءً على الإدراك الحسي والعقلي لجوانب المشكلة والاحتمالات الواردة ونتائج كل هذه الاحتمالات ومعرفة النتائج المنشودة وأفضل القرارات التي تؤدي إلى تحقيق هذه النتائج .

القدرة على استنباط القوانين العامة من الأمثلة المحدودة ومعرفة جوهر الأشياء وذلك بالتمييز بين

أنواع المعلومات المختلفة .

القدرة على اكتساب المعرفة واستخدامها في حل المشاكل والقضايا التي يتصدى لها الإنسان جنباً إلى جنب مع خبرته في الحياة وتقديره للمواقف .

نقل التجربة والخبرة الذاتية إلى مواقف ومجالات جديدة للتعرف على أوجه في هذه المواقف والتعامل معها .

القدرة على اكتشاف الأخطاء وتصحيحها وصولاً إلى تحسين الأداء في المستقبل .

القدرة على فهم وتحليل المواقف الغامضة وغير التقليدية باستخدام الاستنتاج المنطقي كذلك القدرة على ربطها بالمواقف المشابهة.

## الدرس الثاني الذكاء الصناعي

### مايؤديه الإنسان أفضل من الحاسب :

هناك أشياء يتميز بها الحاسب عن العقل البشري وبمعنى أوضح هناك أعمال روتينية يستطيع الحاسب أن يؤديها أفضل من الإنسان والأجزاء التالية توضح بعض هذه الأعمال .

### الحسابات العددية: (Numerical Coputations)

من أهم الأشياء التي يستطيع الحاسب القيام بها بدقة عالية وبسرعة فائقة بالمقارنة مع قدرات الإنسان هي الحسابات العددية والتي كانت الهدف الرئيسي من اختراع الحاسب. والكل يعلم أن أي آلة حاسبة عادية تستطيع القيام بعملية حسابية مثل ضرب العدد (19847) في العدد (992786) في جزء من الثانية. أما الحاسبات الكبيرة فتستطيع القيام بحسابات يصعب على أي إنسان القيام بها باستخدام أي وسائل أخرى .

### 2. تخزين المعلومات واسترجاعها :

يستطيع الحاسب تخزين الآف السجلات التي يحتوي كل سجل منها على العديد من البيانات مثل اسم العميل وعنوانه وأي معلومات أخرى عنه ويمكن استرجاع البيانات بمجرد إعطاء الحاسب أمر محدد ليقوم بالبحث عن السجل الخاص بهذا العميل وعرضه للمستخدم في بضع ثواني. وللقيام بهذا العمل بدون الحاسب على الإنسان استخدام الآف الأوراق لكتابة هذه السجلات وفي هذه الحالة تصبح عملية البحث عن أي سجل شاقة جداً وتستهلك وقتاً طويلاً .

### 3. العمليات التكرارية: (Repetitive Operations)

إذا طلب المستخدم من الحاسب على سبيل المثال طباعة ألف نسخة من التقرير الشهري سيقوم الحاسب بهذه العملية بدون أي ملل ويعطيه آخر تقرير بنفس جودة التقرير الأول. أما إذا تم القيام بهذا العمل يدوياً فإن الإنسان سوف يمل بعد بضعة تقارير وتقل كفاءة إخراج التقارير بعد ثاني أو ثالث تقرير. ومن ذلك يتضح أن الحاسب يستطيع القيام بالأعمال التكرارية أفضل بكثير من الإنسان .

### مايؤديه الحاسب أفضل من الإنسان :

بعد ان أوضحنا ان الحاسب يمكنه القيام بأعمال معينة أفضل من الإنسان. فما زال الإنسان يملك قدرات تفوق قدرات الحاسب وهي تلك القدرات التي تتعلق بالذكاء. فالإنسان لا يقوم بمعالجة البيانات مثل الحاسب فقط ولكنه أيضا يقوم بفهم هذه البيانات . ويقوم ايضا بالإحساس (Make Sense) بالأشياء التي يراها ويسمعها . وليس هذا فحسب ولكن الإنسان يقوم بالحكم السليم (Common Sense) على الأشياء. وعلى هذا فإذا كان الإنسان أكثر ذكاء من الحاسب وإذا كان الهدف في مجال الذكاء الاصطناعي هو الارتقاء بأداء الحاسب للقيام بالأشياء التي يقوم بها الإنسان أفضل فإن عليه جعل الحاسبات أكثر ذكاء. هذا المفهوم يؤدي إلى التعريف التالي للذكاء الاصطناعي الموضوع بواسطة افران بار (Avron Barr) وهو :

"الذكاء الاصطناعي هو علم من علوم الكمبيوتر يعني بتصميم نظم حاسبات ذكية، بمعنى

تصميم نظم تملك نفس خصائص الذكاء في السلوك الإنساني .

## المعالجة الرمزية: (Symbolic Processing)

عند حل الخبراء للمشاكل - خاصة التي تناسب الذكاء الصناعي - فإنهم يستخدمون الرموز (symbols) لتمثيل المشكلة ثم تستخدم أساليب عديدة وقواعد مختلفة لمعالجة هذه الرموز. وتعد المعالجة الرمزية الصفة الأساسية للذكاء الاصطناعي، وذلك طبقاً لتعريف بروس بوتشان (Bruce Buchanan) والقائل فيه :

"الذكاء الاصطناعي هو ذلك العلم من علوم الحاسب الذي يتخذ طرق المعالجة الرمزية، وليست الخوارزمية، في حل المشاكل ."

والمعالجة الرمزية تختلف عن المعالجة العددية (Numeric Processing) التي يعتمد عليها الحاسب والتي كانت الهدف من وجوده في البداية. أما التراكيب الخوارزمية (Algorithmic) فهي التراكيب التي تتكون من خطوات محددة ومعرفة بنقطة بداية ونقطة نهاية. وإتباع هذه الخطوات يؤدي إلى الوصول إلى حل المشكلة. والبرامج التقليدية للحاسب تبنى على هذه التراكيب أما النشاطات العقلية للإنسان مثل طرق الاستنتاج المنطقي (Processes Reasoning) فنجد أنها غير خوارزمية (Non Algorithmic) أي أن العقل الإنساني لا يتبع طرقاً إجرائية محددة وثابتة للوصول للاستنتاج أو الحل الذي توصل إليه. ويكرس معظم الباحثين في مجال الذكاء الاصطناعي جهدهم في المعالجة الرمزية والغير إجرائية لمحاكاة طرق الاستنتاج عند الإنسان على الحاسب .

## الحدس: (Heuristics)

لحدس هو الحكم على الأحداث بالخبرة التجريبية، وهو الذي يساعد الإنسان على اتخاذ القرار فيما سيفعله مستقبلاً. اعتبر بروس بوتشان الحدس عنصر من عناصر الذكاء الاصطناعي وذلك من التعريف التالي :

"الذكاء الاصطناعي هو ذلك النوع من علوم الحاسب الذي يتخذ أسلوب المعالجة المرمزة لتمثيل المعرفة وليس أسلوب المعالجة. وكذلك يحاكي أسلوب الحدس عند الإنسان في معالجة المعلومات ."

ونلاحظ أن بروس في هذا التعريف أيضاً يؤكد على المعالجة المرمزة كما بالتعريف السابق كعنصر هام في مجال الذكاء الاصطناعي كما أدخل مفهوم الحدس لمعالجة المعلومات.

## الدرس الثالث

### الذكاء الحسابي

في السنوات العشرين الماضية بدأت الأبحاث في مجال الذكاء الصناعي تتجه نحو محاكاة الطبيعة ومحاكاة طريقة عمل الدماغ البشري وعمليات التفكير عند الإنسان فنشأ بذلك فرع جديد من فروع الذكاء الصناعي Computational Intelgence (CI) والذي يعرف كما يلي :

الذكاء الحسابي CI هو دراسة و تصميم الأدوات الذكية التي تتفاعل و تتكيف في بيئتها بشكل ذكي و تبدي سلوك معرفي بحيث تكون قادرة على اتخاذ القرارات بناءً على تذكر و استعادة المعلومات التي اكتسبها. يعتبر الإنسان أحد الأمثلة على تلك الأدوات الذكية . الذكاء الحسابي يشمل كلاً من الحقول المعرفية التالية :

**1- الحوسبة التطورية Evolutionary Computing :**

**2- الحوسبة الضبابية Fuzzy Computing :**

**3- الحوسبة العصبونية Neural Computing :**

### الحوسبة التطورية :

تشمل مفاهيم مبنية على " مبدأ الإنتخاب الطبيعي لدارون Natural Selection " البقاء للأصلح و تتكون من :

**الخوارزميات الوراثية Genetic Algorithm**

**البرمجة الوراثية Genetic Programming**

**و الإستراتيجيات التطورية Evolutionary Strategies**

### الحوسبة الضبابية :

تتعامل مع البيانات الغامضة و المبهمة بطريقة رياضية و تزودنا بحلول مبنية على محاكاة طريقة التفكير عند الإنسان . أمثلة على الحوسبة الضبابية :

**التحكم الضبابي Fuzzy Control**

**و الأنظمة الخبيرة الضبابية Fuzzy Expert System**

### الحوسبة العصبونية :

تشمل الشبكات العصبونية الصناعية Artificial Neural Network التي تقوم بمحاكاة عمل الدماغ البشري . تكمن قوتها في طريقة معالجته المتوازية و الموزعة للبيانات و مقدرتها على التعلم و

اكتساب الخبرة .

## ذكاء الأسراب :

مع بداية التسعينات من القرن الماضي بدأت الأبحاث تتجه إلى أبعد مما سبق فبدأت بمحاكاة الكائنات الحية الأقل ذكاءً و التي لها إمكانيات محدودة كالنمل و الطيور و الأسماك و التي في نفس الوقت تبدي سلوكاً اجتماعياً شديداً الذكاء ففي عام 1990 اقترح العالم الإيطالي Diarogo الخوارزمية **ACO \_ Ant Colony Optimization** " التي تحاكي مستعمرات النمل . كما في عام 1995 اقترح كلاً من العالمان Russell Eberhart & James Kenndy الخوارزمية **PSO \_ Particle Swarm Optimization** " و التي تعتمد بشكل رئيسي على محاكاة أسراب الطيور . الخوارزميتان السابقتان ACO , PSO كانتا بداية لفرع جديد من فروع الذكاء الصناعي Swarm Intelligence \_ SI

بناءً على ما تقدم و على الأبحاث في السنوات الماضية تم صياغة التعريف

التالي للذكاء الصناعي :

***AI is the study of how to make computer do things***

***/ at which / at the moment / living beings are better***

إن أهم ما يميز الفروع الجديدة سواء CI or SI أنها أساساً تعتمد على المعالجة العددية كما أنها غير مبنية على المعرفة ، حيث أن CI , SI هي عبارة عن تراكيب خوارزمية تتكون من خطوات محددة و معرفة بنقطة بداية و نقطة نهاية و اتباع هذه الخطوات يؤدي إلى الوصول لحل المشكلة.

## الدرس الرابع

### خوارزمية النمل 1

حتى مع التطور الهائل في القدرات الحاسوبية ، لا تزال هناك مشاكل مختلفة يصعب حلها ، خصوصاً الأمثلة التركيبية . هذا النوع من المشاكل يمكن أن يظهر في تصميم المنتج .لنأخذ مثلاً تصميم سيارة تعتمد على الواصفات: قوة المحرك، عدد المقاعد، الشكل الخارجي وقياس الإطار. إذا وجدت ثلاث مستويات لكل واحدة من هذه الواصفات، كالموجود أدناه، سيكون هناك  $3^4$  أو 81 ترتيب محتمل يؤخذ بعين الاعتبار. من أجل خمس واصفات، لكل واصفة أربع مستويات، يوجد 1024 تركيب .

بشكل نموذجي، عدد هائل من التركيبات الممكنة ستظهر حتى إذا كانت المسائل صغيرة نسبياً. إن إيجاد الحل الأمثل لهذه المسائل عبر سرد كل التركيبات الممكنة هو حل غير عملي. لحسن الحظ، خوارزميات بحث حدسية تطورت لإيجاد حل مناسب لهذه المشاكل في وقت معقول .

### التجريبية والعلوم الطبيعية :

منذ عقد من الزمن أو أكثر، تقنيات حدسية متعددة قد طورت اعتماداً على مراقبة التقدم في علوم الفيزياء والأحياء. من الأمثلة عليها **الخوارزميات الوراثة Genetic Algorithms, Simulated Annealing GA** هذه التقنيات استخدمت في حل العديد من المشاكل بنجاح وبشكل واسع متضمنة الأمثلة التركيبية. الخوارزميات الوراثة تستخدم طرقاً بيولوجية مثل إعادة الإنتاج (reproduction) والعبور أو التصلب (crossover)، والطفرة (mutation) للبحث السريع عن حل للمشكلات المعقدة .

**الانصهار الزائف (Simulated annealing)** يتم استلهامها من الانصهار الفيزيائي للأجسام الصلب (physical annealing) وذلك عن طريق تسخين الجسم الصلب إلى درجة حرارة عالية وتبريدها ببطء وبشكل تدريجي حتى الحصول على النتائج المرغوبة. عندما يبدأ الانصهار الزائف يتم توليد حل أولي للمشكلة وتستخدم كأول حل. درجة الحرارة بعدئذٍ تنخفض بشكل منتظم. ويتم إيجاد الحلول المجاورة للحل الحالي، إذا كانت قيمة تابع الهدف أعلى من قيمة الحل الحالي يصبح الحل المجاور هو حل للمسألة. إذا كان الحل المجاور يعطي قيمة للتابع الهدف أدنى من القيمة التي يعطيها الحل الحالي، يبقى الحل المجاور هو حل للمسألة إذا تم تحقق معيار معين. إن قبول الحلول الدنيا يسمح للبحث في أماكن مختلفة من سلسلة ملائمة من الحلول في محاولة للوصول إلى الحل الأمثل العام. (global optimum) إن متابعة عمليتي البحث وتقييم الحلول المجاورة تستمر حتى تحقق معيار ما .

### سلوك الحشرة :

حديثاً اتجه العلماء إلى الحشرات لاستخدامها أفكار حدسية. مظاهر عديدة من الفعاليات الجماعية لمجتمع الحشرات مثل النمل تكون ذاتية التنظيم، بمعنى السلوك الجماعي المعقد ينبثق من التفاعل بين الأفراد، حيث سلوك كل واحد منهم منفرداً يمثل سلوكاً بسيطاً . نتائج التنظيم الذاتي يكون شامل في الطبيعة لكن يأتي من التفاعل الذي يكون مبني بشكل كامل على معلومات محلية. التنظيم الذاتي يعتمد على مكونات عديدة :

التغذية الراجعة الموجبة، التغذية الراجعة السالبة، والتفاعلات المتعددة. التغذية الراجعة السالبة تكون مشروطة بقيود على السلوك الذي يتم نتيجة أحداث مثل نضوب مورد الطعام. لتغذية الراجعة الموجبة تقوم على قواعد سلوكية أساسية مثل تجنب الحشرات الأخرى للبحث عن مصدر للطعام التي تخلق البني الضرورية للسلوك الجماعي. التفاعلات المتعددة تشير إلى ضرورة الأحداث العشوائية، مثل أن يضع النمل ولكن يجد مصدر جديد للطعام .

## بحث النمل عن الطعام :

على الرغم أن قدرة فردا واحدا من النمل محدودة جداً، يستطيع النمل بشكل جماعي أن يؤسس (يقيم) أقصر المسالك بين العش ومصدر الطعام ، وينقل الطعام إلى العش بشكل فعال. يتواصل النمل مع بعضها البعض باستخدام (حمض النمل)، وهي مادة كيميائية تجذب النمل. بينما يتنقل النمل يضع أثر من هذا الحمض بحيث يستطيع النمل الآخر أن يتبعه. يتنقل النمل بشكل عشوائي ولكن عندما يجد في طريقه أثر هذا الحمض يقرر فيما إذا كان سيتبع هذا الأثر أم لا، إذا سلك الطريق الموضوع عليه الحمض فإنه بدوره يضع حمضه الخاص به أيضاً حيث يدعمون بذلك الطريق الذي يسيرون فيه. إن احتمال اختيار النمل لطريق ما يزداد بازدياد كمية حمض النمل، وبالتالي يصبح الطريق الموجود عليه الكمية الأكثر من الحمض هو الطريق الأكثر جاذبية ( سلوكاً لمجموعات النمل الأخرى. إذا قدم لمستعمرة من النمل طريقين لمصدر ا لطعام أحدها طويل والآخر قصير فإنها تسلك الطريقين في بادئ الأمر بعدد متساوي من النمل، واضعين الحمض في طريقهم. لكن النمل الذي يسلك الطريق الأقصر سيعود إلى العش أولاً. الطريق الأقصر سوف يعلم مرتين بالحمض وسيكون أكثر جاذبية للنمل الذي يعود إلى مصدر الطعام. بشكل عام يوزع النمل بشكل متساو ولكن عملياً يفضلون الطريق الأقصر. لذلك ليس بالضرورة أن يختار النمل طريقاً معلماً سابقاً، وهذا يسمح بالعشوائية والاستكشاف والتي تكون الفائدة منها السماح باستكشاف الطريق القصيرة أو البديلة أو اكتشاف مصادر جديدة للطعام.

## الدرس الخامس

### خوارزمية النمل 2

#### حل المشاكل اعتماداً على النمل :

**ACO AntColonyOptimization** طريقة بحث حدسية عامة تستخدم النمل الاصطناعي وذلك لإيجاد حلول جديدة لمسائل الأمثلة التركيبية المعقدة. (**combinatorial optimization**) إن سلوك النمل الصناعي يعتمد على آثار النمل الحقيقي مع قدرات إضافية لجعلها أكثر فعالية مثل ذاكرة لحفظ الأحداث الماضية. كل فرد يبني حلاً للمشكلة المطروحة، ويستخدم معلومات مجمعة عن ميزات المشكلة وأدائه الخاص لتغيير نظرة النمل إلى المشكلة. إن خوارزمية ACO تشير إلى أي حالة من مرحلة ما بعد التجريبية Coloni, Dorigo, Maniezzo. (meta-huristic). استخدموا هذه الطريقة في مشكلة البائع الكلاسيكية ، في هذه المشكلة يجب على الشخص أن يتنقل بين مجموعة من المدن بحيث يزور كل مدينة مرة واحدة فقط. مستعمرة النمل التي أنشأت تتنقل عشوائياً في حلقات تضم كل المدن. خلال الخطوة الأولى يفضل الانتقال إلى أقرب المدن. بعد إتمام الدورة الأولى يوضع حمض النمل على كامل الطريق، إن كمية الحمض الذي يوضع على الطريق تتناسب عكساً مع طول الطريق، كلما كان الطريق أقصر كلما كانت كمية الحمض أكثر .

تبدأ المستعمرة رحلتها من جديد لكن هذه المرة تفضل المستعمرة الطرق التي تكون تركيز الحمض فيها عالية بالإضافة إلى أنها تفضل الطرق الأقصر. يتبخر حمض النمل بمعدل ثابت والطرق التي لا تمر فيها المستعمرة تصبح غير مفضلة. يسافر النمل الذكي على طول الطرق من المستودع إلى المدن وبالعكس ويتأثر الـ **Pheromons** ستحدد أي طريق ستختار ، إن مستويات الـ Pheromons على الطرق تحدث اعتماداً على نوعية الحلول التي وجدها النمل . تم استخدام طريق أمثلة مستعمرة النمل من قبل ( بلانت ) لحل مسألة تخطيط الفضاء . تهتم المسألة تحديداً بمحاولة وضع نشاطات بشكل أمثلي ضمن فضاء محدد ، فمثلاً يمكن لعملية أمثلة تريد أن توضع مهمات إدارية وموظفين ضمن مجموعة من المكاتب في مبنى . وفي هذه الحالة ، يمكن أن تكون عملية تصغير كمية الحركة ( حركة الناس والورق ) أكثر فعالية ضمن البناء . تم تطوير تجربة مملكة النمل للتطبيق على مسألة التأخير الكلي لآلة وحيدة في هذه المسألة يجب على الآلة جدولاً سلسلة الأعمال الواجب عليها تنفيذها والهدف هو تقليل زمن التأخير الكلي للأعمال ، حيث أن التأخير يعرف على أنه الفرق بين وقت نهاية تنفيذ العمل والوقت الأصلي للعمل .

تختار النملات بشكل مستقل أعمال متتالية إلى أن تنتهي عملية جدولة الأعمال ، يتم اختيار الأعمال اعتماداً على مدى جودة العمل الظاهرية ( اعتماداً على وقته الأصلي ) ومدى حسن اختيار العمل ( اعتماداً على مستويات الفورمون المتروكة في الخلف ) . يتم تقييم كل سلسلة من الأعمال ويتم تحديث خطوط الفورمون اعتماداً على أفضل حل . نفذ ( سونغ و شو ) خوارزمية بحث اعتماداً على عملية بحث النمل عن الطعام لحل مسألة استهلاك الطاقة. في هذه المسألة يجب علينا تصغير كلفة الطاقة في حين بلوغ الطاقة الكلية المطلوبة وتوليد كهرباء ضمن حدود الإنتاج لكل مولد . تقوم النملات الذكيات بالتحرك من محطة إلى محطة موزعين الطاقة الكلية المطلوبة إلى حين تشغيل كل المحطات . يعتمد اختيار المولد التالي في طريق النملة على مستويات الآثار التي تركتها النملات الأخريات والكلفة المدركة لاستخدام المولد . بعض التطبيقات الأخرى لطريقة أمثلة مستعمرة النمل ( ACO ) هي جدولة سائقي الباصات ، تلوين البيان وتجزئته ، توزيع الحمل في شبكات الاتصالات ، عمليات التوجيه في الشبكات التي تعتمد على الطرود . قامت بعض الأبحاث المذكورة سابقاً باختيار أداء التجارب المعتمدة على النمل ومقارنة النتائج مع الخوارزمية الجينية ، وغيرها من طرائق البحث . في العديد من حالات اختبار مسألة البائع المتجول يظهر أن طريقة النمل أفضل من الخوارزمية الجينية وطريقة ( Simulated annealing ولكنها ليست أفضل من طريقة ( tabu search ) إن نتائج توجيه العربات

كانت أفضل من أجل تجريبية النمل مقارنة مع ( Simulated annealing ) و ( Natural network ) لمجموعة من / 14 / مسألة ، ولكنها لم تكن أفضل من / 3 / من خوارزميات . ( tabu search ) كان أداء طريقة النمل أفضل في مسألة التأخير الكلي لآلة وحيدة في / 125 / مسألة فرعية مقارنة لطريقتين مختلفتين ل . ( Simulated annealing ) تم الحصول على كلفة أقل بقليل عن استخدام طريقة النمل مقارنة مع الخوارزمية الجينية على عينة اختبار صغيرة لمسألة استهلاك الطاقة . وبشكل عام، يبدو أن تقنيات النمل تعطينا أداءً أفضل من تقنيات العلم الطبيعي المشروحة سابقاً ولكنها ليست أفضل من طريقة ( tabu search ) .

## سلوكيات أخرى للحشرات :

هناك العديد من التصرفات التي تسلكها الحشرات والتي تقع ضمن إطار ذكاء السرب والتي يمكن تطبيقها على حل المسائل . تقوم مجموعات خاصة من النمل بترتيب صغارها اعتماداً على عدة مراحل من التطور. على الرغم من ذلك فإن عدة أنواع من الصغار يمكن أن تبدأ بالانتشار بشكل عشوائي في مناطق محددة من العش ، فإن البيوض واليرقات الأصغر ستكون في المركز في النهاية واليرقات الأكبر على الأطراف . ويعود تفسير ذلك إلى أن النملات ستميل إلى ترتيب الأشياء اعتماداً على التطابق حيث أن الأشياء التي تبدو غير مناسبة في مجموعة ستلتقط وتحرك وسيتم وضعها قريباً من الأشياء الشبيهة بها . لقد طبق الباحثون هذا السلوك من قبل على مسائل تهتم بالفرز والتجميع لمعلومات قاعدة المعطيات، ومثال على ذلك : بنك يحاول تحديد الزبائن الذين يمكن أن يتلقوا قبولاً على قروض اعتماداً على عدة معلومات . ومسائل أخرى يمكن أن تستفيد من هذا المنهج مثل ، تحليل حركة البورصة ، تصميم خطوط الإنتاج ، تحليل نماذج المزادات الالكترونية ، وتوزيع الإعلانات بشكل ديناميكي في موقع ما اعتماداً على سلوك الزوار لهذا الموقع .

في نمط من السلوك الجماعي ستقوم النملات بالعمل سوياً للحصول على فريسة أو قطعة طعام كبيرة (لا يمكن لشخص واحد حملها) تدعى العملية بعملية النقل التعاوني . عند دفع القطعة ستقوم كل نملة بتغيير موضعها ومحاذاتها بشكل دوري إلى أن تتحرك القطعة باتجاه العش . تم تنفيذ هذا السلوك في مجال الروبوتيك ، حيث تقوم مجموعة من الأجهزة التي تعمل على انفصال بتنفيذ مهمة ، مثل ان تقوم بتحريك صندوق إلى مركز ساحة ما . هناك أنواع أخرى من المسائل التي يمكن حلها عن طريق استخدام نمذجة هذا السلوك مثل : تصميم خطوط التجميع ، الموازنة ، وخاصة في البيئات الصناعية المرنة . سيجتمع العمال في فريق من أجل المهمات الغير عادية لتحقيق الفعالية الكلية القصوى للخط ويمكن حل العديد من المسائل بطريقة مشابهة . تقوم النملات بتنفيذ مهمات اعتماداً على العمر وتقوم النملات الأكبر بالبحث عن الطعام بينما تبقى النملات الشابة في الخلية لترعى الصغار ، ويمكن أن يتغير ترتيب هذه المهمات عند تحسس الحاجة لذلك . فمثلاً عند ندرة الطعام ستقوم النملات الشابة أيضاً بجمع الطعام . تم تطبيق هذا السلوك على العمليات المرنة في الصناعة ، مثلاً : تقوم قطعة عالية في جهاز تجميع بعمل محدد ولكنه يمكن تغير هذا العمل إذا كان ذلك يبدو أكثر فائدة . وبشكل مشابه تنفذ النملات مهمات استناداً إلى توصيفات أعمار محددة ، وهي بشكل أساسي الباحثات عن الطعام ، الحراس ، والمسؤولات عن صيانة العش .... الخ .

يقوم الحراس باستكشاف المنطقة المحيطة بالعش والبحث عن أي إشارة خطر ، وتحديد المسار العام التي ستأخذها الباحثات عن الطعام . تقوم عاملات الصيانة بالحفاظ على مدخل العش نظيفاً وإزالة الوحل من داخل العش ، وتقوم بعض العاملات الأخريات بفرز وصيانة الكومة ، وبالطبع تقوم النملات في بعض الأحيان بتبديل أدوارها عند حدوث حالة طارئة ، ولكن بشكل عام فإن تصنيفات العاملات ثابتة . ربما أنه من الممكن تطوير تجريبيات توظف مفهوم أكثر من نمط من النمل ونشاطاتها ، التي تعمل بشكل متزامن لحل مسألة ما بفاعلية أكبر . إن تعليم الطرق بالأثر ليس محصوراً بالنمل فقط ، فبدلاً من القيام برقصة من أجل التواصل مع الآخرين وإخبارهم عن أماكن

الطعام ، تقوم بعض أنواع النمل بترك علامات عطرية بين العش ومصدر الطعام . إن عملية ترك الأثر هذه هي عملية غير منتظمة , وسيتبخر هذا الأثر خلال دقائق ، وفي بعض الأحيان فإن هذا غير كاف لقيادة النملات الأخريات إلى الطعام ، ولذلك سيقوم مستكشف بقيادة النملات إلى مصدر الطعام . يمكن أن تقوم النملات أيضاً بتعليم مصادر الطعام غير المنتجة من أجل الإشارة إلى النملات الأخريات أن لا تضيع وقتاً هناك في محاولة استخراج الغذاء . تقوم أنواع محددة من الفراش بالبحث عن الطعام ولكنها لا تحضر الطعام إلى العش ، تترك الفراشات عادة نوعين من الخطوط خلفها ، تغذية مسبقة وتغذية لاحقة . تعلم خطوط التغذية المسبقة ( الاستكشافية ) الطريق الذي ستسلكه الفراشة ويمكن أن يدل الفراشات الأخريات إلى الطعام ويمكن أن لا يدل . إن خطوط التغذية اللاحقة جعلت من أجل أن تكون خطوط لقيادة الآخرين إلى مصدر الطعام . مقابل ذلك فإن بعض أنواع الفراش يقوم بترك خطوط تغذية لاحقة في مواقع استراحة جديدة مبعدين صفة أن تكون هذه الخطوط مؤدية إلى مصادر الطعام ، ولكنه قد يكون هناك شيء ما ذو قيمة في هذا التصرف . يمكن استخدام هذا المنهج لجعل عمليات البحث غير مقصورة على الحل الأمثل المحلي وجعل عملية البحث أكثر فاعلية .

مازال العلماء يبحثون في مجال سلوك الحشرات الاجتماعي ، وقد بدأ الباحثون تَوّاً في تطبيق ما يسمى بذكاء الأسراب في التصميم التجريبي . تظهر الدراسات التي تمت إلى هذا الوقت وخاصة في مجال تقنيات مستعمرات النمل ، تظهر احتمال أن يسهم هذا المنهج في إيجاد حلول جيدة للعديد من أنماط المسائل العملية والتي من الصعب جداً حلها بغير هذه الطريقة. ومازال العديد من سلوك الحشرات الجماعية الأخرى تحت البحث . لقد بدأ العالم تَوّاً يرى الطاقة الهائلة التي يمكن الحصول عليها من السلوكيات البسيطة لهذه الحشرات.

## الدرس السادس

### خوارزمية الأسراب (أسراب الطيور PSO)

قام عدد من العلماء بإنشاء عدة محاكيات لعدة تفسيرات لحركة بعض التنظيمات مثل أسراب الطيور وجماعات السمك .

وقد قدم ( رينو وهينر وغريناندي ) بمحاكاة لأسراب الطيور ، وكان ( رينو ) مغرماً بعروض أسراب الطيور الفنية ، وكان ( هينر ) عالماً مهتماً باكتشاف القواعد الأساسية التي تمكن الطيور من التحليق بشكل متناغم ، حيث أنها تغير اتجاهها فجأة ، تتبعثر ، ثم تعود للاجتماع ثانية الخ . لقد كان لدى كل من العالمين وجهة النظر أن العمليات المحلية - مثل العمليات السابقة - منمذجة وفق أوتومات خلوي . ويمكن أن تكون هي سبب الحركات الديناميكية الجماعية غير المتوقعة للسلوك الاجتماعي للطيور ، يعتمد كلا النموذجين بشكل كبير على معالجة المسافات البينية بين العناصر، حيث أن تناغم حركة السرب كانت كتابع لجهود الطيور للمحافظة على مسافة أمثلية فيما بينها وبين جيرانها. أنه ليس من المنطق أن نفترض أن نفس القوانين هي التي تحكم سلوك الحيوانات الاجتماعي ، مثل القطعان والجماعات والأسراب وتلك التي للإنسان . وكما كتب عالم الاجتماع ( E.O.Wilson ) عن مسألة جماعات السمك على الأقل بشكل نظري ، يمكن لأفراد مستقلة من الجماعة الاستفادة من اكتشافات وتجارب الأفراد الآخرين السابقة خلال عملية البحث عن الطعام ، ويمكن أن تساعد هذه الفائدة في عملية اتخاذ القرار بتجاهل عملية المنافسة على مصادر الطعام ، طالما أن مصادر الطعام موزعة بشكل غير قابل للتوقع .

يمكن فهم (أمثلة عناصر الأسراب) عن طريق تخيل سرب من النحل شاهد خلال رحلته حفلا مفتوحا ملئ ببقع تحوي أزهار برية. إن الرغبة الطبيعية للسرب هي تحديد الموقع في الحقل ذو كثافة الزهور الأعلى. وبما أن السرب لا يملك معلومات مسبقة عن الحقل فإن النحلات تنتشر وتبدأ البحث من مواقع عشوائية. إن كل نحلة تستطيع أن تذكر المكان الذي وجدت فيه أزهارا أكثر وتتبادل هذه المعلومة مع باقي السرب. مع مرور الزمن، تتمزق كل نحلة مابين العودة إلى المكان الذي وجدت فيه الأزهار سابقا وبين التوجه إلى المكان الذي قرر السرب أنه يحوي أكبر كمية من الأزهار لذلك تقوم النحلة المتمردة بالتسارع في كلا الاتجاهين، معدلة مسارها لتطير في مكان ما بين النقطتين اعتمادا أ ما على الحنين للشيء المألوف أو إن التأثير الاجتماعي يسيطر على قرارها. يمكن بطريق الصدفة ان تطير النحلة فوق مكان يحوي أزهارا أكثر من أي مكان تم تحديده من قبل أي نحلة من السرب وبالتالي ستتم عملية جر السر باتجاه تلك المنطقة. بهذه الطريقة ستكتشف النحلات الحقل: تحديث سرعة واتجاه رحلتهم باستمرار اعتمادا على مدى النجاح في إيجاد الأزهار بالمقارنة مع بقية السرب. ويقومون بفحص المنطقة التي يطرون فوقها بثبات ويقارنوها مع المناطق التي تم رصدها سابقا لأكثر تركيز للأزهار على أمل إيجاد المنطقة ذات التركيز الأعلى وفي النهاية ستكون النحلات قد استكشفت كامل الحقل وستنتهي محلقة فوق المنطقة ذات التركيز الأعلى من الأزهار .

في عام 1995 حاول كينيدي وايبهرتار نمذجة السلوك الطبيعي للأسراب في برنامج حاسوبي. وتبين لهم سريعا أنهم خلال هذه العملية قد قاموا بتطوير خوارزمية أمثلة، وقد قاموا بتسمية هذه الخوارزمية بـ (أمثلة عناصر الأسراب Particle Swarm Optimizztion ) مستخدمين اللفظ العام (العناصر particle-ليمثل النحل، السمك، الطيور، أو أي نمط آخر من العملاء الطبيعيين الذين يتصرفون بطريقة الأسراب. كما يظهر من المخطط الصندوقي في الشكل (2) فإن أول خطوة في الخوارزمية هي تهيئة موقع وسرعة كل عنصر في السرب بطريقة عشوائية موزعة إياهم بشكل منتظم في فضاء البحث.

