

التنوع الاستثماري كآلية لإدارة مخاطر محفظة الأوراق المالية باستخدام خوارزميات النمل - حالة البورصات العربية

بلعزوز بن علي¹

نعاس مريم نجاة²

الملخص :

تهدف هذه الدراسة إلى معالجة مشاكل القرارات التجارية في ظل عدم اليقين على مستوى الأسواق المالية، وتسعى أساساً لتطبيق خوارزميات النمل (ACO) في تحسين نموذج ماركويتز (العائد-المخاطرة). وتعد مشكلة الأمثلية في المحفظة الاستثمارية متعددة المهدف الذي يهدف إلى تعظيم العائد المتوقع وتدنية المخاطر. وقامت هذه الدراسة على عينة بيانات للأسعار الشهرية ما بين 2007/01/31 - 2009/12/31 لخمس أسهم شركات مدرجة في بورصات مجلس التعاون الخليجي . إضافة لذلك محاولة تقييم فعالية خوارزميات النمل في تحسين مستوى المخاطرة الأمثل ،وبينت قيم اختبار بيرسون للارتباط جودة الحلول .

الكلمات المفتاحية : المحفظة المثلى ،التنوع الاستثماري، خوارزميات النمل ، العائد والمخاطرة ، منحني الكفاءة الحدودي.

المقدمة :

يعتبر الاستثمار في المحافظ المالية (الأسهم، السندات... الخ) من القرارات التجارية الصعبة في ظل الحركة الثلاثية الدولية (قاعدة 3D) التي فرضتها إفرازات العولمة المالية وظروف عدم التأكد المحيطة بعملية اتخاذ القرار،ومن ثم لابد على المستثمر اتخاذ القرار الرشيد يسعى من خلاله لتعظيم عائد استثماره مقابل تحمله نسبة من المخاطرة ناتجة عن مصادر مختلفة،هذه الأخيرة

¹. أستاذ التعليم العالي ، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير ، جامعة حسيبة بن بوعلي - الشلف .

². أستاذ مساعد ، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير ، جامعة حسيبة بن بوعلي -

الشلف ،، البريد الالكتروني: nadjat_meriem@outlook.fr

تكون تابعة لظروف داخلية خاصة بالمؤسسة (مخاطر غير نظامية) و خارجية تابعة لمتغيرات السوق (مخاطر نظامية).

يسعى المستثمر إلى تعظيم منفعته التي تعتمد أساساً على العائد والخطر المتوقعين من الاستثمار ، أي أنه يهدف لتعظيم العائد تحت قيد مستوى خطر معين أو تدنية الخطر لمستوى عائد معين .

في هذا الإطار يبدو أن هناك تضارباً في تحقيق الهدفين في آن واحد، فزيادة العوائد يرافقه الارتفاع في مستويات المخاطرة ، ونظراً للقلبات التي تعد سمة ملازمة للأسواق المالية والتي تعد انعكاساً للظروف الاقتصادية المختلفة . فإن المستثمر ين عادة ما يطلبون معدلات عائد أعلى نتيجة للمخاطر التي قد يتعرضون لها ، فضلاً عن ذلك فإن التقلبات في الأسواق المالية تدفع المستثمرين إلى الحذر الشديد من الدخول في العمليات الاستثمارية من أجل تجنب تحقير الخسائر .

إن هدف المستثمر هو اختيار وسيلة الاستثمار الأنجع (المحفظة الاستثمارية) التي تحقق أكبر عائد ممكن وفي الوقت نفسه أقل نسبة من المخاطرة برأس المال أي تحقيق هدفين متناقضين، وفي هذا الصدد عرفت النظرية الاقتصادية العديد من النماذج المساعدة في عملية اتخاذ القرار والوصول إلى ما يسمى المحفظة الاستثمارية المثلى ، جاءت نظرية المحفظة الحديثة (*Modern Portfolio Theory*) سنة 1990م كأحدى المساهمات الهامة في مجال اتخاذ القرارات على مستوى الأسواق المالية ، والتي أثبتت إمكانية بناء وإدارة محافظ استثمارية كفؤة مع الاستفادة من مبدأ التنوع الاستثماري.

وبهدف الحصول على الحلول المثلى لهذه المسائل الرياضية ، تم استخدام الطرق المبتاهيروستيكية على نطاق واسع من أجل اتخاذ القرارات الاستثمارية في وقت قياسي ، وبهذا يعتبر الوقت بالنسبة للمستثمرين ربحاً للمال حيث ركزنا في بحثنا على خوارزميات النمل (**ACO**) كأحدى الطرق التكرارية المستخدمة حديثاً .

1- عينة ومنهجية البحث :

تضمنت عينة البحث عدداً من الشركات المدرجة في البورصات الخليجية، وتم تناول تطور ربحية الأصول و العوائد الشهرية لأسهم هذه الشركات للفترة ما بين 2007/01/31 - 2009/12/31. وقد تم اعتماد المنهج الوصفي من خلال الجانب النظري لمختلف مفاهيم البحث، والمنهج التجريبي التحليلي من خلال جانب المحاكاة.

الجانب النظري

المحور الأول : سياسة التنويع ونظرية المحفظة المثلى (MPT*):

يعد ماركويتز الحائز على جائزة نوبل سنة 1990 م، أول من أشار إلى مفهوم العائد والمخاطرة في الاستثمار، بالإضافة إلى تطرقه لأهميته التنويع (Diversification) تدنية المخاطرة، حيث قام بصياغة كل هذا في نظرية المحفظة المثلى التي تتضمن ضرورة الاختيار الدقيق للاستثمارات المكونة للمحفظة وذلك بمراعاة درجة الارتباط بين عائد تلك الاستثمارات (H. Markowitz, 1952). فكلما كانت هذه العلاقة عكسية أو مستقلة أي ليس هناك علاقة، فإن المخاطر التي تتعرض لها عائد المحفظة تكون أقل مما لو كانت هناك علاقة طردية بين عائد تلك الاستثمارات. يضاف إلى ذلك أن هذا الأسلوب في التنويع قد ينجح، ليس فقط في التخلص من المخاطر غير النظامية (الخاصة)، بل والتخلص من جزء من المخاطر العامة (النظامية). إذ يعتبر أفضل استثمار مقترح هو ذلك الاستثمار الذي يكون معامل الارتباط بين العائد المتوقع من ورائه وبين معدل المتوقع من الاستثمارات القائمة بالفعل ارتباطاً سالباً. و تركز دراستنا على هذا النموذج في شكله الساكن (Static Model) و الديناميكي (Dynamics Model) المعمول به حديثاً في اتخاذ القرارات الاستثمارية في الأسواق المالية العالمية لكن بإحداث تغيير على قيود النموذج حسب متطلبات الدراسة، وهو الشيء الذي سوف نتطرق له بشكل مفصل في الجانب التطبيقي من البحث .

1.1- نموذج ماركويتز :

* MPT : Modern Portfolio Theory .

1.1.1- فرضيات النموذج :

قام هاري ماركويتز بتقديم إضافة جديدة في مجال اتخاذ القرارات الاستثمارية من خلال استخدام نموذج البرمجة التربيعية في اختيار المحفظة الاستثمارية عام 1952م ، الذي يعد من بين التقنيات الكمية الحديثة في مجال الرياضيات المالية المعمول بها في مجال اتخاذ القرارات الاستثمارية، ويستند هذا النموذج على عدة افتراضات نذكر منها : (محمد عبد محمد مصطفى ، 1998)

1. المنافسة التامة وعدم وجود مصاريف عمولة .
 2. لا يوجد بيع على المكشوف.
 3. يوجد عدد كافي من الأصول المالية من ناحية الكم والنوع، ولا توجد أي قيود على بيع أو شراء الأصول المالية.
 4. نفس التوقعات العقلانية لدى الأفراد اتجاه العوائد .
- يضع كل مستثمر في عين الاعتبار عاملين عند اختيار أصول المحفظة الاستثمارية هما، العائد والمخاطرة، لذلك يكون الهدف الرئيسي من نموذج المحفظة الاستثمارية إما تدنية مخاطرة المحفظة مع تحقيق مستوى مقبول من العائد أو تعظيم العائد عند مستوى معين من المخاطرة. وفي نموذج ماركويتز يظهر عنصر المخاطرة من خلال إيجاد تباين المحفظة الاستثمارية. ولتضمن المخاطرة (النظامية وغير النظامية) التي تأتي من الارتباط بين عوائد الأسهم يستخدم التباين المشترك (Covariance) لمعرفة درجة الارتباط، حيث أن بعض عوائد الأسهم قد تتحرك سوية باتجاه نحو الأعلى أو الأسفل (علاقة طردية أو عكسية) خلال الزمن، وعادة يحاول المستثمرون التقليل من هذه المخاطرة من خلال التنوع، أي يقوم المستثمر بتوزيع أمواله بين كم ونوع من الأصول المالية . (عدنان عبد الفتاح صوفي وآخرون، 1989)

2.1.1- الصيغة الرياضية للنموذج الساكن (Static Model) :

كما قام ماركويتز بالصياغة الشعاعية لدالة الهدف في نموذج تدنية المخاطرة لمحفظة استثمارية متكونة من مجموعة أسهم كما يلي : (Jean-Luc Prigent, 2007)

$$\begin{array}{ll} \text{Max : } w' \bar{R}; & \text{Min : } [w' V w] \\ s / c : \begin{cases} w' V w = k \\ w' e = 1 \end{cases} & s / c : \begin{cases} w' \bar{R} = E[R_p] \\ w' e = 1 \end{cases} \end{array}$$

....(2.1)....

حيث يمثل :

$w = (w_1, \dots, w_n)$: شعاع الأوزان النسبية لمكونات المحفظة :

$R = (R_1, \dots, R_n)$: شعاع عوائد الأصول :

$\bar{R} = (\bar{R}_1, \dots, \bar{R}_n)$: شعاع العوائد المتوقعة للأصول

$e = (1, \dots, 1)$: شعاع إحدائياته تساوي 1 :

$V = [\sigma_{ij}]_{1 \leq i, j \leq n}$: مصفوفة تباين- تباين مشترك للعوائد :

كما يحسب العائد المتوقع $E[R_P]$ وفق العلاقة التالية :

$$E[R_P] = \sum_{i=1}^n w_i E[R_i] = w \cdot \bar{R} \quad (2.2)$$

ويحسب عنصر المخاطره (النظامية وغير النظامية) الذي يعبر عن تشتت العائد للمحفظة

وفق العلاقة التالية :

$$\sigma^2(R_P) = w' V w = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \sigma_{ij} = 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n w_i w_j \sigma_{ij} + \sum_{i=1}^n w_i^2 \sigma_i^2 \quad (2.3)$$

حيث ننقسم العلاقه السابعه إلى جزئين :

$$: \text{يمثل عنصر المخاطر النظامية للمحفظة} . \quad 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n w_i w_j \sigma_{ij}$$

$$: \text{يمثل عنصر المخاطر غير النظامية بين أصول المحفظة} . \quad \sum_{i=1}^n w_i^2 \sigma_i^2$$

يتضمن نموذج المحفظة المثلى ثلاث قيود هي:

الأول : الحد الأدنى من العائد المتوقع من المحفظة الذي يرغب المستثمر بتحقيقه ويأخذ

الصيغة الآتية:

$$w_1 R_1 + w_2 R_2 + \dots + w_n R_n \geq R_m$$

حيث أن :

R_i : العائد المتوقع السنوي من السهم i .

w_i : نسبة النقود المستثمرة في السهم i .

R_m : الحد الأدنى من العائد السنوي المرغوب على المحفظة .

الثاني : يحدد شرط استثمار المبلغ بأكمله، ويكون وفق الصيغة الآتية:

$$w_1 + w_2 + \dots + w_n = 1.0$$

الثالث : شرط عدم السلبية

$$R_i \geq 0$$

3.1.1- تصميم المحفظة الاستثمارية المثلى :

لتصميم المحفظة المثلى ينبغي أولاً تحديد ما يعرف بمنحني الكفاءة الحدودي Efficient frontier، وهو المنحني الذي يمثل مجموعة فضاء المحافظ التي لها أعلى عائد لكل مستوى من

المخاطرة، أو ادني مخاطرة لكل مستوى من العائد. والمحافظ التي تقع على منحني الكفاءة

الحدودي تشكل ما يعرف بمجموعة المحافظ الاستثمارية الكفوءة .

■ والشكل (1.1) يمثل منحني الكفاءة الحدودي لمجموعة من المحافظ الاستثمارية، ونظراً

للعلاقة الطردية بين العائد والمخاطرة على الاستثمار، نلاحظ من الشكل أن المحافظ من جهة

اليسار لمنحني الكفاءة الحدودي، هي ليست جزءاً من المحافظ الممكن الحصول عليها، أما المحافظ

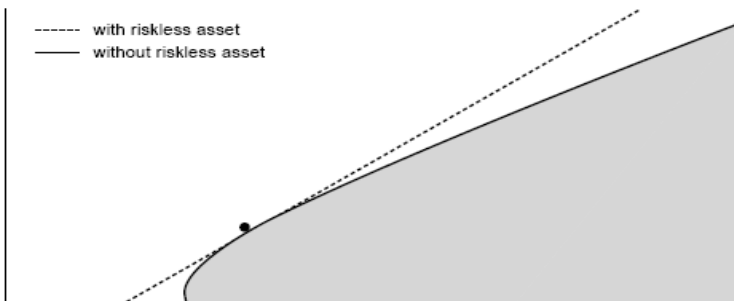
التي تقع إلى اليمين من المجموعة الكفوءة فتعتبر جزءاً من المجموعة الكفوءة ، كما نلاحظ أن مجموعة

المحافظ الكفوءة تحدد المحافظ غير كفوءة، وذلك لأنها تعطي عوائد أعلى عند درجة معينة من

المخاطرة.

الشكل رقم (1.1) : منحني الكفاءة الحدودي للمحافظ الاستثمارية

متوسط العائد المتوقع



Source : Philip J. McDonnell , « Optimal Portfolio Modeling », John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2008, P : 47.

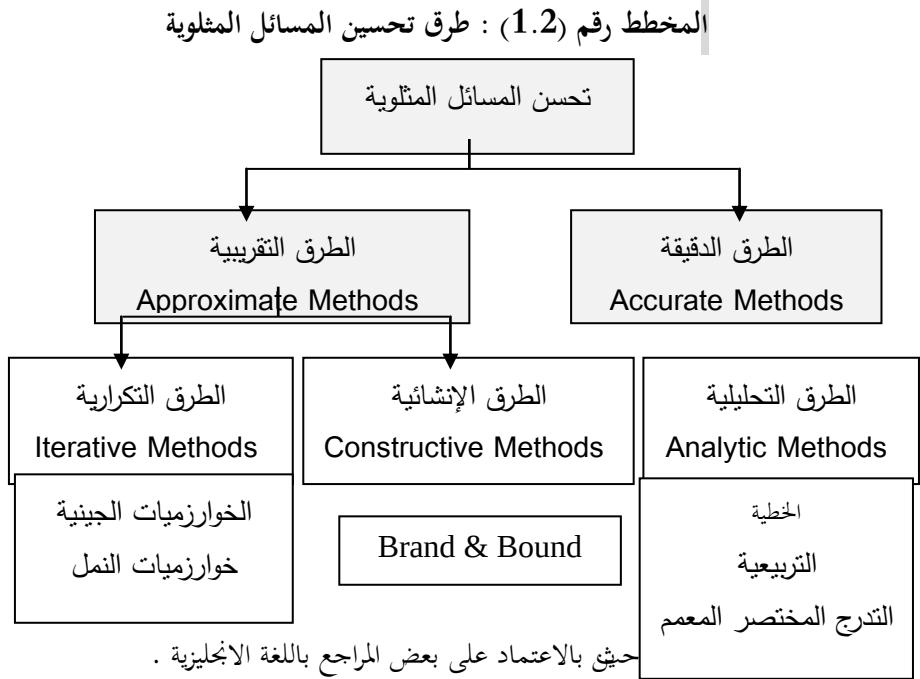
المحور الثاني: الطرق الميتاهيوريستكية لحل النموذج (Metaheuristic Methods):

تعد الخوارزميات الميتاهيوريستكية المبنية على مبادئ الذكاء الاصطناعي (Artificial Intelligence) الأكثر استخداماً في مجال واسع من المعرفة وعلوم الإدارة والإحصاء وكافة المجالات الهندسية والمعلوماتية . و تتصف هذه الخوارزميات بقدرتها على ابتداء طرق ديناميكية تتلائم وطبيعة المسألة المراد معالجتها وتحديد الصيغة العملية لإيجاد الحل الأكثر مناسبة من بين جميع الحلول الممكنة لهذه المسألة ومن ثم تحسين قيمة هذا الحل إلى أقصى حدود الإمكانية.

يقصد بمفهوم التحسين (Optimization) إيجاد الحدود الدنيا (Minimization) لكلفة تصميم ما أو الحدود العظمى (Maximization) للاستخدام الفعال لهذا التصميم.

هناك الكثير من الخوارزميات والبرامج الحاسوبية لحل مثل هذا النوع من المسائل المثلية، فعلى سبيل المثال لا الحصر GAMS ، LINDO ، DS for Windows ، Genetic Algorithm ، Branch & Bound ، Ant Colony Algorithm ، وأيضاً الـ solver في برنامج الـ Excel الذي يعتبر من الطرق التقريبية (Approximate methods) التي تعتمد على خوارزمية التدرج المختصر المعمم -GRGA- Generalized Reduced Gradient) Algorithm (. أما في فيما يخص بحثنا ، نسعى لتحديد نسب التوزيع الأمثل للمبلغ المستثمر على الأصول بحيث يكون عنصر المخاطرة أقل ما يمكن. نقوم بصياغة نموذج المحفظة في

شكله الشعاعي. ثم نقوم بمحاكاة النموذج باستخدام خوارزميات النمل للحصول على القيم المثلى w_i . (احمد حسين بتال العاني ، 2008) والمخطط رقم (1.2) يوضح أهم الطرق لتحسين المسائل المثلية باستخدام الخوارزميات:



1.2- استخدام خوارزمية النمل (Ant Colony Algorithm):

تناولت فكرة خوارزمية النمل لأول مرة سنة 1992 في أطروحة دكتوراه للباحث الايطالي Marco Dorigo من الجامعة المتعددة العلوم بميلانو (Marco Dorigo, 1992)، وذلك باقتراحه خوارزمية تهدف إلى البحث عن الطريق الأمثل في الرسومات البيانية ، مستندا في ذلك على سلوك النمل عند سعيها في الحصول على مصدر من مصادر الغذاء ، وانطلاقا من هذه الفكرة تم تطويرها من أجل تغطية أكبر نطاق من المشاكل الحاسوبية ، كما ظهرت عدة خوارزميات تعتمد على جوانب مختلفة من سلوك النمل .

1.1.2- المبدأ الطبيعي لعمل مجموعة النمل :

النمل كائنات حية شبه عمياء وعديمة الذاكرة وذات دورة حياة قصيرة الأمد ومع ذلك

تتمتع بقدرة هائلة على تشكيل شبكة نموذجية من المسالك بين مساكنها وأماكن تواجد

الغذاء. ففي البداية يسلك النمل مسارات عشوائية كونه لا يملك أية معلومة عن المسار الأفضل .

تتواصل النملة الطبيعية مع بقية أفراد مجموعتها خلال عمليات البحث عن مصادر الغذاء

باستخدام مادة كيميائية (Pheromone) تفرزها على المسار الذي تسلكه. تتحسس بقية أفراد

مستعمرة النمل عشوائيا هذه المادة وتتبع المسار الحاوي عليها لتصل بذلك إلى مكان وجود النملة

التي اكتشفت المصدر الغذائي أو لا . وكلما زاد حجم المادة الكيميائية المفترزة على هذا المسار زاد

الانجذاب النمل إليه وهذا يعني أن حركة النمل على هذا المسار كبيرة ومتزايدة كونه المسار المثالي

(الأقصر والأسهل) بين المسكن ومصدر الغذاء .

وبهذا جاءت فكرة الخوارزمية من محاكاة عملية البحث عن الطعام عند النمل وهي كالتالي

(حسين عزيز صالح، 2006) :

✓ تقوم مجموعة من النمل بالانطلاق من الخلية في عدة اتجاهات عشوائية (هذه العملية

تتم في المرة الأولى فقط في المرات اللاحقة يتم اختبار كل مسار واختيار مسار معين) .

✓ أثناء مرورها تقوم النملة بإفراز مادة تسمى فيرمون بنسبة معينة (فائدة هذه المادة معرفة

الطريق الذي مرت فيه).

✓ عندما تجد مصدر للطعام فهي تأخذ كمية منه وتعود إلى الخلية عن طريق اختيار مسار

معين (المسار الذي يحوي أكبر كمية فيرمون). أيضا عند عودتها ستقوم بإفراز نفس الكمية من

الفيرمون.

✓ . عندما تنطلق النملة من الخلية مجددا ستقوم باختبار كمية الفيرمون في كل مسار وتختار

المسار الذي يحوي أكبر كمية من الفيرمون.

✓ يتم تحديث كمية الفيرمون كل فترة زمنية معينة (تركيز الفيرمون يتلاشى بمرور الوقت ،

عمر النمل ملايين السنوات وان لم تتلاشى كمية الفيرمون لأغرق الأرض).

لوحظ أن أقصر مسار سيحوي دائما أكبر كمية من الفيرمون وبالتالي كل النمل سيمر فيه،

كما تتميز هذه الخوارزمية بالديناميكية بمعنى إذا حصل عائق في اقصر مسار ستقوم النمل باختيار

مسار جديد بنفس الأسلوب.

2.1.2- المبدأ الميتاهيروستيكي لنموذجة عمل مستعمرة النمل :

تعتبر خوارزمية مستعمرات النمل (ACO) من خوارزميات البحث التي تعتمد على التجربة والخطأ والتي تعطي حل مقبول (قد يكون أفضل حل وقد لا يكون)، لذلك يتم استخدامها في حل المسائل التي تأخذ وقت طويل باستخدام الحاسوب مثال ذلك NP-Complete أو مسألة البائع المتجول (Traveling Salesman Problem) أو المسائل التي تحتاج إلى تجربة كل الاحتمالات حتى تصل إلى الحل المطلوب إن وجد.

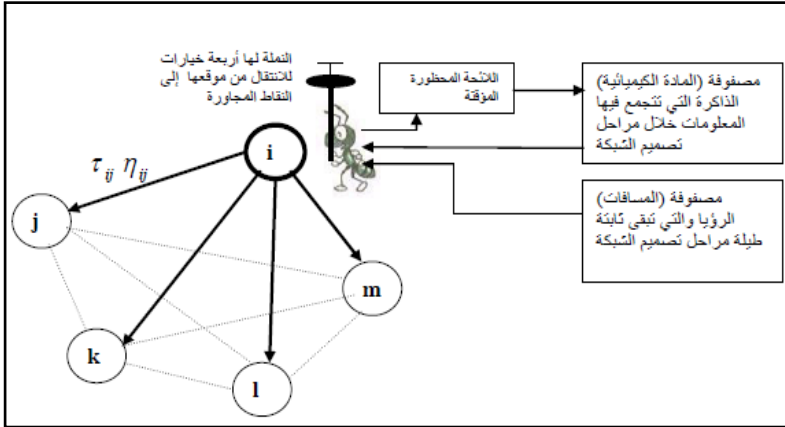
بهدف شرح مبدأ نموذج عمل مستعمرة النمل في تصميم الشبكات ، تم استخدام شبكة صغيرة مكونة من خمس نقاط تسوية (i, j, k, l, m) كما هو موضح في الشكل رقم (1.2) ، تختار النملة المتمركزة على النقطة i الانتقال إلى النقاط المجاورة باستخدام مصدرين للمعلومات . يمثل المصدر الأول مصفوفة الرؤيا المكونة من المسافات الفاصلة بين نقاط الشبكة والتي تبقى ثابتة طيلة مراحل التصميم وهدف هذه المصفوفة مساعدة النملة على اختيار أقرب النقاط المحيطة بموقع وجود هذه النملة . و يمثل المصدر الثاني مصفوفة الذاكرة المكونة من قيم المادة الكيميائية المفترزة على المسارات الواصلة بين نقاط الشبكة والتي تتغير خلال عمليات التصميم وهدف هذه المصفوفة مساعدة النملة على معرفة مدى استخدام هذه المسارات في مراحل التحسين السابقة. أصبحت النملة وفقاً للمبدأ الميטהيروستيكي تتمتع بصفتي الرؤيا والذاكرة اللتين تساعداهما بسرعة على معرفة وإيجاد المسارات الأكثر فعالية . فعند تطبيق خوارزمية مستعمرة النمل يتم تحديد عدد المحاولات التكرارية (Iterations) اللازمة للحصول على أفضل تصميم ممكن.

وتعرف المحاولة التكرارية بالزمن اللازم الذي يحتاجه الحاسوب لإيجاد التصميم المناسب خلال الدورة الواحدة لعمل البرنامج (Loop). تساعد المحاولات التكرارية النملة على امتلاك دورة حياة أطول لإيجاد أفضل تصميم ممكن (حتى نهاية عمل البرنامج للاستفادة من المحاولات السابقة) .

من أجل توجيه عمليات البحث بشكل فعال تزود كل غملة بوحدة مؤقتة لحزن وتجميع المعلومات الناتجة من كل محاولة ، تسمى هذه الوحدة باللائحة المحظورة وهدفها مساعدة النملة على تجنب المرور على النقطة أكثر من مرة واحدة خلال كل محاولة تكرارية . وبافتراض أن النملة اختارت النقطة j لتنتقل إليها وبالتالي يتم لإضافة هذه النقطة إلى اللائحة المحظورة لتجنب هذه النملة من الانتقال ثانية إلى j خلال المحاولة التكرارية الحالية. تستمر النملة باستخدام نفس المبدأ عند التنقل بين النقاط الأخرى حتى رصد كافة نقاط الشبكة وبالتالي فاللائحة المحظورة تكون

ممثلة بالنقاط الخمسة في نهاية المحاولة التكرارية الأولى. بعد نهاية كل محاولة تكرارية يتم تفريغ اللائحة المحظورة من محتوياتها ومن ثم يتم تجميع هذه المعلومات في مصفوفة الذاكرة ليتسنى بعدها للنملة البدء بمحاولة تكرارية جديدة. وعندما تبدأ النملة المحاولة التكرارية الثانية فإنها تتبع نفس الأسلوب الذي انتهت به في المحاولة التكرارية الأولى وتستمر في تنفيذ جميع المحاولات التكرارية المحددة مسبقا حتى نهاية البرنامج والحصول على التصميم الأمثل. في نهاية عمل البرنامج (وبعد الانتهاء من تنفيذ جميع المحاولات التكرارية) يتم تجميع كل المعلومات الناتجة في مصفوفة الذاكرة التي تحوي كل المسارات المتشكلة وعندها يتم اختيار التصميم النهائي المكون من المسارات المثالية (Slimane. S; 2013).

الشكل رقم (1.2) : المبدأ الاصطناعي لعمل مجموعة النمل



المصدر: حسين عزيز صالح ، " مرجع سابق .

تختلف مدخلات (Inputs) ومخرجات (Outputs) خوارزمية مستعمرة النمل وفقا لحجم وطبيعة المسألة المراد معالجتها ، وتمر نمذجة عمل مستعمرة النمل بالمراحل التالية : (Marco Dorigo, 2004)

3.1.2- مرحلة إنشاء التصميم الأولي :

ابتداء من النقطة i تختار النملة m الانتقال إلى النقطة j وفقا للمبدأ الاحتمالي P للمعادلة التالية :

$$P_m(i, j) = \begin{cases} \frac{[\tau_{(i,j)}]^\alpha \cdot [\eta_{(i,j)}]^\beta}{\sum_{k \in S_m(i)} [\tau_{(i,k)}]^\alpha \cdot [\eta_{(i,k)}]^\beta} & \text{if } j \in S_m(i) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

حيث τ_{ij} المسافة العاصلة بين i و j ،

τ_{ij} : قيمة المادة الكيميائية المتراكمة على المسار ij والمشاهدة لمفهوم الذاكرة (Memory) في علم البرمجة.

وتمثل α : عامل التحكم بكثافة المادة الكيميائية المفترزة خلال عملية انتقاء النقاط المراد رصدها ويقصد بالكثافة هنا بأن المسار ij مرغوب كثيرا كونه تعرض لحركة سير كثيفة من قبل النمل. إذا كانت قيمة α مساوية للصفر فهذا يعني أنه لا يوجد أية اتصال بين النمل وعندها يتم انتقاء أقرب النقاط لرصدها وفقا لمصفوفة الرؤيا. أما إذا كانت قيمة α غير مساوية للصفر فهذا يعني وجود اتصال بين النمل وعندها يتم اختيار النقاط لرصدها وفقا لمصفوفتي الرؤيا والذاكرة معا.

وتمثل β : عامل التحكم بجودة المسار ij المتناسبة مع قصره وكمية المادة الكيميائية المتراكمة عليه ويقصد بالجودة هنا أم النقاط الأكثر مناسبة للرصد يجب اختيارها باحتمالية عالية. وتمثل $S_m(i)$: مجموعة النقاط الباقية الواجب رصدها من قبل النملة m المتمركزة على النقطة i .

2. 4.1 - مرحلة تعديل المادة الكيميائية :

بداية يتم توزيع القيم الأولية للمادة الكيميائية بشكل متساو على كافة المسارات الواصلة بين نقاط الشبكة ويفضل أن تكون قيمتها صغيرة جدا (تتراوح بين الصفر والواحد). يقوم النمل في كل انتقال بتعديل مستوى هذه المادة على المسارات التي تم المرور عليها ويسمح للنملة التي تجدد المسار المقبول بإفراز المادة لزيادة التأثير على بقية النمل وتوجيه عمليات الاستكشاف نحو

المسارات المناسبة في حين يمنع القسم الآخر من النمل الذي يجد المسارات غير المناسبة من متابعة إفراز وتعديل المادة (أي يتم تخفيض مستوى الذاكرة على المسارات غير المناسبة لتقليل استخدامها). فالغاية من زيادة تأثير المادة الكيميائية على المسارات المناسبة هو جذب باقي النمل إليها وتركيز عمليات البحث حولها للإسراع في إيجاد التصميم الأمثل. تمثل كمية المادة الكيميائية المفترزة آلية الاتصال بين مجموعات النمل للمشاركة بالمعلومات المفيدة والتعاون في إيجاد التصميم المثالي ، وهنا يقوم النمل بتعديل المادة الكيميائية على مرحلتين : (Mohammed N.A; 2014)

أ- مرحلة التعديل المحلي (Local Updating) : تقوم كل نملة بإجراء عملية التعديل الجزئي لمستوى المادة الكيميائية على المسارات المجاورة لها باستخدام المعادلة التالية :

$$\tau_{(i,j)} \leftarrow (1-\varphi) \cdot \tau_{(i,j)} + \varphi \cdot \tau_0$$

حيث تمثل φ عامل التعديل المحلي للمادة الكيميائية ، τ_0 يمثل المستوى البدائي لهذه المادة حيث تعطى قيمة ثابتة ايجابية موزعة بشكل متساو على كافة مسارات الشبكة. إن الغاية من عملية التعديل المحلي هو مساعدة النملة على توسيع عملية البحث والتفتيش عن المسارات المناسبة في كل مرحلة جزئية.

أ - مرحلة التعديل الشامل (Global Updating) : عندما ينتهي النمل من بناء التصميم الأولي للشبكة فإنه يتعاون مع بعضه البعض بتبادل المعلومات عن المسارات الجيدة ويقوم بإجراء التعديل الشامل للمادة الكيميائية على جميع المسارات التي تنتمي لأفضل تصميم ناتج باستخدام المعادلات الآتية :

$$\Delta \tau_{(i,j)} = \begin{cases} (C_m)^{-1} & \text{if } (i,j) \in \text{Global - Best - Schedule} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

تمثل ρ عامل التعديل الشامل للمادة الكيميائية و C_m قيمة أفضل تصميم تم الحصول عليه منذ البداية من قبل النملة m . إن الغاية من مرحلة التعديل الشامل السماح فقط للنملة التي وجدت المسارات الجيدة بإفراز المادة الكيميائية على المسارات التابعة لأفضل تصميم تم الحصول عليه بغية تركيز وزيادة عمليات البحث حول المسارات.

المحور الثالث: استخدام خوارزميات النمل في تحديد المحفظة الاستثمارية المثلى .

نسعى لتحديد نسب التوزيع الأمثل للمبلغ المستثمر على الأصول بحيث يكون عنصر المخاطرة أقل ما يمكن. نقوم بصياغة نموذج المحفظة في شكله الشعاعي. ثم نقوم بمحاكاة النموذج باستخدام برنامج Matlab للحصول على قيم الأوزان المثلى w_i ، وأخذنا قيم الأسعار الشهرية عند الإغلاق (*Monthly closing prices*) لعينة محفظة مكونة من أربعة أسهم لشركات مدرجة في البورصات الخليجية (DIB، AB، ADIB ، QIIB) خلال الفترة ما بين 2007/01/31 إلى 2009/12/31 . وتم صياغة شعاع الأوزان كما يلي :

W_1 : الجزء المستثمر في سهم بنك QIIB ، W_2 : الجزء المستثمر في سهم بنك ADIB ، W_3 : الجزء المستثمر في سهم بنك AB ، W_4 : الجزء المستثمر في سهم بنك DIB

1.3- تفسير المسألة باستخدام خوارزمية النمل (Applying the Algorithm)

:(

بهدف تحديد المحفظة المثلى مكونة من خمس أصول ، سوف ننطلق من مصدر إلهام مجازي من سلوك النمل (Metaphorical inspiration)، يمكن توصيف الصيغة الشعاعية المكونة من n ($n=1, \dots, 4$) عدد من الأسهم في السوق . و الهدف الرئيسي هو تخصيص المعاملات المناسبة لكل سهم من التركيب الشعاعي .

ولذلك سيتم إدخال شعاع المعاملات c حيث : $c = [0, 1, 2, \dots, k]$ ، وتم تخصيص قيمة "0" إلى كل معاملات الأسهم التي لا يتم الاستثمار فيها ، وقيمة أكبر من "0" تصاعديا يعني أن الأسهم ستكون أحد المشاركين في المحفظة.

تعتمد الخوارزميات المقترحة على الفرمون المفرز من طرف النمل الذي يساعد في توجيه النمل لاختيار المسار السليم . وتعرف هذه الذاكرة الجماعية بمصفوفة الفرمون حيث تشير قيم n إلى رقم

الأسهم و m إلى شعاع المعاملات حسب ما يوضحه الجدول التالي : (Kambiz & All ,2012)

	1	2	...	n
0	τ_{01}	τ_{02}		τ_{0n}
1	τ_{11}	τ_{12}		τ_{1n}
...				
m	τ_{m1}	τ_{m2}		τ_{mn}

ينتقل كل عنصر من شعاع الأسهم بسبب الاستثمار في سهم معين ، ويقوم احوارزميه بالواجب

عن طريق شعاع المعاملات ويتم حساب إحتمال تخصيص معامل معين على النحو التالي :

$$p_c = \frac{\tau_{cs}}{\sum \forall c \tau_{cs}} \quad (2.2)$$

يستخدم النمل هذه الإ (حلول لهذه المشكلة) ، ويتم تقييم

جودة كل من هذه الحلول، و يفيد استخدام هذه المعلومات في تعديل مسارات الفرمون .

ستحسب قيمة جودة الحل لكل محفظة استثمارية باستخدام المعادلة التالية

$$fitness\ function = \frac{R_p}{\sigma_p} \quad (2.23)$$

كما تعطى قيمة تعديل مسارات الفرمون وسى مساراتهم .

$$\tau_{cs}(t+1) = \tau_{cs}(t)(1-\gamma) + \delta_{cs} \frac{R_p}{\sigma_p^*}$$

حيث يحسب δ_{cs} كما يلي :

$$\delta_{cs} = Q \cdot \frac{\sigma_p}{R_p^*}$$

يرمز :

γ : معدل التبخر (Evaporation rate) .

p^* : المحفظة الأفضل .

δ_{cs} : قيمة ثابتة .

2.3- نتائج محاكاة نموذج المحفظة المثلى :

قمنا بمحاكاة (Simulation) خوارزميات النمل باستخدام برنامج Matlab ، وبعد محاولات متكررة تحددت المعلمات الرقمية (Numerical parameters) للمحاكاة كما يلي :

- عدد النمل (Ants number) = 100

- $\sigma = 0.1$

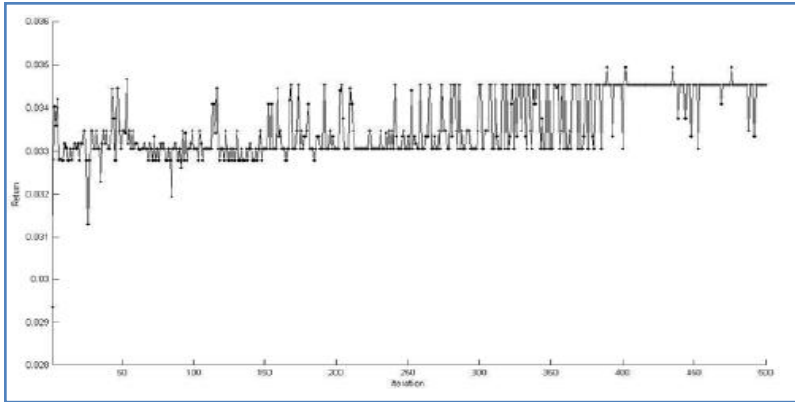
- $\gamma = 0.01$

عدد المحاولات التكرارية (Repeat count) = 200 وقت .

- يقترح شعاع المعاملات : $c = [0,1,0,2,0,3,0,4]$ وهذا يضمن تساوي

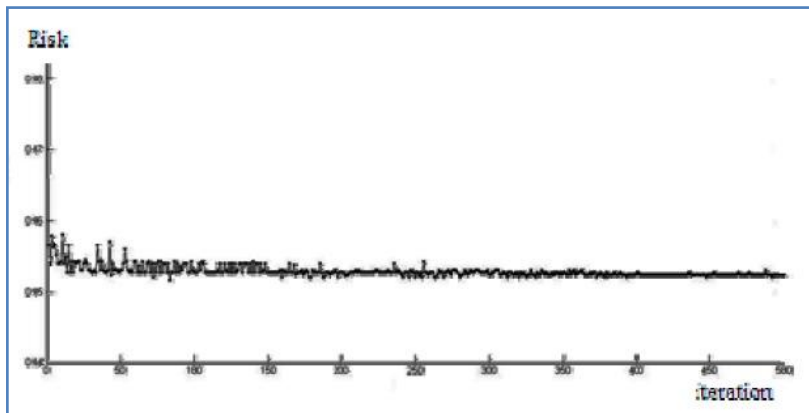
الاختيارات بين الأسهم التي تشارك أو تعفى من المحفظة المثلى .

الشكل رقم (1.3) : عائد المحفظة المثلى لكل محاولة تكرارية



المصدر: مخرجات محاكاة برنامج Matlab

الشكل رقم (2.3) : خطر المحفظة المثلى لكل محاولة تكرارية

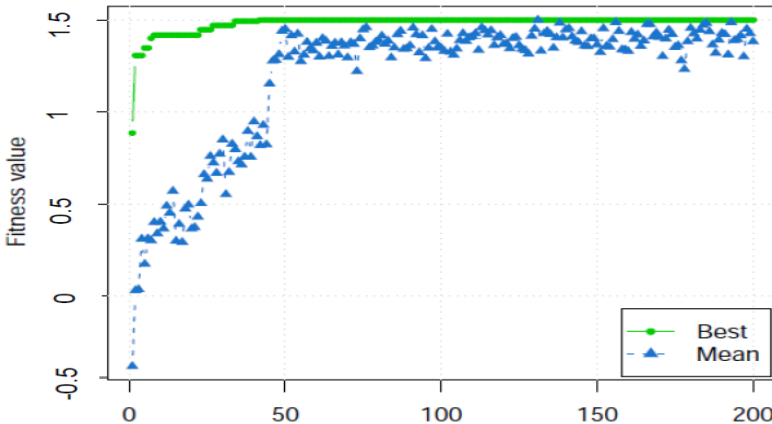


المصدر: مخرجات محاكاة برنامج Matlab

يبين المنحنى رقم (1.3) السابق ارتفاع عائد المحفظة المثلى واتجاهه نحو مستوى متقارب ، في حين يلاحظ من المنحنى رقم (2.3) انخفاض الخطر في المحفظة المثلى نحو مستوى متقارب وذلك بعد 200 محاولة تكرارية لخوارزمية النمل . ومن أجل تقييم جودة الحلول تم تشغيل الخوارزميات 30 مرة وتحصلنا على النتائج الموضحة في الشكل الموالي :

الشكل رقم (3.3) : تغيرات قيم دالة الصلاحية باستخدام الخوارزميات النمل

Max fitness = 1.4925



المصدر: مخرجات محاكاة برنامج R^+

تم حساب معامل الارتباط بين الأسهم المثلة في الشكل السابق وتم التأكد من فعالية حل خوارزميات النمل بنسبة 90 % باستخدام معامل الارتباط بين أسهم المحفظة المثلى . كما تم الحصول على محفظة مثلى ذات عائد قدر بـ 0.0424 و مستوى خطر بـ 0.0786 حيث تمت صياغة شعاع أسهم المحفظة المثلى حسب أهمية كل سهم في المحفظة المثلى (P^*) باستخدام خوارزميات النمل كما يلي :

شعاع المحفظة المثلى باستخدام خوارزميات النمل

W	W	W	W
1	2	3	4
1	0	2	3

وبهذا يمكن للمستثمر اتخاذ القرار في وقت مناسب باستخدام إحدى الطرق الميتاهيبروستكية (خوارزميات النمل) حيث يمكنه توزيع أمواله كما يلي :

- ✓ توزيع جزء من أمواله في سهم بنك قطر الدولي الإسلامي (QIIB)
- ✓ لا يقوم بالاستثمار في سهم بنك أبوظبي الإسلامي (ADIB)
- ✓ توزيع جزء من أمواله في سهم شركة الراجحي المصرفية للاستثمار (AB)،
- ✓ توزيع أكبر جزء من أمواله في سهم بنك دبي الإسلامي (DIB)

خلاصة البحث :

انطلاقاً من نتائج المحاكاة لنموذج ماركويتز (Markowitz) القائم على أساس العائد والمخاطرة حيث قمنا باستخدام خوارزميات النمل لتدنية عنصر المخاطرة تحت قيد العائد في النموذج المذكور ، حيث تساعد الطرق الميتاهيبروستكية في اتخاذ القرار الاستثماري العقلاني في الوقت المناسب وتحت مجموعة من القيود ، وبهذا يمكن تحقيق تسيير أفضل للمخاطر على مستوى الأسواق المالية الخليجية وذلك وفق أسلوب علمي دقيق ومدروس بهدف تعظيم العائد و تدنية المخاطرة حفاظاً على رؤوس الأموال المستثمرة. وبهذا إمكانية توجيه مدخرات المؤسسات المالية و الأفراد لضخها في الأسواق المالية العربية لتلبية حاجات التمويل لأصحاب العجز المالي وتشجيع الاستثمار في مختلف الأدوات المالية المستحدثة بصفة عقلانية . كما يعطي البحث إضافة علمية جديدة في مجال إدارة مخاطر السوق لزيادة ثقة المستثمر اتجاه الحركة العشوائية للأسواق المالية .

المصادر :

● المصادر باللغة العربية :

- 1 - احمد حسين بتال العاني ، « استخدام البرمجة التريبعية في تحديد المحفظة الاستثمارية المثلى : مع إشارة خاصة لقطاع المصارف في سوق العراق للأوراق المالية » ، مجلة جامعة الانبار للعلوم الاقتصادية والإدارية ، العدد ثاني ، 2008 .
- 2 - حسين عزيز صالح ، " التصميم المثالي للشبكات الجيوماتيكية الداعمة لمنظومة الإنذار المبكر للكوارث البيئية والطبيعية" ، ندوة حول إدارة الكوارث وسلامة المباني في الدول العربية ،السعودية ، أبريل 2006 .
- 3 - عدنان عبد الفتاح صوفي، غازي عبيد مدني و ياسين عبد الرحمن جفري ،« إمكانية الاستفادة من التنوع الاستثماري في سوق الأسهم في المملكة العربية السعودية » ،مجلة الاقتصاد والإدارة ، المجلد 2 ، جامعة الملك عبد العزيز ،1989م.
- 4 - محمد عبد محمد مصطفى، تقييم شركات المالية لأغراض التعامل في البورصة، دار الجامعة للنشر، 1998.

● المصادر باللغة الأجنبية :

- 1 - H. Markowitz, « Portfolio Selection », Journal of Finance, Volume 7, March-1952
- 2 - Damien Lamberton, Bernard Lapeyre, " Introduction au Calcul Stochastique Appliqué à la finance ", Edition Ellipses, 1997, France.
- 3- Jean-Luc Prigent, « Portfolio Optimization and Performance Analysis », Financial -Mathematics Series, Chapman & Hall/CRC is an imprint of Taylor & Francis Group, 2007, U.S.,
- 4 - Philip J. McDonnell , « Optimal Portfolio Modeling », John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2008.
- 5 - Kambiz F.Haqiqi and Tohid Kazemi, " Ant Colony Optimization Approach to Portfolio Optimization – A Lingo Companion", International Journal of Trade, Economics and Finance, Vol. 3, No. 2, April 2012.
- 6 - Marco Dorigo ,Thomas Stützle , "Ant Colony Optimization" , A Bradford Book The MIT Press Cambridge, Massachusetts , London, England, 2004 .
- 7-Mohammed Nooruldeen Azeez ; Angham Alsaffarm ; " Construction Time-Cost Optimization Modeling Using Ant Colony Optimization"; Number 1 Volume 20 ; Journal of Engineering; Baghdad University.2014.
- 8 - Slimane Sefiane, Mohamed Benbouziane, " A Meta-Heuristic Ant Colony Optimization Method to Portfolio Optimization"; International Journal of Financial Management; Volume 3 Issue 4 October 2013.

● المواقع الالكترونية:

النشرة اليومية للبورصات الخليجية التالية :

- سوق الدوحة للأوراق المالية : <http://www.dsm.com.qa>

- بورصة السعودية : <http://www.tadawul.com.sa>

- سوق أبوظبي للأوراق المالية : <http://www.adx.ae>