قياس أمثلة المحفظة الاستثمارية باستخدام الخوارزميات الجينية

حالة أسهم بورصة الجزائر

د.زواوي الحبيب
المركز الجامعي غليزان / الجزائر
habib.zouaoui@gmail.com

أ. نعاس مريم نجاة
المركز الجامعي غليزان / الجزائر
Nadjat_meriem@outlook.fr

Measuring of Optimal Investment Portfolio Using Genetic Algorithm

Case of Algeria Stock Exchange

Habib ZOUAOUI[1] & Meriem-Nadjet NAAS[2]
1. University of TAHAR Moulay SAIDA –Algeria
2. University Center of Relizane –Algeria

Received:04 Aug 2014 Accepted: 26 Dec 2014 Published: 30 June 2015

ملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى إدارة مخاطر محفظة الأوراق المالية بالاعتماد على استراتيجية التنويع الاستثماري، وتسعى أساسا لتطبيق الخوارزميات الجينية (GA) في تحسين نموذج ماركويتز (العائد- المخاطرة) للحصول على محفظة مثلى. والتي تعد من مشاكل الأمثلة في المحفظة الاستثمارية المتعددة الهدف التي تهدف إلى تعظيم العائد المتوقع وتدنية المخاطرة. وقامت هذه الدراسة على عينة بيانات للأسعار الشهرية ما بين 2010/01/31 - 2010/12/31 لخمس أسهم شركات مدرجة في بورصة الجزائر . إضافة لذلك محاولة تقييم فعالية الخوارزميات الجينية في تحسين مستوى المخاطرة الأمثل واتخاذ القرار الاستثماري العقلاني .

الكلمات المفتاحية: المحفظة المثلى، التنويع الاستثماري، الذكاء الاصطناعي، الخوازميات الجينية، العائد والمخاطرة.

رموز jel: G11

Abstract:

This study aims to address the problems of risk management portfolio of bank loans based on the diversification strategy sector, and seeks primarily to the application of genetic algorithms (GA) to improve the Markowitz model (return - risk), The problem of portfolio optimization is a multi-objective problem that aims at simultaneously maximizing the expected return of the portfolio and minimizing portfolio risk. Present study is a heuristic approach to portfolio optimization problem using genetic algorithms technique.

The present study data on a sample of stocks price between 31/01/2010 -31/12/2010 in the Algerian stock Exchange. Further more in an attempt to evaluate the effectiveness of genetic algorithms to improve the level of risk optimization.

Keywords : *Optimal portfolio, Diversification, Artificial intelligence, Genetic Algorithm, Return & Risk .*
(JEL) Classification : G11

تمهيد:

يعد الاستثمار في الأسواق المالية من القرارات التجارية الصعبة في ظل الحركة الثلاثية الدولية للعولمة المالية وظروف عدم التأكد المحيطة بعملية اتخاذ القرار، وذلك نظرا للتعقيدات وانتشار عدوى المخاطر المالية ومن ثم أصبح لزاما على المستثمر اتخاذ القرار الرشيد يسعى من خلاله لتعظيم عائد استثماره مقابل تحمله نسبة من المخاطرة ناتجة عن مصادر مختلفة ،هذه الأخيرة تكون تابعة لظروف داخلية خاصة بالمؤسسة (مخاطر غير نظامية) و خارجية تابعة لمتغيرات السوق (مخاطر نظامية).

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 1990 كإحدى المساهمات الهامة في مجال اتخاذ القرارات على مستوى الأسواق المالية ،والتي أثبتت إمكانية بناء وإدارة محافظ استثمارية كفؤة مع الاستفادة من مبدأ التنويع الاستثماري.

حيث بدأت البحوث والدراسات حول المحفظة المثلى في وقت مبكر منذ عام 1952 باقتراح من الاقتصادي هاري ماركويتز وبمساعدة ويليام شارب. والذي اعتبر المحفظة على أنها عبارة عن مجموعة من الأصول أو الأوراق المالية. نسعى من خلالها بتعظيم معدل العائد على الاستثمار وتقييم المخاطر والأداء. وقام بصياغة رياضية لسلوك الاستثمار وفق نماذج رياضية في نظرية المحفظة الحديثة التي سوف نتطرق اليها بالتفصيل في بحثنا.[1] وبهدف الحصول على الحلول المثلى لهذه المسائل الرياضية، تم استخدام الطرق الميتاهيروستيكية (*Métaheuristic*) على نطاق واسع من أجل اتخاذ القرارات الاستثمارية في وقت قياسي ربحا للمال، حيث ركزنا في بحثنا على الخوارزميات الجينية كإحدى الطرق التكرارية المستخدمة حديثا. [2]

1. إشكالية البحث:

في سياق ما سبق ذكره يسعى البحث للإجابة على الإشكالية التالية:

ما مدى فعالية استخدام الخوارزميات الجينية في إدارة محفظة الأوراق المالية من مخاطر تقلبات أسعار أسهمها على مستوى بورصة الجزائر ؟

2. أهمية البحث:

إن هدف البحث هو مساعدة المستثمرين على عملية إدارة مخاطر الاستثمار في محفظة الأوراق المالية على مستوى بورصة الجزائر وفق طرق علمية مدروسة بعناية وذلك من أجل بناء محافظ استثمارية مثلى، ويكون ذلك

DOI: 10.12816/0011892

وفقا لنموذج ماركويتز بصياغة المشكلة كمسألة برمجة تربيعيه والتي هي من مسائل المثلويات ومن ثم تطوير نموذج يعطي حلولاً مثلوية أفضل ومحاكاة هذه النماذج حاسوبياً باستخدام الطرق الميتاهيروستيكية (الخوارزميات الجينية). وأهمية البحث تأتي من ناحيته التطبيقية في الواقع العملي وخاصة تطبيقاته في البورصة فباستخدام هذه الطرق الرياضية يتم تقديم أعلى مستوى من الخدمة للمستثمر بمساعدته في اتخاذ القرار الأمثل لعمليته الاستثمارية في ظل مخاطر السوق .

3. فرضيات البحث:

في ظل هذا السياق وعلى ضوء الإشكالية الرئيسية و أهمية البحث قمنا ببناء الفرضيات التالية:

الفرضية الأولى: توجد إمكانية لإدارة محافظ استثمارية ذات كفاءة عالية (*Efficient portfolio*) تحقق عوائد مرتفعة بمخاطر محدودة على مستوى بورصة الجزائر .

الفرضية الثانية : توجد إمكانية لتخفيض مخاطر الاستثمار في الأوراق المالية عن طريق استراتيجية التنويع الاستثماري في أسهم الشركات المدرجة في بورصة الجزائر .

4. عينة ومنهجية البحث:

تضمنت عينة البحث عدداً من الشركات المدرجة في بورصة الجزائر، وتم تناول تطور ربحية الأصول و العوائد الشهرية لأسهم هذه الشركات للفترة ما بين 2010/01/31 - 2010/12/31 وقد تم اعتماد المنهجين الوصفي من خلال الجانب النظري لمختلف مفاهيم البحث، والمنهج التجريبي التحليلي من خلال جانب المحاكاة.

أولا. سياسة التنويع ونظرية المحفظة المثلى:

يعد ماركويتز الحائز على جائزة نوبل سنة 1990، 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 ارتباط سالب.و ترتكز دراستنا على هذا النموذج في شكله الساكن (*Static Model*) والديناميكي (*Dynamic Model*) المعمول به حديثا في اتخاذ القرارات الاستثمارية في الأسواق المالية العالمية .

1. نموذج المحفظة المثلى لماركويتز :

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 1952، 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 :[3]

- المنافسة التامة وعدم وجود مصاريف عمولة .
- لا يوجد بيع على المكشوف.
- يوجد عدد كافي من الأصول المالية من ناحية الكم والنوع، ولا توجد أي قيود على بيع أو شراء الأصول المالية.
- 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. ولتضمين 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 التنويع، أي يقوم المستثمر بتوزيع أمواله بين كم ونوع من الأصول المالية .[4]

2.1 الصيغة الرياضية للنموذج الساكن (*Static Model*) :

كما قام ماركويتز بالصياغة الشعاعية لدالة متعددة الأهداف تتمثل في نموذج تدنية المخاطرة وتعظيم العائد لمحفظة استثمارية متكونة من مجموعة أسهم كما يلي:[5]

$$Max : w^{'}\overline{R};$$
$$s/c : \begin{cases} w^{'}Vw = k \\ w^{'}e = 1 \end{cases}$$

أو صيغة تعظيم :

$$Min : [w'Vw]$$
$$s/c : \begin{cases} w'\overline{R} = \mathrm{E}[R_P] \\ w'e = 1 \end{cases}$$

....(2.1)....

حيث يمثل :

DOI: 10.12816/0011892

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

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

شعاع العوائد المتوقعة للأصول $\overline{R} = (\overline{R}_1, \ldots, \overline{R}_n)$

شعاع إحداثياته تساوي 1 : $e = (1, \ldots, 1)$

مصفوفة تباين- تباين مشترك للعوائد: $V = [\sigma_{ij}]_{1 \le ij \le n}$

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

$$\mathbb{E}[R_P] = \sum_{i=1}^{n} w_i \mathbb{E}[R_i] = \mathbf{w}.\overline{\mathbf{R}}' \qquad (2.2)$$

ويحسب عنصر المخاطرة (النظامية وغير النظامية) الذي يعبر عن تشتت العائد للمحفظة وفق العلاقة التالية :

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

3.1 الصيغة الرياضية للنموذج الديناميكي (*Dynamic Model*) :

بعد تعرفنا على الصيغة الرياضية للنموذج الساكن وتبسيط الحلول رياضيا بالطرق المذكورة سابقا، سوف ننتقل إلى تحليل النموذج الديناميكي بافتراض عدم ثبات العوامل الأخرى وتغيرها عبر الزمن (*Continuous-time*) لقد تم دراسة امتداد للنموذج الديناميكي لماركويتز المعتمد على خاصية المتوسط والانحراف في دراسة الخطر والعائد على فترات متعددة وفق نماذج نظام التبديل (*Regime Switching Models*)[6]، و أجريت دراسات عديدة حول اختيار المحافظ المثلى في الزمن المستمر عبر صياغة نماذج ديناميكية على غرار دراسة (*P.A.Samuelson* ,1969)، و(*N.H.Hakansson* ,1971) ودراسة (*S.R.Pliska* ,1997)، ومن ناحية أخرى تناول مشاكل التحوط المتضمنة في نموذج ماركويتز في الزمن المستمر حيث تم اشتقاق استراتيجيات مثلى(*Optimal Dynamic Strategies*)،نذكر من أبرزها دراسة (*D.Duffie & H.Richardson, 1991*) ودراسة (*M.Schweizer* ,1996).

◆ طور كل من (*Zhou & Li* , 2000) نموذج ماركويتز في الزمن المستمر باستخدام نظرية النماذج التصادفية في شكلها الخطي التربيعي (*Stochastic Linear Quadratic*)[7]. كما تمت دراسة (*J.Yong & X.Y.Chou* ،1999) والتي وفرت فرصة لعلاج حالات أكثر تعقيدا على سبيل المثال مشكلة اختيار المحفظة مع معاملات عشوائية تم حلها باستخدام نظرية البرمجة الخطية التربيعية والمعادلات التفاضلية العشوائية (*Stochastic Differential Equations*) . حيث ركزت الدراسات السابقة للنموذج الديناميكي لماركويتز خلال الزمن المستمر على استخدام سلاسل ماركوف * (*Markov Chain*) لدراسة عشوائية السوق و التغيرات العشوائية للأسهم باستخدام الحركة البراونية (*Brownian Motion*)[8] ، حيث تمت صياغة المشكل في شكل نموذج عشوائي ماركوفي تحت قيد العائد المتوقع للمستثمر(*R. Korn & S. Trautmann* ,1995)[9].

◆ ومن جهة أخرى ،كانت هناك دراسات لتطوير نموذج ماركويتز المتعدد الفترات مع وجود مصاريف عمولة، على غرار دراسة (*Engle & Ferstenberg* , 2007)، و (*Garleanu & Pedersen*, 2009)، وذلك عكس ما افترضه ماركويتز تماما. كما تم التعبير على مصاريف العمولة (*Transaction Costs*) وفق دالة تربيعية من الشكل التالي : [10]

$$TC = \sum_{t=1}^{T} \Delta x_t' \Lambda \Delta x_t. \qquad (2.4)$$

ويعبر السعر الإجمالي للأسهم المتداولة بالمعادلة التالية :

$$\Delta p_t = \Lambda \Delta x_t \qquad (2.5)$$

$$V(u_{t+1}) = \Sigma. \qquad (2.6)$$

وجاءت الصيغة النهائية للنموذج الديناميكي لماركويتز المتعدد الفترات وفق الافتراضات المذكورة سابقا على النحو التالي:

$$\max_{(x_t)_{t=0}^{\infty}} E_0 \left(\sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left(x_t \mu_t - \frac{\gamma}{2} x_t' \Sigma x_t - \frac{1}{2} \Delta x_t' \Lambda \Delta x_t \right) \right) \qquad (2.7)$$

تحت القيود التالية:

$$\mu_t = G f_t$$
$$f_{t+1} = (I - \Phi) f_t + \varepsilon_{t+1} \qquad (2.8)$$

حيث تمثل :

γ : معامل الخطر .

μ_t: العائد المتوقع في الزمن t .

X_t : عدد الأسهم المتداولة في الزمن t (المحفظة) .

f_t: شعاع العوائد المتوقعة في الزمن t .

Φ : مصفوفة معاملات إيجابية محددة من الإنقلاب المتوسط .

G: مصفوفة مشبعة .

p_t: سعر الأوراق المالية في الزمن t .

ثانيا. تطبيقات الخوارزميات الجينية في علم الاقتصاد:

تعد الخوارزميات الميتاهيروستيكية المبنية على مبادئ الذكاء الاصطناعي (*Artificial Intelligence*) الأكثر استخداما في مجال واسع من المعرفة وعلوم الإدارة والإحصاء وكافة المجالات الهندسية والمعلوماتية. وتتصف هذه الخوارزميات بقدرتها على ابتداع طرق ديناميكية تتلائم وطبيعة المسألة المراد معالجتها وتحديد

DOI: 10.12816/0011892

الصيغة العملية لإيجاد الحل الأكثر مناسبة من بين جميع الحلول الممكنة لهذه المسألة ومن ثم تحسين قيمة هذا الحل إلى أقصى حدود الإمكانية.

تعد الخوارزميات الجينية أحد أساليب الذكاء الاصطناعي التي تستخدم في حل المسائل المعقدة، وذلك لتوفرها على عدد كبير من الحلول التقريبية البديلة للحل الأمثل، كما تعتمد على آلية الانتقاء الطبيعي ونظام الجينات الطبيعية . وتم فعلياً طرح فكرة الخوارزميات الجينية – التي هي جزء من الحوسبة التطورية - بشكل فعلي في الولايات المتحدة عام 1970 من قبل بروفيسور في علوم الحاسب من جامعة ميشيغان (*University of Michigan*) يدعى جون هولاند (*Johon Holland*)، وقد كان قد بدأ بالعمل عليها منذ بدايات الستينيات، وكان هدفه تطور فهم إجرائية التطور الطبيعية وتصميم نظم صناعية لها مميزات مشابهه للنظم الطبيعية. وكما أن الدافع المستمر لتحسين أداء النظم الحسابية، جعل من الخوارزميات الجينية أكثر فعالية في حل بعض مسائل الأمثلة (*Optimization Problem*) التي لم يكن من الممكن حلها بزمن معقول باستخدام بقية الطرق التقليدية السائدة، وذلك لكون الخوارزميات الجينية تقلل وتختصر الكثير من الجهد والزمن المطلوبين لدى مصممي الأنظمة والبرامج في حل مسائل الأمثلة مع مراعاة خصوصية كل مسألة من حيث حجم ونوع البيانات المستخدمة وطبيعة دالة الهدف والقيود المفروضة.[11]

استخدمت الخوارزميات الجينية في حل العديد من المسائل الاقتصادية، ففي عام 1993 قام كل من (*Franklin*) و (*Risto Karijalainen*) باستخدامها لاختبار قدرة مقاييس التجارة التقنية ،حيث توصلا إلى أن استخدام المعايير الإحصائية والاقتصادية مع الخوارزميات الجينية كان له تأثير معنوي واضح في النتائج المتوصل إليها، وفي عام 1998 قام (*Herbert Dawid*) و(*Michael Kope*) بتحليل سلوك الخوارزميات الجينية في إنتاج نوعين من الإصدارات لبرنامج حاسوبي على شبكة الانترنت وكان أحد أهدافها أن يضعا خيارات لكمية التي سينتجانها وكذلك أن يقررا الخروج أو البقاء في السوق، كما استخدمها (*Sylvie Geisendorf*) في عام 2000 في تحديد نموذج استغلال المصادر الاقتصادية بشكل معقول وفي العام ذاته قام كل من (*Alfons Balmann*) و(*Katrin Happe*) بتطبيق الخوارزميات الجينية على المسائل الاقتصادية الخاصة بأسواق الأراضي الزراعية ،في عام 2003 استخدمها الباحثان (*Pmar Keskinocak*) و(*Feryal Erhun*) في تطبيقات الأعمال والتجارة ،واستمر تطبيق الخوارزميات الجينية على المسائل الاقتصادية من قبل الباحثين والأكاديميين حتى عام 2012 وحققت نتائج أفضل من النتائج التي حققتها الطرائق التقليدية.[12] على غرار دراسة أجريت على 146 شركة في بورصة طهران من قبل (*M. Garkaz*) عام 2011 لتحديد المحفظة المثلى، ودراسة (*S.Sefiane & M. Benbouziane*) من الجزائر عام 2012 .

1.2طرائق عمل الخوارزميات الجينية :

ترتكز الخوارزميات الجينية على مجموعة من الخطوات الأساسية لصياغة الحل الأمثل لمسألة معينة، وتعتبر ثابتة لمختلف المسائل ولكل التطبيقات ويكون الاختلاف في صياغة كل خطوة من الخطوات وتطبيقها حسب المسألة أو مجال تطبيقها، إن خطوات هذه الخوارزمية مترابطة بعضها مع البعض الآخر ،ولا يمكن تطبيق هذه الخوارزمية على أية مسألة ما لم تطبق جميع هذه الخطوات وإلا تفقد الخوارزميات الجينية قيمتها وفعاليتها في إيجاد أو تحسين الحل، و تتضمن خطوات عمل الخوارزميات الجينية على العناصر الأساسية التالية: [13]

◆ **البداية (*Start*):** وتتمثل في توليد مجتمع عشوائي من الكروموزمات، أو بعبارة أخرى إيجاد حلول مناسبة للمسألة .

◆ **دالة الصلاحية (*Fitness Function*) :** هي تحويل دالة الهدف إلى دالة مناسبة للحل في الخوارزميات الجينية.

◆ **مجتمع جديد** (***New Population***) : وتتمثل في توليد جيل جديد بتكرار الخطوات الآتية إلى أن يكتمل الجيل، وتتضمن ما يلي:

★ **الاختيار** (***Selection***): يتم اختيار اثنين من الكروموزمات والدين (*Parents Chromosomes*) من المجتمع الابتدائي بالاعتماد على دالة الصلاحية (أفضل القيم التي لها فرص أكبر للاختيار) وفق ما يلي:

$$p_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^{n} f_i} \qquad (2.9)$$

حيث تمثل f_i دالة الصلاحية للفرد i و n حجم مجتمع من الكروموزمات، في كل مرة يتم تحديد كروموزوم واحد للمجتمع الجديد، ويتحقق ذلك من خلال توليد عدد عشوائي r محصور في المجال [0، 1] . فإذا كان $r<p_1$ ويتم *اختيار* الكروموزوم الأول وإلا يتم الاختيار بحيث يكون الاحتمال محصور وفق ما يلي : $p_{i-1} < r<p_i$.

★ **التصالب الإبدالي** (***Crossover***) : إجراء إحدى عمليات التصالب للحصول على الذرية (*Offspring*) ويكون بين كروموزمين .

★ **الطفرة** (***Mutation***) : وذلك باحتمال وجود الطفرة يتم عمل الطفرة للسلف الجديد بموقع معين في الكروموزم، وتجري بين الجينات في الكروموزم الواحد .

★ **الاستبدال** (***Replacement***): عملية وضع السلف الجديد المتكون في الجيل الجديد للحلول محل المجتمع الابتدائي.

DOI: 10.12816/0011892

★ **الاختبار (*Test*):** عند توفر شرط التوقف ،فإن الخوارزميات الجينية تتوقف وتعيد الحل الجيد من آخر جيل متكون .

★ **معيار التوقف (*Stopping Creteria*):** يستمر إنشاء الأجيال المتعاقبة بهدف تحسين الحل (تحسين أمثلية الحل)، وذلك حتى يتحقق شرط التوقف الذي يعتمد على مقياس توقف الخوارزميات الجينية، ويختلف هذا المقياس على حسب المسألة المراد حلها .

ثالثا. استخدام الخوارزميات الجينية 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 R^+ للحصول على قيم الأوزان المثلى w_i ، وأخذنا قيم الأسعار الشهرية عند الإغلاق (*Monthly closing prices*) لعينة محفظة متكونة من أربعة أسهم لشركات مدرجة في بورصة الجزائر خلال الفترة ما بين 2010/01/31 إلى 2010/12/31 . وتم صياغة شعاع الأوزان كما يلي :

w_1: الجزء المستثمر من رأس المال في سهم *SONELGAZ/14*

w_2: الجزء المستثمر من رأس المال في سهم *Air Algérie*

w_3: الجزء المستثمر من رأس المال في سهم *Alg Telecom*

w_4: الجزء المستثمر من رأس المال في سهم *EGH EL AURASSI*

w_5: الجزء المستثمر من رأس المال في سهم *SAIDAL*

1. صياغة المسألة باستخدام الخوارزميات الجينية:

سوف نستخدم الخوارزميات الجينية للوصول إلى نسب التوزيع الأمثل للأوراق المالية ،وذلك بالاعتماد على الصيغ الرياضية في قياس العائد والمخاطرة التي جاء بها نموذج ماركويتز :

حيث عبر على العائد المتوقع $E[R_P]$ وفق المعادلة التالية :

$$\mathbb{E}[R_P] = \sum_{i=1}^{n} w_i \mathbb{E}[R_i] = \mathbf{w}.\overline{\mathbf{R}}'$$

وعنصر المخاطرة (النظامية وغير النظامية) الذي يعبر عن تشتت العائد للمحفظة وفق العلاقة التالية

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

ومن أجل تنفيذ عمل الخوارزميات الجينية للوصول إلى نسب التوزيع الأمثل للأوراق المالية ،سوف نتبع المراحل التالية :

2. **دالة الصلاحية** (***Fitness function***) :

تعتبر دالة الصلاحية مهمة في تقييم جودة الحل وهي الرابط بين المشكلة والخوارزميات ،وبالتالي يتم تحديدها وفق النموذج المتعدد الأهداف لماركويتز، والذي نسعى من خلاله لتعظيم عوائد المحفظة الاستثمارية وتدنية المخاطرة وذلك للوصول إلى نسب التوزيع الأمثل للمحفظة الاستثمارية، ولهذا تعطى قيمة جودة الحل لكل محفظة استثمارية كحاصل قسمة عائد المحفظة إلى مخاطرتها باستخدام المعادلة التالية :

$$fitness\ function = \frac{R_p}{\sigma_p} \qquad (2.10)$$

وبهذا يكون الحل أمثل كلما كانت قيمة دالة الصلاحية أكبر ويصبح الكرموزم أكثر صلاحية (أفضل القيم التي لها فرص أكبر للاختيار) .

3. **مجتمع الكروموزمات** (***The Population***) :

يعتمد حجم المجتمع الابتدائي على عدد القيود في قاعدة البيانات ،وعموما لأغراض تشغيلية تم تحديد حجم المجتمع بـ 50 كروموزما تكون هذه القيمة ثابتة خلال الدورات الجينية ومن ثم فإن ناتج البرنامج الجيني النهائي بعد انتهاء الدورات الجينية هو مجتمع بحجم 50 يمثل عدد المحافظ الاستثمارية مرتبة حسب قيمة دالة الصلاحية ترتيبا تصاعديا .

4. **تنفيذ العمليات الجينية ضمن الدورة الواحدة:**

تنتج لنا كل دورة جينية مجتمع من الكرموزمات ذات المواصفات الجيدة التي تصلح أن تكون حلا، وفي كل دورة يتم اختيار مجموعة من الكرموزمات وفق المراحل والعمليات المذكورة سابقا إلى أن يتم إيجاد أفضل كرموزم يحتوي أفضل قيمة لدالة الصلاحية .

5. **معيار التوقف** (*Stopping Creteria*) : يستمر إنشاء الأجيال المتعاقبة بهدف تحسين الحل (تحسين أمثلية الحل)، وذلك حتى يتحقق شرط التوقف الذي يعتمد على مقياس توقف الخوارزميات الجينية، ويختلف هذا المقياس على حسب عدد المرات المعطاة للبرنامج والتي حددت بـ 100 دورة جينية .

رابعا. نتائج الدراسة والمحاكاة باستخدام الخوارزميات الجينية:

قبل القيام بتطبيق الخوارزميات الجينية قمنا باستخراج متطلبات استخدام نموذج نظرية المحفظة المثلى لماركويتز، وذلك باستخراج قيمتي العائد والمخاطرة للمحفظة الاستثمارية الحالية (*Current portfolio*) ودرجة

DOI: 10.12816/0011892

الارتباط بين عوائد أسهم المحفظة لوضع تصور حول إمكانية نجاح عملية التنويع الاستثماري في توزيع الأموال المستثمرة على مختلف الأسهم .

وبعد استخدام الخوارزميات الجينية لتحسين النموذج المقترح والتي اعتمدت على المدخلات (*Inputs*) المذكورة سابقا بالاعتماد على دالة الصلاحية لاستخراج نسب التوزيع الأمثل للمحفظة الاستثمارية ،جاءت نتائج المحاكاة باستعمال برنامج R^+ وفق التصالب الحسابي (*Arithmetic Crossover*) ملخصة في الجداول التالية :[13]

جدول 4: مخرجات المحفظة المثلى باستخدام الخوارزميات الجينية

الوقت *Computing time*	عائد المحفظة *Mean Return of Portfolio*	مخاطر المحفظة *Variance of Portfolio*	قيمة دالة الصلاحية *Objective function value*	رقم الكروموزوم *Chromosome*
3,5840	0,3610%	2,984%	0,90612%	1
3,2580	0,4750%	3,238%	0,146695%	2
3,1950	0,5720%	3,734%	0,153187%	3
2,7560	0,7120%	4,522%	0,157452%	5
2,5480	**0,872 %**	**4,934%**	**0,176732%**	**11**

المصدر : من إعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات برنامج R^+

جدول 5 : نسب التوزيع الأمثل للمحفظة باستخدام الخوارزميات الجينية

W_5	W_4	W_3	W_2	W_1	
0,1699%	0,1182%	0,1788%	0,4102%	0,1229%	أوزان المحفظة

المصدر : من إعداد الباحثين بالاعتماد على مخرجات برنامج R^+

ثالثا. تحليل نتائج الدراسة والمحاكاة :

من خلال النتائج المستخلصة من تطبيق الخوارزميات الجينية (GA) و قيم دالة الصلاحية المستخدمة سابقا (*fitness function*) كدالة هدف لاستخراج نسب التوزيع الأمثل للمحفظة الاستثمارية، وذلك بتحديد القيم العظمى (*Maximization*) لدالة الهدف وفق طريقة التصالب الحسابي بين الكروموزمات، وبعد 100 دورة جينية لتنفيذ الخوارزميات الجينية ،أعطت النتائج المبينة في الجداول (4) و (5) فيما يخص المحفظة الاستثمارية المثلى للأوراق المالية خلال الفترة السابقة، وبهذا يمكن القول أن هناك إمكانية لبناء محفظة استثمارية مثلى على مستوى الأسواق المالية الخليجية تتبع التوزيع التالي :

- W_1 = 12,29% : في سهم شركة سونلغاز (*SONELGAZ/14*) ؛
- W_2 = 41,02% : في سهم شركة الخطوط الجوية الجزائرية (*Air-Algérie*)؛
- W_3 = 17,88% : في سهم مؤسسة اتصالات الجزائر (*Alg-Telecom*)؛
- W_4 = 11,82% : في سهم المستثمر من رأس المال في سهم (*EGH EL AURASSI*)؛
- W_5 = 16,99%: في سهم مؤسسة صيدال (*SAIDAL*) .

وبهذا التنويع يسمح بالحصول على محفظة مثلى بمخاطرة تقدر بـ 4,934% و عائد يقدر بـ 0,872 % .

خلاصة:

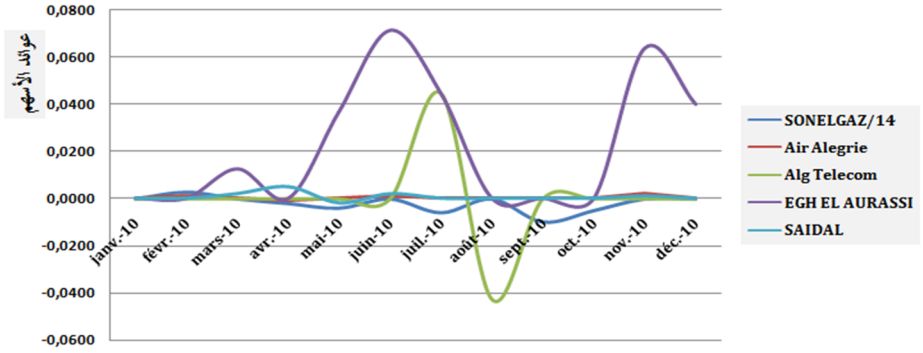
انطلاقا من نتائج المحاكاة لنموذج ماركويتز (*Markowitz*) القائم على أساس العائد والمخاطرة حيث قمنا باستخدام الخوارزميات الجينية لتدنية عنصر المخاطرة تحت قيد العائد في النموذج المذكور، حيث تساعد الطرق الميتاهيروستكية في اتخاذ القرار الاستثماري العقلاني في الوقت المناسب وتحت مجموعة من القيود ،وبهذا يمكن تحقيق إدارة أفضل للمخاطر على مستوى بورصة الجزائر وذلك وفق أسلوب علمي دقيق ومدروس بهدف تعظيم العائد و تدنية المخاطرة حفاظا على رؤوس الأموال المستثمرة. وبهذا إمكانية توجيه مدخرات المؤسسات المالية والأفراد لضخها في هذا الفرع الهام من القطاع المالي لتلبية حاجات التمويل المباشر 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 لأسهم الأسواق المالية والتي تعتبر من متطلبات تفعيل بورصة الجزائر وتصنيفها في مصاف البورصات المتطورة في العالم.

DOI: 10.12816/0011892

الملاحق:

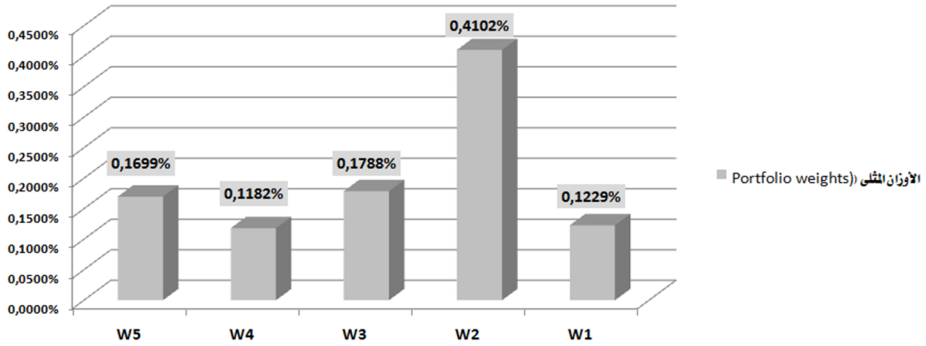
الشكل 1 : تطور عوائد أسهم المحفظة الاستثمارية قيد الدراسة في بورصة الجزائر

ما بين شهر 2010/01 -2010/12



المصدر : من إعداد الباحثين بالاعتماد على البيانات الشهرية لبورصة الجزائر الموقع: *http://www.sgbv.dz*

الشكل 2 : الأوزان المثلى للمحفظة (*Portfolio weights*)



المصدر : من إعداد الباحثين باستخدام على برنامج *Excel* و بالاعتماد على مخرجات برنامج R^+

جدول 01 : متوسط وتباين عوائد أسهم المحفظة خلال 2010

	SONELGAZ/14	Air Algérie	Alg Telecom	EGH EL AURASSI	SAIDAL
Mean المتوسط	-0,00197	0,00025	0,00016	0,0224	0,00067
Variance التباين	1,1454	5,2	0,000315	0,00068	2,706

المصدر : من إعداد الباحثين بالاعتماد على البيانات الشهرية لبورصة الجزائر الموقع: *http://www.sgbv.dz*

جدول 02 : مصفوفة التباين- التباين مشترك بين عوائد أسهم المحفظة

Var-Cov Matrix					
	SONELGAZ/14	*Air Algérie*	*Alg Telecom*	*EGH EL AURASSI*	*SAIDAL*
SONELGAZ/14	1,1454	8,983	-2,145	1,036	1,146
Air Alegrie	8,982	5,2	-3,938	1,036	1,146
Alg Telecom	-2,145	-3,94	0,000315	0,00016	-1,0489
EGH EL AURASSI	0,00068	1,097	0,00016	0,00068	-1,852
SAIDAL	1,1464	-2,51	-1,0489	-1,852	2,7062

المصدر : من إعداد الباحثين بالاعتماد على البيانات الشهرية لبورصة الجزائر الموقع: *http://www.sgbv.dz*

جدول 03 : مصفوفة الارتباط بين عوائد أسهم المحفظة

Correlation.Matrix					
	SONELGAZ/14	*Air Algérie*	*Alg Telecom*	*EGH EL AURASSI*	*SAIDAL*
SONELGAZ/14	1	0,36805	-0,35691	0,11683	0,20591
Air Alegrie	0,36805	1	-0,00308	0,58071	-0,21122
Alg Telecom	-0,35691	-0,00308	1	0,34610	-0,00359
EGH EL AURASSI	0,11683	0,58071	0,34610	1	-0,04297
SAIDAL	0,20591	-0,21122	-0,00359	-0,04297	1

المصدر : من إعداد الباحثين بالاعتماد على البيانات الشهرية لبورصة الجزائر الموقع: *http://www.sgbv.dz*

الاحالات والمراجع:

1. أحمد حسين بتال العاني، «استخدام البرمجة التربيعية في تحديد المحفظة الاستثمارية المثلى: مع إشارة خاصة لقطاع المصارف في سوق العراق للأوراق المالية »، مجلة جامعة الانبار للعلوم الاقتصادية والإدارية، العدد ثاني، 2008 .

*R. J. Kuo, and C. W. Hong" , Integration of Genetic Algorithm and Particle Swarm Optimization for Investment Portfolio Optimization", **Applied Mathematics & Information Sciences An International Journal** ; Sci. 7, No. 6, PP :2397-2408 .*

2. أحمد محمود محمد السبعاوي، زيدون مهند خليل، "اقتراح خوارزمية مهجنة عن طريق ربط الخوارزمية الجينية وخوارزمية محاكاة التلدين لحل مسائل التخصيص التربيعية"، **المجلة العراقية للعلوم الإحصائية**، (2)، 2014 ، ص 117-136.

3. محمد عبد محمد مصطفى، تقييم شركات المالية لأغراض التعامل في البورصة، دار الجامعة للنشر، الأردن، 1998.

4. عدنان عبد الفتاح صوفي، غازي عبيد مدني و ياسين عبد الرحمن جفري، « إمكانية الاستفادة من التنويع الاستثماري في سوق الأسهم في المملكة العربية السعودية» ، **مجلة الاقتصاد والإدارة**، المجلد 2، جامعة الملك عبد العزيز، 1989.

5. *Jean-Luc Prigent, « Portfolio Optimization and Performance Analysis », Financial -Mathematics Series, Chapman & Hall/CRC is an imprint of Taylor & Francis Group, U.S, 2007, PP: 70-78.*

6. *James D.Hamilton, « Regime-Switching Models», Palgrave dictionary of Economics, USA, 2005.*

7. *Min Dai , Zuo Quan Xu, Xun Yu Zhou, "**Continuous-Time Markowitz's Model with Transaction Costs**", 2009 . www.math.nus.edu.sg/~matdm/mv-transaction6.pdf (16/10/2012).*

8. ريم سليمان الخش، **الحركة البروانية والحسابات العشوائية**، منشورات جامعة دمشق، كلية العلوم، 2011، ص ص:108-120.

9. *Xun Yu Zhou and G.Yin ,"**Markowitz's Mean-Variance Portfolio Selection with Regime Switching : A Continuous-Time Model** " ,March 2006, PP:5-11.*

10. *Esben Hedegaard, "Robust Dynamic Asset Allocation With Imperfect Predictors", November (2011) , PP:4-6 . web Site: www.people.stern.nyu.edu/ehedegaa/PDFs/RobustDynamicAssetAllocation.pdf (16/10/2012).*

11. *A.K.Misra, « Portfolio Optimization of Commercial Banks - An Application of Genetic Algorithm », European Journal of Business and Management , 2013, Vol.5, No.6, P 120.*

12. همسة معن محمد ثابت، استخدام إحدى التقنيات الذكائية في حل بعض النماذج الاقتصادية، **المجلة العراقية للعلوم الإحصائية**، العدد 21، 2012، ص ص 304- 315 .

*. سلسلة ماركوف مصطلح في الرياضيات وهو عبارة عن عملية عشوائية (*Stochastic Process*) تحمل خاصية ماركوفية . في عملية كهذه، تكهُنُ المستقبل انطلاقا من الحاضر لا يحتاج إلى معرفة الماضي. ولقد أخذت اسم مبتكرها الروسي أندريا ماركوف.

13. *Slimane Sefiane,Mohamed Benbouziane, "Portfolio Selection Using Genetic Algorithm",Journal of Applied Finance & Banking, 2012, vol.2, no.4.*

14. *Luca Scrucca, "GA: A Package for Genetic Algorithms in R", **Journal of Statistical Software**, 2013 ,Volume 53, Issue 4. http://www.jstatsoft.org/ .*