

تقدير المحفظة الاستثمارية المثلى باستخدام الخوارزميات الجينية

- حالة أسهم بورصة الجزائر -

زواوي الحبيب¹

نعاس مريم نجاة²

الملخص :

تهدف هذه الدراسة إلى إدارة مخاطر محفظة الأوراق المالية بالاعتماد على إستراتيجية 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 ، الذكاء الاصطناعي ، الخوارزميات الجينية ، العائد والمخاطرة

المقدمة :

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

¹. أستاذ محاضر ب ، معهد العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير ، المركز الجامعي لغليزان ، البريد الإلكتروني: habib.zouaoui@gmail.com

². أستاذ مساعد ، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير ، جامعة حسيبة بن بوعلي - الشلف ، البريد الإلكتروني: nadjaat_meriem@outlook.fr

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 1990م 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 الاقتصاديين هاري ماركويتز وبمساعدة ويليام شارب. والذي اعتبر المحفظة على أنها عبارة عن مجموعة من الأصول والأوراق المالية. نسعى

خلالها بتعظيم المعدل العائد على الاستثمار وتقييم المخاطر والأداء. وقام بصياغة رياضية لسلوك الاستثمار وفق نماذج رياضية في نظرية المحفظة الحديثة التي سوف نتطرق إليها بالتفصيل في بحثنا.³ ويهدف الحصول على الحلول المثلى لهذه المسائل الرياضية، تم استخدام الطرق الميتاهيوريستية (Métaheuristic) على نطاق واسع من أجل اتخاذ القرارات الاستثمارية في وقت قياسيربحا للمال، حيث ركزنا في بحثنا على الخوارزميات الجينية كإحدى الطرق التكرارية المستخدمة حديثاً.⁴

³. 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, 2397-2408 (2013).

⁴. أحمد محمود محمد السبعوي

، زيدون مهند خليل، "اقتراح خوارزمية مهجنة عن طريق ربط الخوارزمية الجينية وخوارزمية محاكاة التلدين لحل مسائل تخصيص الصلابة بيعية"، المجلة العراقية للعلوم الإحصائية (2)، 2014، ص 117-136.

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 وفقاً لنموذج ماركويتز بصياغة المشكلة كمسألة برمجة تربيعية والتي هي من مسائل المثليات ومن ثم تطوير نموذج يعطي حلولاً مثالية أفضل ومحاكاة هذه النماذج حاسوبياً باستخدام الطرق الميتاهيبروستيكية (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 لعملية 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 إستراتيجية التنويع الاستثماري في أسهم الشركات المدرجة في بورصة الجزائر.

4 عينة ومنهجية البحث :

تضمنت عينة البحث عدداً من الشركات المدرجة في بورصة الجزائر، وتمتدوا لتطور ربحية الأصول و العوائد الشهرية لأسهم هذه الشركات لفترة 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.

5 . محاور البحث :

بهدف الإجابة على الإشكالية الرئيسية للبحث قمنا بتقسيمه إلى جانبين نظري وتطبيقي تضمنت على المحاور التالية :

المحور الأول : سياسة التنويع ونظرية المحفظة المثلى .

المحور الثاني : تطبيقات الخوارزميات الجينية في علم الاقتصاد .

المحور الثالث : استخدام الخوارزميات الجينية في تحديد المحفظة الاستثمارية المثلى .

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) تلبية 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 أليس 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 نجح، ليس فقط في التخلص من المخاطر غير النظامية (الخاصة) بلو التخلص من مخاطر العامة (النظامية) إذ .

يعتبر أفضل استثمار مقترح هو ذلك الاستثمار الذي يكون معامل الارتباط بين العائد المتوقع ومنه وبين معد لا المتوقع من الاستثمارات القائمة بالفاعل بتباطؤ سالب. و تركز دراستنا على هذا النموذج في

*MPT : Modern Portfolio Theory .

شكله الساكن (Static Model) و الديناميكي (Dynamic Model) المعمول به حديثا في اتخاذ القرارات الاستثمارية في الأسواق المالية العالمية .

1.1- نموذج المحفظة المثلى لماركوفيتز:

1.1.1- فرضيات النموذج :

قام هاري ماركوفيتز 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 :⁵

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 ماركوفيتز 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

⁵ محمد عبد محمد مصطفى، تقييم شركات المالية لأغراض التعامل في البورصة، دار الجامعة للنشر، 1998.

المخاطرة من خلال التنويع، أي يقوم المستثمر بتوزيع أمواله بين كم ونوع من الأصول المالية .⁶

2.1.1- الصيغة الرياضية للنموذج الساكن (Static Model):

كما قام ماركويتز بالصياغة الشعاعية لدالة الهدف في نموذج تدنية المخاطرة لمحفظه استثمارية متكونة من مجموعة أسهم كما يلي:⁷

$$\begin{aligned} & \text{Min : } [w'Vw] \quad \text{أو} \\ & \text{Max : } w'\bar{R}; \\ & \text{....(2.1)....} \\ & s/c : \begin{cases} w'Vw = k \\ w'e = 1 \end{cases} \quad \text{حيث يس : } \begin{cases} w'\bar{R} = E[R_P] \\ w'e = 1 \end{cases} \end{aligned}$$

$w = (w_1, \dots, w_n)$: 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 إحداثياته 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 :

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

⁶ عدنان عبد الفتاح صوفي، غازي عبيد مدنيو 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 ، 1989م.

⁷ Jean-Luc Prigent, « Portfolio Optimization and Performance Analysis », Financial Mathematics Series, Chapman & Hall/CRC is an imprint of Taylor & Francis Group, 2007, U.S, P : 70-78.

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

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

3.1.1 - الصيغة الرياضية للنموذج الديناميكي (Dynamic Model) :

بعد تعرفنا على الصيغة الرياضية للنموذج الساكن وتبسيط الحلول رياضيا بالطرق المذكورة سابقا، سوف ننقل 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) * ، 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 (2000, Zhou & Li) نموذج ماركويتز في الزمن المستمر باستخدام نظرية النماذج التصادفية في شكلها الخطي التربيعي (Stochastic Linear Quadratic) ⁸. 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

* . للتفصيل أكثر أنظر :

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

⁸ . للتفصيل أكثر انظر :

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

(Differential Equations) . حيث ركزت الدراسات السابقة للنموذج الديناميكي لماركوفيتز خلال الزمن المستمر على استخدام سلاسل ماركوف* (Markov Chain) لدراسة عشوائية السوق و التغيرات العشوائية للأسهم باستخدام الحركة البراونية (Brownian Motion)** ، حيث تمت صياغة المشكل في شكل نموذج عشوائي ماركوفي تحت قيد العائد المتوقع للمستثمر (Korn & S. Trautmann, 1995R.)⁹ .
 ✓ ومن جهة أخرى ، كانت هناك دراسات لتطوير نموذج ماركوفيتز المتعدد الفترات مع وجود مصاريف عمولة ، على غرار دراسة (Engle & Ferstenberg , 2007) ، و (Garleanu & Pedersen, 2009) ، وذلك عكس ما افترضه ماركوفيتز تماما. كما تم التعبير على مصاريف العمولة (Transaction Costs) وفق دالة تربيعية من الشكل التالي:¹⁰

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

و يعبر السعر الإجمالي للأسهم

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

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

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

- ريم سليمان الحش ، "الحركة البراونية و الحسابات العشوائية"، منشورات جامعة دمشق ، كلية العلوم ، 2010-2011، 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).

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

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

تحت القيو

$$\mu_t = G f_t \quad (2.8)$$

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

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 .

المحور الثاني: تطبيقات الخوارزميات الجينية في علم الاقتصاد

تعد الخوارزميات الميتاهيبروستيكية المبنية على مبادئ الذكاء الاصطناعي (Artificial Intelligence) الأكثر استخداما في مجال واسع من المعرفة وعلوم الإدارة والإحصاء وكافة المجالات الهندسية والمعلوماتية . و تتصف هذه الخوارزميات بقدرتها على ابتداع 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.

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 فعليا طرح فكرة الخوارزميات الجينية - التي هي جزء من الحوسبة التطورية - بشكل فعلي في الولايات

المتحدة عام 1970 م من قبل بروفيسور في علوم الحاسب من جامعة ميشيغان (MichiganUniversity of) 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 بزمع 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 توصلوا 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 كان أحد أهدافها أن يضع خيارات لكمية التي سينتجانها وكذلك أن يقرر 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 وحقق نتائج أفضل من النتائج

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

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.

1.2- طرائق عمل الخوارزميات الجينية :

تتركز 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 الكروموزومات ، 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 الكروموزومات والدين (Parents Chromosomes) من المجتمع الابتدائي بالاعتماد على دالة الصلاحية (أفضل القيم التي لها فرص أكبر للاختيار) وفق ما يلي :

¹². همسة معن محمد ثابت ، " استخدام إحدى التقنيات الذكائية في حل بعض النماذج الاقتصادية " ، المجلة العراقية للعلوم الإحصائية ، العدد 21، 2012 ، ص 304-315 .
¹³. Slimane Sefiane, Mohamed Benbouziane; "Portfolio Selection Using Genetic Algorithm", Journal of Applied Finance & Banking, vol.2, no.4, 2012.

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

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

✓ **التصالب الإبداعي (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 الكروموزوم، وتجرى بين الجينات في الكروموزوم الواحد .

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

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

✓ **معيير التوقف (Stopping Criteria):** 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

الجانب التطبيقي

المحور الثالث: 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 :

w1: الجزء المستثمر من رأس المال في سهم SONELGAZ/14

w2: الجزء المستثمر من رأس المال في سهم Air Algérie

w3: الجزء المستثمر من رأس المال في سهم Alg Telecom

w4: الجزء المستثمر من رأس المال في سهم EGH EL AURASSI

w5: الجزء المستثمر من رأس المال في سهم SAIDAL

1.3- 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 ماركوفيتز :

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

و عنصر المخاطرة (الذ $\sigma^2(R_P)$) بدالة التالية :

$$E[R_P] = \sum_{i=1}^n w_i E[R_i] = \mathbf{w} \cdot \mathbf{\bar{R}}$$
 ننت العائد للمحفظة وفق العلاقة التالية

و من $\sigma^2(R_P) = \mathbf{w}' \mathbf{V} \mathbf{w} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \sigma_{ij} = 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n w_i w_j \sigma_{ij} + \sum_{i=1}^n w_i^2 \sigma_i^2$.
 المالية، سوف نتبع المراحل التالية :

1.1.3- دالة الصلاحية (Fitness function) :

تعتبر دالة الصلاحية مهمة في تقييم جودة الحل وهي الرابط بين المشكلة والخوارزميات، وبالتالي يتم تحديدها وفق النموذج المتعدد الأهداف لماركوفيتز، والذي نسعى من خلاله لتعظيم عوائد المحفظة الاستثمارية وتدنيد المخاطرة وذلك للوصول إلى

نسب التوزيع الأمثل للمحفظة الاستثمارية، ولهذا تعطى قيمة جودة الحل لكل محفظة استثمارية كحاصل قسمة عائد

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

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

2.1.3- مجتمع الكروموزمات (PopulationThe) :

يعتمد حجم المجتمع الابتدائي على عدد القيود في قاعدة البيانات، وعموماً لأغراض تشغيلية تم تحديد حجم المجتمع بـ 50 كروموزمات 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 ترتيباً تصاعدياً.

3.1.3- تنفيذ العمليات الجينية ضمن الدورة الواحدة:

تنتج لنا كل دورة جينية مجتمع من الكروموزمات ذات المواصفات الجيدة التي تصلح أن تكون حلاً، وفي كل دورة يتم اختيار مجموعة من الكروموزمات وفق المراحل والعمليات المذكورة سابقاً إلى أن يتم إيجاد أفضل كرموزمات يحتوي أفضل قيمة لدالة الصلاحية .

4.1.3- معيار التوقف (Stopping Criteria): 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 .

5.1.3- نتائج الدراسة والمحاكاة باستخدام الخوارزميات الجينية:

قبل القيام بتطبيق الخوارزميات الجينية قمنا باستخراج متطلبات استخدام نموذج نظرية المحفظة المثلى لماركويتر ، وذلك باستخراج قيمتي العائد والمخاطرة للمحفظة الاستثمارية

الحالية (Current portfolio) ودرجة 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 الجدول التالي: ¹⁴

جدول رقم (04) : 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 رقم (05) : نسب التوزيع الأمثل للمحفظة باستخدام الخوارزميات الجينية

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

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

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

2.3- 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 التصلب الحسابي (Arithmetic crossover) بين الكروموزومات ، وبعد 100 دورة جينية لتنفيذ الخوارزميات الجينية ، أعطت النتائج المبينة في الجداول (04) و (05) 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) .

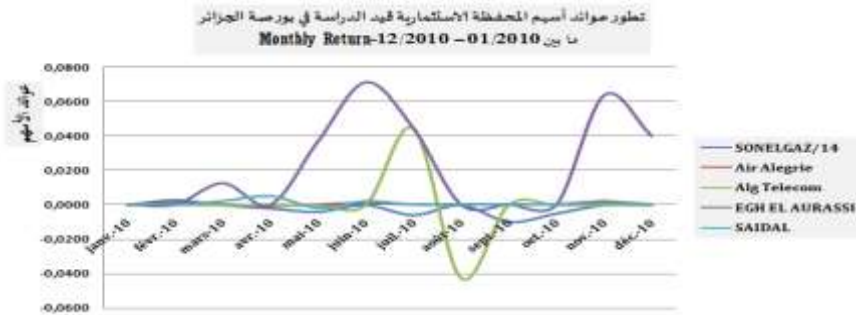
وبهذا التنوع يسمح بالحصول على محفظة مثلى بمخاطرة تقدر بـ $4,934\%$ و عائد يقدر بـ $0,872\%$.

خلاصة البحث :

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 الميتاهيبروستكية 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 ومدرّوس بهدف تعظيم العائد و تدنية المخاطرة حفاظا على رؤوس الأموال

المستثمرة. وبهذا إمكانية توجيه مدخرات المؤسسات المالية و الأفراد 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.

• ملحق الجداول و الأشكال البيانية :



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

الجدول رقم 01 : متوسط وتباين عوائد أسهم المحفظة خلال 2010

	SONELGAZ/ 14	Air Algérie	Alg Telecom	EGH EL AURASSI	SAIDAL
Meanالمتوسط	-0,00197	0,00025	0,00016	0,0224	0,00067
Varianceالتباين	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>

الجدول رقم 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>

الجدول رقم 03 : مصفوفة الارتباط بين عوائد أسهم المحفظة

Correlation.Matrix					
	SONELGA Z/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>

المراجع :

• **المصادر باللغة العربية :**

1. احمد 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 .
2. أحمد محمود محمد السبعواوي ، زيدون مهندي خليل ، "اقتراح خوارزمية مهجنة عن طريق ربط الخوارزمية الجينية وخوارزمية محاكاة التلدين لحل مسائل التخصيص الترتيبية"، المجلة العراقية للعلوم الإحصائية (2) ، 2014 ، ص 117-136.
3. حسين عزيز صالح ، " التصميم المثالي للشبكات الجيومكانية الداعمة لمنظومة الإنذار المبكر للكوارث البيئية والطبيعية"، ندوة حول إدارة الكوارث وسلامة المباني في الدول العربية ، السعودية ، أبريل 2006 .
4. عدنان عبد الفتاح صوفي ، غازي عبيد مدنيو 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 ، 1989م .
5. ريم سليمان الخش ، "الحركة البروانية و الحسابات العشوائية"، منشورات جامعة دمشق ، كلية العلوم ، 2010-2011 ، ص ص: 108-120.

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

• المصادر باللغة الأجنبية :

7.H. Markowitz, « Portfolio Selection », Journal of Finance, Volume 7, March-1952

8. Damien Lamberton, Bernard Lapeyre, " Introduction au Calcul Stochastique Appliqué à la finance ", Edition Ellipses, 1997, France.

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

10. Philip J. McDonnell , « Optimal Portfolio Modeling », John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2008.

11. M. Garkaz, The selection and optimization of stock portfolio using genetic algorithm based on mean-semi variance model, International Conference on Economics and Finance Research, IPEDR, LACSIT Press, Singapore, 4, (2011), 379-381.

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

13. 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, 2397-2408 (2013).

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

15. Esben Hedegaard, "Robust Dynamic Asset Allocation With Imperfect Predictors", November, 2011, PP:4-6 .

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

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

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

• المواقع الالكترونية:

- <http://www.sgbv.dz> البيانات الشهرية لبورصة الجزائر: