IRAQI Academic Scientific Journals

University of Kirkuk Journal For Administrative and Economic Science (2024) 14 (4): 45-54

UKJAES

University of Kirkuk Journal For Administrative and Economic Science

ISSN 2222-2995
University of Kirkuk Journal For Administrative and Economic Science

Hammo Ibrahim Mohammed Jameel & Alawjar Mohammed Qasim Yahya. Using Genetic Algorithm to Solve a Non-Zero-Sum Non-Cooperative Game (An Applied Study in Game Theory). ***University of Kirkuk Journal For Administrative and Economic Science*** **(2024) 14 (4):45-54.**

Using Genetic Algorithm to Solve a Non-Zero-Sum Non-Cooperative Game (An Applied Study in Game Theory)

Ibrahim Mohammed Jameel Hammo[1], Mohammed Qasim Yahya Alawjar [2]

[1, 2] Department of Statistics and Informatics, College of Computer and Mathematics, University of Mosul, Mosul, Iraq

ibrahim.22csp55@student.uomosul.edu.iq[1]
mqy.alawjar@uomosul.edu.iq[2]

Abstract: This research used the genetic algorithm to solve non-zero-sum and non-cooperative games within the framework of game theory. It was noted that the genetic algorithm has a great ability to find optimal solutions to complex problems that require simultaneous optimization of several objectives. In this research, a model based on the genetic algorithm was developed to solve the problem of competition between sports clubs within the framework of game theory, and then this model was applied to a real-world case study to evaluate its effectiveness. The results indicated that the genetic algorithm provides effective and applicable performance in such types of problems.

Keywords: Game theory, non-zero-sum games, non-cooperative games, Genetic Algorithm.

استخدام الخوارزمية الجينية لحل مباراة غير صفرية وغير تعاونية (دراسة تطبيقية في نظرية المباراة)

الباحث: إبراهيم محمد جميل حمو [١]. م.د. محمد قاسم يحيى الاوجار [٢]

[١،٢] قسم الاحصاء والمعلوماتية، كلية علوم الحاسوب والرياضيات، جامعة الموصل، الموصل، العراق

المستخلص: تم هذا البحث استخدام الخوارزمية الجينية لحل مباريات من النوع غير الصفرية وغير التعاونية ضمن إطار نظرية المباراة. ولوحظ ان الخوارزمية الجينية تتمتع بقدرة كبيرة على إيجاد الحلول المثلى للمشاكل المعقدة التي تتطلب تحسينًا متزامنًا لعدة أهداف. في هذا البحث، تم القيام بتطوير نموذج يعتمد على الخوارزمية الجينية لحل مشكلة التنافس بين الاندية الرياضية في إطار نظرية المباراة، ومن ثم تطبيق هذا النموذج على حالة دراسة واقعية لتقييم فعاليته. النتائج اشارت إلى أن الخوارزمية الجينية تقدم أداءً فعالاً وقابلاً للتطبيق في مثل هذه النوعية من المشاكل.

الكلمات المفتاحية: نظرية المباراة، المباريات ذات المجموع غير الصفري، المباريات غير التعاونية، الخوارزمية الجينية.

Corresponding Author: E-mail: ibrahim.22csp55@student.uomosul.edu.iq

المقدمة:

ان الادوات الاحصائية اثبتت فعاليتها بشكل كبير في تحليل معظم المسائل وفي شتى انواع المجالات ومن هذه الادوات نظرية المباراة التي تعد واحدة من أهم النظريات الاحصائية التطبيقية التي تطبق بشكل واسع في الاقتصاد، العلوم الاجتماعية، وحتى علوم الأحياء وغيرها من العلوم. تقوم هذه النظرية على اساس المنافسة بين لاعبين او اكثر وفي ظروف مختلفة والشائع من هذه الظروف هو كون المبارات ذات مجموع صفري للعائدات أي ما يربحه احد الطرفين يخسره الآخر وهناك مباراة ذات مجموع غير صفري أي ان مجموع العائدات ليس شرطا ان يكون صفرا حيث يكون لكل لاعب ارباحه الخاصة به ولا تؤثر على باقي اللاعبين كما في هذا البحث وهناك ايضا انواع مختلفة من المباراة ، تكون المباراة غير الصفرية وغير التعاونية مهمة للغاية لأنها تمثل حالات حقيقية تتعلق بالمنافسة حيث لا يوجد طرف رابح بشكل كامل ولا تعاون بين الأطراف. اما في هذا البحث فقد تم توظيف استخدام الخوارزمية الجينية، وهي واحدة من خوارزميات الذكاء الاصطناعي، للوصول الى الحل الامثل في إطار نظرية المباراة. من خلال تطوير نموذج يعتمد على الخوارزمية الجينية، يسعى البحث إلى تقديم حلول قابلة للتطبيق لمثل هذه المشاكل، خاصة في مجالات تتطلب اتخاذ قرارات استراتيجية متعددة الأطراف..

الهدف

هو حل مسألة إدارة المنافسة بين الاندية الرياضية باستخدام طريقة المباراة التنافسية المعززة بالذكاء الاصطناعي، لصياغة الاستراتيجيات اللازمة التي من شأنها الحصول على الحل الأمثل لمثل هذه المنافسة.

مشكلة البحث

ان مشكلة البحث تكمن في امكانية الوصول الى استراتيجيات تتخذها الاندية الرياضية اثناء المنافسة فيما بينها للحصول على أفضل النتائج في البطولات الرياضية التي ستشارك فيها هذه الاندية ومن سيحصل على أكبر عدد من هذه البطولات وبما ان هذا التنافس يكون فيه الحصول على عدد بطولات غير محدد فستكون المباراة من نوع مباراة ذات المجموع غير الصفري وغير التعاونية.

المبحث الاول: الجانب النظري

اولاً: نظرية المباراة (Game Theory)

نظرية المباراة هي فرع من الرياضيات يركز على دراسة اتخاذ القرارات الاستراتيجية. تهدف إلى تحليل المواقف التي يتفاعل فيها العديد من الأطراف أو "اللاعبين" مع بعضهم البعض، حيث تؤثر قراراتهم على نتائج بعضهم البعض. تُستخدم نظرية المباراة في نمذجة العديد من السيناريوهات، مثل الأسواق الاقتصادية، الانتخابات السياسية، وحتى في علم الأحياء التطوري، لفهم سلوك الأفراد في مواقف ذات طابع استراتيجي (5)، تعتمد نظرية المباراة على مزيج من المنطق والرياضيات لدراسة كيفية اتخاذ القرارات بشكل استراتيجي. على سبيل المثال، يمكن أن تستفيد الشركات من نظرية الألعاب لتحليل ما إذا كان ينبغي تسويق منتج جديد كمنتج فاخر أو كصفقة مميزة (١١). تستخدم الشركات هذه النظرية في اتخاذ قرارات استراتيجية تتعلق بمنتجاتها وخدماتها، وكذلك منتجات وخدمات منافسيها. كما يمكن أن تسهم في التنبؤ بنتائج الأحداث التي تشمل أطرافًا متعددة.

يمكن تصنيف المباريات إلى فئتين رئيسيتين: المباريات التعاونية والمباريات غير التعاونية (٦)، المباريات التعاونية هي تلك التي يتعاون فيها جميع اللاعبين لتحقيق هدف مشترك، حيث تركز استراتيجياتهم على الوصول إلى هذا الهدف المشترك. أما المباريات غير التعاونية فهي تلك التي يفتقر فيها اللاعبون إلى الحافز للتعاون، حيث يتنافسون للفوز بشكل فردي بدلاً من العمل معًا.

المباريات التنافسية هي نوع من المباريات التي يشارك فيها لاعبان أو أكثر يتنافسون ضد بعضهم البعض، ويتطلب الفوز فيها تحقيق أعلى نتيجة في نهاية المباراة. اللاعب الذي يعتمد على استراتيجية غير تعاونية (المعروفة أيضًا باسم توازن ناش) لا يمكنه الحصول على ميزة إضافية من خلال التعاون مع خصومه. بعبارة أخرى، لا توجد استراتيجيات أو خطوات يمكن للخصوم اتباعها لتغيير نتيجة استراتيجية اللاعب.

في نظرية المباراة، يُفترض غالبًا أن اللاعبين عقلانيون وأنهم يتصرفون وفقًا لمصالحهم الذاتية. يتخذون القرارات بناءً على تفضيلاتهم والخيارات المتاحة لهم. تعتمد نتائج هذه القرارات على الخيارات التي يتخذها اللاعبون الآخرون (٣) على سبيل المثال، في لعبة الشطرنج، يحاول كل لاعب تعظيم فرصه في الفوز من خلال القيام بأفضل التحركات الممكنة بالنظر إلى موضع القطع على اللوحة.

- **مباراة المجموع غير الصفري (Non-Zero-Sum Games):**

المباراة غير الصفرية، والمعروفة أحياناً بمباراة المجموع المتغير (Variable-Sum)، تتناول الحالات التي يمكن أن يحقق فيها أحد اللاعبين مكاسب بينما يتعرض الآخر لخسائر بكميات متفاوتة، أو أن كلا اللاعبين يمكن أن يربحا أو يخسرا في نفس الوقت. في المباراة ذات المجموع الصفري، لا يوجد مصلحة مشتركة بين اللاعبين، أما في المباراة الثنائية غير الصفرية (المجموع المتغير)، فإن اللاعبين يمتلكون مصالح تنافسية وتعاونية معاً. لهذا السبب، تُعرف هذه المباراة أحياناً بالمباراة ذات الحافز المختلط، حيث يمكن أن يستفيد جميع اللاعبين أو يخسروا، والمكاسب والخسائر لا تتوازن بالضرورة إلى الصفر.

- **نظرية المباراة غير التعاونية (Noncooperative Game Theory):**

في نظرية المباراة، المباراة غير التعاونية هي مباراة يوجد فيها تنافس بين الأعضاء، لكنهم لا يشكلون مجموعات. وعلى النقيض من نظرية المباراة التعاونية، لا يمكن للاعبين تشكيل تحالفات، ولا يمكنهم أيضًا عقد اتفاقيات. تُستخدم نظرية المباراة غير التعاونية في تحليل العديد من المشكلات الواقعية، بما في ذلك المنافسة التجارية والمزادات وقرارات التسعير والعلاقات الدولية والعديد من التفاعلات الاستراتيجية الأخرى. تتضمن الحلول مفهوم توازن ناش واستراتيجيات مثل استراتيجية الحد الأدنى المختلط التي قدمها جون فون نيومان. والفرق الرئيسي هو أن اللاعبين غير ملزمين باتباع أي قواعد. لا يوجد إكراه عليهم لتشكيل مجموعات ومشاركة شروط المدخلات والمخرجات. كل لاعب مستقل عن الآخر. يُطلق على هذا "الاستقلال". تم استخدام مصطلح نظرية الألعاب غير التعاونية لأول مرة في عام ١٩٥١ بواسطة جون ناش في مقال في مجلة Annals of Mathematics. تتضمن نظرية الألعاب غير التعاونية عدد اللاعبين والوظيفة الهدف والإجراءات والقيود المفروضة على اللاعبين ونتيجة حدث احتمالي.

- **توازن ناش (Nash Equilibrium)**

يُعد توازن ناش في نظرية المباراة مفهومًا يصف حالة يكون فيها اختيار كل لاعب هو الأمثل بالنظر إلى استراتيجيات اللاعبين الآخرين (٤) في هذه الحالة لا يمتلك أي لاعب حافزًا لتغيير استراتيجيته، لأن القيام بذلك لن يحسن وضعه طالما أن بقية اللاعبين يحتفظون باستراتيجياتهم. بعبارة أخرى، يكون الجميع في وضع ثابت لا يمكن لأحدهم تحسينه عبر تغيير استراتيجيته الخاصة بينما تبقى استراتيجيات الآخرين ثابتة.
قد لا تحتوي جميع الألعاب على توازن ناش، كما أن بعض المباريات قد تتضمن أكثر من توازن واحد. يوفر توازن ناش حلاً مستقراً ومثالياً بحيث لا يمكن لأي لاعب زيادة مكاسبه أو تقليل خسائره طالما لم يتغير سلوك اللاعبين الآخرين. يُنظر إليه أيضًا على أنه مفهوم خالٍ من الندم، حيث يكون اللاعبون "أفضل المستجيبين" لاستراتيجيات بعضهم البعض.

مع ذلك، توازن ناش لا يؤدي بالضرورة إلى النتيجة المثلى لجميع اللاعبين، وقد لا يعكس كافة جوانب السلوك البشري في العالم الواقعي. لديه العديد من التطبيقات في مجالات مثل الاقتصاد، السياسة، وعلم الأحياء. على سبيل المثال، يُستخدم توازن ناش لتحليل استراتيجيات المزايدة في المزادات. وفي نظرية اللعبة التطورية، يساعد على دراسة تطور السلوكيات والاستراتيجيات في مجموعات الكائنات الحية.

ثانياً: الخوارزمية الجينية (Genetic Algorithm)

الخوارزمية الجينية هي تقنية بحث محسنة تعتمد على مبادئ الانتقاء الطبيعي والتطور، كما هي موضحة في نظرية داروين. تستند الخوارزمية إلى فكرة تكرار عملية التطور الطبيعي على مجموعة من الحلول الممكنة لمشكلة معينة، حيث يتم تحويل هذه الحلول إلى تمثيلات رقمية تسمى "الجينات". تشمل المكونات الأساسية للخوارزمية الجينية التشفير، التقييم، الانتخاب، التزاوج، والطفرات. يتم تطبيق هذه المكونات بشكل تكراري للحصول على حلول تقارب الحل الأمثل للمشكلة. تستخدم الخوارزمية الجينية بشكل فعال في حل المشاكل التي تتطلب تحسينًا متزامنًا لعدة أهداف، وهذا ما يجعلها أداة قوية في حل مشاكل نظرية المباراة غير الصفرية وغير التعاونية.
يمكن اعتبار بداية القرن العشرين نقطة انطلاق للاستخدام الواسع للنماذج الرياضية وتقنيات التحسين (٨)، وفي هذا السياق، تم اعتماد الحسابات التطورية كأحد الفروع الفرعية للذكاء الاصطناعي لمعالجة تلك المشكلات المعقدة، تعتمد هذه الطريقة على البحث عبر عدة نقاط بدلاً من التركيز على نقطة واحدة، وهي فكرة تم تقديمها في الأصل من قبل ريتشنبرج (١٠). وفي وقت لاحق، قدم هولاند الخوارزمية الجينية (الوراثية) (GA) كأول خوارزمية تطورية للتحسين العالمي باستخدام الكروموسومات وجيناتها (٢).
الخوارزمية الجينية هي أسلوب استدلالي يُستخدم في مجالي الذكاء الاصطناعي والحوسبة، يهدف إلى إيجاد حلول محسّنة لمشاكل البحث من خلال محاكاة مبادئ الانتقاء الطبيعي والتطور البيولوجي. تُعد الخوارزميات الجينية فعّالة للغاية في استكشاف مجموعات البيانات الكبيرة والمعقدة. تم تطوير هذه الخوارزميات لمحاكاة بعض العمليات التي تحدث في التطور الطبيعي ويعود الفضل في اختراع الخوارزمية الجينية إلى جون هولاند، الذي قدمها في أوائل السبعينيات (٢).

- **دور الخوارزميات الجينية في نظرية المباراة**

غالبًا ما تتضمن الأساليب التقليدية لحل مشكلات نظرية المباراة حسابات وافتراضات رياضية معقدة. ومع ذلك، توفر الخوارزمية الجينية نهجا بديلا فريدا. ومن خلال الاستفادة من قوة الخوارزميات المستوحاة من التطور، تستطيع الخوارزمية الجينية التعامل بفعالية مع التعقيدات والشكوك الكامنة في نظرية المباراة.

- **استخدام الخوارزمية الجينية لنظرية المباراة**

لتطبيق الخوارزمية الجينية على نظرية المباراة، يتم تمثيل المباراة عادةً كمجموعة من القواعد واللاعبين والاستراتيجيات والمكافآت. تقوم الخوارزمية الجينية بعد ذلك بتوليد مجموعة من الاستراتيجيات المحتملة وتسمح لهم بالتنافس ضد بعضهم البعض في المباراة. يتم اختيار الاستراتيجيات ذات أعلى المكاسب لتكون بمثابة "الآباء" للجيل القادم.

ومن خلال عملية التقاطع، تقوم الاستراتيجيات المختارة بتبادل المواد الجينية، مما يخلق حلولاً محتملة جديدة. تضيف الطفرة مزيدًا من الاختلاف عن طريق إدخال تغييرات عشوائية في الاستراتيجيات. بعد ذلك، يخضع الجيل الجديد لعملية التقييم، وتستمر الدورة حتى تتقارب الخوارزمية نحو الاستراتيجيات المثلى أو نقاط التوازن (٩).

- **مزايا الخوارزميات الجينية في نظرية المباراة**

توفر الخوارزميات الجينية العديد من المزايا عند تطبيقها على مسائل نظرية المباراة. أولاً، تسمح بتحليل المباراة المعقدة التي تتضمن لاعبين متعددين والتفاعلات الاستراتيجية. تتعامل الخوارزمية الجينية مع عدم الخطية (اي ان المسألة لا يمكن حلها بالاسلوب الرياضي الخطي حيث ان المباراة ذات المجموع غير الصفري لا يمكن حلها بالطريقة الخطية مثل السمبلكس على عكس المباراة ذات المجموع الصفري والتي يمكن حلها بالسمبلكس) وعدم اليقين المتأصل في هذه السيناريوهات من خلال استكشاف مجموعة واسعة من الحلول المحتملة والتكيف مع البيئات المتغيرة.

بالإضافة إلى ذلك، تتميز الخوارزمية الجينية بالمرونة ويمكن تكييفها مع أنواع مختلفة من المباراة، مما يجعلها قابلة للتطبيق على مجموعة متنوعة من مشاكل نظرية المباراة. لديهم أيضًا القدرة على تحديد نقاط توازن متعددة في سيناريوهات المباراة المختلفة.
ويمكن تلخيص مزايا الخوارزمية الجينية في نظرية المباراة:

١. **التعامل مع الاستراتيجيات المعقدة:** غالبًا ما تتضمن نظرية المباراة اتخاذ قرارات استراتيجية معقدة. يمكن للخوارزمية الجينية التعامل مع تعقيد تحديد الاستراتيجيات المثلى من خلال استكشاف مساحة حل كبيرة بكفاءة.
٢. **القدرة على التكيف:** مع تطور الخوارزمية الجينية عبر الأجيال، فإنها تتكيف مع البيئات المتغيرة وتعدل الاستراتيجيات وفقًا لذلك. تعد هذه القدرة على التكيف أمرًا بالغ الأهمية في نظرية المباراة، حيث قد تحتاج الاستراتيجيات إلى التحسين المستمر.
٣. **التغلب على الأمثلية المحلية (السابقة):** يمكن أن تحتوي مشاكل نظرية المباراة على حلول محلية متعددة، مما يجعل من الصعب العثور على الحل الأمثل المناسب. تتمتع الخوارزمية الجينية بالقدرة على استكشاف مناطق مختلفة من مساحة الحل، مما يزيد من فرص العثور على الأمثل المناسب.
٤. **كفاءة الوقت:** توفر الخوارزمية الجينية نهجاً فعالاً من حيث الوقت لمعالجة مشاكل نظرية المباراة، مما يمكنها من التعامل مع المشكلات واسعة النطاق بفعالية.

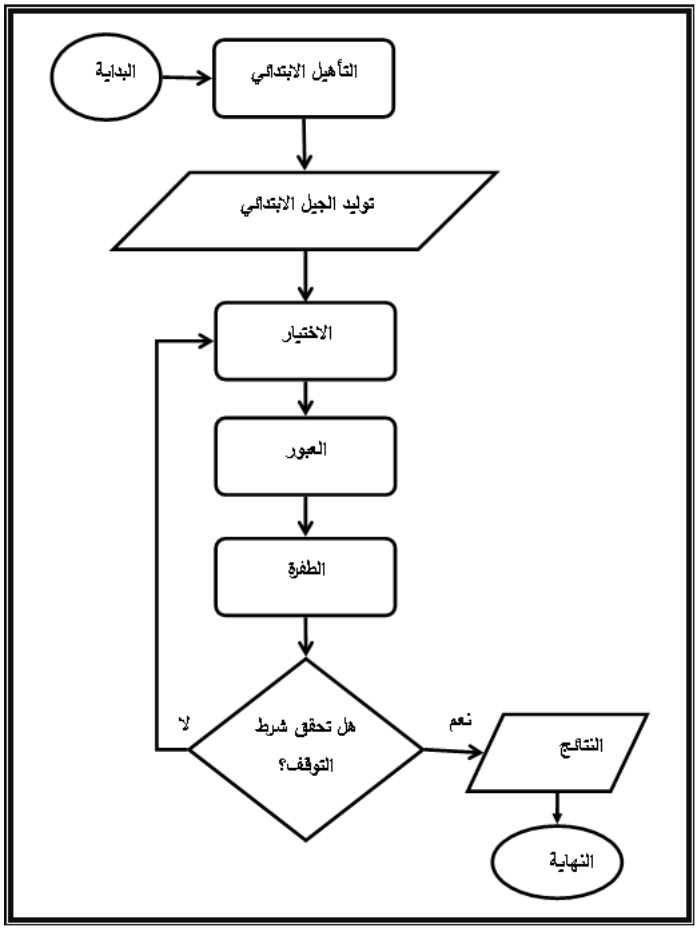
توفر الخوارزميات الجينية أداة قوية لحل مشاكل نظرية المباراة. من خلال محاكاة عملية التطور، يمكن للخوارزمية الجينية البحث بكفاءة عن الاستراتيجيات المثلى ونقاط التوازن في المباراة المعقدة مع لاعبين متعددين. بفضل قدرتها على التعامل مع عدم اليقين والتكيف مع البيئات المتغيرة، تقدم الخوارزمية الجينية منهجاً قيماً لتحليل وحل مشكلة نظرية المباراة.

تتضمن الخوارزمية الجينية عدة عمليات أساسية، وهي:

١- **الترميز (Encoding):** في هذه العملية، يتم تمثيل الحلول المحتملة لمشكلة معينة كسلاسل من الجينات. عادةً ما تكون هذه السلاسل مشفرة في شكل ثنائي (٠ و ١) أو باستخدام أشكال أخرى حسب المشكلة (٧).
٢- **التوليد العشوائي (Initial Population Generation):** يتم إنشاء مجموعة من الحلول (أو الأفراد) عشوائيًا لتكون الجيل الأول من الخوارزمية. هذا الجيل يمثل مجموعة الحلول الأولية التي سيتم تحسينها عبر الأجيال التاليةحيث سيتم القيام باستخدام الخوارزمية الجينية عن طريق الحاسوب وباستخدام البرنامج الاحصائي **R** لإجل توليد هذا الجيل بشكل عشوائي والذي سيعتبر الحل الابتدائي ومن ثم استخراج جيل جديد من الابناء يكون اكثر توافقاً مع شروط الخوارزمية وبعد ذلك تقوم الخوارزمية بإعادة توليد جيل آخر وهكذا لعشرات او مئات المرات او اكثر حسب نوع المسألة الى ان نصل الى جيل الاكثر توافقاً مع شروط الخوارزمية من كل الاجيال السابقة ومن البديهي ان يتم توليد الجيل الاول عشوائيا عن طريق الحاسوب ومن ثم يتم توليد الاجيال اللاحقة بناءاً على الجيل الاولي العشوائي لذلك فان الجيل الاول لا يتساوى في كل مرة تحل المسألة حيث يكون الاختلاف بسبب عشوائية التوليد.
٣- **التقييم (Fitness Function):** لكل فرد في الجيل يتم حساب "وظيفة اللياقة"، وهي دالة تقيس جودة الحل أو مدى قرب الفرد من الحل الأمثل.
٤- **الانتقاء (Selection):** بناءً على دالة اللياقة، يتم اختيار الأفراد الأفضل للانتقال إلى الجيل التالي. هناك عدة طرق للاختيار مثل طريقة العجلة الدوارة **(Roulette Wheel Selection)** أو اختيار النخبة.
٥- **التقاطع (Crossover):** يتم دمج جينات فردين (والدين) لتوليد أفراد جدد (الأبناء). يتم تبادل بعض الأجزاء من الحلول بين الأفراد لتعزيز تنوع الحلول وزيادة فرص الحصول على حل أفضل (١٢).
٦- **الطفرة (Mutation):** بعد التقاطع، يتم تعديل بعض الأفراد بشكل عشوائي من خلال تغيير جين واحد أو أكثر. تهدف الطفرة إلى الحفاظ على التنوع في السكان ومنع الوقوع في الحلول (السابقة) المحلية الأمثل (١).
٧- **الإحلال (Replacement):** بعد إنشاء الجيل الجديد من خلال التقاطع والطفرة، يتم اختيار الأفراد الذين سيستمرون إلى الجيل التالي. في بعض الخوارزميات، يتم استبدال جميع الأفراد، وفي أخرى يتم الاحتفاظ ببعض الأفراد من الجيل السابق.
٨- **التوقف (Termination):** تتوقف الخوارزمية عند الوصول إلى معيار معين، مثل الوصول إلى عدد محدد من الأجيال، أو الوصول إلى حل مرضٍ.

٩- هذه العمليات تعمل معًا لمحاكاة عملية التطور الطبيعي، حيث يتم تحسين الحلول تدريجيًا عبر الأجيال للحصول على أفضل حل ممكن للمشكلة المطروحة.

المخطط الانسيابي التالي يوضح مراحل الخوارزمية الجينية:



شكل (١): المخطط الانسيابي المبسط للخوارزمية الجينية

المبحث الثاني: الجانب التطبيقي

في هذا القسم، نقدم نموذجًا يستخدم الخوارزمية الجينية لحل مباراة غير صفرية وغير تعاونية. يبدأ النموذج بتحديد جميع الأطراف المشاركة في المباراة وتحديد استراتيجياتهم المختلفة. يتم ترميز هذه الاستراتيجيات بشكل يمكن تطبيقه داخل الخوارزمية الجينية. يتم بعد ذلك تشغيل الخوارزمية لتطوير حلول تقريبية، حيث يتم اختبار هذه الحلول من خلال دراسات حالة واقعية.

تم اختيار سيناريو معين يتعلق بإدارة المنافسة بين الأندية الرياضية لتوضيح كيفية عمل النموذج. النتائج تشير إلى أن النموذج قادر على تقديم حلول عملية يمكن استخدامها في اتخاذ قرارات استراتيجية متعددة الأطراف، مع تحسينات ملحوظة مقارنة بالأساليب التقليدية ولتطبيق ما سبق تم اعداد الجدول التالي:

جدول (١): يوضح عدد إنجازات النوادي الرياضية في مدينة الموصل في الألعاب الفردية والفرقية خلال الفترة (٢٠١٨-٢٠١٩)

اسم النادي	الألعاب الفردية	الألعاب الفرقية
١. نادي الموصل	١٧	٢
٢. نادي نينوى	٢٨	٤
٣. نادي الفتاة	١٣٦	٤
٤. نادي قره قوش	٠	١٤
٥. نادي سنجار	٢	٣
٦. نادي عمال نينوى	٥	١
٧. نادي القوش	١	٣
٨. نادي المستقبل المشرق	١٢	١
٩. نادي بلدية الموصل	٣٤	٢

من المعطيات الميدانية تم استنتاج المعطيات النظرية والتي مكنت من تحديد نوع الطريقة والاسلوب الذي سيتم استخدامه في حل المسألة قيد الدراسة حيث تم استخدام مباراة ذات مجموع غير صفري وغير التعاونية وتم تحديد عناصر المباراة وهي التالية.

- تحديد اللاعبين: الأندية الرياضية هي اللاعبين الرئيسيين في النموذج.
- تحديد الاستراتيجيات: تشمل الاستراتيجيات الممكنة التي يمكن لكل نادي اتخاذها وهما التركيز على الألعاب الفردية أو التركيز على الألعاب الفرقية.
- العوائد: تشمل عدد الإنجازات الرياضية في الألعاب الفردية او الفرقية خلال الخمس اعوام ٢٠١٨-٢٠٢٣.

ولغرض توضيح اسلوب الحل وفق نظرية المباراة سيتم حل مباراتين بين الاندية لتكونا نموذجاً للحل لباقي المباريات بين الاندية الاخرى وكما يلي:

المباراة الاولى:

لدينا المباراة بين نادي الموصل ونادي نينوى وكانت مصفوفة العوائد (ملاحظة هذه العوائد المستخدمة هي عوائد حقيقية مأخوذة من ادارات النوادي مباشرة وموثقة رسمياً) كما يلي:

جدول (٢): يوضح مصفوفة العوائد بين ناديي الموصل ونادي نينوى

نادي نينوى / نادي الموصل	التركيز على الألعاب الفردية	التركيز على الألعاب الفرقية
التركيز على الألعاب الفردية	١٧ / ٢٨	١٧ / ٤
التركيز على الألعاب الفرقية	٢ / ٢٨	٢ / ٤

وسيتم ايجاد الاستراتيجيات المهيمنة وايجاد نقطة توازن ناش كما يلي:

بعد قيامنا عمل مصفوفة العائدات وتوزيع الاستراتيجيات على اللاعبين وبعد ذلك نقوم بإيجاد نقاط توازن ناش وكما هو معروف فأن توازن ناش يحدث عندما (لا يتمكن اي من طرفي المباراة من تحسين عوائده من خلال تغيير استراتيجياته من جانب واحد). وكما في الخطوات التالية:

اولاً: استراتيجيات اللاعب الاول (نادي الموصل) ومردوداتها

ستكون المردودات للاعب الاول كما يلي:

- عند اختيار اللاعب الثاني (نادي نينوى) الاستراتيجية الاولى (الالعاب الفردية) فإن المردود للاعب الاول (نادي الموصل) عند اختياره للاستراتيجية الاولى (الالعاب الفردية) هو ١٧.
- اما عندما يختار اللاعب الثاني (نادي نينوى) الاستراتيجية الاولى (الالعاب الفردية) فإن المردود للاعب الاول (نادي الموصل) عند اختياره للاستراتيجية الثانية (الالعاب الفرقية) هو ٢.
- عند اختيار اللاعب الثاني (نادي نينوى) الاستراتيجية الثانية (الالعاب الفرقية) فإن المردود للاعب الاول (نادي الموصل) عند اختياره للاستراتيجية الاولى (الالعاب الفردية) هو ١٧.
- اما عندما يختار اللاعب الثاني (نادي نينوى) الاستراتيجية الثانية (الالعاب الفرقية) فإن المردود للاعب الاول (نادي الموصل) عند اختياره للاستراتيجية الثانية (الالعاب الفرقية) هو ٢.

عندئذ سيتمسك اللاعب الاول (نادي الموصل) بالاستراتيجية الاولى (الالعاب الفردية).

ثانياً: استراتيجيات اللاعب الثاني (نادي نينوى) ومردوداتها

ستكون المردودات للاعب الثاني (نادي نينوى) كما يلي:

- عند اختيار اللاعب الاول (نادي الموصل) الاستراتيجية الاولى (الالعاب الفردية) فإن المردود للاعب الثاني (نادي نينوى) عند اختياره للاستراتيجية الاولى (الالعاب الفردية) هو ٢٨.
- اما عندما يختار اللاعب الاول (نادي الموصل) الاستراتيجية الاولى (الالعاب الفردية) فإن المردود للاعب الثاني (نادي نينوى) عند اختياره للاستراتيجية الثانية (الالعاب الفرقية) هو ٤.
- عند اختيار اللاعب الاول (نادي الموصل) الاستراتيجية الثانية (الالعاب الفرقية) فإن المردود للاعب الثاني (نادي نينوى) عند اختياره للاستراتيجية الاولى (الالعاب الفردية) هو ٢٨.

- اما عندما يختار اللاعب الاول (نادي الموصل) الاستراتيجية الثانية (الالعاب الفرقية) فإن المردود للاعب الثاني (نادي نينوى) عند اختياره للاستراتيجية الثانية (الالعاب الفرقية) هو ٤.

عندئذ سيتمسك اللاعب الثاني (نادي نينوى) بالاستراتيجية الاولى (الالعاب الفردية).

عندئذ ستكون الاستراتيجية الاولى هي المهيمنة وتكون نقطة توازن ناش هي (١: ١) ونتيجتها هي ١٧ هو مردود اللاعب الاول (نادي الموصل) وكذلك ٢٨ هو مردود اللاعب الثاني (نادي نينوى) وبذلك يتفق اللاعبان على اختيار الاستراتيجية الاولى وهي الالعاب الفردية.

لتشغيل الخوارزمية الجينية لتحديد استراتيجيات الأندية وتم تناول المباراة بين نادي الموصل ونادي نينوى الرياضي كما كان موضح بالجدول (٣-١):

حيث كان لكل نادي استراتيجيتين الأولى هي التركيز على الألعاب الفردية و الثانية هي التركيز على الألعاب الفرقية وكانت العوائد تمثل الإنجازات الرياضية المتحققة لكل نادي بواسطة الاستراتيجيتين حيث ان نادي الموصل قام بتحقيق (١٧) انجاز في الألعاب الفردية و (٢) إنجازين في الألعاب الفرقية كما ان نادي نينوى قد حقق (٢٨) انجاز في الألعاب الفردية و(٤) إنجازات في الألعاب الفرقية، ولتطبيق الخوارزمية الجينية على هذه المباراة تم استعمال برنامج R وإدخال المعطيات الاتية حيث تم اختيار القيمة (٥٠) كحجم للمجتمع وتم تحديد قيمة احتمالية العبور بالقيمة (٠,٦) كما تم إعطاء القيمة (٠,١) كاحتمالية لحدوث الطفرة وتم تحديد عدد مرات التكرار بالقيمة (٥٠)، وبعد تنفيذ البرنامج التالي:

```
# Load necessary libraries
library(foreach)
library(iterators)
library(GA)

library(ggplot2)

# Define the payoff matrix for a simple game (rows: Player 1, columns: Player 2)
# Assume payoff_matrix[i, j] gives a vector c(payoff to player 1, payoff to player 2)
payoff_matrix <- array(c(17, 2, 17, 2, 28, 28, 4, 4), dim = c(2, 2, 2))
rownames(payoff_matrix) <- c("Mosul: Indivdual group", "Mosul: Team group")
colnames(payoff_matrix) <- c("Ninevah: Indivdual group", "Ninevah: Team group")
print(payoff_matrix)

## , , 1
##
##                  Ninevah: Indivdual group Ninevah: Team group
## Mosul: Indivdual group                17               17
## Mosul: Team group                     2                2
##
## , , 2
##
##                  Ninevah: Indivdual group Ninevah: Team group
## Mosul: Indivdual group                28               4
## Mosul: Team group                     28               4

# Fitness function based on the payoff matrix
fitness_function <- function(strategy) {
  # Ensure strategy is a valid input
  if (length(strategy) != 2) {
    return(-Inf) # Return a very low fitness for invalid inputs
  }
```

```r
  # Convert binary representation to indices (1 or 2)
  player1_strategy <- strategy[1] + 1
  player2_strategy <- strategy[2] + 1

  # Calculate the combined payoff as the sum of both players' payoffs
  payoff <- sum(payoff_matrix[player1_strategy, player2_strategy, ])

  return(payoff)
}

# GA parameters
popSize <- 50
maxiter <- 50
crossover_prob <- 0.6
mutation_prob <- 0.1

# Storage for best strategies
best_strategies <- matrix(payoff_matrix, nrow = maxiter, ncol = 2)
```

```
## Warning in matrix(payoff_matrix, nrow = maxiter, ncol = 2): data length [8] is
## not a sub-multiple or multiple of the number of rows [50]
```

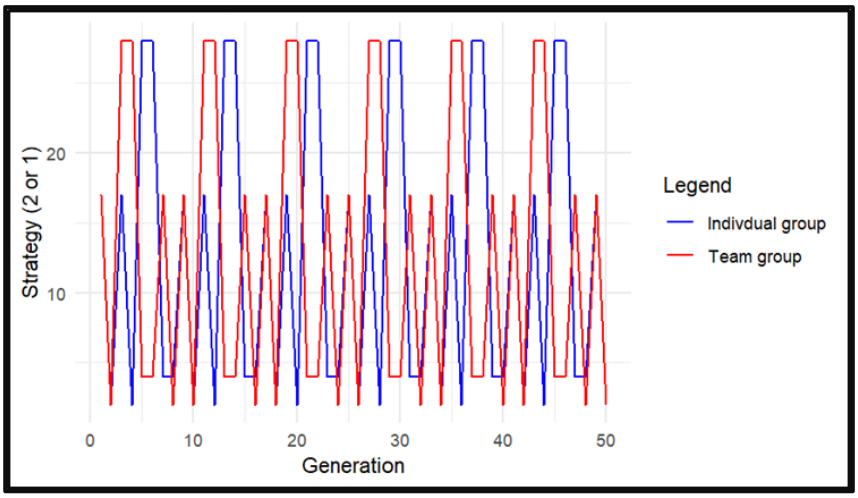
```r
# Run the genetic algorithm with tracking of the best strategy
ga_result <- ga(
  type = "binary",
  fitness = function(strategy) {
    fit <- fitness_function(strategy)
    if (is.null(fit) || length(fit) == 0 || !is.finite(fit)) {
      return(-Inf)
    }
    return(-fit)
  },
  nBits = 2,
  popSize = popSize,
  maxiter = maxiter,
  pmutation = mutation_prob,
  pcrossover = crossover_prob,
  monitor = function(obj) {
    # Ensure the solution is valid and store the best strategy of the current generation
    if (!is.null(obj@solution) && length(obj@solution) == 2) {
      best_strategies[obj@iter, ] <- obj@solution
    }
    return(FALSE)
  }
)

# Extract the best strategy found
best_strategy <- ga_result@solution
cat("Best Strategy (Mosul, Ninevah):", best_strategy, "\n")
```

```
## Best Strategy (Mosul, Ninevah): 1 1
```

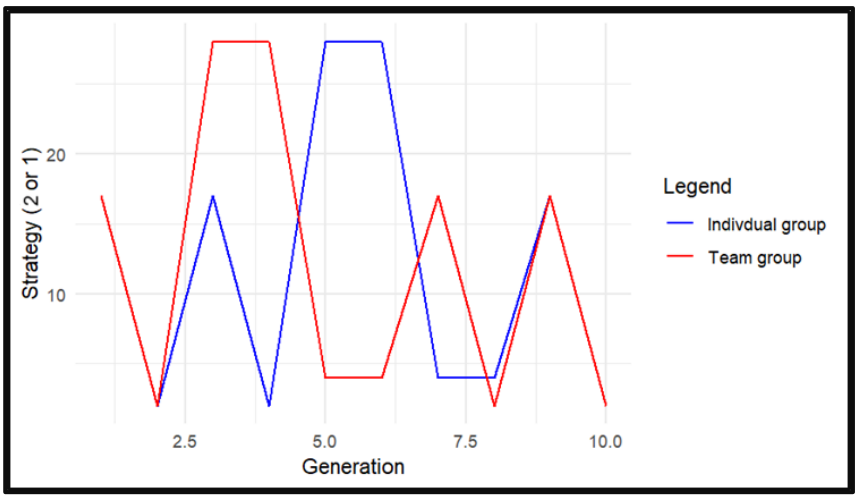
تم الحصول على الاستراتيجية المثلى المتمثلة بالرقمين (١: ١) والتي تعني بأن استراتيجية التركيز على الألعاب الفردية تقود الناديين لتحقيق أكبر عدد من البطولات وهي النتيجة ذاتها التي تم الحصول عليها عن طريق الحل التقليدي لنظرية المباراة.

كما تم تنفيذ رسم لأفضل الإستراتيجيات على مر الأجيال عندما يكون عدد مرات تكرار تطبيق الخوارزمية (٥٠) وكانت النتيجة موضحة بالشكل التالي:



شكل (٢): يوضح أفضل الاستراتيجيات على مر الأجيال عن تكرار الخوارزمية (٥٠) مرة

وتم ايضاً التغيير بتقليل عدد التكرارات الى ١٠ لتوضيح الفرق وكانت النتيجة موضحة بالشكل التالي:



شكل (٣): يوضح أفضل الاستراتيجيات على مر الأجيال عن تكرار الخوارزمية (١٠) مرة

كما تم ايضاً تطبيق هذه الخوارزمية المباريات بين نادي الموصل وبقية النوادي الثمانية فكان لدينا ٨ مباريات والجدول الاتي يوضح نتائج الحل بواسطة الحل التقليدي والحل بواسطة الخوارزمية الجينية:

جدول (٣): يوضح نتائج الحل بواسطة الحل التقليدي والحل بواسطة الخوارزمية الجينية

التسلسل	المباريات		النتائج	
	الطرف الأول	الطرف الثاني	المباراة	الجينية
1	نادي الموصل	نادي نينوى	1:1	1:1
2	نادي الموصل	نادي الفتاة	1:1	1:1
3	نادي الموصل	نادي قره قوش	1:2	1:2
4	نادي الموصل	نادي سنجار	1:2	1:2
5	نادي الموصل	نادي عمال نينوى	1:1	1:1
6	نادي الموصل	نادي القوش	1:2	1:2
7	نادي الموصل	نادي المستقبل المشرق	1:1	1:1
8	نادي الموصل	نادي بلدية الموصل	1:1	1:1

المبحث الثالث: النتائج والتوصيات

أولاً: النتائج

١. من النتائج التي تم الحصول عليها في هذه الدراسة يتبين مدى نجاعة استخدام طريقة المباراة في حل مسائل التنافس بين الاندية الرياضية وتحليلها الاحصائي وبالتالي الوصول الى الدقة العالية في وضع الاستراتيجيات المثلى واتخاذ القرار الامثل في اختيار الاستراتيجية التي تحقق أكبر العائدات للأندية الرياضية.
٢. اظهرت النتائج مدى فعالية استخدام طريقة الخوارزمية الجينية في تأكيد صحة ودقة النتائج التي تم الحصول عليها من استخدام طريقة المباراة .
٣. كذلك يتضح اهمية استخدام طرق الذكاء الاصطناعي في دعم القرارات والحلول الناتجة عن استخدام الطرق الاحصائية الكلاسيكية في حل المسائل وتحليلها والوصول الى الحالة المثلى .
٤. اتضح من تحليل النتائج في هذه الدراسة ان اختيار استراتيجية الالعاب الفردية كان أكثر خيار اعطى للأندية اعلى العوائد وبالتالي سيتم توجيه الاندية في مدينة الموصل الى اختيار الالعاب الفردية والتركيز عليها بشكل أكبر وذلك دعما للشباب واستغلال طاقاتهم واشراكهم في المنافسات والحصول على البطولات لانّ هذه الالعاب تشرك عددا كبيرا من الشباب على عكس الالعاب الفرقية التي تقتصر على عدد قليل من اللاعبين.

ثانياً: التوصيات

١. يوصي الباحث في هذه الدراسة ان يتم الاهتمام بشكل أكبر بالطرق الكلاسيكية الاحصائية وذلك للرصانة العلمية التي تتمتع بها من الناحيتين النظرية والتطبيقية فهي تبقى الاساس النظري العلمي في حل المسائل ومن ثم دعمها بالحلول بطرق الذكاء الاصطناعي.
٢. ايلاء طرق نظرية المباراة بالاهتمام بشكل أكبر والقيام بتشجيع الباحثين على استخدامها في الكثير من مسائل تحليل التنافس والادارة واتخاذ القرار .
٣. القيام بدراسات أكثر تعمقاً في مجالات التحليلات الاحصائية التي يمكن بها اشراك طرق الذكاء الاصطناعي ومنها الشبكات العصبونية والتعلم العميق والخوارزميات الجينية وغيرها .
٤. الاهتمام بالألعاب الفردية واستثمار الطاقات والمؤهلات المتوفرة في بلدنا من اعداد الشباب من كلا الجنسين واستغلال التضاريس الجغرافية للمدينة التي تشجع على الاهتمام بألعاب الفردية بشكل كبير مثل العاب المياه والعاب القوى والعاب الساحة والميدان وغيرها من الالعاب التي يمكن نشرها في مجتمعنا.

References

1- Alam, T., Qamar, S., Dixit, A., & Benaida, M. (2020). Genetic algorithm: Reviews, implementations, and applications. arXiv preprint arXiv:2007.12673.
2- Gen, M., & Cheng, R. (1999). Genetic algorithms and engineering optimization (Vol. 7). John Wiley & Sons.
3- Gimpel, H., Graf-Drasch, V., Kammerer, A., Keller, M., & Zheng, X. (2020). When does it pay off to integrate sustainability in the business model? –A game-theoretic analysis. *Electronic Markets*, *30*(4), 699-716.
4- Goeree, J. K., Holt, C. A., & Palfrey, T. R. (2003). Risk adverse behavior in generalized matching pennies games. *Games and Economic Behavior*, *45*(1), 97-113.
5- Ho, E., Rajagopalan, A., Skvortsov, A., Arulampalam, S., & Piraveenan, M. (2022). Game Theory in defence applications: A review. *Sensors*, *22*(3), 1032.
6- Mirzaei-Nodoushan, F., Bozorg-Haddad, O., & Loáiciga, H. A. (2022). Evaluation of cooperative and non-cooperative game theoretic approaches for water allocation of transboundary rivers. *Scientific Reports*, *12*(1), 3991.
7- Pandey, H. M. (2020). Secure medical data transmission using a fusion of bit mask oriented genetic algorithm, encryption and steganography. Future Generation Computer Systems, 111, 213-225.
8- Shi, Y., Xing, Y., Mou, C., & Kuang, Z. (2014). An optimization model based on game theory. *Journal of Multimedia*, *9*(4), 583.
9- Sivanandam, S. N., Deepa, S. N., Sivanandam, S. N., & Deepa, S. N. (2008). *Genetic algorithms* (pp. 15-37). Springer Berlin Heidelberg.
10- Sivaraj, R., & Ravichandran, T. (2011). An efficient grouping genetic algorithm. International Journal of Computer Applications, 21(7), 38-42.
11- Song, L., Luo, Y., Chang, Z., Jin, C., & Nicolas, M. (2022). Blockchain adoption in agricultural supply chain for better sustainability: A game theory perspective. Sustainability, 14(3), 1470.
12- Zainuddin, F. A., Abd Samad, M. F., & Tunggal, D. (2020). A review of crossover methods and problem representation of genetic algorithm in recent engineering applications. International Journal of Advanced Science and Technology, 29(6s), 759-769.