مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٨) العدد (٧) ٢٠٢٤
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (8) No. (7) 2024

تحديد أفضل أداء لتخصيص القنوات بين الخوارزمية الجينية وخوارزمية مستعمرة النمل المحسنة

م. أريج حسين*

(تاريخ الإيداع ٢٠٢٤/٣/٢٥ . قُبِل للنشر في ٢٠٢٤/٦/٢٧)

□ ملخّص □

في ظل تطور شبكات الاتصالات إلى الجيل الخامس 5G أصبح تخصيص القنوات أمراً حيوياً لتحسين أداء الشبكات وتعزيز تجربة المستخدم. يعد الجيل الخامس 5G ثورة في عالم الاتصالات، حيث يوفر سرعات فائقة وزمن وصول أقل وقدرة أكبر مقارنة بالأجيال السابقة. ومع ارتفاع عدد الأجهزة المتصلة بالإنترنت وزيادة هائلة في حجم البيانات المرسلة والمستقبلة، يصبح تخصيص القنوات عنصراً أساسياً لضمان الاستفادة الأمثل من الشبكة وتقليل التداخل.

يتم تعيين نطاقات التردد المتاحة للمستخدمين أو الخدمات من خلال تخصيص القنوات، وهي عملية حاسمة لتحسين أداء الشبكات وتجربة المستخدم. ومع تزايد تعقيد شبكات الجيل الخامس وتركيباتها المتكيفة المتغيرة، يواجه المهندسون تحديات في التكيف مع هذه الظروف، مما يستدعي الاستعانة بتقنيات التحسين المتقدمة.

في هذا السياق، يأتي دور الخوارزميات المستوحاة من الطبيعة مثل الخوارزمية الجينية وخوارزمية مستعمرة النمل المحسنة، التي تستفيد من مبادئ التطور وذكاء السرب للبحث بكفاءة في مساحات الحلول وتحسين تخصيص القنوات. في هذا البحث تمت المحاكاة لكل من الخوارزميتين و قياس احتمالية حظر المكالمة (Call Blocking Probability(CBP)) باستخدام بيئة العمل(PyCharm) بالاعتماد على لغة البرمجة البايثون وأظهرت النتائج أن الخوارزمية الجينية حققت أداءً أفضل وحققت احتمالية أقل لحظر المكالمات مقارنة مع خوارزمية مستعمرة النمل المحسنة

الكلمات المفتاحية :تخصيص القنوات – الخوارزمية الجينية – خوارزمية مستعمرة النمل المحسنة – احتمالية حظر المكالمة.

* مهندسة في قسم هندسة تكنولوجيا الاتصالات–كلية هندسة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات–جامعة طرطوس–سوريا.

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٨) العدد (٧) ٢٠٢٤
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (8) No. (7) 2024

Determine the best performance of channel allocation between the genetic algorithm and the improved ant colony algorithm

Eng. Areej Hussein*

(Received 25/3/2024 . Accepted 27/6/2024)

□ ABSTRACT □

As telecommunications networks evolve into the fifth generation, 5G, channel allocation has become vital to improving network performance and enhancing user experience. 5G is a revolution in the world of communications, providing ultra-fast speeds, lower latency, and greater capacity compared to previous generations. As the number of devices connected to the Internet increases and the volume of data sent and received increases dramatically, channel allocation becomes an essential element to ensure optimal use of the network and reduce interference.

Frequency bands available to users or services are assigned through channel assignment, a critical process for improving network performance and user experience. With the increasing complexity of 5G networks and their ever-changing adaptive structures, engineers face challenges in adapting to these conditions, which calls for the use of advanced optimization techniques.

In this context, comes the role of nature-inspired algorithms such as the genetic algorithm and the enhanced ant colony algorithm, which leverage the principles of evolution and swarm intelligence to efficiently search solution spaces and optimize channel allocation. In this research, both algorithms were simulated and the call blocking probability (CBP) was measured using the working environment (PyCharm) based on the Python programming language. The results showed that the genetic algorithm achieved better performance and achieved a lower probability of blocking calls compared to the ant colony algorithm.

Keywords: Channel allocation - genetic algorithm - ant colony optimization algorithm - call blocking probability.

* Engineer, Department of communication Technology Engineering, Information and Communication Technology Engineering, Tartous University, Syria.

١. مقدمة

في عالم الاتصالات الحديثة، أدى ظهور شبكات الجيل الخامس 5G إلى عصر من الاتصال غير المسبوق، واعداً بسرعات أعلى، وزمن وصول أقل، وقدرة أكبر من سابقاتها. ومع انتشار الأجهزة التي تدعم الإنترنت والنمو الهائل في استهلاك البيانات أصبح التخصيص الفعال للقنوات جانباً محورياً في تحسين أداء شبكات الجيل الخامس. [١]

يلعب تخصيص القناة، وهو عملية تخصيص نطاقات التردد المتاحة للمستخدمين أو الخدمات، دوراً حاسماً في ضمان الاستخدام الأمثل للشبكة وتخفيف التداخل، وبالتالي تعزيز كفاءة الشبكة بشكل عام وتجربة المستخدم. غالباً ما تواجه الأساليب التقليدية لتخصيص القنوات تحديات في التكيف ديناميكياً مع الطبيعة الديناميكية وغير المتجانسة لشبكات الجيل الخامس مما يدفع إلى استكشاف تقنيات التحسين المتقدمة. [٢]

من بين عدد كبير من خوارزميات التحسين، ظهرت الخوارزمية الجينية (Genetic Algorithm) وخوارزمية مستعمرة النمل المحسنة (Ant Colony Optimization) كمتنافسين واعدين لمعالجة مشاكل التحسين المعقدة في مختلف المجالات. كلاً من GA وACO مستوحاة من الظواهر الطبيعية، وذلك باستخدام مبادئ التطور وذكاء السرب، على التوالي، للبحث بكفاءة في مساحات الحلول وإيجاد حلول شبه مثالية.

تسعى هذه المقالة إلى مقارنة أداء الخوارزمية الجينية وخوارزمية مستعمرة النمل المحسنة في سياق تخصيص القناة في شبكات 5G. من خلال تقييم فعاليتها في التكيف مع ظروف الشبكة الديناميكية، والتعامل مع أحمال حركة المرور المتنوعة، وتخفيف التداخل، نهدف إلى تقديم رؤى حول نقاط القوة والضعف الخاصة بكل منها في تحسين تخصيص القنوات لشبكات 5G.

٢. الدراسات السابقة:

في عام ٢٠١٦ قام الباحث NAJAM UL HASAN1 [٣] بإجراء دراسة بالاعتماد على شبكة 5G غير المتجانسة مكوّنة من عدة شبكات أوّلية وكلّ شبكة تحوي عدداً من القنوات. وتم العمل على تخصيص المستخدمين الثانويين (secondary users) SU بطريقة تقلّل من التّداخل الذي يسببونه وتم استخدام خوارزميتي PSO وGA للعثور على حلّ مثالي واستيعاب المزيد من المستخدمين. وقد حقّقت الخوارزمية الجينية أداءً أفضل من PSO وحقّقت قيمة لياقة(fitness) أعلى مع عدد تكرارات أقل من حيث تقليل التّداخل.

أيضاً في عام ٢٠٢٠ قام Marko Peras et al [٤] بتوزيع القنوات التّرددية بطريقة فعّالة في الشبكات الخليوية الهجينة في الجيل الخامس (5G) بهدف تجنّب التّداخل في الخلايا الكبيرة (macro) والخلايا الصغيرة (small cells) وتم تحسين توزيع القنوات التّرديّة في شبكات الجيل الخامس الهجينة و تم استخدام مجموعة من الطّرق والمعايير الذّكية لتوزيع القنوات التّرديّة في الخلايا الكبيرة والصّغيرة بطريقة متناسبة وفعالة. مع الأخذ بعين الاعتبار عدة عوامل مثل استخدام الموارد اللّاسلكية الحاليّة ونوعية التّغطية ومعدّلات البيانات المتوقّعة لكلّ خلية. وأظهرت خوارزمية مستعمرة النمل المحسنة (ACO) نتائج إيجابية، فقد تم تحسين توزيع القنوات التّرديّة بطريقة قلّلت حدوث التّداخل بين الخلايا المختلفة، مما ساهم في تحسين أداء الشّبكة وتحسين استقرار وجودة الاتصال. وفي عام ٢٠٢١ قام Maharazu Mamma et al [٥] باقتراح خوارزمية تعتمد على خوارزمية التّحكم في قبول المكالمات التّكيفية التي تستخدم قيمة

احتفاظ بالعتبة التكيفية لتحسين الاستفادة من الموارد. هذه العتبة الديناميكية أدّت إلى تحسين أداء الشّبكة وتقليل احتمالية حظر المكالمة (CBP) واحتمالية إسقاط المكالمة (CDP).

في عام ٢٠٢١ قام الباحث Payai Mahajan et al [٦] بتقديم خوارزمية تحسين سرب الجسيمات PSO لتحسين احتمالية إسقاط المكالمات (CDP). حيث تم التّركيز على تحسين جودة الخدمة والاستفادة من الموارد المتاحة بكفاءة لتقليل احتمالية حدوث إسقاط المكالمات وتحسين تجربة المستخدم وأداء أفضل للشبكة. وحقّقت هذه الخوارزمية أداءً أفضل في تقليل CDP مقارنة مع GA.

٣. مشكلة البحث:

على الرغم من وجود العديد من الخوارزميات التقليدية لتحسين تخصيص القنوات، إلا أنها تواجه صعوبات في التكيف مع طبيعة شبكات الجيل الخامس الديناميكية وغير المتجانسة. لذلك، يأتي التحدي في استكشاف ومقارنة تقنيات التحسين المتقدمة، مثل الخوارزمية الجينية وخوارزمية مستعمرة النمل المحسنة، وفهم أدائهما وقدرتهما على التكيف مع الظروف المتغيرة في شبكات ٥G. إن تحليل أدائهما في تخصيص القنوات سيساهم في تحديد نقاط القوة والضعف لكل منهما، مما يمهد الطريق لتحسين فعالية تخصيص القنوات وتعزيز أداء الشبكات الخلوية الجيل الخامس.

٤. هدف البحث

يهدف هذا البحث إلى استخدام تابع توزيع عشوائي لتوزيع عدد من القنوات والمستخدمين على عدة خلايا (إحدى وستين خلية) ثم إيجاد التّخصيص الأمثل للقنوات باستخدام الخوارزمية الجينية وخوارزمية مستعمرة النمل المحسنة ودراسة أداء كل منهما وفق قيمة CBP والمقارنة بينهما وذلك في حالات مختلفة لأعداد المستخدمين والقنوات.

٥. طرائق البحث ومواده

تم الاعتماد على العديد من المراجع الحديثة والمتخصصة في مجال الشبكات الخليوية لضمان جودة النتائج. في هذا البحث تم استخدام برنامج PyCharm قمنا باستخدام لغة Python لتنفيذ الخوارزميّات المستخدمة. حيث تمت عملية محاكاة تخصيص القنوات باستخدام مجموعة من المكتبات منها: NumPy و DEAPو Matplotlib.وتم إجراء تقييم أداء كل من الخوارزميتين باستخدام مقياس احتمالية حظر المكالمة (CBP).

٦. شبكات الجيل الخامس الخلوية

تمثل الاتصالات الخلوية من الجيل الخامس، والتي يشار إليها عادة باسم ٥G، قفزة نوعية إلى الأمام في التكنولوجيا اللاسلكية، وتعد بإحداث ثورة في طريقة اتصالنا وتواصلنا وتفاعلنا مع العالم الرقمي. تتميز تقنية ٥G في جوهرها بسرعة غير مسبوقة، وزمن وصول منخفض للغاية، مما يوفر أساساً لدعم مجموعة متنوعة من التطبيقات التي تمتد من بث الفيديو عالي الوضوح والواقع المعزز إلى الأتمتة الصناعية ونشر إنترنت الأشياء (IoT). وعلى عكس سابقاتها، فإن تقنية الجيل الخامس ليست مجرد ترقية تدريجية ولكنها نظام بيئي شامل يشمل تقنيات الوصول الراديوي المتقدمة، وتحسينات بنية الشبكة. [١]

الشكل(١): شبكات الجيل الخامس

من بين أبرز التقنيات المستخدمة في 5G نجد تقنية التعديل بتقسيم الترددات المتعامدة OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) التي تقوم بتقسيم الترددات إلى قنوات صغيرة ومتساوية لنقل البيانات بسرعة عالية ودون تداخل بين القنوات. كما تعتمد الشبكة على تقنية هوائيات الدخل والخرج المتعددة MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) لزيادة كفاءة استخدام الترددات وتحسين جودة الاتصالات، وتقنية Beamforming التي تستخدم لتوجيه الإشارات اللاسلكية في اتجاهات محددة لتحسين جودة الإشارات وزيادة مدى التغطية. تضمن تقسيم البنية التحتية إلى شبكات افتراضية متعددة (Slicing) لتحسين جودة الخدمة لتطبيقات مختلفة، بينما تستخدم الموجات المليمترية (mmWave) في تحقيق سرعات بيانات أسرع.[٨]

٧. تخصيص القنوات

يعد تخصيص القنوات عملية بالغة الأهمية في أنظمة الاتصالات اللاسلكية، حيث يتم تخصيص نطاقات التردد المتاحة للمستخدمين لتسهيل نقل البيانات. يلعب التخصيص الفعال للقنوات دوراً محورياً في تحسين أداء الشبكة، وضمان الاتصال الموثوق، وزيادة استخدام الطيف إلى الحد الأقصى. ومن خلال تعيين القنوات للمستخدمين بشكل استراتيجي، يؤدي تخصيص القنوات إلى تقليل التداخل، وتخفيف الازدحام، وتعزيز سعة النظام والإنتاجية بشكل عام. علاوة على ذلك، في سياق التقنيات الناشئة مثل شبكات الجيل الخامس، حيث يزدهر الطلب على خدمات البيانات عالية السرعة والتطبيقات المتنوعة، يصبح التخصيص الفعال للقنوات أكثر أهمية. فهو يؤثر بشكل مباشر على جودة الخدمة التي يتلقاها المتابع، ويؤثر على موثوقية الشبكة، ويساهم في التشغيل المرن لمختلف التطبيقات بدءاً من تدفق الوسائط المتعددة إلى عمليات نشر إنترنت الأشياء في الزمن الحقيقي. وبالتالي، يعد تخصيص القنوات جانباً أساسياً في تصميم نظام الاتصالات اللاسلكية، مما يعزز الاستخدام الفعال لموارد الطيف المحدودة ويتيح تقديم خدمات لاسلكية قوية وعالية الأداء.[٣]

٨. الخوارزمية الجينية

الخوارزمية الجينية (GA)هي تقنية تحسين قوية مستوحاة من مبادئ الانتقاء الطبيعي والتطور. وهي تعمل عن طريق محاكاة عملية الانتقاء الطبيعي حيث يتم التعامل مع الحلول المرشحة لمشكلة ما كأفراد ضمن مجموعة سكانية. [3]

١,٨. مراحل الخوارزمية الجينية

تتضمن الخوارزمية الجينية بشكل أساسي خمس مراحل لحل مشاكل التّحسين المعقّدة، وهي على النّحو التّالي:

٨,١,١ التّهيئة Initialization:

تبدأ عملية الخوارزمية الجينية بتوليد مجموعة الأفراد، التي تسمى السّكان. ويُعَدُّ كل فرد بما يحمله من جينات هو الحل لمشكلة معينة. يحتوي الفرد أو يتميز بمجموعة من المعلمات تسمى الجينات. فقد يتم دمج الجينات في سلسلة وتوليد الكروموسومات، وهذا هو الحل للمشكلة[٣]. يمثل الكروموسوم حلاً محتملاً للمشكلة وفي هذا البحث الكروموسوم عبارة عن عدد القنوات المخصصة لكلّ خلية وطول الكروموسوم هو عدد الخلايا في الشّبكة الخليوية أي كما في حالتنا يساوي ٦١.

٨,١,٢ تابع (وظيفة) اللّياقة Fitness Function

يتم استخدام وظيفة اللّياقة Fitness لتحديد مدى ملاءمة الفرد، يعني قدرة الفرد على التّنافس مع أفراد آخرين. في كل تكرار، يتم تقييم الأفراد بناءً على وظيفة لياقتهم البدنية. وكلما زادت درجة اللّياقة، زادت فرص اختيار الأفراد.

في هذا البحث تم اعتماد وظيفة اللّياقة كما يلي:[٣]

$$\sum_{i=١}^{٦١} x_i \leq N \qquad (١)$$

حيث

x_i : مجموع القنوات الموجودة في الكروموسوم.

N: عدد القنوات الكلّي في الشّبكة.

٨,١,٣ الاختيار Selection

تتضمّن مرحلة الاختيار اختيار الأفراد لتكاثر النّسل. ثم يتم ترتيب جميع الأفراد المختارين لزيادة التّكاثر. ثم ينقل هؤلاء الأفراد جيناتهم إلى الجيل التالي [٤].تم الاعتماد على اختيار الدورة Tournament selection حيث في هذه الطريقة يتم اختيار مجموعات صغيرة (بطولات أو مجموعات متنافسة) من الأفراد عشوائياً من السّكان. ويتم تقييم الأفراد داخل كل مجموعة ويتم اختيار الفرد الأفضل أداءً من بينهم ليكون جزءاً من النّسل المقبل. ويتم تكرار هذه العملية حتى يتم اختيارُ عددٍ كافٍ من الأفراد لتشكيل النّسل المقبل.

٨,١,٤ التقاطع Crossover

يلعب التّقاطع دوراً مهماً في مرحلة التّكاثر للخوارزمية الجينية. في هذه العملية، يتم تحديد نقطة العبور بشكل عشوائي داخل الجينات. ثم يقوم عامل التّقاطع بتبادل المعلومات الجينية لوالدين من الجيل الحالي لإنتاج فرد جديد يمثل النّسل[٤]. ومن أنواع التقاطع تقاطع نقطة واحدة One–point crossover ويتم فيه اختيار نقطة عشوائية واحدة في كل فرد من الأفراد الأمّ. يتم تبادل الجينات بين الأفراد الأم في نقطة الانقسام لإنشاء فردين جديدين. هذا النّوع من التّقاطع ينتج جيلاً جديداً من الحلول ويحتوي على جينات مأخوذة من الوالدين.

٨,١,٥ الطّفرة Mutation

يقوم عامل الطّفرة بإدخال جينات عشوائية في النّسل (طفل جديد) للحفاظ على التّنوّع في السّكان. يمكن القيام بذلك عن طريق قلب بعض البتات في الكروموسومات[٤]. وتم الاعتماد على الطفرة أحادية النّقطة (Single point mutation) والتي تهدف إلى تعديل الحلول المرشّحة عن طريق تغيير القيم (بت) للجينات بشكل عشوائي. وتُعَدُّ هذه الطريقة بسيطةً وفعّالة، إذ تسمح بتحسين التّنوّع الوراثي وتعزّز اكتشاف حلول جديدة في كل جيل.

٨,١,٦ الإنهاء Termination

بعد مرحلة الاستنساخ، يتم تطبيق معيار التّوقف كأساس للإنهاء. تنتهي الخوارزمية بعد الوصول إلى حل الملاءمة وسيحدّد الحل النهائي على أنه أفضل حلّ لدى السّكان. وتم تحديد معيار التّوقف في هذا البحث على أنه عدد الأجيال.

٩. خوارزمية مستعمرة النمل المحسنة (ACO)

تعد خوارزمية مستعمرة النّمل المحسنة (Ant Colony Optimization – ACO) من خوارزمية البحث الحدسية (الاستكشافية) للوصول إلى حل أمثل. فهي تستلهم سلوكَ النّمل في البحث عن الطّرق الأمثل للوصول إلى مصادر الطّعام فيقوم النّمل بإفراز مادة كيميائيّة عطريّة تسمى الفرمومونات (Pheromones) على المسار الذي يمر به. حيث كلما زادت كثافة الفرمومونات في مسار معين، زادت احتمالية اختيار النّمل لهذا المسار من قبل النّمل الآخر.[٧]

٩,١ مراحل البحث في خوارزمية تحسين مستعمرة النّمل:

يتكوّن الهيكل العام لخوارزمية مستعمرة النّمل المحسنة من سلسلة من الخطوات المتتابعة التي تقود إلى تحسين الحلول بمرور الأجيال. الخوارزمية تعتمد على تمثيل الحلول بواسطة "مسارات النمل" في بنية بيانات تسمى "البياني". يتمثل البياني في عدد من العقد (النّقاط) المرتبطة بالرّوابط (الحواف)، وتمثل المسارات النّملية الحلول المحتملة للمسألة المطروحة.[١٣]

٩,١,١ تهيئة مصفوفة الفرمون:

مصفوفة الفرمون، المعروفة أيضاً باسم مسار الفرمون، هي بنية بيانات تمثل كثافة مسارات فرمون على حواف الرّسم البياني لمساحة حل المشكلة. في سياقACO ، يتكون الرّسم البياني لمساحة الحل عادةً من عقد وحواف، إذ تمثل العقد حلولاً أو حالاتٍ محتملة، وتمثّل الحواف انتقالات بين هذه الحالات. تم تهيئة مصفوفة الفرمون بقيمة أولية مساوية الواحد لكل خلية حيث يتم اعتبار الخلايا هي العقد في هذا البحث والروابط هي مجموعة القنوات التي تخصص لكل خلية.

٩,١,٢ احتماليّة اختيار المسار

في خوارزمية مستعمرة النّمل المحسنة يتم حساب احتمال اختيار النّملة لمجموعة القنوات لكل خلية فقد يعتمد الاحتمال على مستويات الفرمون لكل مجموعة قنوات والمعلومات الإرشادية (عدد المستخدمين)، تعطى احتمالية قيام نملة بتحديد مجموعة قنوات معينة لخلية (عقدة) بالمعادلة الآتية: [١٣]

$$\text{Probability} = \frac{pheromone^{alpha} * heuristic^{Beta}}{\sum_{channels}(pheromone^{alpha} * heuristic^{Beta})} \quad (2)$$

حيث:

$pheromone$: تركيز الفرمونات المرتبط بمجموعة القنوات للخلية.

$heuristic$: القيمة الإرشادية وتمثل جاذبية مجموعة القنوات بناء على عدد المستخدمين في الخلية.

$alpha$: قيمة تتحكم في تأثير مستوى الفرمون في حساب الاحتمال. وقيمتها في بحثنا تساوي الواحد.

$Beta$: قيمة تتحكم في تأثير المعلومات الإرشادية (الاستكشافية) في حساب الاحتمال وتعبر عن عدد المستخدمين في البحث وقيمتها تساوي ٢.

٩,١,٣ معدّل تبخر الفرمونات

يستخدم النّمل الفرمون للاتصال مع النمل الآخر وتحديد المسار الأمثل للحل لمشكلة معينة. عندما يتحرك النمل على مسار معين، يترك أثراً من الفرمون على المسار وعندما يسلك النّمل طريقاً محدداً بتركيز فرمون عالي، يزداد احتمال أن يتبع نمل آخر نفس الطّريق. وهنا يتم تعيين مجموعة من القنوات لكل خلية وينخفض مستوى الفرمون بنسبة جزء معين: (pheromone evaporation−١) لمحاكاة الانحلال الطبيعي للفرمون بمرور الوقت إذ تساعد هذه الخطوة في منع تركيز مستويات الفرمون بشكل كبير على مسارات معينة وتشجع على الاستكشاف.

٩,١,٤ تحديث الفرمون

يتم تحديث مصفوفة الفرمون بناء على قيم اللّياقة للحلول المولّدة في التّكرار الحالي حيث تؤدّي قيم اللّياقة العالية (احتمالية حجب المكالمة الأقل) إلى تحديثات أقوى للفرمون.[٧]

$$pheromone <-- (١ - \rho)pheromone + \sum_{١}^{٦١} \frac{Q}{fitness} \qquad (٣)$$

حيث:

$fitness$: قيمة اللياقة ونعبر في بحثنا عن احتمالية حجب المكالمة الأقل في كل تكرار.

Pheromone : هي كمية الفرمون و ρ هي معدل تبخر الفرمون وQ ثابت. تكرار هذه العملية لعدة تكرارات حتى يتم تحسين الحلول وتطور السّكان نحو الحل الأمثل للمشكلة المطروحة وفي بحثنا هذا تمَّ تحديد عدد التّكرارات مساوياً مئة تكرار.

١٠. مفهوم احتمالية حظر المكالمة (Call Blocking Probability)

يشير احتمال حظر المكالمات إلى النسبة المئوية لطلبات المكالمات الواردة التي تم رفضها أو حظرها بسبب عدم توفر قنوات أو موارد كافية لإنشاء الاتصالات المطلوبة. يمكن أن يحدث هذا عندما تكون الشبكة مزدحمة بشدة أو عندما تكون السعة غير كافية لاستيعاب جميع محاولات الاتصال المتزامنة. والمعادلة العامة لاحتمالية حظر المكالمات في شبكة 5G هي كما يلي:

$$P_b = \frac{\frac{A^N}{N!}}{\sum_{k=٠}^{N} \frac{A^k}{k!}} \qquad (4)$$

P_b: احتمالية حظر المكالمة، A: حركة المكالمات المقدمة (معدل المكالمات التي تحاول الوصول إلى الشبكة)، N: عدد القنوات أو الموارد المتاحة في الشبكة. حيث يشير انخفاض احتمال حظر المكالمات إلى أداء أفضل للشبكة.

١١. النتائج والمحاكاة

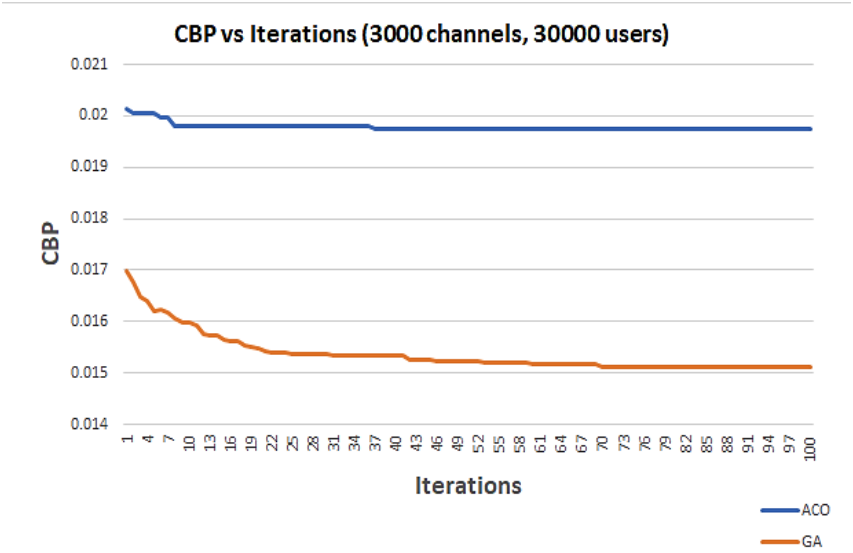
في هذا البحث تتكون الشبكة الخلوية من إحدى وستين خلية ماكرو ونصف قطر كل منها مئتي متر ويوضح الجدول (١) بارامترات الشبكة وبارامترات كل خوارزمية:

الجدول(١): بارامترات الشبكة

البارامتر	القيمة
عدد الخلايا	٦١
نوع الخلية	macro
نصف قطر الخلية	200m
ارتفاع المحطة الأساسية	20m
عدد الأجيال	١٠٠
معدل الطفرة	٠,١
حجم المجموعة	٣
حجم السكان	100
عدد النملات	١٠٠
معدل تبخر الفرمون	٠,٣
ألفا	١
بيتا	٢

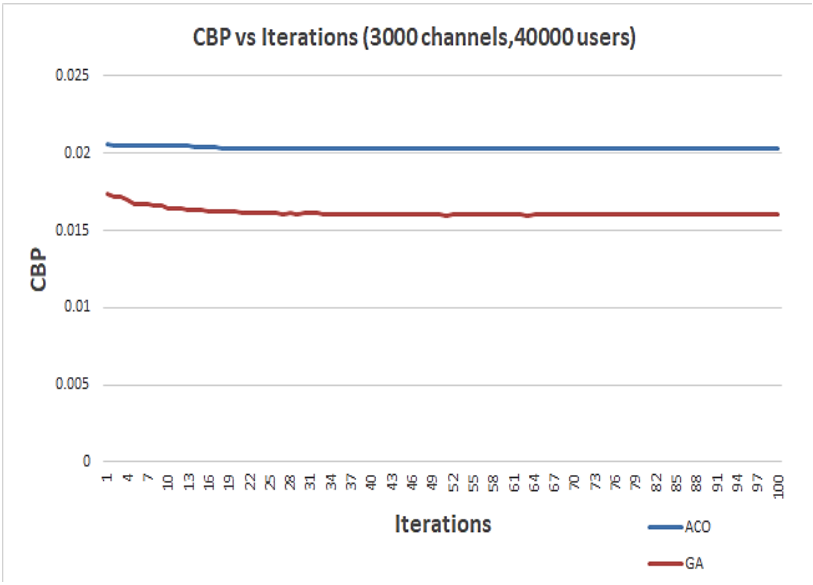
تم استخدام تابع توزيع عشوائي لتوزيع عدد القنوات وعدد المستخدمين الكلي ضمن الشبكة على الخلايا ثم تم إجراء مقارنة بين أداء الخوارزمية الجينية وخوارزمية مستعمرة النّمل المحسنة من حيث التّخصيص الأمثل للقنوات وقيمة احتمالية حظر المكالمات ضمن الخلية على ثماني حالات مختلفة وتم رسم النتائج باستخدام برنامج (Excel) لإظهارها بشكل أوضح:

في الحالة الأولى كان عدد القنوات ٣٠٠٠ قناة وعدد المستخدمين ٣٠٠٠٠ مستخدم ونلاحظ من الخطّ البياني في الشّكل (٢) أن الخوارزمية الجينية حقّقت احتمالية حظر أقل من خوارزمية مستعمرة النّمل المحسنة عند التكرار ٧٥ ولكن خوارزمية تحسين مستعمرة النّمل وصلت إلى التّخصيص الأمثل عند عدد أقل من التّكرارات (٣٨ تكرار) ويعود السّبب في ذلك إلى سلوك خوارزمية النّمل الذي يعتمد على القرارات الجماعيّة في الانتقال و التّغيير مما يؤدّي الى تغيرات حادّة و مفاجئة في الخطّ البياني (الشكل (٢)) على عكس الخوارزميّة الجينية التي تتغيّر بشكلٍ تدريجيّ عبر الأجيال.



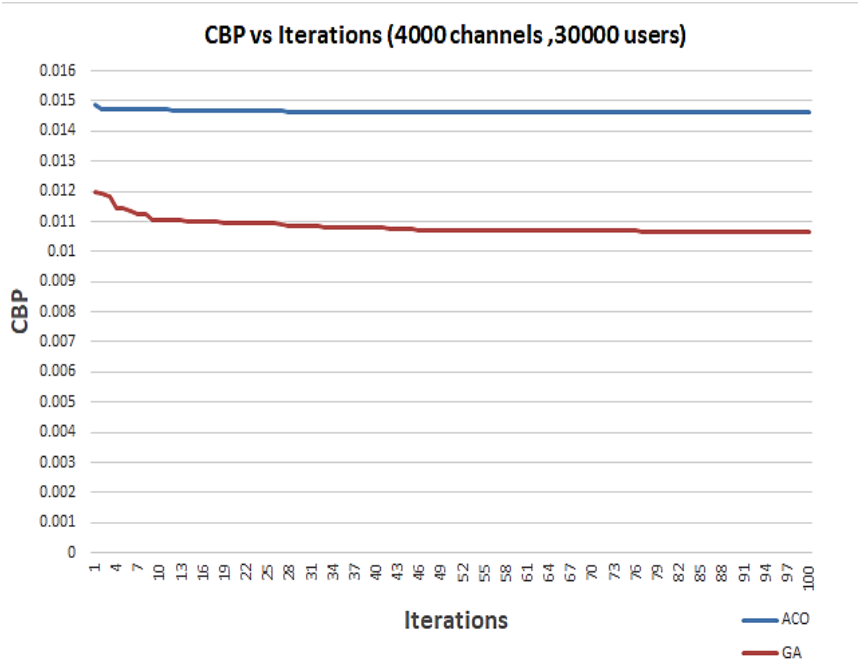
الشّكل (٢.) : مقارنة GA و ACO في حالة ٣٠٠٠ قناة و ٣٠٠٠٠ مستخدم

تم في الحالة الثانية اعتماد عدد القنوات القابلة للتّخصيص ٣٠٠٠ قناة وعدد المستخدمين مساوٍ ٤٠٠٠٠ مستخدم. من مقارنة الخطّيين البيانيّين في الشّكل (٣) لخوارزمية (GA) وخوارزمية (ACO) نجد أنَّ خوارزمية (GA) حقّقت أداءً أفضل من حيث قيم احتمالية حظر أقل للمكالمات ووصلت إلى الحل الأمثل عند التكرار ٧١ أما خوارزمية (ACO) وصلت إلى الحل الأمثل عند التكرار ٤٥.



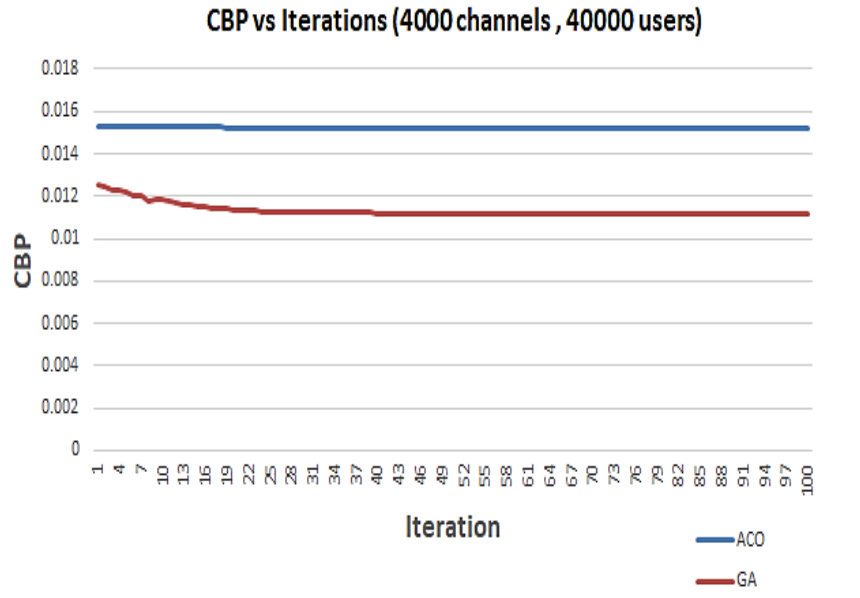
الشكل(٣) : مقارنة GA و ACO في حالة ٣٠٠٠ قناة و ٤٠٠٠٠ مستخدم

في الحالة الثالثة كان عدد القنوات القابلة للتّخصيص في هذه الحالة ٤٠٠٠ قناة وعدد المستخدمين ٣٠٠٠٠ مستخدم. ومن مقارنة الخطّين البيانيين في الشّكل (٤) للخوارزمية الجينية GA وخوارزمية مستعمرة النّمل المحسنة ACO وجدنا أنَّ GA حقّقت أداءً أفضل واحتمالية حظر أقل عند التكرار ٨٠ أيضاً من ACO بالرغم أنَّ خوارزمية ACO وصلت إلى التّخصيص الأمثل عند التكرار ٢٨.



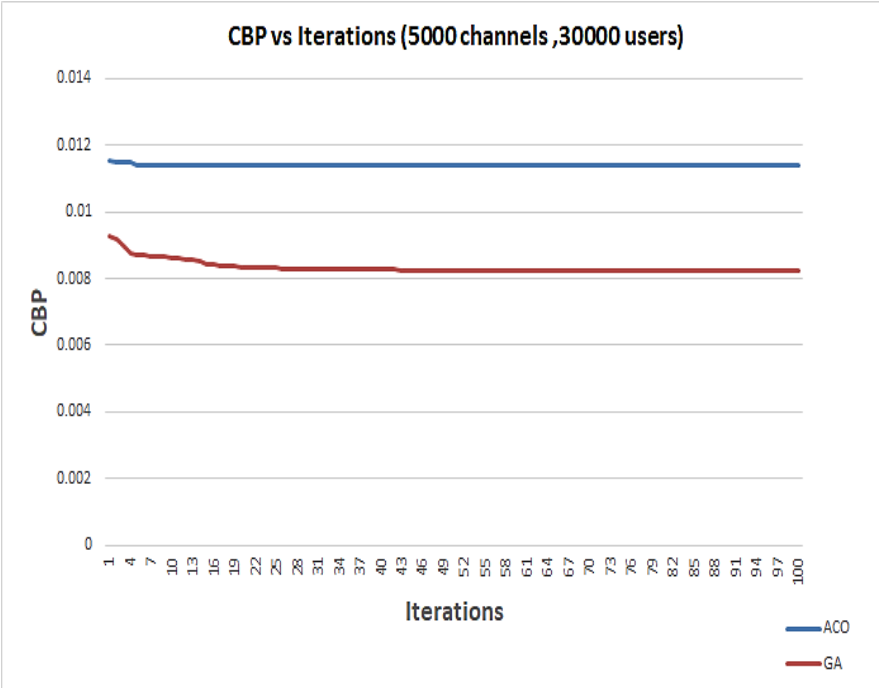
الشكل(٤) : مقارنة GA و ACO في حالة ٤٠٠٠ قناة و ٣٠٠٠٠ مستخدم

زاد عدد المستخدمين في الحالة الرابعة إلى ٤٠٠٠٠ مستخدم وعدد القنوات القابلة للتّخصيص ضمن الشّبكة ٤٠٠٠ قناة. نلاحظ أنَّ الخوارزمية الجينية أعطت احتمالية حظر للمكالمات أقل من خوارزمية مستعمرة النّمل المحسنة ووصلت إلى الحل الأمثل عند التكرار ٨٢ كما هو واضح من الشّكل (٥)



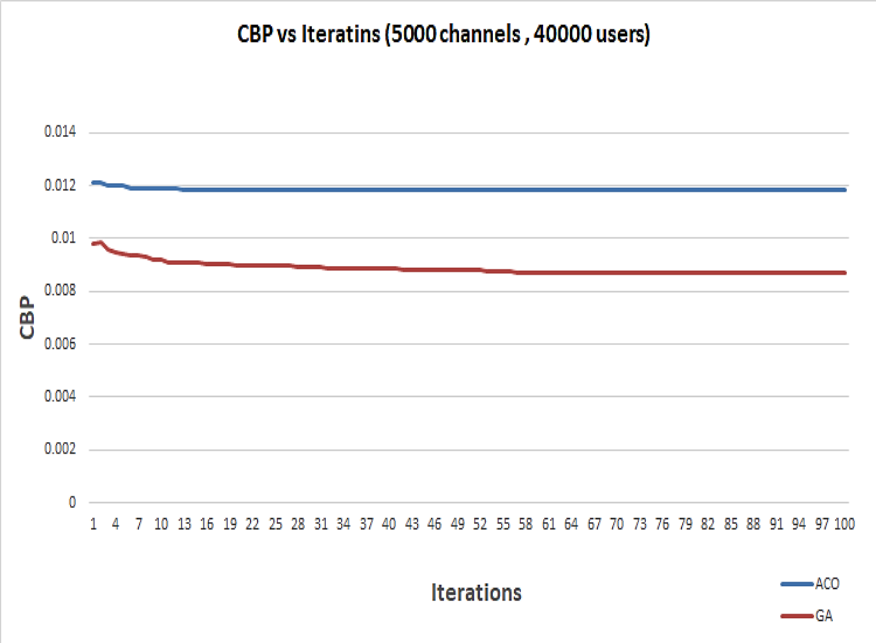
الشكل(٥) : مقارنة GA و ACO في حالة ٤٠٠٠ قناة و ٤٠٠٠٠ مستخدم

في الحالة الخامسة تم زيادة عدد القنوات إلى ٥٠٠٠ قناة وكان عدد المستخدمين في هذه الحالة ٣٠٠٠٠ مستخدم. وقد حقّقت خوارزمية مستعمرة النّمل المحسنة زمناً أقل (عدد تكرارات ١٤) للوصول إلى التّخصيص الأمثل للقنوات ولكن الخوارزمية الجينية أعطت احتمالية حظر أقل للمكالمات عند التكرار ٥٨ كما هو واضح في الشّكل (٦).



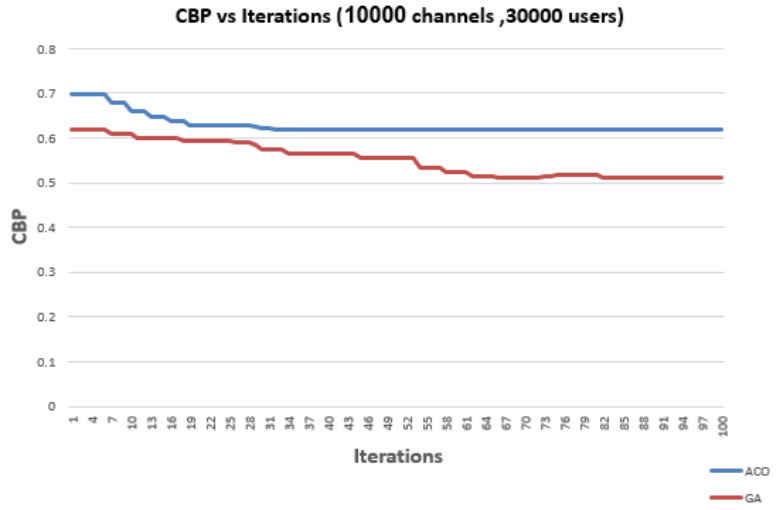
الشكل(٦): مقارنة GA و ACO في حالة ٥٠٠٠ قناة و ٣٠٠٠٠ مستخدم

في الحالة السادسة كان عدد القنوات القابلة للتّخصيص ٥٠٠٠ قناة وعدد المستخدمين الكلّي في القناة ٤٠٠٠٠ مستخدم ومن الشكل (٧) نجد أنَّ (GA) أعطت احتمالات حظر للمكالمات أقل عند التكرار ٨٤ عند التكرار الأمثل على عكس خوارزمية مستعمرة النمل المحسنة التي وصلت إلى الحل الأمثل عند التكرار ٣٠.



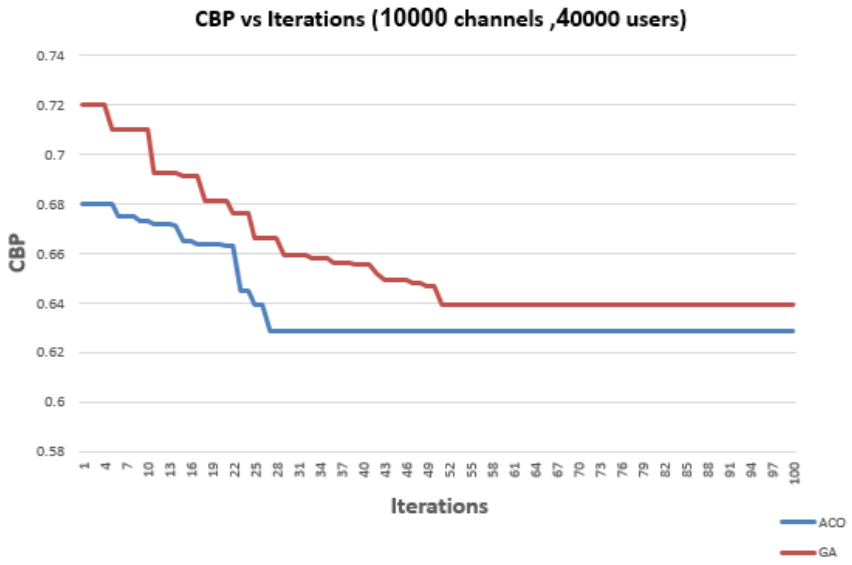
الشكل(٧): مقارنة GA و ACO في حالة ٥٠٠٠ قناة و ٤٠٠٠٠ مستخدم

في الحالة السابعة تم زيادة عدد القنوات إلى ١٠٠٠٠ وكان عدد المستخدمين في هذه الحالة ٣٠٠٠٠ مستخدم. وقد حقّقت خوارزمية مستعمرة النّمل المحسنة زمناً أقل (عدد تكرارات ٣١) للوصول إلى التّخصيص الأمثل للقنوات ولكن الخوارزمية الجينية أعطت احتمالية حظر أقل للمكالمات عند التكرار ٨١ كما هو واضح في الشّكل (٨).



الشكل(٨): مقارنة GA و ACO في حالة ١٠٠٠٠ قناة و ٣٠٠٠٠ مستخدم

في الحالة الثامنة: زاد عدد المستخدمين في الحالة الرابعة إلى ٤٠٠٠٠ مستخدم وعدد القنوات القابلة للتّخصيص ضمن الشّبكة ١٠٠٠٠ قناة. نلاحظ أنَّ الخوارزمية الجينية أعطت احتمالية حظر للمكالمات أقل من خوارزمية مستعمرة النّمل المحسنة ووصلت إلى الحل الأمثل عند التكرار ٥١ كما هو واضح من الشّكل (٩):



الشكل(٩): مقارنة GA و ACO في حالة ١٠٠٠٠ قناة و ٤٠٠٠٠ مستخدم

وفيما يلي ملخص للنتائج التي حصلنا عليها:

تم حساب احتمالية حظر المكالمة CBP وفق العلاقة (٤) وكتابتها بشكل نسبة مئوية:

الجدول (٢): ملخص النتائج باستخدام الخوارزميتين GA و ACO

	عدد القنوات	عدد المستخدمين	نسبة CBP المثلى باستخدام GA%	نسبة CBP المثلى باستخدام ACO%	الفرق %
الحالة الأولى	٣٠٠٠	٣٠٠٠٠	١,٥١٢	١,٩٧٥	٠,٤٦٣
الحالة الثانية	٣٠٠٠	٤٠٠٠٠	١,٦٠٢	٢,٠٣٤	٠,٤٣٢
الحالة الثالثة	٤٠٠٠	٣٠٠٠٠	١,٠٦٥	١,٤٦٣	٠,٣٩٨
الحالة الرابعة	٤٠٠٠	٤٠٠٠٠	١,١١٤	١,٥٢١	٠,٤٠٧
الحالة الخامسة	٥٠٠٠	٣٠٠٠٠	٠,٨٢٥	١,١٣٧	٠,٣١٢
الحالة السادسة	٥٠٠٠	٤٠٠٠٠	٠,٨٦٤	١,١٨٣	٠,٣١٩
الحالة السابعة	١٠٠٠٠	٣٠٠٠٠	0.512	0.618	٠,١٠٦
الحالة الثامنة	١٠٠٠٠	٤٠٠٠٠	0.639	0.628	٠,٠١١

١٢. الخلاصة والتوصيات

في هذا العمل تم الاعتماد على شبكة خليوية في الجيل الخامس مكوّنة من ٦١ خلية، وتم تطبيق الخوارزميتين "الخوارزمية الجينية" و"خوارزمية تحسين مستعمرة النّمل" على عدد من الحالات المتنوّعة التي تتضمّن متغيرات مثل عدد القنوات المتاحة وعدد المستخدمين في الشّبكة. تم تحليل النّتائج المستخرجة من الخوارزميتين باستخدام لغة البرمجة بايثون في بيئة العمل PyCharm لتقييم أدائهما في الحصول على التّخصيص الأمثل للقنوات وحساب الاحتمالية المثلى لحظر المكالمات CBP. واعتماداً على النّتائج تبيّن ما يلي:

- ✓ بمقارنة الحالتين الأولى والثّانية نجد أنَّ نسبة الحظر تزداد مع زيادة عدد المستخدمين وكذلك الأمر بالنسبة للحالتين الثالثة والرابعة وأيضاً الحالتين الخامسة والسادسة في كل من الخوارزميتين GA وACO.
- ✓ بمقارنة الحالات الأولى والثّالثة والخامسة نجد أنَّه مع زيادة عدد القنوات تقل نسبة الحظر من أجل نفس العدد من المستخدمين.
- ✓ الخوارزمية الجينية حقّقت أداءً أفضل في جميع الحالات مقارنةً بخوارزمية ACO إذ أنّ GA قادرة على تحقيق احتمالية أقل لحظر المكالمات لأنها تحوي مجموعة من العمليات الجينية مثل التقاطع والاختيار والطّفرة على عكس خوارزمية ACO التي تعتمد على سلوك النمل الجماعي.
- ✓ تتطلّب الخوارزمية الجينية عدداً أكبر من الأجيال (التكرارات) للوصول إلى التخصيص الأمثل في بعض الحالات بينما ACO تحتاج إلى عدد أقل من التكرارات لتحقيق التخصيص الأمثل.

فيما يلي مجموعة من التوصيات التي يمكن العمل بها لتطوي هذا البحث:

- ✓ توسيع مجال البحث ليشمل خوارزميات مدعومة بالتعلم الآلي، مما يشجّع على تخصيص القنوات بناءً على البيانات التاريخية للشّبكة والملاحظات في الوقت الفعلي.
- ✓ تضمين مقاييس مثل معدلات إسقاط المكالمات ووقت الاستجابة للتأكد من أن القنوات التي يتم تخصصيها توفر تجربة مرضية للمستخدم.
- ✓ دراسة كيفية تأثير تنقّل المستخدم على تخصيص القناة واحتمالية حظر المكالمات. وتصميم الخوارزميات التي يمكنها التعامل مع عمليات التسليم المرن وضمان الخدمة المستمرة لمستخدمي الهاتف المحمول.

المراجع

[١] Qaddus, A., Hassan, S., & Minhas, A. A. (2018). An efficient radio frequency channel distribution in 5g heterogeneous cellular networks for avoiding cross-tier interference in macro and small cells. *Electrical, Control and Communication Engineering*, *14*(1), 30-38.

[٢] Mandour, M., Elbayoumy, A. D., Hamid, G. M. A., & Abdelaziz, A. M. (2020, March). Dynamic Channel Allocation Scheme for Handover Calls in Cellular Networks. In *2020 3rd International Conference on Information and Computer Technologies (ICICT)* (pp. 457-461). IEEE.

[٣] Ohatkar, S. N., & Bormane, D. S. (2016). Hybrid channel allocation in cellular network based on genetic algorithm and particle swarm optimisation methods. *Iet Communications*, *10*(13), 1571-1578.

[٤] Peras, M., & Ivkovic, N. (2020). Channel assignment with ant colony optimization. In *Swarm, Evolutionary, and Memetic Computing and Fuzzy and Neural Computing: 7th International Conference, SEMCCO 2019, and 5th International Conference, FANCCO 2019, Maribor, Slovenia, July 10–12, 2019, Revised Selected Papers 7* (pp. 31-42). Springer International Publishing.

[٥] Mamman, M. (2021). Call admission control algorithm with efficient handoff for both 4G and 5G networks. *International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN) Vol*, *13*.

[6] Mahajan, P. (2021, March). Optimizing the Call Drop Probability in the Wireless Heterogeneous Networks. In *2021 International Conference on Advance Computing and Innovative Technologies in Engineering (ICACITE)* (pp. 127-130). IEEE

[٧] Hasan, N. U., Ejaz, W., Ejaz, N., Kim, H. S., Anpalagan, A., & Jo, M. (2016). Network selection and channel allocation for spectrum sharing in 5G heterogeneous networks. *IEEE access*, *4*, 980-992.

[٨] Saad, W. K., Shayea, I., Hamza, B. J., Mohamad, H., Daradkeh, Y. I., & Jabbar, W. A. (2021). Handover parameters optimisation techniques in 5G networks. *Sensors*, ٢١(١٥), ٥٢٠٢.

[٩] Della Penda, D., Abrardo, A., Moretti, M., & Johansson, M. (2019). Distributed channel allocation for D2D-enabled 5G networks using potential games. *IEEE Access*, *7*, 11195-11208.

[١٠] Wu, D., Wu, Q., Xu, Y., Jing, J., & Qin, Z. (2016). QoE-based distributed multichannel allocation in 5G heterogeneous cellular networks: A matching-coalitional game solution. *IEEE Access*, *5*, 61-71.

[١١] Sharma, A., Sharma, P., Chaki, R., & Bhattacharya, U. (2014). Reducing call blocks in cellular network with non-uniform traffic conditions. *Foundations of Computing and Decision Sciences*, *39*(4), 301-318.

[١٢] Kamal, M. A., Raza, H. W., Alam, M. M., Su'ud, M. M., & Sajak, A. B. A. B. (2021). Resource allocation schemes for 5G network: A systematic review. *Sensors*, *21*(19), 6588.

[١٢] Babatunde, O. J., Olarewaju, A. O., Emmanuel, B. O., & Temitope, B. M. Survey on Different Channel Allocation Algorithms Designed for 5G Cellular Networks.

[١٣] Hussein .Areej .(2023). Improving the performance of fifth generation cellular network channels using a genetic algorithm, *Tartous University Journal*,Vol. 8,No.3.