Al-imad Journal of Humanities and Applied Sciences (AJHAS)
مجلة العماد للعلوم الإنسانية والتطبيقية
ISSN: 3106-0323
Volume 2 – Issue 2 – 2026
Pages 726-744

# Analyzing And Improving Quality of Service (Qos) In 5G Networks by Studying the Role of Simulation in Evaluating Response Time, Data Transmission, and Packet Loss

Mohamed Saleh khalifa Baghni *
Department of Electrical and Electronic Engineering, Higher Institute of Science and Technology, Nalut, Libya
* msb198520@Gmail.Com

# تحليل وتحسين جودة الخدمة (QoS) في شبكات الجيل الخامس G5 من خلال دراسة دور المحاكاة في تقييم زمن الاستجابة ونقل البيانات وفقد الحزم

محمد صالح خليفة بغني *
قسم الهندسة الكهربائية والالكترونية، المعهد العالي للعلوم والتقنية، نالوت، ليبيا

Received: 21-07-2026; Accepted: 26-08-2026; Published: 04-09-2026

**Abstract:**
This study aimed to analyze and improve the Quality of Service (QoS) in 5G networks using simulation techniques. It examined the characteristics of these networks and identified the challenges they face, such as resource management, latency reduction, and ensuring service continuity. The study also evaluated the role of simulation in analyzing network performance under different operating conditions and measured key performance indicators (KPIs) such as response time, data transfer rate, and packet loss. Furthermore, it explored the potential of employing modern technologies like artificial intelligence (AI) and network slicing to enhance QoS. The study concluded that using simulation techniques effectively contributes to improving QoS in 5G networks. It enables the evaluation of network performance and the identification of bottlenecks before actual deployment. The results also demonstrated a positive relationship between improved resource management and QoS. Finally, the study found that integrating AI, network slicing, and dynamic spectrum management enhances network efficiency and resilience, leading to better performance that meets the demands of modern applications and increases network reliability.

**Keywords**: 5G networks, quality of service, simulation, resource management.

**الملخص**
هدف الدراسة تحليل وتحسين جودة الخدمة *(QoS)* في شبكات الجيل الخامس *(5G)* باستخدام تقنيات المحاكاة، من خلال دراسة خصائص هذه الشبكات وتحديد التحديات التي تواجهها، مثل إدارة الموارد وتقليل زمن التأخير وضمان استمرارية الخدمة، إضافة إلى تقييم دور المحاكاة في تحليل أداء الشبكة تحت ظروف تشغيل مختلفة، وقياس مؤشرات الأداء الرئيسية مثل زمن الاستجابة ومعدل نقل البيانات وفقد الحزم، مع استكشاف إمكانية توظيف تقنيات حديثة كالذكاء الاصطناعي وتقسيم الشبكة في تحسين جودة الخدمة. وتوصلت الدراسة إلى أن استخدام تقنيات المحاكاة يسهم بشكل فعال في تحسين جودة الخدمة في شبكات *G5*، حيث يتيح تقييم أداء الشبكة واكتشاف الاختناقات قبل التنفيذ الفعلي، كما أظهرت النتائج وجود علاقة إيجابية بين تحسين إدارة الموارد وجودة الخدمة، وأن دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي وتقسيم الشبكة

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

والإدارة الديناميكية للطيف الترددي يعزز من كفاءة الشبكة ومرونتها، مما يؤدي إلى تحقيق أداء أفضل يلبي متطلبات التطبيقات الحديثة ويزيد من موثوقية الشبكة.

**الكلمات المفتاحية:** شبكات الجيل الخامس (*G5*)، جودة الخدمة (*QoS*)، المحاكاة (*Simulation*)، إدارة الموارد (*Resource Management*).

**مقدمة**

تعتبر ديناميكية المجال التكنولوجي أهم ما يميز العصر الحالي في خضم التحولات التي تعيشها اليوم حيث ظهرت التكنولوجيا كعامل مؤثر في كافة الأنشطة والعمليات خاصة ما تعلق منها بمعالجة المعلومات ونشرها أو ما يعرف بتكنولوجيا المعلومات والاتصالات التي فجرت ثورة هائلة في نظم المعلومات وساهمت بذلك في إدماج مختلف الأطراف العالمية في منظومة مالية وإعلامية ومعلوماتية واحدة. وجعلت العالم رقعة جغرافية صغيرة بما توحي به كلمة القرية من علاقات قرابة وجوار ومحدودية في الزمان والمكان.

وقد كان لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات الأثر الكبير في إعادة تشكيل الكثير من طرق الحياة الاعتيادية للأفراد والمنظمات، وبناء علاقات تشابك علاقات اقل وضوحا وأكثر تعقيدا ولكن بدون شك أكثر كفاءة واقل تكلفة، هكذا أصبحت تكنولوجيا المعلومات والاتصالات جزء لا يتجزأ من نسيج الإدارة في المنظمة المعاصرة وموردا أساسيا تعتمد عليه في تفعيل العملية الإدارية وتدعيم القرارات والاستغلال الأفضل للموارد، مما ينجر عنه سرعة تأدية المهام، تخفيض تكلفة الإنتاج، خلق منتوجات جديدة زيادة الحصة السوقية، تحسين مستوى الجودة وبالتالي تحسين مستوى الأداء العام بها .[1]

تشمل المحركات الرئيسية لأنظمة الاتصالات المتنقلة الدولية (IMT) لعام 2030 وما بعده تحسين جودة الخدمة (QoS) كهدف أساسي في تصميم كلٍ من الشبكة والمحطات الطرفية. ويُعد رفع مستوى جودة الخدمة ضرورة لضمان تقديم أداء أعلى من حيث تقليل زمن التأخير، وزيادة موثوقية الاتصال، وتحسين معدل نقل البيانات بما يلبي متطلبات التطبيقات الحديثة. كما يتطلب ذلك تطوير حلول وتقنيات متقدمة في كلٍ من شبكات النقل الرئيسية وشبكات الوصول المحلية، بهدف تحقيق إدارة أكثر كفاءة للموارد وضمان تقديم خدمات اتصالات مستقرة وعالية الجودة تدعم متطلبات التنمية الرقمية المستقبلية[2].

ويُعدّ إجراء عملية ربط حركة مرور TSN بجودة خدمة G5، وجدولة G5، وإجراء عمليات محاكاة شاملة باستخدام أحدث برامج محاكاة G5 وTSN، أمراً بالغ الأهمية للتحقق من صحة مختلف البنى المشتركة لتقنية G-TSN5. على غرار شبكة TSN، تدعم تقنية الجيل الخامس (5G) آليات جدولة متنوعة تلعب دورًا حاسمًا في تحديد زمن استجابة النظام وموثوقيته وأدائه العام. يُعدّ تنسيق ودمج آليات الجدولة هذه في كلٍ من الشبكات اللاسلكية والسلكية أمرًا ضروريًا لتحسين أداء الشبكة، ويتطلب ذلك مزيدًا من البحث والتطوير. تُشكّل المحاكاة خطوة أولية فعّالة نحو التقييم الشامل لأداء الشبكة. كما أنها اقتصادية مقارنةً بالأجهزة المادية كإعداد أولي للاختبار والبحث، وتُقدّم رؤى قيّمة حول أداء مختلف بنيات وتكوينات شبكة G-TSN5. يُمكّن هذا الباحثين من تحديد ومعالجة اختناقات الأداء المحتملة قبل تنفيذ التصميم على الأجهزة، مما يُقلّل من مخاطر التكاليف الباهظة للأجهزة.[3]

شهدت أنظمة الاتصالات الحديثة تطوراً ملحوظاً مع ظهور الجيل الخامس(5G) ، والذي يمثل نقلة نوعية في عالم الاتصالات من حيث السرعة العالية، وزمن الاستجابة المنخفض، ورفع كفاءة نقل البيانات. ويأتي

[1] بلقيدوم صباح (2013) أثر تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الحديثة (NTIC) على التسيير الاستراتيجي للمؤسسات الاقتصادية، الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية ، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة قسنطينة ، كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير ، ص (أ) .

[2] M Series (2022) Future technology trends of terrestrial International Mobile Telecommunications systems towards 2030 and beyond, Mobile, radio determination, amateur and related satellite services, Report ITU-R M. p 8.

[3] Rubi Debnath, Mustafa Selman Akinci5 (2023)GTQ: QoS-Aware 5G-TSN Simulation Framework, conference paper, p 979.

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

هذا التطور مدفوعاً بالتقدم في تقنيات الحوسبة والذكاء الاصطناعي والمعالجة المتوازية، مما أتاح إمكانيات أكبر للشبكات في التعامل مع كميات ضخمة من البيانات ودعم التطبيقات الذكية والمعقدة.
كما أصبح تحسين جودة الخدمة (QoS) أحد الأهداف الأساسية في تصميم شبكات الجيل الخامس، نظراً لضرورة تلبية متطلبات التطبيقات الحساسة للزمن مثل إنترنت الأشياء والأنظمة الذكية. وفي هذا السياق، تلعب تقنيات النمذجة والمحاكاة دوراً محورياً في تحليل أداء الشبكات وتقييم كفاءتها قبل التنفيذ الفعلي، مما يسهم في تطوير بنية تحتية اتصالية أكثر استقراراً ومرونة وقدرة على التكيف مع متطلبات المستقبل[4].

## 1.2 مشكلة الدراسة

مع التطور السريع في تطبيقات الاتصالات الحديثة مثل إنترنت الأشياء(IoT) ، والواقع الافتراضي (VR)، والسيارات ذاتية القيادة، أصبحت شبكات الجيل الخامس (5G) مطالبة بتقديم مستويات عالية من جودة الخدمة .(QoS) ورغم ما توفره هذه الشبكات من سرعات عالية وزمن استجابة منخفض، إلا أنها لا تزال تواجه تحديات في إدارة الموارد، وتقليل التأخير، وضمان استمرارية الخدمة خاصة في البيئات ذات الكثافة العالية للمستخدمين.

## 1.3 تساؤلات الدراسة

تتحدد مشكلة الدراسة في البحث عن آليات فعّالة لتحسين جودة الخدمة في شبكات 5G باستخدام تقنيات المحاكاة. ويمكن صياغة مشكلة الدراسة من خلال:

### 1.3.1 التساؤل الرئيسي:

كيف يمكن تحسين جودة الخدمة (QoS) في شبكات الجيل الخامس (5G) باستخدام تقنيات المحاكاة بما يحقق أفضل أداء ممكن للشبكة في مختلف الظروف التشغيلية؟
تسعى هذه الدراسة للإجابة على مجموعة من التساؤلات، أهمها:

1. ما التحديات التي تؤثر على جودة الخدمة (QoS) في شبكات الجيل الخامس؟
2. كيف يمكن استخدام تقنيات المحاكاة لتحليل أداء شبكات G5؟
3. ما أثر تحسين إدارة الموارد على جودة الخدمة في هذه الشبكات؟
4. ما أفضل النماذج أو الخوارزميات التي يمكن تطبيقها لتحسين QoS باستخدام المحاكاة؟
5. إلى أي مدى يمكن للمحاكاة التنبؤ بأداء الشبكة في الظروف المختلفة؟

## 1.4 أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى تحقيق ما يلي:

1. تحليل مفهوم جودة الخدمة (QoS) في شبكات الجيل الخامس.
2. تحديد أبرز التحديات التي تواجه تحسين QoS في بيئة 5G
3. استخدام أدوات المحاكاة لدراسة سلوك الشبكة تحت ظروف مختلفة.
4. تقييم أداء الشبكة بناءً على معايير مثل زمن التأخير، معدل فقد البيانات، وسعة النقل.
5. اقتراح حلول أو تحسينات تسهم في رفع جودة الخدمة.
6. تقديم نموذج محاكاة يمكن الاعتماد عليه في الدراسات المستقبلية.

## 1.5 أهمية الدراسة

تتمثل أهمية هذه الدراسة في دورها في تحسين فهم آليات جودة الخدمة في شبكات الجيل الخامس، حيث تقدم تحليلاً علمياً للتحديات التي تواجه هذه الشبكات. كما تسهم في توضيح أهمية استخدام تقنيات المحاكاة كأداة فعالة في تقييم أداء الشبكات وتحسينه قبل التطبيق الفعلي. وتبرز أهمية الدراسة أيضاً في دعم جهود

[4]محمد حسن محمد أبوقطة (2024) تطبيقات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات بمؤسسات التعليم قبل الجامعي في جمهورية كوريا الجنوبية : دراسة حالة وإمكانية الإفادة منها في جمهورية مصر العربية ، جامعة كفر الشيخ ، كلية التربية ، قسم التربية المقارنة والإدارة التعليمية، ص 60 .

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

تطوير شبكات اتصالات أكثر كفاءة وموثوقية، بما يلبي متطلبات التطبيقات الحديثة مثل إنترنت الأشياء والأنظمة الذكية. بالإضافة إلى ذلك، تساعد نتائج هذه الدراسة المهندسين والباحثين في اتخاذ قرارات مبنية على أسس علمية لتحسين أداء الشبكات المستقبلية.

### 1.6 فروض الدراسة

تعتمد هذه الدراسة على مجموعة من الفروض التي تسعى إلى اختبار العلاقة بين استخدام تقنيات المحاكاة وتحسين جودة الخدمة (QoS) في شبكات الجيل الخامس(5G) ، ويمكن صياغتها كما يلي:

#### 1.6.1 الفرض الرئيسي:

1. توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين استخدام تقنيات المحاكاة وتحسين جودة الخدمة (QoS) في شبكات الجيل الخامس.(5G)

#### 1.6.2 الفروض الفرعية :

1. توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين استخدام المحاكاة وتقليل زمن التأخير (Latency) في شبكات 5G.
2. توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين استخدام المحاكاة وتحسين معدل نقل البيانات (Throughput).
3. توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين استخدام المحاكاة وتقليل فقد الحزم.(Packet Loss)
4. يؤدي تحسين إدارة موارد الشبكة باستخدام المحاكاة إلى تحسين جودة الخدمة بشكل عام.
5. توجد فروق ذات دلالة إحصائية في أداء الشبكة تعزى إلى اختلاف سيناريوهات المحاكاة المستخدمة.

## الإطار العام لشبكات الجيل الخامس وجودة الخدمة(QoS)

### 2.1 المطلب الأول: ماهية شبكات الجيل الخامس

تعد تكنولوجيا 5G من التكنولوجيات الرئيسية للبنية التحتية الرقمية للنطاق العريض عالي السرعة والاقتصاد الرقمي وتحسين نوعية حياة الناس، ويوفر النطاق المتوسط 5G سعة عالية وتغطية واسعة، ما يجعله مثالياً لتجربة 5G كاملة. وعند إقرانه بتشغيل ازدواج الإرسال بتقسيم التردد (FDD) منخفض النطاق، فإنه يضمن التغطية الكاملة والتنقلية. وتوفر نواة التكنولوجيا 5G القائمة بذاتها المرونة وقابلية البرمجة، ما يتيح تخصيص الخدمة مع جودة الخدمة (QoS) المضمونة والأمان والقدرة على التكيف ، وإنشاء خدمة مرنة وتقسيم الشبكة إلى شرائح حيث بلغت قيمة اشتراكات 5Gالقائمة بذاتها (SA) إلى 1.2 مليار في عام 2024.

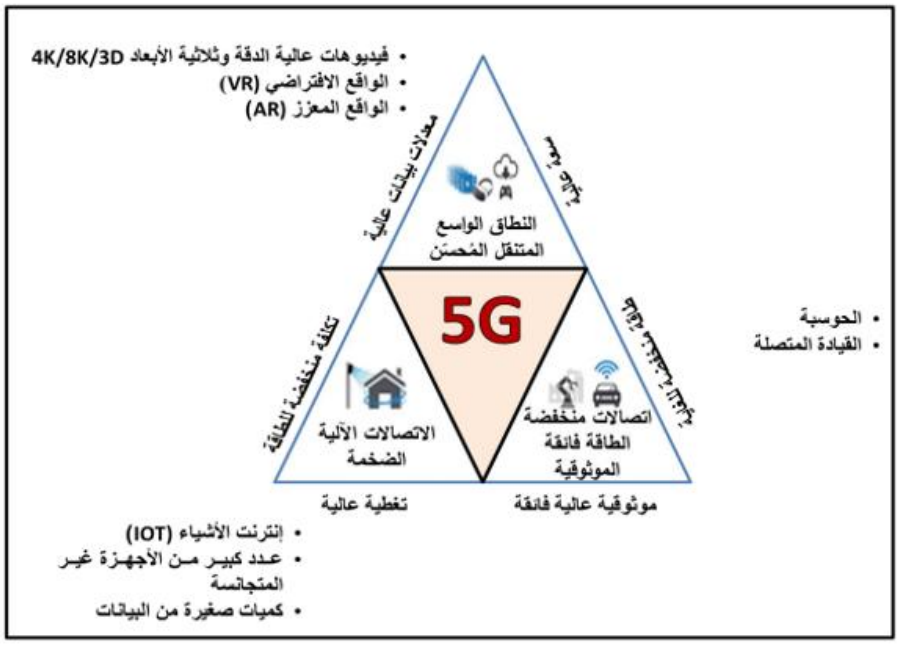
ومع استخدام أكثر من 19.5 مليار جهاز Wi-Fi في عام 2023 ، كان لتطور تكنولوجيا Wi-Fi دور فعال في جلب الابتكارات ولا تزال تتطلع بدور رئيسي في توفير النفاذ إلى الإنترنت بأسعار معقولة لأفقر أجزاء العالم. إن التشغيل في نطاقات الترددات غير المرخصة، ومعدلات البيانات الأعلى، وسهولة وانخفاض تكاليف النشر والتشغيل والصيانة هي العوامل الرئيسية التي تدفع نشر Wi-Fi في المناطق الريفية حول العالم.[5]

ويعتمد مشغلو شبكات الاتصالات المتنقلة (MNO) على الألياف البصرية والموجات الصغرية والسوائل للتوصيل، خاصة عندما تكون الوصلات الأرضية غير موثوقة. وفي الأسواق المتقدمة، يخفف التوصيل عبر السوائل من ازدحام G4، بينما يظل ضرورياً في المناطق ذات البنية التحتية الضعيفة لضمان التوصيلية G2 وG3 وG LTE4. ومع توسع G5 سيكون ضمان التوصيل الموثوق به والواسع والفعال من حيث التكلفة أمراً صعباً بشكل متزايد - مما يجعل السوائل حلاً حاسما حيث يكون النشر الأرضي غير ممكن.

[5]الاتحاد الدولي للاتصالات، (2025)استراتيجيات وسياسات نشر النطاق العريض في البلدان النامية التقرير النهائي لنواتج المسألة 1/1 القطاع تنمية الاتصالات من أجل فترة الدراسة 2022-2025، ISBN 978، ص 34، 35.

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

ومع نشر أنظمة سائلية جديدة عالية السعة والتطورات التكنولوجية الحديثة، أصبحت الاتصالات السائلية سوقاً نابضاً بالحياة وتنافسياً. وقد حسنت الأجيال الجديدة من السوائل بشكل كبير عرض النطاق واستخدام الطيف الراديوي للإرسالات السائلية. ويمكن للتكنولوجيا السائلية أن توفر النطاق العريض عالي السرعة للأسر المعيشية في المناطق المحرومة من الخدمات أو المفتقرة إليها.




**شكل 1 :**التقسيمات والطبقات المكونة لألية عمل شبكة الجيل الخامس

وقد حددت مجموعة شبكات الجيل التالي للهواتف المحمولة (NGMN)، التي تمثل آراء كبرى شركات الاتصالات العالمية، ثمانية أهداف للجيل الخامس.

**جدول 1 :** أهداف للجيل الخامس

| | الهدف |
|---|---|
| -1 | توفير النطاق العريض في المناطق المكتظة بالسكان |
| -2 | توفير النطاق العريض في كل مكان |
| -3 | زيادة قدرة المستخدمين على التنقل |
| -4 | إنترنت الأشياء واسع النطاق |
| -5 | اتصالات فائقة السرعة في الوقت الفعلي |
| -6 | اتصالات أساسية |
| -7 | اتصالات فائقة الموثوقية |
| -8 | خدمات شبيهة بخدمات البث |

### 2.1.1 مفهوم تقطيع الشبكة في الجيل الخامس (Network Slicing)

في العقود الأخيرة شهدنا زيادة كبيرة في عدد الأجهزة المتصلة بشبكات لاسلكية مثل الهواتف الذكية والتلفزيونات والأجهزة المنزلية الذكية ومع زيادة الطلب على الشبكات اللاسلكية، والتطور في تقنيات الحوسبة والاتصالات تطور الجيل الخامس من الشبكات المحمولة (5G) لدعم مختلف التطبيقات والخدمات الجديدة من خلال توفير سرعة عالية النقل البيانات، وانخفاضاً في زمن الاستجابة، وقدرة على ربط عدد أكبر من الأجهزة مقارنة بالجيل الرابع (4G).

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

ولتحقيق ذلك قدمت شبكات الجيل الخامس (50) مفهوم تقطيع الشبكة (Network Slicing) بأنه عملية تقسيم البنية التحتية الفعلية للشبكة إلى عدة شبكات افتراضية التخصيص كل شريحة لتلبية خدمات متنوعة بشكل مرن وفعال، حيث يتم دمج العديد من الشبكات المنطقية ضمن بنية تحتية مشتركة، لكل شبكة منطقية لها طوبولوجيا منطقية خاصة بها، بذلك تقوم كل شبكة منطقية بأداء المهام المخصصة لها حيث تم تصميم كل جزء من الشبكة بناء على خصائص الشبكة لتكون قادرة على تقديم خدمة للمستخدم النهائي، تكون الشرائح معزولة عن بعضها البعض لتوفير عزل أفضل للموارد.

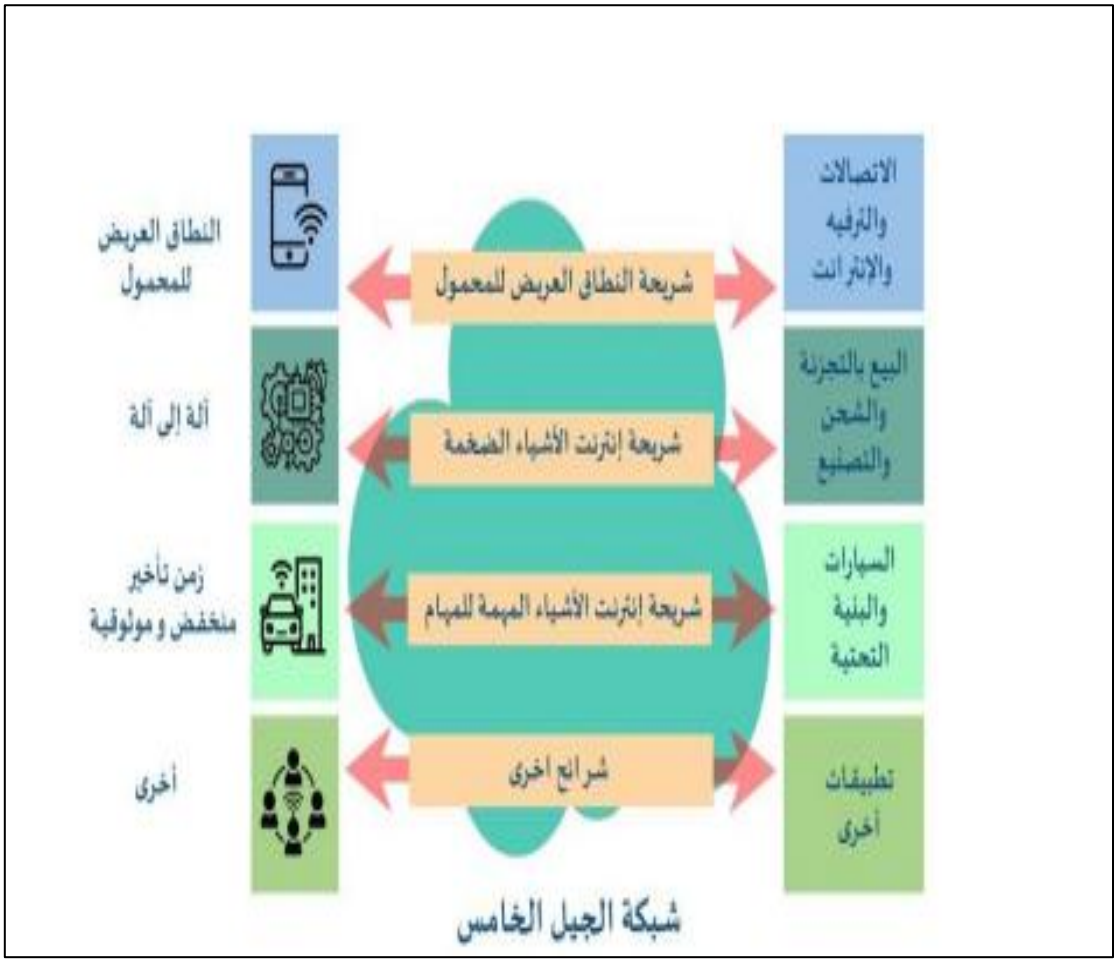
يوضح الشكل مفهوم تقسيم الشبكة، حيث تعتبر كل شريحة بمثابة شبكة افتراضية شاملة صممت بشكل خاص وفقا لاحتياجات محددة، ويمكن لمشغلي الشبكة تخصيص الموارد للمستأجرين مقدمي الخدمات الذين يمكنهم التحكم في كيفية استخدام هذه الموارد التلبية متطلبات العملاء.

يعتمد تقسيم الشبكة على تقنيات الشبكات المعرفة بالبرمجيات (SDN) والافتراضية الوظائف الشبكة (NFV)، يتيح تقطيع الشبكة لإنشاء شبكات منطقية متعددة فوق بنية تحتية مادية مشتركة، مما يمكن من تقديم الشبكة كخدمة Network-as-a-Service.

(Naas) أو كبنية تحتية قابلة للتخصيص Network-as-a-Platform (NaaP) تستخدم للشركات.

Naas: تقدم خدمات الشبكة للمستخدمين على أساس الاشتراك مثل باقي الخدمات السحابية.

NaaP: تتيح تخصيص البنية التحتية للشبكة وبرمجتها حسب التطبيقات والخدمات المطلوبة دون الحاجة لإنشاء شبكة خاصة منفصلة.[6]




**شكل 2 :** شبكة الجيل الخامس

[6] فدوى فريد الشيخ واخرون (2025) تحديات ألمن في تقطيع شبكات الجيل الخامس (G5) ، المجلة الدولية للعلوم والتقنية ، المجلد (1) ، العدد (37)، ص ص 6، 7.

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

## 2.2 المطلب الثاني: مفهوم جودة الخدمة (QoS) ومؤشراتها

تعد الخدمات منتجات ذات منافع لا يمكن لمسها ولا رؤيتها ولا شمها، مما يعني صعوبة تحديد معاير قياسية لقياس جودتها، وجودة الخدمات الأول هنا الجودة الفنية والثاني الجودة الوظيفية. فالجودة الفنية تعني مستويات الأداء الناتجة عن استخدام الوسائل الفنية (التكنولوجية) والمادية في تقديم الخدمات، أما الجودة الوظيفية فهي العمليات والإجراءات التي تتبع من قبل العاملين في تقديم الخدمة حيث التفاعل بين مقدم الخدمة والمستفيد. [7]

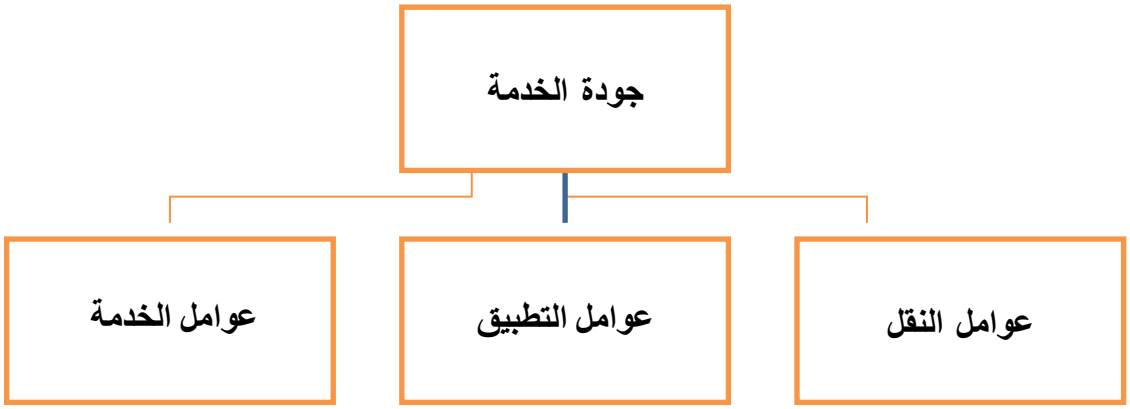
وجودة الخدمة (QoS) هي مسألة متعلقة بشبكات الإنترنت، وتشير إلى مجموعة من التقنيات والآليات التي تضمن أداء الشبكة لتقديم خدمة متوقعة لبرنامج التطبيق.[8]

تعرف جودة الخدمة على أنه مجموع خصائص خدمة الاتصالات التي تؤثر على قدرتها على تلبية الاحتياجات المذكورة والضمنية لمستعمل الخدمة وبصفة عامة تقاس جودة الخدمة بطريقة موضوعية.

وفي مجال الاتصالات، عادة ما تكون جودة الخدمة قياساً لأداء الخدمات التي تقدمها الشبكات وتشمل آليات جودة الخدمة أي آلية تساهم في تحسين الأداء العام للنظام وبالتالي تحسين تجربة المستعمل النهائي. ويمكن تنفيذ آليات جودة الخدمة على مستويات مختلفة.

وعلى سبيل المثال، تشمل آليات جودة الخدمة على مستوى الشبكة آليات إدارة الحركة، مثل التخزين الاحتياطي والجدولة اللذان يستخدمان للتمييز بين الحركة التي تنتمي إلى تطبيقات مختلفة وتشمل آليات جودة الخدمة على مستويات أخرى غير مستوى النقل إخفاء الخسارة وتطبيق تقنيات التصحيح الأمامي للأخطاء (FEC) وغير ذلك.

**العوامل التي لها تأثير علي جودة الخدمة**




**شكل 3 :** العوامل المؤثرة على جوده الخدمة

لضمان تقديم جودة الخدمة المناسبة، ينبغي تحديد جودة التجربة المستهدفة لكل خدمة وإدراجها مبكراً في عمليات تصميم النظام وهندسته، حيث تترجم إلى مقاييس أداء موضوعية لمستوى الخدمة.

جودة التجربة عامل هام في الخدمات الناجحة في السوق وهو عامل تمييز رئيسي بالنسبة لعروض الخدمات المتنافسة. ولا يهتم المشتركون في خدمات الشبكة بكيفية تحقيق جودة الخدمة. والأمر الأكثر أهمية بالنسبة

[7] نعيم عبد الكريم الطراونة (2011) أثر أبعاد جودة الخدمات الإلكترونية في تحقيق الرضا لدى ممثلي المنشآت الخاضعة للضمان الاجتماعي (الأردني) ، جامعة الشرق الأوسط ، ص16 .

[8] Muayad Najm Abdulla (2018)Data Communication and Networking II, Department of Network College of IT- University of Babylon, Published Paper,p1.

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

لهم هو مدى تلبية الخدمة لتوقعاتهم (مثلاً من حيث السعر والفعالية وقابلية التشغيل والتيسير وسهولة الاستعمال). [9]

### 2.2.1 أبعاد جودة الخدمات

- الاعتمادية (Reliability) هي قدرة مقدم الخدمة على أداء الخدمة التي وعد بها وبدرجة عالية من الدقة والصحة، فالعميل يتوقع أن تقدم له الخدمة بالوقت والأداء المناسبين
- المصداقية (Credibility) وهي قدرة مقدم الخدمة على توفير الثقة للعملاء وتجعلهم واثقين من الحصول على الخدمة كما يتوقع، مع تمتع مقدم الخدمة بالمعرفة واللباقة والصدق.
- الاستجابة (Responsiveness) هي القدرة والاستعداد للاستجابة بشكل سريع المطالب الزبون
- كما يتوقعها على أن تكون غير منقوصة.
- الوصول (Accessible) وهي إمكانية الحصول على الخدمة بسهولة حيث تساعد في تحديد ذلك الإجابة عن الأسئلة التالية
  - هل الخدمة تتوفر في الوقت الذي يريد العميل؟
  - هل الخدمة متوفرة في المكان الذي يرغبه العميل؟
  - هل الخدمة متاحة عند الطلب؟
  - هل من السهل الوصول لمكان تلقي الخدمة؟
  - كم من وقت يحتاج العميل للحصول على الخدمة؟
- اللطافة /المجاملة (Courtesy) أي أن المستفيد يهمه الكيفية والأسلوب الذي يتبعه مقدم الخدمة عند تقديمه لهذه الخدمة. فالأسلوب اللطيف والكلمات الطيبة، والمعاملة الحسنة لها وقع كبير في نفس المستفيد وتؤثر على تقيمه الجودة /الخدمة.
- الجدارة (Competence) وهي تتعلق بكفاءة وجدارة القائمين على تقديمهم الخدمة من حيث المهارات والقدرات التحليلية والاستنتاجية والمعرفة التي تمكنهم من القيام بأدوارهم بالشكل الأمثل وفي حالة التعامل مع مقدم الخدمة لأول مرة فإن العميل عادة ما يلجأ إلى توفير شهادات خبرة والشهادات العلمية. [10]
- الأمان (Security) توفر الأمان يشكل نقطة أساسية في التعامل مع مقدم الخدمة، فالأمان هو تقليل الخطر أو الشكوك بالإضافة للحماية القانونية للعملاء عند وصولهم للخدمة.
- الاتصال (Communication) وهي خاصية التفاعل وتوفير خطوط اتصال كافية بين مقدم الخدمة والعملاء تتيح المجال للتفاعل معهم ونقل المعلومات والسماع لارائهم.
- الملموسية (Tangibles) وهي تتمثل في مظهر المرافق المادية والمعدات الشخصية والتسهيلات التي تؤثر على تزويد الخدمة وتضيف لها قيمة إضافية لذا فهي تؤثر على تقيم جودة الخدمة من وجهة نظر المستفيد
- المقدرة على فهم المستهلك (Understanding) ويشير هذا المعيار إلى مدى قدرة مقدم الخدمة على تحديد وتقيم احتياجات العملاء وتزويدهم بالرعاية والعناية مثال ذلك، كم من الوقت والجهد الذي يحتاجه مقدم الخدمة حتى يتعرف على حاجات العميل ويدركها؟ ما مدى تفهم مقدم الخدمة المشاعر العميل وتعاطفه مع مشكلته.

### 2.2.2 نماذج قياس جودة الخدمة:

مع تزايد أهمية جودة الخدمة كوسيلة لكسب ميزة تنافسية وبالتالي تحقيق معدلات احتفاظ مرتفعة بالعملاء زاد اهتمام الدراسين والممارسين للتسويق الخدمي بكيفية قياس الجودة وكثيرة هي الدراسات التطبيقية التي حاولت وضع معايير أو أبعاد لقياس جودة الخدمة. يلخص الجدول التالي أهم نماذج قياس جودة الخدمة. [11]

---

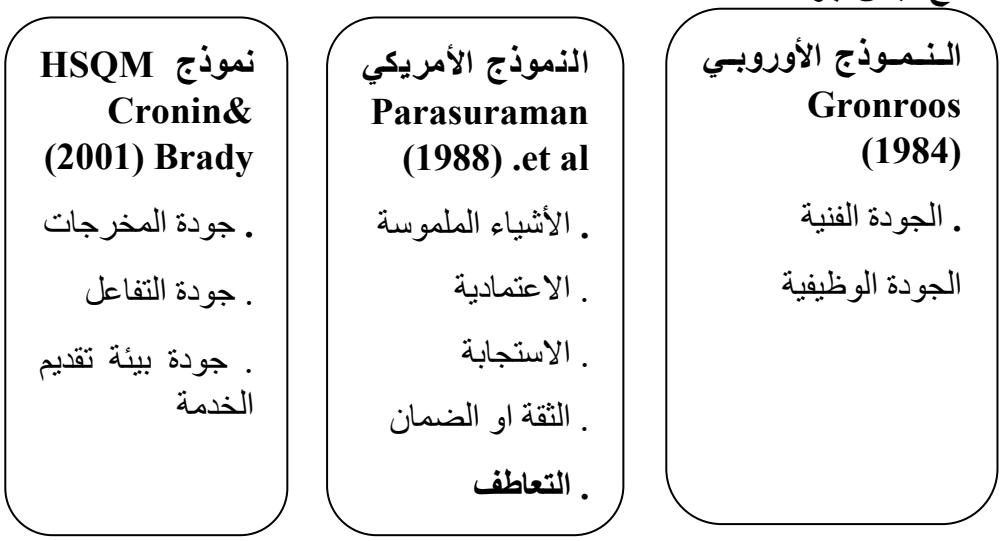
[9] االاتحاد الدولي للاتصالات (2019) جوانب جودة الخدمة وجودة التجربة في الخدمات المالية الرقمية، توصيات السلسلة الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات أنظمة الإرسال ووسائطه والأنظمة والشبكات الرقمية، ص20.

[10] هاني حامد الضمور،(2008)، تسويق الخدمات, ط دار وائل للنشر والتوزيع ، عمان

د. محمد الخضر ، رانية المجني ، تسويق الخدمات، من منشورات الجامعة الافتراضية السورية ، الجمهورية العربية السورية، ص67.

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

**أهم نماذج قياس جودة الخدمات**




**شكل 4 :** أهم نماذج قياس الجودة

### 2.3 المطلب الثالث: التحديات التي تواجه جودة الخدمة في شبكات G5

تواجه جودة الخدمة (QoS) في شبكات الجيل الخامس (5G) تحديات رئيسية تشمل :محدودية نطاق التغطية للترددات العالية (mm Wave) ، التداخل الكهرومغناطيسي، الازدحام في المناطق الكثيفة، والتعقيد الأمني عند افتراضية الشبكات، بالإضافة إلى التكلفة الرأسمالية العالية للبنية التحتية

#### 2.3.1 التحديات المتعلقة بنشر الخلايا الصغيرة

أظهرت عمليات التنظيم وسياسات السلطات المحلية في بعض البلدان تطوير الخلايا الصغيرة عبر التزامات إدارية ومالية مفرطة على المشغلين، وهو ما يحجب الاستثمار وتشمل القيود المتعلقة بنشر الخلايا الصغيرة عمليات استخراج التصاريح المطولة وممارسات الشراء المطولة والرسوم المفرطة واللوائح المتقادمة التي تمنع النفاذ، وتشرح هذه القضايا في الإطار 7 وبمزيد من التفصيل أدناه:

- عمليات استخراج التصاريح المحلية والتخطيط الوقت الذي تستغرقه السلطات المحلية للموافقة على طلبات التخطيط العمليات تنفيذ الخلايا صغيرة يتراوح بين 18 و 24 شهراً، وهو ما يؤدي إلى حدوث تأخيرات.
- أعمال القبول والشراء المطولة تستخدم السلطات المحلية عمليات شراء مطولة تستمر من 6 إلى 18 شهراً المنح موردي الخدمات اللاسلكية الحقوق الحصرية لنشر معدات الخلايا الصغيرة في مرافق الشوارع وهو ما يستنزف الوقت والنفقات.
- مكوس ورسوم مرتفعة للنفاذ إلى مرافق الشوارع تحصل السلطات المحلية حالياً رسوماً مرتفعة مقابل استخدام مرافق الشوارع وطبقاً للمعهد الأمريكي للمستهلكين تفرض إحدى المدن رسماً لتقديم الطلب الإلحاق معدات خلايا صغيرة بأحد أعمدة المرافق مقداره 30000 دولار أمريكي، فيما يفرض موقع آخر رسماً مقداره 45000 دولار أمريكي.
- التعرض البشري للمجالات الكهرومغناطيسية للترددات الراديوية (EMF): تختلف حدود التعرض من بلد الآخر وتكون في بعض الحالات مقيدة بلا مبرر. ويوصي الاتحاد، أنه في حالة عدم وجود هذه الحدود أو إذا كانت لا تغطي الترددات المعنية، ينبغي حينها استعمال حدود ICNIRP اللجنة الدولية للحماية من الإشعاع غير المؤين). وعند إضافة هو الي جديد، ينبغي اتخاذ جميع الخطوات

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

الاعتيادية أثناء مرحلة النشر المواجهة أي شواغل عامة. ومن العوامل التي تسبب قلق الجمهور رؤية الهوائي، خاصة في قمة الأسطح، ويمكن هنا استعمال هوائي متعدد النطاقات للحد من الأثر المرئي للحفاظ على نفس العدد من الهوائيات أعلى السطح. وبدون وجود استراتيجية لإعادة توزيع الطيف والتكنولوجيا، فإن شبكة الجيل الخامس ستزيد من التعرض المحلي الناجم عن التكنولوجيات اللاسلكية، أثناء الفترة الانتقالية، على أقل تقدير. ومن هنا، فإن من المهم إشراك السلطات المحلية في مرحلة مبكرة في تحديد الكيفية التي يمكن بها نشر تكنولوجيا الجيل الخامس وتفعيلها.

وأفضل طريقة لتقييم الامتثال للحدود الوطنية والوفاء بها. وقد ثبت صعوبة تحقيق ذلك في البلدان التي تكون فيها حدود التعرض أكثر تقييداً من تلك الموصي بها من منظمة الصحة العالمية، استناداً إلى المبادئ التوجيهية للتعرض للمجالات الكهرومغناطيسية للترددات الراديوية للجنة ICNIRP.

النفاذ وقوى القانون: قد لا يكون لمشغلي اللاسلكي الحق في تركيب خلايا صغيرة أو أجهزة راديوية على مرافق الشوارع مثل أعمدة الإنارة. وفي المملكة المتحدة، على سبيل المثال، حدث القانون للتغلب على هذه القيود، ولكن بصورة غير ملزمة، مما يعني أن آثاره قد تكون قابلة للنقاش.

ويحول الكثير من هذه القواعد واللوائح الوطنية دون النشر السريع والفعال من حيث التكلفة للخلايا الصغيرة في مراكز المدن المتوقع أساساً أن تكون الأكثر طلباً لتكنولوجيا الجيل الخامس ويعمل واضعو السياسات التي توفر عمليات تنظيمية مبسطة ومرنة على الاستفادة القصوى من الابتكار والنمو الاقتصادي المتحقق من تكنولوجيا الجيل الخامس. [12]

### 2.3.2 التحديات الأمنية في تجزئة تقسيم الشبكة

يعد تقسيم الشبكة باستخدام تقسيم للبنية التحتية والموارد منفتحا على مجموعة متنوعة من الثغرات الأمنية في تكنولوجيا (5G) أيضاً مشاركة الموارد بين شرائح الشبكة تنشئ ثغرات أمنية مع وجود بنية أساسية مشتركة، يتم تصميم الشرائح لتحتوي على بروتوكولات أمنية مختلفة بهدف تحسين الأداء، ومع ذلك هذا قد يخلق ثغرات إذا كانت الشرائح الأخرى على نفس الشبكة تشترك في نفس البروتوكولات الأمنية في هذه الحالة يمكن استغلال البروتوكولات القابلة للتعديل على أساس الشريحة مما يشكل تهديدا لبقية الشرائح لذلك من الضروري أخذ بروتوكولات الأمان في الاعتبار بين الشرائح المختلفة عند التعامل مع المخاوف المتعلقة بمشاركة الموارد.

المشاركة البنية التحتية مزايا كبيرة في تقليل التكلفة واستهلاك الموارد ومع ذلك فإن هذه المشاركة تخلق تحديات في تأمين شبكات (5G) والتخفيف من المخاطر المرتبطة ببنية تقسيم الشبكة.

تصنيفات الثغرات الأمنية المتعلقة بتقسيم الشبكة في تكنولوجيا (5G) في إنشاء مخاوف جديدة تتطلب معالجة دقيقة وتتمثل هذه المخاوف الأمنية في ثلاثة أنواع رئيسية من الثغرات الأمنية نستعرضها في هذا المقال مع أهم التوصيات للتغلب عليها:[13]

- تحديات أمن دورة الحياة الشريحة (Life-cycle Security)
- تحديات أمن داخل الشريحة الواحدة (Intra-slice Security)
- تحديات أمن بين الشرائح المختلفة (Inter-slice Security)

**وتشمل بعض التحديات الرئيسية لشبكات الجيل الخامس ما يلي:**

1. تكاليف البنية التحتية: يتطلب نشر شبكات الجيل الخامس استثمارات كبيرة في بنية تحتية جديدة، مثل محطات البث وشبكات الألياف الضوئية. وقد يمثل هذا تحديًا كبيرًا لمشغلي الشبكات، لا سيما في المناطق ذات الكثافة السكانية المنخفضة.

2. توفر الطيف الترددي: تتطلب شبكات الجيل الخامس كمية كبيرة من الطيف الترددي لتوفير معدلات بيانات عالية وزمن استجابة منخفض. ومع ذلك، فإن توفر الطيف الترددي محدود، وقد يكون هناك تنافس بين مختلف القطاعات والخدمات للوصول إليه.

---

[12] براهيما سانو (2018) التمهيد لتكنولوجيا الجيل الخامس :(G5 (الفرص والتحديات)، الاتحاد الدولي للاتصالات، ص ص 20- 21.

[13] فدوى فريد الشيخ واخرون (2025) مرجع سابق ص ص13 .

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

3. الأمن: تُعد شبكات الجيل الخامس عرضة لأنواع مختلفة من التهديدات الإلكترونية، مثل الاختراق وانتهاكات البيانات. وقد يمثل هذا تحديًا كبيرًا لمشغلي الشبكات والجهات المعنية الأخرى، الذين يحتاجون إلى ضمان أمن الشبكات وحمايتها من الهجمات.
4. قابلية التشغيل البيني: يتطلب نشر شبكات الجيل الخامس التعاون وقابلية التشغيل البيني بين مختلف الجهات المعنية، مثل مشغلي الشبكات والموردين والهيئات التنظيمية. مع ذلك، قد توجد اختلافات في المعايير التقنية ونماذج الأعمال والأطر التنظيمية، مما قد يُعيق قابلية التشغيل البيني.
5. استهلاك الطاقة: تتطلب شبكات الجيل الخامس كمية كبيرة من الطاقة لتشغيل بنيتها التحتية، مما قد يُؤثر سلبًا على البيئة ويزيد من تكاليف التشغيل.[14]

## دور المحاكاة في تحسين جودة الخدمة في شبكات G5

### 3.1 المطلب الاول : مفهوم المحاكاة وأهميتها في شبكات الاتصالات

يقوم مفهوم محاكاة شبكات الحاسوب على أساس، نمذجة شبكات الحاسوب الحقيقية على شاشة حاسوب باستخدام برنامج حاسوب مخصص لهذا الغرض. ويقصد بشبكات الحاسوب الحقيقية الشبكات المنفذة مسبقاً على أرض الواقع، أو الشبكات التي يخطط لتنفيذها في المستقبل. عملية النمذجة هذه أو المحاكاة هي عملية قليلة التكلفة إذا ما قيست بتكاليف تنفيذ الشبكة على أرض الواقع دون الدراسة المسبقة، أخذين بعين الاعتبار، كل التجارب التي قد تتم، والقطع والمعدات التي قد يتم تغيرها وربما لأكثر من مرة لحين الوصول إلى الهدف.

وهنالك هدفان أساسيان من استخدام برامج المحاكاة هما:[15]

أولاً: البحث العلمي، فعلى سبيل المثال، دراسة المعايير العالمية IEEE Standards لشبكات الحاسوب اللاسلكية وسبل تطويرها وكل ما يتعلق بها.

ثانياً: الأغراض التجارية، حيث أن التغيرات التي نرغب بإجرائها على شبكتنا الحقيقية هي تغيرات مكلفة، والأخطاء البسيطة قد تؤدي إلى تكاليف باهظة، وأنه بالإمكان دراسة تنفيذ الشبكة حتى قبل أن يتم تنفيذها على أرض الواقع. تُعرف المحاكاة في شبكات الاتصالات بأنها عملية تمثيل نموذج افتراضي للشبكات الحقيقية باستخدام برامج حاسوبية متخصصة، بهدف دراسة سلوك الشبكة وتحليل أدائها في بيئات مختلفة دون الحاجة إلى تنفيذها فعلياً. وتُعد المحاكاة أداة أساسية في مجال تصميم الشبكات الحديثة، حيث تتيح اختبار السيناريوهات

وتكتسب المحاكاة أهمية خاصة في شبكات الجيل الخامس (5G) نظراً لتعقيد هذه الشبكات وتعدد مكوناتها، حيث تشمل تقنيات متقدمة مثل تقسيم الشبكة (Network Slicing) والاتصالات فائقة الموثوقية منخفضة الكمون .(URLLC) ومن خلال المحاكاة، يمكن تحليل تأثير هذه التقنيات على أداء الشبكة، ودراسة سلوكها في حالات الضغط العالي أو الكثافة الكبيرة للمستخدمين، مما يساعد في تحسين إدارة الموارد وضمان تحقيق متطلبات جودة الخدمة(QoS) .

كما تُستخدم أدوات المحاكاة لقياس مؤشرات الأداء الرئيسية في شبكات G5، مثل زمن التأخير (Latency)، ومعدل نقل البيانات (Throughput)، وفقد الحزم(Packet Loss) ، حيث تتيح هذه المؤشرات تقييم كفاءة الشبكة وتحديد نقاط الضعف أو الاختناقات المحتملة. ويساعد ذلك الباحثين والمهندسين في تطوير خوارزميات فعالة لتحسين توزيع الموارد وجدولة البيانات بما يحقق أداءً أفضل للشبكة. [16]

---

[14] Vinay Sah (2024) Challenges and Opportunities of 5G Network: A Review of Research and Development, American Journal of Electrical and Computer Engineering, Vol. 8, No. 1, p14 .

[15] محمد هلالي عيسى (2018) تقييم أداء الشبكات اللاسلكية الموسعة WiMAXالثابتة والمتحركة، الجمهورية العربية السورية، وزارة التعليم العالي، الجامعة الافتراضية السورية، ص53.

[16] Popovski, P., Stefanovic, C. (2018)..,. *Ultra-reliable low-latency communications (URLLC): Principles and applications*. IEEE Communications Magazine, 56(12),p p 14: 18.

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

توفر المحاكاة بيئة مرنة وآمنة لاختبار التقنيات الحديثة مثل الذكاء الاصطناعي في إدارة الشبكات، حيث يمكن استخدام نماذج التعلم الآلي لتحليل بيانات الشبكة والتنبؤ بالأحمال المستقبلية وتحسين جودة الخدمة بشكل ديناميكي. كما تساهم المحاكاة في تقليل الاعتماد على التجارب الميدانية المكلفة، مما يجعلها خطوة أساسية في تطوير شبكات G 5وتحسين أدائها قبل التطبيق الفعلي .

### 3.1.1 دمج الذكاء الاصطناعي والمحاكاة في منظومة شبكات الجيل الخامس(5G)

تتسابق الشركات العاملة في مجال الشبكات اليوم إلى تقديم **الذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة (AI/ML)** كجزء أساسي من ابتكاراتها؛ والهدف من ذلك هو استمثال عمليات الشبكة، وزيادة كفاءة الطاقة، وتقليص التكاليف. ومع القفزة الهائلة التي تمثلها شبكات الجيل الخامس (5G) في تلبية احتياجات قطاعات الصناعة المتنوعة، تزداد هذه الشبكات دقة وتعقيداً، مما يجعل الذكاء الاصطناعي أداة جوهرية لإدارة هذا التعقيد، مدعوماً بمعايير وتوصيات مثل **ITU-T Y.3172**التي توفر مجموعة أدوات متنوعة لدمج تقنيات الذكاء الاصطناعي بما يتوافق مع تطور الشبكة.

وفي هذا السياق المتطور، تبرز **أهمية المحاكاة الرقمية (Simulation)** كركيزة متممة لا غنى عنها؛ حيث توفر البيئة الافتراضية الآمنة لاختبار وتطبيق خوارزميات الذكاء الاصطناعي وإدارة تعقيدات الـ G5، ويتضح ذلك من خلال المحاور التالية[17]:

- **تقليل التكاليف الرأسمالية والتشغيلية :(CAPEX/OPEX)** تتيح المحاكاة للمهندسين دراسة واختبار تغطية الأبراج، وسعة نقل البيانات، وزمن الاستجابة افتراضياً قبل الشروع في شراء وبناء المعدات المادية، مما يضمن أعلى كفاءة تكلفة ممكنة بالتناغم مع أهداف الاستمثال الذكي.
- **اختبار تقطيع الشبكة :(Network Slicing)** تكمن قوة المحاكاة في قدرتها على نمذجة تقسيم الشبكة الافتراضية، وتقديم "شرائح" مخصصة وتلبية متطلبات التطبيقات الحرجة (كالمركبات ذاتية القيادة أو الجراحات عن بُعد) دون أي تداخل، وهو ما يدعم الذكاء الاصطناعي في إدارة هندسة هذه الشبكات المعقدة.
- **أمان الشبكة :**توفر المحاكاة بيئة معزولة وآمنة لتقييم الثغرات الأمنية المحتملة والتصدي للهجمات السيبرانية على بنية الشبكة التحتية، مما يسمح بنمذجة حلول أمنية ذكية ومقاومة للتهديدات قبل تفعيلها على أرض الواقع.
- **التخطيط والتطوير المستمر :**تساهم المحاكاة بشكل مباشر في الدمج السلس لتقنيات الذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة لإدارة الموارد الراديوية ديناميكياً، مما يضع حجر الأساس لتطوير أجيال الشبكة المستقبلية واستباق تحدياتها.

**جدول 2 :** المحاكاة في شبكات الجيل الخامس (G5)

| العنصر الرئيسي | النقاط الفرعية |
|---|---|
| **المحاكاة في شبكات الجيل الخامس(5G)** | المركز الرئيسي لكل الفروع |
| **مفهوم المحاكاة** | -نمذجة الشبكات افتراضياً - بدون تنفيذ فعلي<br>- تحليل الأداء - استخدام برامج حاسوبية |
| **أهمية المحاكاة** | -تقليل التكاليف- تقليل المخاطر- تحسين جودة الخدمة -(QoS) دعم اتخاذ القرار |
| **تطبيقات المحاكاة في G5** | -تحليل أداء الشبكة- اختبار الازدحام- قياس QoS: Latency, Throughput, Packet Loss- Network Slicing |
| **أدوات المحاكاة** | NS-3- MATLAB- OMNeT++ Simu5G- OPNET |

[17] هولين جاو (2020) الذكاء الاصطناعي والتعلم الالي في شبكات الجيل الخامس -(G5 (مسابقة الاتحاد الدولي للاتصالات لعام (2020)، ITU MAGAZINE News، No. 5، ص 7، 8.

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

| | |
|---|---|
| **فوائد المحاكاة** | -تحسينQoS -تقليل زمن التأخير<br>- تحسين الموثوقية - تحسين إدارة الموارد |
| **العلاقة معQoS** | -تقليل Latency تحسينThroughput<br>تقليل Packet Loss رفع استقرار الشبكة |

### 3.2 المطلب الثاني: أدوات وتقنيات المحاكاة المستخدمة في شبكات G5

يُعد دعم الاتصالات فائقة الموثوقية ومنخفضة زمن الاستجابة (URLLC) أمرًا بالغ الأهمية في القطاعات التي تشهد مستويات متزايدة ، مثل التصنيع والنقل. تتضمن تقنية الجيل الخامس واجهة NR تُعرّف آليات وتقنيات جديدة لتقليل تأثير آليات الطبقة الفيزيائية (PHY) وطبقة التحكم في الوصول إلى الوسائط (MAC) على زمن استجابة الاتصال .

على مستوى الطبقة الفيزيائية، تُعرّف NR بنية إطار أكثر مرونة، واستخدام ترقيم مرن يسمح باستخدام فترات إرسال أقصر (بين 1 و0.0625 مللي ثانية)، وإمكانية استخدام فترات زمنية مصغرة. أما على مستوى طبقة التحكم في الوصول إلى الوسائط، فإن آلية الجدولة تُعد من الآليات التي تُسهم بشكل كبير في زمن استجابة الاتصال. لتقليل التأخير، تُقدّم تقنية الجيل الخامس NR أنظمة جدولة شبه ثابتة (تُعرف بالجدولة غير المعتمدة على المنح)، بالإضافة إلى الجدولة الديناميكية، التي تُخصّص الموارد مسبقًا للمستخدمين وتُلغي الحاجة إلى طلب وتخصيص الموارد عند إرسال كل حزمة بيانات.

يُعدّ توفّر أدوات المحاكاة التي تُحاكي بدقة الآليات والتقنيات الجديدة المُدمجة في تقنية الجيل الخامس NR أمرًا أساسيًا للبحث والتقييم في المقترحات والتحسينات الجديدة لتلبية متطلبات الاتصال للخدمات الناشئة.

في هذا السياق، يُمكن العثور في الأدبيات على أدوات محاكاة مُختلفة طُوّرت لهذا الغرض. على سبيل المثال تم تطوير أدوات البرمجيات اللازمة لتقييم الاتصال الأساسي لـ de بشبكة الجيل الخامس.

مع ذلك، هذه الأدوات غير متاحة لمجتمع البحث. تُشكّل أدوات المحاكاة المفتوحة خيارات مثيرة للاهتمام لأنها تُجمّع جهود مجتمع البحث لتطوير بيئات محاكاة قوية ودقيقة. يُعدّ كلٌّ من OMNET++ و ns-3 محاكاة شبكات الأحداث المنفصلة، وهما محاكيان قويان مفتوحا المصدر للشبكات، ويُقدّمان وحداتٍ لمحاكاة شبكات الجيل الخامس NR. في حالة OMNET++، يُحاكي برنامج Sima5 الخصائص المختلفة لشبكات الجيل الخامس NR، مثل تجميع الموجات الحاملة، وأنواع الترقيم المختلفة، وتقنية ازدواج تقسيم التردد.

من ناحية أخرى، يتضمن برنامج ns-3 وحدة محاكاة شبكات G-LTE-EPC5 قابلة للتوصيل (وحدة SG-LI [7]) لمحاكاة شبكات الجيل الخامس. تُنفذ G-LENA5 ميزات G NR5 على مستوى طبقتي PHY وMAC، وتُتيح تكوينات مختلفة لهياكل إطارات NR من خلال ترقيمات متعددة، وعمليات عبر أجزاء نطاق متعددة (BWP)، أو جدولة ديناميكية لعمليات الإرسال والاستقبال. تُعدّ كلتا المحاكاتين قويتين للغاية، وتُوفران مزايا هامة لدراسة وتقييم شبكات الجيل الخامس. مع ذلك، وحسب علم الباحثين، لا تُنفذ أي منهما خاصية منح التكوين، وهي آلية أساسية لدراسة اتصالات URLLC.

ولقد تم استخدام محاكي SG-LENA كأداة لدعم وتقييم بحثنا حول تنفيذ شبكات الجيل الخامس وما بعده لتلبية متطلبات الاتصال لتطبيقات الصناعة الحيوية. اخترنا G-LENA5 لأنه كان محاكي G NR5 الوحيد المتاح عند بدء هذا البحث (صدر Simu5G بعد G-LENA5). [18]

ولتحقيق هذه الغاية، من الضروري لتنفيذ جدولة شبه ثابتة، تُعد أداة المحاكاة ضرورية لدعم تطبيقات الاتصالات فائقة الموثوقية ومنخفضة زمن الوصول (URLLC).

[18]Ana Larrañaga, M. Carmen Lucas-Estan (2018) "ITIF and Communication Systems Are Merian Technology Research, The 5th International Conference on Emerging Data and Industry 4.0, Porto, Portugal, ELSEVIER, ScienceDirect, P496.

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

**أولاً: برمجيات ومحاكات شبكات الجيل الخامس (5G Simulators) :[19]**

- برنامج المحاكاة:NYUSIM
  - أداة متقدمة طُوِّرت بناءً على قياسات واقعية لقنوات الـ 5 Gوالموجات المليمترية (mm Wave) في نطاق ترددات من 2 إلى 73 جيجا هرتز.
  - يوفر نماذج إحصائية كاملة مصحوبة بشفرة محاكاة بلغة (MATLAB) لنمذجة نبضات القنوات واسعة النطاق المكانية والواقعية.
  - يدعم نمذجة التناسق المكاني، وحجب الأشخاص، وفقدان الاختراق بين الأماكن الخارجية والداخلية.(O2I)
- محاكي Vienna LTE SL ومحاكات: ( LTE-Sim)
  - محاكات متطورة أُعيد توسيع نطاقها لتدعم شبكات الجيل الخامس والهجينة (System-Link Level).
  - تُستخدم لمحاكاة استراتيجيات تحميل الوصلة الصاعدة والوصلة الهابطة، تنقل المستخدم، وتطبيقات بث الفيديو عالي الوضوح عبر دمج خوادم فيديو مع المحاكي.
- النظام القائم على الشبكة الاحتمالية:(PSE - Probabilistic Grid-Based System)
  - نظام دعم طُوِّر لتقليل أوقات التشغيل وزيادة كفاءة معالجة البيانات في محاكات 5gعند زيادة عدد الخلايا والحزم والمستخدمين.

**ثانياً: نماذج القنوات اللاسلكية (Channel Models)**

تنقسم تقنيات نمذجة القنوات في بيئة المحاكاة إلى فئتين رئيسيتين:

1. النماذج الحتمية (Deterministic Models)

– تعتمد على مسارات التتبع (Ray Tracing) لحساب التأخير والمعلمات الشبكية الأخرى باستخدام المعلومات الجغرافية الدقيقة للموقع.

2. النماذج العشوائية المقيدة بالقياسات(CSCM / GSCM)

– تُحسب معالمها بناءً على نماذج بارا مترية ودوال كثافة الاحتمالية الناتجة عن التحليل الإحصائي لحملات قياس مكثفة، وتندرج تحتها مجموعة نماذج Winner وبدائلها :وتشمل نموذج القناة المكانية 3GPP (SCM)، النموذج الموسع(SCME) ، ونماذج Winner II (WIM2 و(WIM+ ، ونموذج Qualia.تعتمد على تعريف المشتتات بناءً على زوايا المغادرة والوصول.

– نموذج :COST يحدد المواضع الفيزيائية الدقيقة للمشتتات في المحاكاة.

– أحدث نموذج لقناة (3 GPPمثل 3 :(GPP TR38.901امتداد ثلاثي الأبعاد (3D) يدعم نطاق ترددات واسع جداً (15-400 جيجاهرتز) وعرض نطاق ترددي كبير يصل إلى 10% من عرض النطاق الترددي التلقائي، ويدعم محاكاة قنوات MIMO الضخمة.(Massive MIMO)

**ثالثاً: تقنيات وآليات المحاكاة الرياضية والحسابية**

- محاكاة مونت كارلو المتوازية:(Parallel Monte Carlo Simulation)

تقنية تُستخدم لإجراء عدد كبير جداً من التدفقات (Drops) للحفاظ على الترابط الإحصائي، وتُنفذ بالتوازي عبر بنية تحتية شبكية (Task Farms) لتقليل وقت المحاكاة الحرج.

- محاكاة مستوى الوصلة ومستوى النظام الهجينة (Hybrid System-Link Level Simulation): تقنية متقدمة تدمج محاكاة مستوى النظام (Evaluating broad network) مع مستوى الوصلة (Link Level) لمعالجة التعقيد الحسابي الإجمالي دون الفصل بينهما، واستخراج منحنيات.(BER vs SINR)

---

[19] Panagiotis K. Gkonis, Panagiotis T. Trakadas(2020) A Comprehensive Study on Simulation Techniques for 5G Networks: State of the Art Results, Analysis, and Future Challenges, General Department, National and Kapodistrian University of Athens P P 4:7

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

- مولد المتغيرات العشوائية:(Random Variable Generator) أداة رياضية داخل المحاكي تُستخدم لحساب المعلمات المرتبطة بالقناة مثل: معامل التأخير، الانتشار الزاوي، معامل بينانK ، وتلاشي الظل.(Shadow Fading)
- طريقة الأسطح متعددة :(Multi-Option Surfaces)تقنية حسابية اعتُمدت لتحديث المعلمات صغيرة النطاق (Small-scale parameters) في إجراء التناسق المكاني داخل المحاكي.

**رابعاً: حالات الاستخدام والسيناريوهات المخبرية في المحاكاة**

تُستخدم الأدوات السابقة لمحاكاة ديناميكيات شبكة 5G المعقدة مثل:

- اتصالات الأجهزة الطرفية والطائرات بدون طيار :(UAV / D2D) محاكاة تأثير كسب الرياح، تقلبات الطائرة، وزاوية الانحدار على مسارات البيانات ومستوى التغطية بترددات مثل 28 جيجا هرتز.
- تكوين الشبكة الديناميكي :محاكاة استبدال المواقع الثابتة (115 موقعاً) بعقد ترحيل وسيطة ديناميكية لضمان الحد الأدنى من جودة الخدمة.(QoS)
- محاكاة قنوات الاتصالات المتخصصة :مثل الاتصالات بين المركبات(V2V) ، والقطارات فائقة السرعة(HST) ، وأنظمة MIMO الضخمة.

## 3.3 المطلب الثالث: دور المحاكاة في تحسين جودة الخدمة(QoS)

تعد الثقة بجودة شبكات الاتصالات الحديثة عاملاً هاماً في نجاح أي تقنية أو خدمة اتصالات، سواءً من الناحية التقنية أو التسويقية. تركز معظم المناهج التقنية لمعالجة هذه المشكلة على أمن الشبكة فقط، ولا تشمل جانباً مهماً مثل جودة الخدمة (QoS)، التي تلعب بدورها دوراً هاماً في بناء الثقة، سواءً من جانب المستهلكين أو الجهات التنظيمية. تكمن الثقة في شبكات الجيل الخامس (G5) في تحديد متطلبات جودة الخدمة وإدارتها. في هذا العمل، طُبقت إحدى التقنيات المستخدمة لتحسين جودة الخدمة في شبكات الجيل الخامس، وهي الشبكات المعرفة بالبرمجيات (SDN). واختير برنامج MATLAB كبيئة محاكاة لهذه التقنية لضمان نقل كميات كبيرة من البيانات مع تأخير ضئيل ونطاق ترددي واسع وإنتاجية عالية، وهو ما لوحظ في النتائج. وتركز إلى حد كبير الاساليب الجديدة لهذه المشكلة فقط على امان الشبكة ولا تتضمن جانبا مثل جودة الخدمة، التي يرغب المستهلكون في الثقة، سواء من جانب المستهلكين أو من جانب المنظم. حيث تكمن الثقة في شبكات الجيل الخامس في مجالات تشكيل متطلبات جودة الخدمة وادارتها ومتطلباتها كما تلعب برامج المحاكاة (Simulation) دوراً حيوياً في تحسين جودة الخدمة (QoS) في شبكات الجيل الخامس(5G) ، من خلال توفير بيئة افتراضية لاختبار وتطوير التقنيات المتقدمة مثل تقطيع الشبكات (Network Slicing)والشبكات المعرفة بالبرمجيات .(SDN) تتيح هذه الأدوات للمهندسين تحليل أداء الشبكة، تقليل فترات التأخير، ورفع كفاءة تخصيص الموارد قبل النشر الفعلي. [20]

### 3.3.1 دور وتطبيقات المحاكاة في تحسين جودة الخدمة (QoS) لشبكات الجيل الخامس(5G) : [21]

تتميز شبكات الجيل الخامس (5G) ببنيتها الخلوية المتقدمة وسرعاتها الهائلة التي تصل إلى 10 جيجابيت في الثانية، وقدرتها على ربط سيل من الأجهزة الحيوية حتى في أكثر المناطق ازدحاماً. ولضمان استقرار هذا النظام المعقد، تلعب المحاكاة الرقمية دوراً محورياً كبيراً في اختبار وتطبيق آليات تحسين جودة الخدمة (QoS)وإدارتها عبر التطبيقات التالية:

1. محاكاة واختبار مدير خدمة بروتوكول الإنترنت(IP-based QoS Manager)

[20] أسماء التوم داود (2022) تقييم جودة الخدمة في شبكات الجيل الخامس باستخدام الشبكات المعرفة بالبرمجيات، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا، ص1.

[21] Attique Ur Rehman, etal (2022) Enhancement in Quality-of-Services using 5G cellular network using resource reservation protocol, ScienceDirect, p1.

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

- تنفرد شبكات الجيل الخامس بوجود "مدير خدمة بروتوكول الإنترنت" المستقر في محطة الهاتف لإدارة جودة الخدمة.
- دور المحاكاة :تتيح برامج المحاكاة بيئة افتراضية لضبط جودة الخدمة على مستويات الخدمة المختلفة (بدءاً من وظيفة العقدة وصولاً إلى تنفيذ بروتوكول الإنترنت والمستويات المدمجة).
- يساعد ذلك المهندسين على اختبار آليات إدارة الـ QoS وتوقع سلوك تدفق البيانات قبل التشغيل الفعلي في المحطات الإذاعية.

**2.** الاستغلال الأمثل لسعة الإرسال وخفض التكاليف تُعد جودة الخدمة (QoS) الأداة الرئيسة للاستغلال الأمثل لسعة الإرسال، والتي تشكل العائق الأكبر أمام تحقيق وفورات مالية في شبكات G.5

- دور المحاكاة :من خلال النمذجة البرمجية، يمكن حساب التوزيع الأمثل للخلايا الصغيرة (Small Cells)وأجهزة MIMOالضخمة، مما يضمن الاستخدام الأقصى للسعات المتاحة بأقل تكلفة رأسية وتشغيلية ممكنة تماشياً مع معايير الـQoS.

3. محاكاة توجيه الحزم وديناميكية هوائياتMIMO تتميز وحدات MIMO بقدرتها على توجيه موجات الراديو والاتصال أثناء تحرك محاور الهواتف في اتجاهات محددة.(Beam forming)

- دور المحاكاة :تُستخدم أدوات المحاكاة لابتكار واختبار خوارزميات اختيار المسارات الذكية؛ حيث يركز المحاكي على توجيه حركة البيانات عبر المسارات التي تضم أكبر عدد من أجهزة MIMO والخلايا الصغيرة، مما يؤدي مباشرة إلى رفع معدل معالجة البيانات وسعة الإرسال المتاحة وتلبية متطلبات الحالات الحاسمة للسرعات.

4. إدارة حركة البيانات في الوقت الفعلي(Real-Time Traffic Optimization)

يتطلب الحفاظ على مؤشرات جودة الخدمة (QoS) استراتيجيات مرنة للتعامل مع ضغط الشبكة المفاجئ.

- دور المحاكاة :تساهم المحاكاة في دراسة وتطوير آليات التوازن بين نقل البيانات الفوري(Real-Time)ونقل البيانات غير الفوري في الوقت الفعلي، مما يضمن جدولة ذكية للموارد الراديوية تمنع اختناق الشبكة وتضمن استمرار جودة الخدمة المرجوة لكافة المستخدمين. [22]

### 4.1 منهجية الدراسة

**اولًا: منهج الدراسة**

تم الاعتماد على المنهج الوصفي التحليلي لوصف خصائص شبكات 5 Gوتحليل جودة الخدمة.(QoS) يساعد هذا المنهج في تفسير العلاقات بين المتغيرات مثل التأخير ومعدل نقل البيانات.

**ثانيًا: أدوات الدراسة**

تم استخدام برامج محاكاة مثل MATLAB و NS-3و OMNeT++لتحليل أداء الشبكة. تتيح هذه الأدوات اختبار سيناريوهات مختلفة وقياس مؤشرات جودة الخدمة بدقة.

**ثالثًا: مصادر البيانات**

المصادر الثانوية وتشمل الكتب العلمية، الأبحاث الأكاديمية، التقارير الدولية، والدراسات السابقة العربية والأجنبية .

**رابعًا: أساليب التحليل**

تحليل نتائج المحاكاة ومقارنة أداء الشبكة تحت سيناريوهات مختلفة .

[22] Attique Ur Rehman, etal (2022) Enhancement in Quality-of-Services using 5G cellular network using resource reservation protocol, ScienceDirect, p1.

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

**خامسًا: هدف المنهجية**

تحسين جودة الخدمة في شبكات 5Gمن خلال تحليل الأداء واقتراح حلول مناسبة.

**سادسًا: حدود الدراسة**

- **المجال الموضوعي :**جودة الخدمة (QoS) في شبكات الجيل الخامس .(5G)
- **المجال المكاني :**بيئة افتراضية .(Simulation Environment) .
- **المجال الزمني :**خلال العام الدراسي 2025–2026 .

**نتائج الدراسة:**

**5.1 نتائج البحث**

1. تمثل جودة الخدمة (QoS) عاملاً أساسياً في بناء الثقة في شبكات الجيل الخامس.(5G)
2. لا يقتصر نجاح شبكات 5 Gعلى الأمان فقط، بل يعتمد بشكل كبير على كفاءة وجودة الأداء.
3. تختلف متطلبات جودة الخدمة باختلاف نماذج الاستخدام مثل xMBB)، mMTC، URLLC).
4. تسهم تقنيات محاكاة وظائف الشبكة (NFV) في تحسين إدارة موارد الشبكة وزيادة مرونتها.
5. تساعد الإدارة الديناميكية للطيف الترددي على تحسين استغلال الموارد المتاحة.
6. يؤدي الاعتماد على معايير QoS في إدارة الشبكة إلى تحسين الأداء العام وزيادة الكفاءة.
7. تعزز جودة الخدمة المرتفعة من قدرة الشبكة على تلبية متطلبات المستخدمين في مختلف البيئات.

**توصيات الدراسة:**

**6.1 التوصيات**

1. ضرورة الاعتماد على تقنيات المحاكاة بشكل أوسع قبل تنفيذ شبكات الجيل الخامس، لما لها من دور في تقليل التكاليف وتحسين كفاءة الأداء.
2. تطوير خوارزميات متقدمة لإدارة الموارد داخل شبكات 5 Gبما يسهم في تحسين جودة الخدمة وتقليل زمن التأخير.
3. تعزيز استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي في تحليل بيانات الشبكة والتنبؤ بالأحمال المستقبلية.
4. العمل على تحسين آليات جدولة الموارد بما يضمن تحقيق التوازن بين السرعة والموثوقية وكفاءة النقل.
5. الاهتمام بتطبيق تقنيات تقسيم الشبكة (Network Slicing) بما يتناسب مع متطلبات التطبيقات المختلفة.
6. تطوير آليات فعالة لإدارة الطيف الترددي بشكل ديناميكي لتحسين استغلال الموارد المتاحة.
7. تعزيز الجوانب الأمنية داخل الشبكات لضمان حماية البيانات مع الحفاظ على جودة الخدمة.
8. إجراء المزيد من الدراسات التطبيقية التي تربط بين نتائج المحاكاة والتطبيق الفعلي في بيئات شبكات حقيقية.
9. العمل على تحسين تكامل شبكات 5 Gمع التقنيات الحديثة مثل إنترنت الأشياء (IoT) والشبكات الحساسة للزمن.(TSN)
10. تشجيع التعاون بين الباحثين والمؤسسات الصناعية لتطوير حلول عملية قابلة للتطبيق في شبكات المستقبل.

---

**المراجع**


[1] الاتحاد الدولي للاتصالات .(2019) .*جوانب جودة الخدمة وجودة التجربة في الخدمات المالية الرقمية: توصيات السلسلة الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات* .قطاع تقييس الاتصالات.

[2] الاتحاد الدولي للاتصالات .(2025) .*استراتيجيات وسياسات نشر النطاق العريض في البلدان النامية: التقرير النهائي لنواتج المسألة 1/1 لقطاع تنمية الاتصالات من أجل فترة الدراسة 2022-2025.*


 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

[3] أسماء التوم داود .(2022) *تقييم جودة الخدمة في شبكات الجيل الخامس باستخدام الشبكات المعرفة بالبرمجيات* [رسالة ماجستير غير منشورة]. جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا.
[4] براهيما سانو .(2018) *التمهيد لتكنولوجيا الجيل الخامس :(5G) الفرص والتحديات* .الاتحاد الدولي للاتصالات.
[5] بلقيدوم صباح .(2013) *أثر تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الحديثة (NTIC) على التسيير الاستراتيجي للمؤسسات الاقتصادية* [أطروحة دكتوراه، جامعة قسنطينة]. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، الجزائر.
[6] فدوى فريد الشيخ، وآخرون. (2025). تحديات الأمن في تقطيع شبكات الجيل الخامس .(5G) *المجلة الدولية للعلوم والتقنية*، المجلد 1، العدد 37، الصفحات 6-7.
[7] محمد الخضر، ورانية المجني .(2019) *تسويق الخدمات* .منشورات الجامعة الافتراضية السورية.
[8] محمد حسن محمد أبو قطة .(2024) *تطبيقات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات بمؤسسات التعليم قبل الجامعي في جمهورية كوريا الجنوبية: دراسة حالة وإمكانية الإفادة منها في جمهورية مصر العربية* .أطروحة دكتوراه، جامعة كفر الشيخ.
[9] محمد هلالي عيسى .(2018) *تقييم أداء الشبكات اللاسلكية الموسعة WiMAX الثابتة والمتحركة* . وزارة التعليم العالي، الجامعة الافتراضية السورية.
[10] محمود جاسم، وآخرون .(2010) *تسويق الخدمات* (ط. 1). دار المسيرة للنشر والتوزيع.
[11] نعيم عبد الكريم الطراونة .(2011) *أثر أبعاد جودة الخدمات الإلكترونية في تحقيق الرضا لدى ممثلي المنشآت الخاضعة للضمان الاجتماعي (الأردني)* .رسالة ماجستير، جامعة الشرق الأوسط.
[12] هاني حامد الضمور .(2008) *تسويق الخدمات* .دار وائل للنشر والتوزيع.
[13] هولين جاو. (2020). الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي في شبكات الجيل الخامس .(5G) *ITU News Magazine*، العدد 5، الصفحات 7-8.
[14] Ana Larrañaga, & M. Carmen Lucas-Estan. (2018). Information and communication systems are median technology research. *The 5th International Conference on Emerging Data and Industry 4.0*, Porto, Portugal, Elsevier, ScienceDirect, 496.
[15] Attique Ur Rehman, et al. (2022). Enhancement in quality-of-services using 5G cellular network using resource reservation protocol. *ScienceDirect*, 1.
[16] ITU-R. (2022). *Future technology trends of terrestrial International Mobile Telecommunications systems towards 2030 and beyond*. Mobile, radio determination, amateur and related satellite services, Report ITU-R M, 8.
[17] Muayad Najm Abdulla. (2018). *Data Communication and Networking II*. Department of Network, College of IT, University of Babylon.
[18] Panagiotis K. Gkonis, & Panagiotis T. Trakadas. (2020). A comprehensive study on simulation techniques for 5G networks: State of the art results, analysis, and future challenges. *General Department, National and Kapodistrian University of Athens*, 4–7.
[19] Popovski, P., & Stefanovic, C. (2018). Ultra-reliable low-latency communications (URLLC): Principles and applications. *IEEE Communications Magazine*, 56(12), 14–18.
[20] Rubi Debnath, & Mustafa Selman Akinci. (2023). 5GTQ: QoS-Aware 5G-TSN simulation framework. *Conference Paper*, 979.

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

[21] Vinay Sah. (2024). Challenges and opportunities of 5G network: A review of research and development. *American Journal of Electrical and Computer Engineering*, 8(1), 14.

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions, and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of **AJHAS** and/or the editor(s). **AJHAS** and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content.

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).