Al-Farouk journal of sciences
Volume (2), Issue (3) (JUNE, 2026)
ISSN: 3135-2359

مجلة الفاروق للعلوم
المجلد (2) العدد 3 يونيو 2026
ردمد: 3135-2359

دور الذكاء الاصطناعي في التحول البنيوي للشبكات اللاسلكية الحديثة: من شبكات الجيل الخامس (G5) إلى الشبكات الأصلية للذكاء الاصطناعي في الجيل السادس (G6)

The Role of Artificial Intelligence in the Architectural Transformation of Modern Wireless Networks: From Fifth-Generation (5G) Systems to AI-Native Sixth-Generation (6G) Networks

أبوبكر العجيلي علي العياط — **محمود رمضان محمد حسن**

محاضر بقسم التقنيات الكهربائية الالكترونية — **محاضر بقسم التقنيات الكهربائية الالكترونية**

كلية العلوم والتقنية الرياينة _ ليبيا

Ali Alayiat Mr. Abubaker Alagile — **Mr. Mahamoud Ramadan Mohammed Hassn**

Communications Systems And Networks — **Communications And Electronics**

College of Sciences and Technology Al-Ryaina. Libya

alayatabobakr@gmail.com — **Mrm1984.2010@gmail.com**

ابوبكر خليفة محمد الموسي — **احمد ابراهيم ابوقشيشيطة**

Abubakir25my@gmail.com — **Ahmed.tt53my@gmail.com**

Higher Institute Of Science and Technology Zalten

المعهد العالي للعلوم والتقنية – زلطن

Mr. Abubakir K M Elmosi — **Mr. Ahmed Ibrahim Abugsheseta**

تاريخ الاستلام: 2026/04/21 تاريخ المراجعة 05/23/ 2026 تاريخ القبول:2026/06/07- تاريخ النشر: 06/30/ 2026

الملخص

يشهد قطاع الاتصالات اللاسلكية تحولًا معماريًا عميقًا لم يعد يقتصر على تحسين الأداء أو زيادة السعة، بل يمتد إلى إعادة تعريف منطق بناء الشبكات وتشغيلها وإدارتها. وفي هذا السياق، أصبح الذكاء الاصطناعي عنصرًا محوريًا في هذا التحول، حيث تتجه الشبكات الحديثة من أنظمة تعتمد على الضبط المسبق والقواعد التشغيلية الثابتة إلى أنظمة إدراكية قادرة على التعلم، التكيّف، التنبؤ، واتخاذ القرار الذاتي [1]، [5].

تهدف هذه الورقة إلى تحليل الدور البنيوي للذكاء الاصطناعي في إعادة تشكيل شبكات الاتصالات اللاسلكية الحديثة، مع التركيز على مسار الانتقال من شبكات الجيل الخامس (5G) المدعومة بالذكاء الاصطناعي إلى شبكات الجيل السادس (6G) الأصلية للذكاء الاصطناعي .(AI-Native Networks) وتناقش الدراسة مجموعة من الركائز التقنية الأساسية، تشمل الإدارة الذكية للطيف الترددي، التوجيه الشعاعي الذكي، إدارة الموارد والتقطيع الشبكي، والأمن السيبراني المعتمد على الذكاء الاصطناعي، إضافة إلى العلاقة المتزايدة بين الاتصالات، الاستشعار، والحوسبة الذكية [4]، [12].

كما توضح الورقة أن 5G-Advanced تمثل مرحلة انتقالية استراتيجية، حيث بدأت تطبيقات الذكاء الاصطناعي تدخل بشكل شبه معياري في بنية الشبكات، خاصة في مجال الوصول الراديوي وإدارة النماذج والتشغيل الذكي، وهو ما يعكس التوجه العالمي نحو شبكات تُبنى بمنطق "الذكاء الأصلي" بدلًا من "الذكاء الإضافي". وتخلص الدراسة إلى أن 6G لن تكون مجرد جيل أسرع من 5G ، بل ستجسد تحولًا جذريًا من شبكات قابلة للبرمجة إلى شبكات قابلة للتعلم والتطور الذاتي، بما يمهد لتطبيقات مستقبلية مثل التوأم الرقمي، الذكاء الفيزيائي، والاتصالات الدلالية.

الكلمات المفتاحية

الذكاء الاصطناعي، الجيل الخامس، الجيل السادس، الشبكات المعتمدة على الذكاء الاصطناعي، شبكة الوصول الراديوي، الذكاء الطرفي، تقطيع الشبكة إلى شرائح افتراضية، الاتصالات اللاسلكية، الشبكات الإدراكية، الأمن السيبراني.

Abstract

The wireless communications domain is undergoing a profound architectural transformation that extends beyond conventional performance enhancement and capacity expansion toward redefining how networks are designed, operated, and managed. In this context, artificial intelligence (AI) has emerged as a foundational enabler of this transformation, shifting modern wireless systems from static, rule-based operational paradigms toward cognitive, adaptive, predictive, and self-decision-making infrastructures [1]–[5].

This paper investigates the structural role of AI in reshaping contemporary wireless communication networks, with a particular focus on the transition from AI-assisted fifth-generation (5G) systems to AI-native sixth-generation (6G) networks. The study examines key technical pillars including intelligent spectrum management, edge intelligence, AI-driven beamforming, resource orchestration and network slicing, and AI-based cybersecurity, while also highlighting the growing convergence among communications, sensing, and intelligent computing [4]–[12].

The paper further argues that 5G-Advanced represents a strategic transitional stage in which AI capabilities are increasingly incorporated into standardized and operational network functions, especially within radio access, model lifecycle management, and intelligent automation. This evolution reflects a broader shift from "AI-enhanced networks" to "networks designed around native intelligence". The study concludes that 6G should not be viewed merely as a faster successor to 5G, but rather as a fundamental paradigm shift toward self-learning, self-evolving, and semantically aware communication infrastructures capable of supporting future applications such as digital twins, physical AI, and semantic communications.

Keywords

Artificial Intelligence, 5G, 6G, AI-Native Networks, AI-RAN, Edge Intelligence, Wireless Communications, Cognitive Networks, Cybersecurity, Network Automation.

1. المقدمة

لم يعد تطور الشبكات اللاسلكية الحديثة يُقاس فقط بمعدلات السرعة، أو كفاءة استخدام الطيف، بل أصبح مرتبطًا على نحو متزايد بقدرة الشبكة نفسها على **الفهم، التنبؤ، والتكيّف الذاتي**. فمع التوسع الكبير في تطبيقات إنترنت الأشياء، والواقع الممتد، والأنظمة المستقلة، والخدمات الحرجة زمنيًا، باتت الشبكات التقليدية غير قادرة على مواكبة التعقيد التشغيلي المتصاعد باستخدام منطق الإدارة التقليدية القائم على السياسات الثابتة والتدخل البشري المباشر [1] [4].

وقد أدى هذا الواقع إلى بروز الذكاء الاصطناعي بوصفه ليس مجرد أداة تحسين، بل **مكوّنًا بنيويًا جديدًا** في الشبكات اللاسلكية الحديثة. إذ أصبح الذكاء الاصطناعي يُستخدم على مستويات متعددة، بدءًا من الطبقة الفيزيائية، ومرورًا بإدارة الوصول

الراديوي، ووصولًا إلى طبقات التشغيل، التنبؤ، الأتمتة، وإدارة النماذج الذكية [5]–[11]. وتؤكد أعمال 3 GPP الحديثة أن الذكاء الاصطناعي بدأ ينتقل من مستوى "اختيار تنفيذي من الشركات" إلى مستوى "دعم معياري منظم" في NG-RAN وإدارة منظومة G5، خصوصًا مع تطورات الإصدارين Rel-18 و Rel-19
في هذا الإطار، مثلت شبكات الجيل الخامس (5G) منصة أولية مرنة لإدماج الذكاء الاصطناعي، بفضل ما وفرته من تقنيات مثل الحوسبة الطرفية، التقطيع الشبكي، الشبكات الافتراضية، والاعتماد الكبير على البرمجيات [8], [12]. إلا أن التوجه البحثي والتقني العالمي لم يعد يقف عند حدود "إدخال الذكاء الاصطناعي إلى 5G"، بل يتجه نحو تصور أكثر عمقًا يتمثل في بناء شبكات الجيل السادس (6G) باعتبارها **شبكات أصلية للذكاء الاصطناعي** (AI-Native Networks)، بحيث يكون الذكاء الاصطناعي جزءًا من منطق التصميم والتشغيل والضبط الذاتي للشبكة منذ البداية [2] [3] [13] [11].
وعليه، تسعى هذه الورقة إلى تقديم تحليل معمق للدور الذي يؤديه الذكاء الاصطناعي في التحول البنيوي للشبكات اللاسلكية الحديثة، مع توضيح الفروقات الجوهرية بين 5G و 6Gمن منظور معماري ووظيفي، وبيان كيف يُعاد تشكيل مفهوم "الشبكة" نفسه في عصر الذكاء الشبكي.

2. مشكلة البحث

تكمن المشكلة البحثية في أن البنية التقليدية لشبكات الاتصالات اللاسلكية لم تعد قادرة على استيعاب متطلبات البيئات الرقمية فائقة التعقيد، التي تتميز بكثافة اتصال مرتفعة، وتنوع كبير في الخدمات، وتفاوت حاد في متطلبات الجودة، الاعتمادية، والأمن [1], [4], [8]. كما أن تطبيقات المستقبل — مثل المركبات الذاتية، التوأم الرقمي، التحكم الصناعي الذكي، والاتصالات الدلالية — تتطلب شبكات قادرة على التفاعل الفوري، والتكيّف الذاتي المستمر [2] [13] [14].
وعلى الرغم من وجود عدد كبير من الدراسات التي تناولت الذكاء الاصطناعي في الشبكات اللاسلكية، إلا أن جزءًا كبيرًا منها تناول الذكاء الاصطناعي باعتباره **تقنية تحسين منفصلة**، لا باعتباره **مبدأً معماريًا يعيد تشكيل البنية الشبكية نفسها** .
ومن هنا تنبع الحاجة إلى دراسة هذا التحول ليس فقط من منظور التطبيقات، بل من منظور **التحول البنيوي والمعرفي للشبكات**.

➢ **سؤال البحث**

كيف يسهم الذكاء الاصطناعي في إعادة تشكيل البنية المعمارية والوظيفية للشبكات اللاسلكية الحديثة، وما طبيعة التحول من شبكات 5G المدعومة بالذكاء الاصطناعي إلى شبكات 6G الأصلية للذكاء الاصطناعي؟

➢ **الفرضيات**

تنطلق هذه الدراسة من فرضية مركزية مفادها أن:
القيمة الحقيقية للذكاء الاصطناعي في الاتصالات اللاسلكية لا تكمن في تحسين بعض وظائف الشبكة فحسب، بل في تحويل الشبكة ذاتها إلى كيان إدراكي قابل للتعلم والتطور الذاتي.

3. اهداف البحث

تهدف هذه الدراسة إلى:

1. تحليل الدور البنيوي للذكاء الاصطناعي في الشبكات اللاسلكية الحديثة .
2. تفسير التحول المعماري من 5G إلى 6G من منظور الذكاء الأصلي .(AI-Native Design)
3. استعراض أبرز التطبيقات التقنية للذكاء الاصطناعي عبر طبقات الشبكة المختلفة .
4. تقييم أثر الذكاء الاصطناعي على الكفاءة، الاعتمادية، الاستقلالية، والأمن .
5. إبراز دور 5G-Advanced بوصفها جسرًا تقنيًا وانتقاليًا نحو 6G.
6. تحديد أبرز التحديات البحثية المفتوحة والمعايير المستقبلية المتوقعة .

4. منهجية البحث

تعتمد هذه الورقة على **المنهج الوصفي التحليلي(Descriptive-Analytical Method)** ، من خلال مراجعة وتحليل الأدبيات العلمية الحديثة ذات الصلة بدمج الذكاء الاصطناعي في شبكات الاتصالات اللاسلكية، مع التركيز على التطورات المرتبطة بشبكات 5G، و5G-Advanced، و 6G [1]، [11].
كما تستند الدراسة إلى تحليل تطورات معيارية وصناعية حديثة مرتبطة بـ:

- AI/ML for NG-RAN
- AI/ML Management in 5GS
- AI-RAN
- Network Automation
- Integrated Sensing and Communications (ISAC)

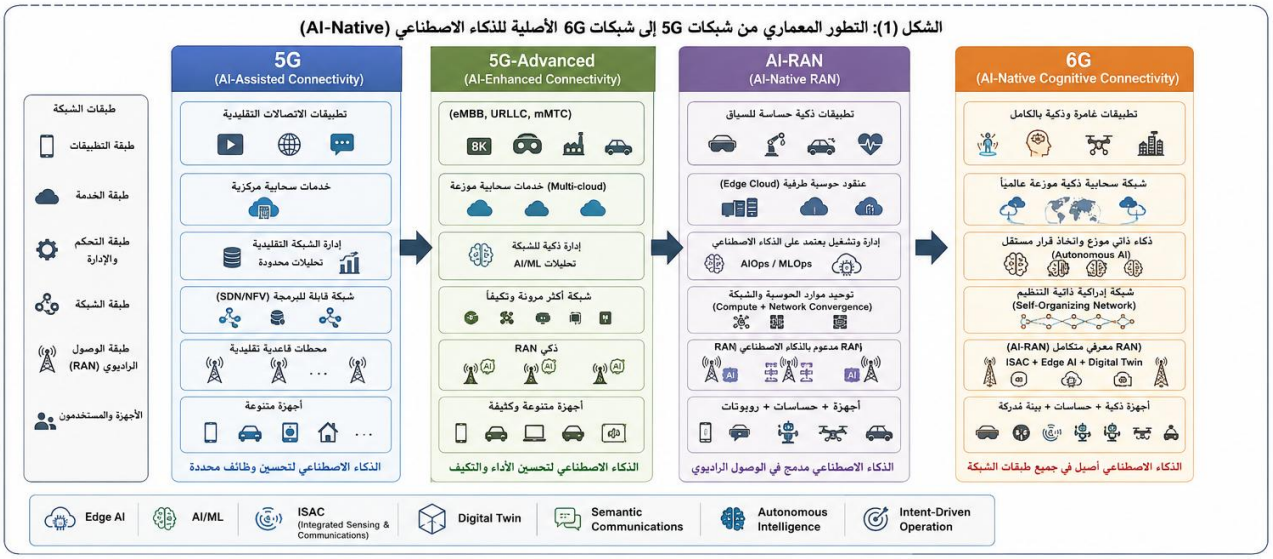
5. الدراسات السابقة:

شهدت السنوات الأخيرة اهتمامًا متزايدًا بتوظيف الذكاء الاصطناعي في شبكات الاتصالات اللاسلكية، إلا أن معظم الدراسات تناولت الموضوع من زوايا متخصصة ركزت على تحسين وظائف محددة داخل الشبكة. فقد قدم Saad وآخرون [1] رؤية

مجلة الفاروق للعلوم مجلد2 العدد 3 ـــ
Tataria وآخرون [2] البنية العامة لشبكات 6G ومتطلباتها التقنية.
كما تناول You وآخرون [3] التحول نحو الشبكات الأصلية للذكاء الاصطناعي(AI-Native Networks) ، موضحين أن الذكاء الاصطناعي سيصبح جزءًا أساسيًا من تصميم الشبكة وليس مجرد أداة لتحسين الأداء. وفي المقابل، ركزت دراسات التعلم الآلي في الشبكات اللاسلكية مثل [4] و[5] على تحسين إدارة الموارد والطيف والتوجيه الشعاعي دون التوسع في تحليل التحول البنيوي للشبكة.
أما الدراسات الأحدث مثل [9] و[10] و[11] فقد اتجهت نحو دمج الذكاء الاصطناعي مع الاستشعار والحوسبة الطرفية، في حين أوضحت تقارير [14]–[12] 3GPP التطورات المعيارية الخاصة بإدارة نماذج الذكاء الاصطناعي داخل شبكات 5G-Advanced والانتقال التدريجي نحو 6G.
ورغم أهمية هذه الدراسات، فإن معظمها تناول جوانب تقنية منفصلة، بينما تقدم هذه الورقة رؤية تحليلية متكاملة للتحول البنيوي من شبكات 5G المدعومة بالذكاء الاصطناعي إلى شبكات 6G الأصلية للذكاء الاصطناعي، مع ربط التطورات الأكاديمية بالتوجهات المعيارية الحديثة.
جدول رقم (1): يبين مقارنة بين 7 من الدراسات السابقة

الفجوة البحثية	أهم النتائج	مجال الدراسة	المرجع
لم يركز علىAI-Native Architecture	عرض متطلبات الجيل السادس	رؤية G6	[1]
لم يناقش التحول البنيوي بالتفصيل	توضيح التحديات والفرص	متطلبات G6	[2]
ركز على الرؤية المستقبلية	دمج الذكاء في تصميم الشبكات	AI-Native Networks	[3]
لم يغط التحول المعماري	تحسين إدارة الموارد	Machine Learning	[4]
ركز على الأداء	تحسين الطبقة الفيزيائية	Neural Networks	[5]
لم يقدم رؤية شاملة	دمج الاستشعار والاتصالات	AI-Native ISAC	[9]
وثيقة معيارية وليست تحليلاً علمياً	معايير AI/ML	3GPP	[12]

الشكل (1): التطور المعماري من شبكات 5G المدعومة بالذكاء الاصطناعي إلى شبكات 6G الأصلية للذكاء الاصطناعي.(AI-Native)



المصدر إعداد الباحثين استنادًا إلى المراجع [1]، [2]، [3]، [5]، [6]، [9]، [12]، [13]، [14]، [15].

6. الذكاء الاصطناعي بوصفه مبدأً معمارياً أصيلاً في بنية النظام

أحد أهم التحولات في هندسة الاتصالات الحديثة هو أن الذكاء الاصطناعي لم يعد مجرد طبقة "فوقية" أو أداة تحليلية مساندة، بل أصبح **مبدأً معماريًا** يعاد على أساسه تنظيم وظائف الشبكة، وتوزيع القرار، وإدارة الموارد [4]، [5] ، [7]، في البنى التقليدية، تُصمم وظائف الشبكة على أساس:

- سياسات تشغيلية ثابتة
- منطق تحكم مسبق

- خوارزميات قرار محددة سلفًا

أما في البنى الحديثة، فتُبنى بعض الوظائف الشبكية أو تُعاد صياغتها على أساس:

- التعلم من البيانات
- التنبؤ بالحالة المستقبلية
- اتخاذ القرار الديناميكي
- التطور الذاتي

وهذا يعني أن الذكاء الاصطناعي لم يعد "إضافة" إلى الشبكة، بل أصبح جزءًا من **المنطق البنيوي لتكوين الشبكة نفسها**.

7. من الشبكات القابلة للبرمجة الى الشبكات الادراكية:

يمثل الانتقال من الشبكات القابلة للبرمجة (Programmable Networks) إلى الشبكات الإدراكية (Cognitive Networks)أحد أهم التحولات المفاهيمية في عصر 6G .ففي حين تركز الشبكات القابلة للبرمجة على مرونة التحكم والتشكيل، فإن الشبكات الإدراكية تضيف طبقة أعمق تتمثل في **الإدراك والفهم والتعلم** [1]،[5]،[7] وتتميز الشبكات الإدراكية بقدرتها على:

- استشعار البيئة الراديوية والتشغيلية
- تفسير الأنماط والتغيرات
- التنبؤ بالطلب أو الازدحام أو التدهور
- اختيار الإجراء الأمثل ذاتيًا
- التعلم من النتائج وتحسين السلوك مستقبلاً

وبالتالي، فإن الذكاء الاصطناعي هنا لا يقتصر على "تحسين" وظيفة موجودة، بل يعيد تعريف **كيف تُتخذ القرارات داخل الشبكة**.

8. الذكاء الاصطناعي والاستقلالية التشغيلية

تعتمد الرؤية الحديثة للشبكات المستقبلية على مفهوم **الاستقلالية التشغيلية** (Operational Autonomy)، أي أن تكون الشبكة قادرة على إدارة ذاتها بدرجات متفاوتة من الاستقلال دون تدخل بشري مستمر [7], [12], [13].

وتتجسد هذه الرؤية في وظائف مثل:

- **Self-Configuration**
- **Self-Optimization**
- **Self-Healing**
- **Self-Protection**
- **Intent-Driven Operation**

ومع تطور الذكاء الاصطناعي، لم تعد هذه الوظائف مجرد وظائف SON تقليدية، بل أصبحت أقرب إلى **سلوك شبكي متطور قائم على الملاحظة، الاستدلال، والتعلم المستمر** .وهذا يمثل أساسًا مهمًا لفهم لماذا تُوصف 6G بأنها ليست فقط "جيلاً جديدًا"، بل **نموذجًا جديدًا للشبكات الذكية**.

9. الطيف الترددي الذكي

يُعد الطيف الترددي من أكثر الموارد الشبكية أهمية وحساسية، وتزداد إدارته تعقيدًا مع تصاعد عدد المستخدمين، وكثافة الأجهزة، وتنوع التطبيقات، والانتقال إلى بيئات أكثر ديناميكية مثل mmWave و THz [6]، في هذا السياق، يتيح الذكاء الاصطناعي تطوير أنظمة إدارة طيف أكثر مرونة من النماذج التقليدية، من خلال:

- التنبؤ بالطلب الراديوي
- اكتشاف الفراغات الترددية
- التنبؤ بالتداخل قبل وقوعه
- إعادة التخصيص اللحظي للموارد
- مواءمة استخدام الطيف مع طبيعة الخدمة

وهذا يمثل انتقالًا من **Spectrum Allocation** إلى**Spectrum Intelligence**، أي من التخصيص القائم على الجداول والسياسات إلى التخصيص القائم على الفهم والتنبؤ [4], [7] [8].

وفي بيئات G6، ستتزايد أهمية هذا التوجه مع تصاعد الاعتماد على الطيف عالي التردد، وظهور أنماط اتصال تعتمد على الإدراك والتكامل مع الاستشعار [2], [3] ,[15].

10. الذكاء الطرفي والتعلّم الموزّع (Edge Intelligence and Distributed Learning)

أصبح الذكاء (Edge Intelligence) أحد أكثر المفاهيم تأثيرًا في تطور الشبكات الحديثة، لأنه يعيد توزيع الذكاء من السحابة المركزية إلى نقاط أقرب من المستخدم، بما يحقق توازنًا أفضل بين الخصوصية، الكفاءة، والاستجابة الزمنية [7] [10].

وتظهر أهمية هذا التوجه بوضوح في تطبيقات مثل:

- المركبات الذاتية
- الجراحة عن بُعد
- الروبوتات الصناعية
- أنظمة التحكم الزمنية الحرجة

ويُمكّن الذكاء Edge Intelligence من:

- تقليل زمن الاستجابة
- تقليل عبء النقل نحو الشبكة الأساسية
- تحسين حماية البيانات
- تمكين قرارات آنية محلية

11. تشكيل الحزم المعتمد على الذكاء الاصطناعي وذكاء الطبقة الفيزيائية (AI-Driven Beamforming and Physical Layer Intelligence)

في الأجيال الحديثة من الشبكات، لم تعد الطبقة الفيزيائية مجرد طبقة "تنفيذية" جامدة، بل أصبحت مجالًا غنيًا لتطبيقات الذكاء الاصطناعي، خاصة مع تعقيد القنوات، وكثافة الهوائيات، وارتفاع متطلبات التوجيه والتكيف [5], [6].

ويُستخدم الذكاء الاصطناعي في هذه الطبقة لدعم وظائف مثل:

- تقدير القناة (Channel Estimation)
- اختيار الشعاع (Beam Selection)
- تتبع الحزمة (Beam Tracking)
- اكتشاف الإشارة
- تقليل التداخل
- تحسين الكفاءة الطاقية

ويمثل **AI-Driven Beamforming** أحد أكثر التطبيقات تأثيرًا، لأنه يتيح للشبكة الانتقال من مجرد "اختيار شعاع مناسب" إلى **التنبؤ المسبق بالمسار الأمثل للإشارة** بناءً على الحركة والسياق وخصائص البيئة [5], [7].

وفي بيئات 6G ، سيتجاوز هذا المفهوم مجرد تحسين الإرسال، ليرتبط أيضًا بمهام الاستشعار، الإدراك البيئي، وفهم المشهد اللاسلكي المحيط [9]، [11].

12. الذكاء الاصطناعي لتقسيم الشبكة (AI for Network Slicing, Orchestration, and Service Intelligence)

يمثل التقطيع الشبكي (Network Slicing) إحدى الركائز الأساسية في 5G، إذ يسمح بإنشاء بيئات افتراضية متعددة فوق نفس البنية الفيزيائية، بحيث تُخصص كل شريحة لمتطلبات تشغيلية وخدمية محددة [6]، [8]، غير أن القيمة الحقيقية لهذا المفهوم لا تتحقق إلا عندما يصبح تشغيل الشرائح وإدارتها وتعديلها **ذكيًا وديناميكيًا** .وهنا يتدخل الذكاء الاصطناعي في:

- التنبؤ بالطلب على مستوى الشريحة
- تحسين الجدولة
- إدارة SLA
- إعادة تشكيل الموارد لحظيًا
- تحسين جودة التجربة (QoE)

وتشير الأعمال المعيارية الحديثة في 3GPP إلى أن **AI/ML-assisted Network Slicing** بات ضمن نطاق التطوير العملي في Rel-19 [14]، بما يعكس الانتقال من "تقسيم منطقي للشبكة" إلى "إدارة ذكية قائمة على التنبؤ والتغذية الراجعة" وفي 6G، يُتوقع أن يتحول هذا المفهوم من **Service-Centric Slicing** إلى **Experience-Centric / AI-Aware Slicing**، حيث تُدار الشريحة ليس فقط وفق متطلبات الخدمة، بل وفق النية، السياق، التجربة، والهدف النهائي للمستخدم أو التطبيق.

13. الأمن القائم على الذكاء الاصطناعي والدفاع السيبراني المرن (AI-Based Security and Resilient Cyber Defense)

كلما أصبحت الشبكات أكثر ذكاءً ومرونةً وتوزعًا، ازدادت أيضًا مساحة الهجوم وتعقيد التهديدات. وتُعد شبكات 5G/6G بيئات عالية الحساسية أمنيًا بسبب اعتمادها على:

- البرمجيات الافتراضية
- الوظائف الشبكية السحابية
- الحوسبة الطرفية
- الذكاء الموزع
- التقطيع الشبكي

- التشغيل الذاتي

في هذا السياق، يسهم الذكاء الاصطناعي في الأمن السيبراني من خلال:

- كشف التسلل
- اكتشاف الشذوذ
- تحليل الأنماط العدائية
- التنبؤ بالهجمات
- الاستجابة التكيفية

لكن في المقابل، يضيف الذكاء الاصطناعي نفسه طبقة جديدة من المخاطر، مثل:

- الهجمات العدائية (Adversarial Attacks)
- تسميم البيانات أو النماذج
- سرقة النماذج
- التلاعب في الاستدلال

وعليه، فإن أمن 6G لا ينبغي أن يُفهم فقط بوصفه **حماية للشبكة**، بل أيضًا بوصفه **حماية للذكاء الذي يدير الشبكة**.

14. تقنية 5G المتقدمة كجسر تطبيقي نحو الجيل السادس(6G) (5G-Advanced as the Practical Bridge Toward 6G)

تمثل **5G-Advanced** نقطة التحول الأكثر واقعية بين 5G، 6G، لأنها ليست مجرد "نسخة محسنة" من 5G، بل **مختبر تشغيلي فعلي** لإدماج الذكاء الاصطناعي في الشبكات الحديثة [12]، [13]، ومن أبرز مظاهر هذا التحول:

- AI/ML for NG-RAN
- AI/ML management across 5GS
- RAN automation
- energy-aware optimization
- intelligent orchestration
- AI-ready infrastructure

وتُظهر المواد المعيارية الحديثة من 3 GPPأن الإصدارين Rel-18 و Rel-19يدعمان بالفعل وظائف مرتبطة بجمع البيانات، الاستدلال، إدارة النماذج، واستخدام الذكاء الاصطناعي في تحسين الحمل، الطاقة، التنقل، التغطية، والسعة

بمعنى آخر، فإن **5G-Advanced** تمثل المرحلة التي ينتقل فيها الذكاء الاصطناعي من "حلول متفرقة" إلى "وظائف شبه مؤسسية" داخل الشبكة.

15. AI-RAN وإعادة بناء القدرات الذكية في الشبكات الراديوية (AI-RAN and the Reconfiguration of Radio Intelligence)

يُعد مفهوم **AI-RAN**من أهم المفاهيم الصاعدة في مسار الانتقال نحو 6G، لأنه يربط بين الذكاء الاصطناعي والوصول الراديوي (RAN) بطريقة أعمق من مجرد تحسين الأداء. فالفكرة هنا لا تتعلق فقط باستخدام الذكاء الاصطناعي لتحسين RAN، بل أيضًا بإعادة تصور RAN نفسها كمنصة **للراديو والحوسبة والذكاء معًا** [13، [15].

وقد دفعت AI-RAN Alliance خلال 2024–2026 باتجاه رؤية تعتبر RAN بيئة مشتركة يمكن أن تستضيف أحمال الراديو وأحمال الذكاء الاصطناعي بشكل منسق، بما يفتح المجال أمام:

- تحسين الكفاءة الراديوية
- استضافة الاستدلال والتدريب عند الحافة
- توحيد موارد الحوسبة والراديو
- دعم تطبيقات AI for Network و Network for AI

وتؤكد وثائق التحالف أن هذا التوجه لا يُنظر إليه فقط كمسار تحسين تشغيلي، بل كأحد الأسس التي قد تعيد تشكيل بنية RAN المستقبلية بالكامل.

16. الجيل السادس كنظام بيئي ذكي قائم على الذكاء الاصطناعي منذ التصميم (6G as an AI-Native Ecosystem)

تتمثل الفكرة الجوهرية لشبكات6G في أنها لن تكون مجرد شبكات "مدعومة" بالذكاء الاصطناعي، بل **شبكات مبنية بمنطق الذكاء الاصطناعي منذ لحظة التصميم الأولى** [2]، [3]، [9]، [13].

ومن أبرز خصائص هذا التصور:

- **Native Intelligence**
- **Distributed Learning**
- **Intent-Driven Operation**
- **Semantic Communications**

- Integrated Sensing and Communications (ISAC)
- Digital Twin Integration
- Context-Aware Adaptation

وتشير الأعمال الحديثة إلى أن6G تتجه نحو دمج أوثق بين:

- الاتصال
- الحوسبة
- الاستشعار
- التحكم
- الإدراك
- الذكاء التوليدي

كما بدأت اتجاهات حديثة تربط بين6G والنماذج اللغوية الكبيرة (LLMs) في سياقات مثل التشغيل القائم على النية، الفهم الدلالي، والأتمتة متعددة المستويات، بما يفتح أفقًا جديدًا للشبكات "المتفاعلة معرفيًا" وليس فقط "المؤتمتة ".

17. مقارنة تحليلية (From AI-Assisted 5G to AI-Native 6G)

يمكن فهم التحول من 5G إلى 6G من منظور الذكاء الاصطناعي بوصفه انتقالًا من **دمج الذكاء الاصطناعي داخل الشبكة** إلى **إعادة بناء الشبكة حول الذكاء الاصطناعي**.

جدول (2): مقارنة تحليلية بين شبكات 5G/5G-Advanced وشبكات 6G الأصلية للذكاء الاصطناعي. وقد أُعدت هذه المقارنة اعتمادًا على تحليل الدراسات الحديثة وتقارير 3GPP المتعلقة بالشبكات الأصلية للذكاء الاصطناعي، كما هو موضح في المراجع [1] الى [15].

البعد	5G / 5G-Advanced	6G	المراجع
موقع الذكاء الاصطناعي	تحسين وظيفي	مبدأ معماري	[2]، [3]، [12]
طبيعة الذكاء	مساعد / موضعي	أصيل / موزع	[2]، [3]، [9]
اتخاذ القرار	شبه ذاتي	ذاتي وتنبؤي	[1]، [3]، [9]
إدارة الطيف	ديناميكية	إدراكية وسياقية	[4]، [6]، [8]
إدارة الموارد	تكيفية	استباقية وهدفية	[5]، [8]، [12]
Beamforming	ذكي	تنبؤي ومدرك للمشهد	[5]، [6]، [11]
Network Slicing	قائم على الخدمة	قائم على التجربة والنية	[6]، [8]، [14]
الأمن	تحليلي وتفاعلي	استباقي ومرن ذاتيًا	[7]، [10]، [11]
نموذج الشبكة	Programmable	Cognitive / AI-Native	[2]، [3]، [13]
طبيعة الاتصال	نقل بيانات	نقل معنى وسياق	[2]، [3]، [9]

يوضح الجدول أن التطور من شبكات الجيل الخامس إلى شبكات الجيل السادس لا يقتصر على تحسين مؤشرات الأداء التقليدية، بل يمثل تحولًا جذريًا في فلسفة تصميم الشبكات. ففي حين يعتمد الجيل الخامس على توظيف الذكاء الاصطناعي لتحسين بعض الوظائف التشغيلية، يعتمد الجيل السادس على مفهوم الشبكات الأصلية للذكاء الاصطناعي (AI-Native Networks)، حيث يصبح الذكاء الاصطناعي عنصرًا أصيلًا في جميع طبقات الشبكة. ويتجسد ذلك في الإدارة الإدراكية للطيف، واتخاذ القرار الذاتي، والإدارة القائمة على النية والسياق، والاتصالات الدلالية، وهو ما تؤكده الدراسات [2]، [3]، [9] وتقارير 3GPP [12]، [14].

18. التحديات والقيود والمجالات البحثية المفتوحة (Challenges, Limitations, and Open Research Problems)

رغم الإمكانات الهائلة للذكاء الاصطناعي في الشبكات اللاسلكية، فإن الانتقال إلى شبكات AI-Native لا يزال يواجه مجموعة من التحديات العلمية والهندسية والمعيارية، من أبرزها:

➢ **(Explainability and Trust)**

تظل قابلية تفسير قرارات النماذج الذكية داخل الشبكة من القضايا الحساسة، خاصة في التطبيقات الحرجة زمنيًا أو أمنيًا.

➢ **(Data Governance)**

تعتمد فعالية الذكاء الاصطناعي على جودة البيانات، وتجانسها، وموثوقية مصادرها، وهي مسائل معقدة في البيئات الشبكية الموزعة.

➢ **(Real-Time Constraints)**
تتطلب كثير من وظائف الشبكة قرارات في أجزاء من الثانية، وهو ما يفرض قيودًا حادة على النماذج من حيث الكمون واستهلاك الموارد.

➢ **(Security of AI Itself)**
يجب حماية النماذج الذكية من الهجمات العدائية، التسميم، والتحريف، وليس فقط حماية الشبكة التقليدية.

➢ **(Standardization)**
رغم التقدم الجاري، ما زالت مسألة توحيد الواجهات، أطر التدريب، إدارة النماذج، وقابلية التشغيل البيني تمثل تحديًا كبيرًا في 5G-Advanced و6G.

➢ **(Energy and Sustainability)**
كلما توسع استخدام الذكاء الاصطناعي، ازدادت الحاجة إلى حلول تحقق التوازن بين الذكاء، الاستجابة، والاستدامة الطاقية.
وبناءً على ذلك، فإن بناء شبكات AI-Native ناجحة يتطلب ليس فقط نماذج أكثر ذكاءً، بل **نماذج أكثر قابلية للتفسير، الأمان، والاستدامة**.

19. المناقشة

تكشف نتائج التحليل أن الذكاء الاصطناعي يعيد تعريف البنية اللاسلكية الحديثة على مستويين متكاملين:

المستوى الأول: التحول الوظيفي

حيث أصبح الذكاء الاصطناعي مسؤولًا عن تحسين وظائف تشغيلية متعددة، مثل:

- تخصيص الموارد
- تحسين التغطية
- التنبؤ بالحمل
- الأتمتة
- الحماية السيبرانية

المستوى الثاني: التحول المعماري

وهو الأعمق والأكثر تأثيرًا، حيث لم تعد الشبكة تُبنى فقط حول تدفق البيانات والإشارات، بل حول **منطق التعلم، الاستدلال، والتكيف**.

وتبعًا لذلك، فإن الشبكات المستقبلية لم تعد تُفهم فقط كمنظومات اتصال، بل كأنظمة هجينة تدمج:

- الاتصالات
- الحوسبة
- الاستشعار
- الذكاء
- القرار

وهذا ما يجعل6G أقرب إلى "نسيج ذكي (Intelligent Fabric)" منه إلى مجرد "جيل اتصالات" جديد.

20. الخاتمة

خلصت هذه الدراسة إلى أن الذكاء الاصطناعي أصبح مكوّنًا حاسمًا في التحول البنيوي للشبكات اللاسلكية الحديثة، وأن دوره لم يعد محصورًا في دعم بعض الوظائف التشغيلية أو تحسين بعض مؤشرات الأداء، بل امتد ليشمل **إعادة تشكيل المنطق المعماري للشبكة نفسها** [1]، [5].

وقد بينت الورقة أن شبكات 5G وفرت البنية المرنة اللازمة لدمج الذكاء الاصطناعي، بينما تمثل 5G-Advanced المرحلة الانتقالية التي بدأ فيها الذكاء الاصطناعي يكتسب صفة شبه معيارية داخل البنية التشغيلية للشبكة [12]، [15]. أما 6G، فتتجه نحو نموذج أكثر جذرية، يتمثل في بناء شبكات **AI-Native** يكون فيها الذكاء جزءًا أصيلًا من التصميم، التشغيل، القرار، والتطور الذاتي [2], [3], [9]، [11].

وعليه، فإن التحول من5G إلى 6G لا ينبغي النظر إليه فقط بوصفه تطورًا في السرعة أو السعة أو الكمون، بل بوصفه انتقالًا من **شبكات قابلة للبرمجة** إلى **شبكات قابلة للتعلم والإدراك والتطور الذاتي** .وهذا التحول يمثل، من منظور هندسي، أحد أهم الانعطافات في تاريخ الاتصالات اللاسلكية الحديثة.

21. المراجع

[1] W. Saad, M. Bennis, and M. Chen, "A Vision of 6G Wireless Systems: Applications, Trends, Technologies, and Open Research Problems," *IEEE Network*, vol. 34, no. 3, pp. 134–142, 2020.
[2] H. Tataria, M. Shafi, A. F. Molisch, M. Dohler, H. Sjöland, and F. Tufvesson, "6G Wireless Systems: Vision, Requirements, Challenges, Insights, and Opportunities," *Proceedings of the IEEE*, vol. 109, no. 7, pp. 1166–1199, 2021.
[3] X. You et al., "Towards 6G Wireless Communication Networks: Vision, Enabling Technologies, and New Paradigm Shifts," *Science China Information Sciences*, vol. 64, no. 1, pp. 1–74, 2021.

[4] Y. Sun, M. Peng, Y. Zhou, Y. Huang, and S. Mao, "Application of Machine Learning in Wireless Networks: Key Techniques and Open Issues," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 21, no. 4, pp. 3072–3108, 2019.
[5] M. Chen, U. Challita, W. Saad, C. Yin, and M. Debbah, "Artificial Neural Networks-Based Machine Learning for Wireless Networks: A Tutorial," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 21, no. 4, pp. 3039–3071, 2019.
[6] M. Z. Chowdhury et al., "6G Wireless Communication Systems: Applications, Requirements, Technologies, Challenges, and Research Directions," *IEEE Open Journal of the Communications Society*, vol. 1, pp. 957–975, 2020.
[7] N. H. Mahmood et al., "Machine Learning for Wireless Communications in the Internet of Things: A Comprehensive Survey," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 24, no. 2, pp. 1071–1110, 2022.
[8] J. Zhao, Y. Liu, K. K. Chai, Y. Chen, and Z. Han, "AI-Driven Resource Allocation for Beyond 5G and 6G Wireless Networks: A Survey," *IEEE Access*, vol. 10, 2022.
[9] S. Zhang, M. Feizarefi, and A. F. Mirzaei, "AI-Native Integrated Sensing and Communications for Self-Organizing Wireless Networks: Architectures, Learning Paradigms, and System-Level Design," 2025.
[10] Z. Liu et al., "Integrated Sensing and Edge AI: Realizing Intelligent Perception in 6G," 2025.
[11] Sowan, E., Elbuaishi, A., & Areir, M. (2026). Enhancing Face Recognition Performance: A Comparative Evaluation of ArcFace and FaceNet using Image Preprocessing and ROC–EER Metrics. *Al-Farooq Journal of Sciences*, *2*(3), 973-990.
[12] E. C. Strinati et al., "Towards Distributed and Intelligent Integrated Sensing and Communications for 6G Networks," 2024.
[13] 3GPP, "AI/ML for NG-RAN and 5G-Advanced Towards 6G," Technical Report, 2026.
[14] 3GPP, "Engineering Intelligence: Shaping AI/ML Management for the 5G System," Technical Report, 2025.
[15] 3GPP, "Enhancements for Artificial Intelligence (AI) / Machine Learning (ML) for NG-RAN (Release 19)," Work Item Description, 2025.
[16] AI-RAN Alliance, "AI-RAN Alliance Whitepaper," 2024.
[16] BenHusein, A. H., Shakrum, F. M., & Elgdiri, E. M. (2026). A Comprehensive Performance Evaluation of a Wi-Fi-Based Wireless Sensor Network Using Raspberry Pi and ESP8266 Under Multi-Rate Traffic Conditions. *Al-Farooq Journal of Sciences*, *2*(3), 816-818.