إدارة الطيف الترددي في العقد القادم:
نحو تعزيز المرونة

وثيقة بيضاء من هيئة تنظيم الاتصالات والحكومة الرقمية (تدرا)

2023

المرونة في إدارة الطيف الترددي

المحتويات

1 ملخص تنفيذي 3
2 الغرض من هذه الوثيقة البيضاء 5
3 استراتيجية الحكومة الرقمية لدولة الإمارات، واستشراف المستقبل، والسناريوهات، والآثار الناجمة عن مرونة الطيف الترددي 5
4 الرؤية الاستراتيجية لهيئة تنظيم الاتصالات والحكومة الرقمية: نحو أنظمة "إدارة طيف" أكثر مرونة دائماً 9
4.1 النهج الحالي المتبع لترخيص استخدام الطيف الترددي 9
4.2 الإدارة المرنة للطيف الترددي 10
5 المقارنة المعيارية 12
5.1 ملخص 12
6 القوى الدافعة والتطورات في إدارة الطيف الترددي للتقنيات والخدمات اللاسلكية 13
6.1 التطورات التكنولوجية والمتطلبات المتغيرة للمستخدمين 13
6.1.1 الراديو الإدراكي 15
6.1.2 أهداف الاستدامة 15
6.1.3 توقعات دولة الإمارات العربية المتحدة من عمليات إدارة الطيف الترددي 16
6.1.4 ملخص 16
6.2 فرص حلول إدارة الطيف الترددي وتطوير قدرات الهيئات التنظيمية 17
6.2.1 نماذج الترخيص والتخويل البديلة للطيف الترددي 17
6.2.2 أنظمة تقاسم الطيف الترددي 18
6.2.3 رفع مستوى الذكاء والمرونة في قواعد البيانات 20
6.2.4 الذكاء الاصطناعي 22
6.2.5 تقنية التعاملات الرقمية (بلوك تشين) (blockchain) وإجراءات التخصيص التعاوني الآمنة 24
6.2.6 المدفوعات بالعملات الرقمية (مشروع عابر 2020/2019 الإمارات العربية المتحدة) 25
6.2.7 ملخص 26
7 هيئة تنظيم الاتصالات والحكومة الرقمية 2031: خارطة الطريق والسيناريوهات والجدول الزمني لتطور أنظمة إدارة الطيف الترددي الذكية 27
7.1 السيناريو (أ): الاتجاه نحو المرونة المتزايدة 28
7.2 السيناريو (ب): قفزة نحو شروط المرونة الكاملة 29
7.3 السيناريو (ج): النهج القائم على الهدف: الطريق إلى عام 2031 30
7.3.1 الهدف (1): المستخدمون كجزء من نظام الإدارة المرنة والآنية للطيف الترددي 31
7.3.2 الهدف (2): تعزيز الذكاء الاصطناعي في عملية النظام الآلي لإدارة الطيف الترددي: توقع احتياجات المستخدم وتلبيتها 32
7.3.3 الهدف (3): تعزيز الأتمتة/الاستقلالية لتنفيذ المرونة: خارطة الطريق نحو عام 2031 33
7.4 مبادرات هيئة تنظيم الاتصالات والحكومة الرقمية وإطار الاتحاد الدولي للاتصالات 34
7.5 الطريق إلى عام 2031: الأهداف الرقمية لدولة الإمارات العربية المتحدة ومبادرات هيئة تنظيم الاتصالات والحكومة الرقمية 35
8 الجدول الزمني وفوائد تنفيذ نظام مرن لإدارة الطيف الترددي 36

ص.ب. 26662 • أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES • فاكس 7772229 2 971+ FAX • الرقم المجاني 800 12 TOLL FREE
www.tdra.gov.ae

1 ملخص تنفيذي

صدرت هذه الوثيقة البيضاء (التقرير التقني) عن هيئة تنظيم الاتصالات والحكومة الرقمية (تدرا") (الهيئة") حول "مرونة الطيف الترددي" بهدف تقديم منظور مستقبلي حول نظام لإدارة الطيف الترددي يتسّم بالمرونة والاستدامة، على مدار العقد القادم في دولة الإمارات العربية المتحدة ("دولة الإمارات / الدولة"). ومن خلال تحسين نظام إدارة الطيف الترددي لديها وتنفيذ أفضل الحلول المتاحة في هذا المجال، تعمل تدرا على تعزيز المزيد من تطوير الصناعة بما يتماشى مع استراتيجية الحكومة الرقمية لدولة الإمارات وأهدافها. تتناول هذه الوثيقة البيضاء الاستخدام الأكثر كفاءة وفعالية لحلول إدارة الطيف الترددي المتقدمة المعتمدة على البيانات بشكل عام، وتأثيرها المحتمل على الدولة.

تتولّى تدرا مهمة إتاحة الطيف الترددي للخدمات اللاسلكية المبتكرة، حيث تضطلع بدور رئيسي في التحولات المهمة التي تشارك فيها دولة الإمارات، ومن ثم تتعاون تدرا مع جميع شركائها الاستراتيجيين في إطار سعيها للمساهمة في تحقيق أهدافها.

تخاطب هذه الوثيقة البيضاء جميع أصحاب المصلحة المهتمين بالتطبيقات اللاسلكية المستقبلية والتطور نحو أنظمة إدارة ذكية ومرنة للطيف الترددي، وتقدم نظرة متعمقة للقوى الدافعة للتغيير والأساليب الممكنة لتحقيق الأهداف الرقمية لدولة الإمارات العربية المتحدة، حيث يتم استكشاف القوى الدافعة التالية:

- أهداف السياسات الرقمية والمحركات الاستراتيجية لدولة الإمارات العربية المتحدة
- فرص وتطورات التكنولوجيا اللاسلكية
- تطورات حلول إدارة الطيف
- المرونة التي تتبعها دولة الإمارات على وجه التحديد في سيناريوهات إدارة الطيف الترددي

تتطلب التنمية الاتصال في كل مكان على نحو متزايد، إلى جانب توفير "الاتصال مع سعة البيانات عند الحاجة" ، ومن المتوقع لأجهزة الراديو المتقدمة والمرنة والموجهة بالبرمجيات (ذات القدرات الإدراكية) أن تتطور بشكل أكبر لتصبح تكنولوجيا صناعية قابلة للتطبيق، الأمر الذي يسمح للأجهزة باختيار نطاق التردد المناسب والتكنولوجيا الأكثر ملاءمة لها لغرض الاتصالات.

تحتاج الشبكات إلى تحقيق أهداف الاستدامة وضمان كفاءة استهلاك أعلى. بينما توفر شبكة الجيل الخامس (5G) استهلاكاً أقل للواط لكل بت، إلا أنها تستهلك طاقة أعلى من الشبكات السابقة، مما يشير إلى أن شبكة الجيل السادس (6G) قد تحتاج إلى إجراء مزيد من التحسينات في كفاءة الطاقة.

فضلاً عن توقعات المستخدمين للتمكن من الوصول إلى الطيف الترددي المطلوب بسرعة وبأقل قدر من العبء الإداري، وتلفت تطورات التكنولوجيا اللاسلكية انتباه الهيئات التنظيمية إلى التأكد من أن أطرها ونهجها التنظيمية مناسبة لهذا الغرض، من شأن المرونة – كما تحددها هذه الوثيقة البيضاء - مساعدة تلك الهيئات التنظيمية في هذا الصدد، حيث تصبح الأنظمة أكثر قدرة على التعامل مع المتطلبات المتغيرة.

ص.ب. 26662 • أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة P.O. BOX 26662 • ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES • فاكس 7772229 2 971+ FAX • الرقم المجاني 800 12 TOLL FREE
www.tdra.gov.ae

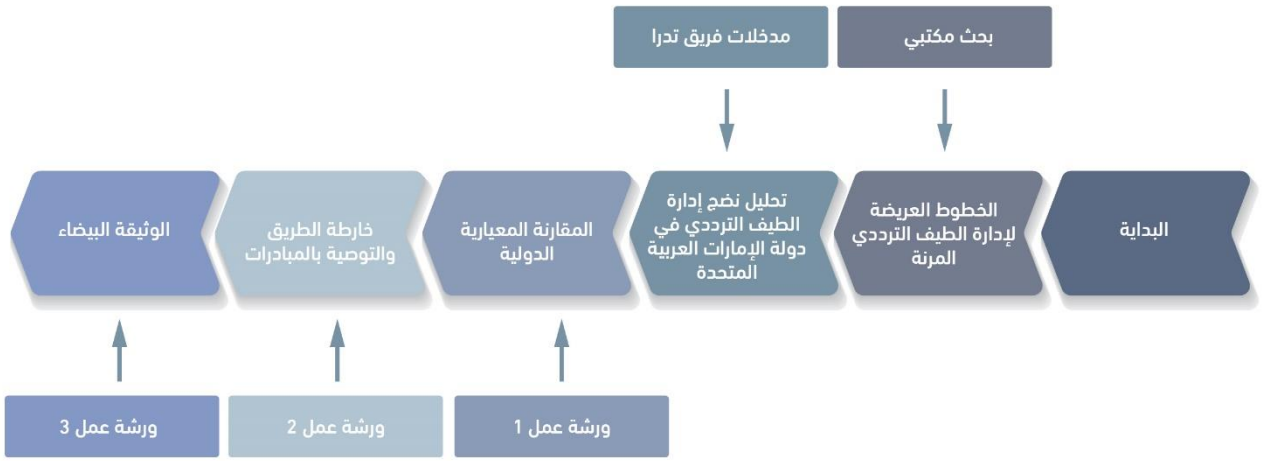
تركز السيناريوهات المستقبلية التي استكشفتها الهيئة على درجة تطور عوامل النضج والتكنولوجيا، حيث يعتمد مدى التطور في استقلالية العمليات ومرونتها على ما يلي:

- فرص تطور التكنولوجيات اللاسلكية، لا سيما المشاركة الديناميكية المستقلة وتطبيق الذكاء الاصطناعي على مستوى إدارة الشبكة.
- تقدم الذكاء الاصطناعي في حلول إدارة الطيف الترددي.
- نطاق قرارات السياسة المؤسسية في مجال نظام إدارة الطيف الترددي، والتي تتطلب تدخلاً محدداً للسياسة.

لاستكشاف التحولات نحو "تحقيق المرونة 2031"، تقدم الهيئة سلسلة من المبادرات بناءً على أبحاث مكثفة تتعلق بالأهداف التالية:

- "المستخدمون كجزء من النظام البيئي"
- "تعزيز الذكاء الاصطناعي"
- "الأتمتة/الاستقلالية المحسنة"

يوضح الشكل (1) أدناه النهج عالي المستوى لهذا المشروع.



الشكل (1) - نهج المشروع

ص.ب. 26662 • أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES • فاكس 7772229 2 971+ FAX • الرقم المجاني 800 12 TOLL FREE
www.tdra.gov.ae

2 الغرض من هذه الوثيقة البيضاء

صدرت هذه الوثيقة البيضاء (التقرير التقني) عن هيئة تنظيم الاتصالات والحكومة الرقمية حول "مرونة الطيف الترددي" بهدف تقديم منظور مستقبلي حول نظام لإدارة الطيف الترددي يتسّم بالمرونة والاستدامة، على مدار العقد القادم في دولة الإمارات العربية المتحدة ("دولة الإمارات / الدولة"). ومن خلال تعزيز نظام إدارة الطيف الترددي لديها وتنفيذ أفضل الحلول المتاحة في هذا المجال، تعمل تدرا على تعزيز المزيد من تطوير الصناعة بما يتماشى مع استراتيجية الحكومة الرقمية لدولة الإمارات وأهدافها. تتناول هذه الوثيقة البيضاء الاستخدام الأكثر كفاءة وفعالية لحلول إدارة الطيف الترددي المتقدمة المعتمدة على البيانات بشكل عام، وتأثيرها المحتمل على الدولة.

تخاطب هذه الوثيقة البيضاء جميع أصحاب المصلحة المهتمين بالفرص اللاسلكية المستقبلية والتطور نحو أنظمة إدارة ذكية ومرنة للطيف الترددي، وتقدم نظرة متعمقة للقوى الدافعة للتغيير والأساليب الممكنة لتحقيق الأهداف الرقمية لدولة الإمارات العربية المتحدة، حيث يتم استكشاف القوى الدافعة التالية:

- أهداف السياسة الرقمية والمحركات الاستراتيجية لدولة الإمارات العربية المتحدة
- فرص وتطورات التكنولوجيا اللاسلكية
- تطورات حلول إدارة الطيف
- المرونة التي تتبعها دولة الإمارات على وجه التحديد في سيناريوهات إدارة الطيف الترددي

3 استراتيجية الحكومة الرقمية لدولة الإمارات، واستشراف المستقبل، والسناريوهات، والآثار الناجمة عن مرونة الطيف الترددي

تعتزم دولة الإمارات الاستفادة بشكل استباقي من التقنيات الرقمية المتقدمة والناشئة، وتهدف إلى تقديم أفضل الخدمات الرقمية لمجتمعها والصناعة بها وحكومتها، بطريقة شاملة ومستدامة موجهة نحو المستقبل، مما يجعل مراعاة الاحتياجات المستقبلية للمستخدمين والمتعاملين من أولويات الدولة[1].

يتجاوز المستقبل الرقمي استخدام الهواتف متجهاً صوب الاتصال العالمي، والعمليات الصناعية المحسنة، والمدن الأكثر ذكاءً، والأهداف المناخية المستدامة[2]. تتطلب مفاهيم الشمول والمرونة وإشراك المستخدم والانفتاح والاستباقية وجود بنية تحتية قوية للاتصالات اللاسلكية، ذات كفاءة وديناميكية، وعالمية المستوى بالنظر إلى أن الآثار المترتبة على سياسة الطيف الترددي وإدارته والوصول إليه هي آثار بعيدة المدى، حيث دائماً ما يوفر الطيف الترددي الدعم لتطبيقات رقمية أكثر عدداً.

[1] الإمارات العربية المتحدة، 2022. الاستراتيجية الرقمية لدولة الإمارات العربية المتحدة. متاح على: https://u.ae/en/about-the-uae/digital-uae/uae-national-digital-government-strategy

[2] الإمارات العربية المتحدة، 2020. 2020: نحو الخمسين عاماً القادمة، على الرابط: https://u.ae/en/about-the-uae/the-uae-government/2020-towards-the-next-50

ص.ب. 26662 • أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES • فاكس 7772229 2 971+ FAX • الرقم المجاني 800 12 TOLL FREE
www.tdra.gov.ae

تأسست هيئة تنظيم الاتصالات (TRA) في عام 2004 كهيئة حكومية مسؤولة عن إدارة الاتصالات والطيف الترددي، ثم في عام 2020، مع إدراج أهداف الحكومة الرقمية، تحولت إلى أصبحت هيئة تنظيم الاتصالات والحكومة الرقمية (تدرا)، لتلبية رسالتها:

"... نحن نسعى لأن نكون مؤسسة رائدة في قطاع الاتصالات وتقنية المعلومات في دولة الإمارات العربية المتحدة، مع التزام بالحفاظ على المنافسة الإيجابية لحماية مصالح المشتركين، وتعزيز التحول الإلكتروني للجهات الاتحادية وخدماتها، من خلال الاعتماد على الكفاءات الوطنية لتطبيق أفضل المعايير والممارسات العالمية في الإشراف على القطاع وتشجيع الابتكار والاستثمار".[3]

ويتولى قطاع الاتصالات بالهيئة مسؤولية إدارة الطيف الترددي والشؤون التنظيمية والتطوير التكنولوجي.

في عام 2022، شاركت تدرا في جهد بحثي متعمق بعنوان "مرونة الطيف الترددي" (Spectrum Agility) يهدف إلى مواءمة مهمتها وسياساتها وأنظمة وإجراءات إدارة الطيف الترددي المتبعة لديها مع رؤية 2031، دعماً لرؤى واستراتيجيات وسياسات الحكومة الرقمية الوطنية لدولة الإمارات العربية المتحدة.

تشير تدرا إلى رؤية وبصيرة دولة الإمارات على مدى 50 عاماً (مئوية الإمارات 2071)[4]، استناداً إلى منهجية بناء السيناريو الإماراتي وأدوات استشراف المستقبل[65]. بغية صياغة هذه الوثيقة البيضاء، بذلت تدرا جهداً بحثياً مكثفاً في الأدبيات العلمية والسياسية، وأجرت مسحاً إقليمياً ودولياً واسع النطاق لسياسات وممارسات منظمي الطيف الترددي، فضلاً عن استشارة المورّدين والخبراء المتخصصين.

تعتمد رؤية "نحن الإمارات 2031"[7]، التي نُشرت في نوفمبر 2022، على الممارسات الاستشرافية السابقة والحالية وتقدم "... ربعة محاور رئيسة تشمل كافة القطاعات الحيوية التي تتضمن المجتمع، والاقتصاد، وعلاقات الإمارات مع مختلف دول العالم، والمنظومة الممكنة.:

1. **المجتمع الأكثر ازدهاراً عالمياً-** يُعنى هذا المحور بتحقيق ازدهار المجتمع وتوفير كافة سبل الدعم للمواطنين عبر تطوير منظومة متكاملة لتمكينهم على المستوى الاجتماعي، ودعم قدراتهم بما يعظم إسهامهم الفاعل في كافة القطاعات.

[3] تدرا، 2022 عن تدرا، على الرابط: https://tdra.gov.ae/en/About
[4] الإمارات العربية المتحدة، 2022. مئوية الإمارات 2072، على الرابط: https://u.ae/ar-AE/about-the-uae/strategies-initiatives-and-awards/strategies-plans-and-visions/innovation-and-future-shaping/uae-centennial-2071
[5] وزارة شؤون مجلس الوزراء، 2019. استشراف المستقبل، على الرابط: https://www.moca.gov.ae/en/area-of-focus/future-foresight
[6] وزارة شؤون مجلس الوزراء، التخطيط بالسيناريوهات كأداة لاستشراف المستقبل، على الرابط: https://www.moca.gov.ae/docs/default-source/default-document-library/scenario-planning--toolkits/scenario-planning--toolkits.pdf?sfvrsn=2
[7] الإمارات العربية المتحدة، 2022. رؤية "نحن الإمارات 2031". متاح على: https://u.ae/ar-AE/about-the-uae/strategies-initiatives-and-awards/strategies-plans-and-visions/innovation-and-future-shaping/we-the-uae-2031-vision

ص.ب. 26662 • أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES • فاكس 7772229 2 971+ FAX • الرقم المجاني 800 12 TOLL FREE
www.tdra.gov.ae

2. **المركز العالمي للاقتصاد الجديد-** خلق وتطوير سياسات وخطط عمل تسهم في تحقيق معدلات نمو اقتصادي عالية في كافة القطاعات. يعكس هذا المحور إيمان دولة الإمارات بأهمية رأس المال البشري باعتباره المحرك الأساسي لخطتها التنموية العشرية.

3. **الداعم الأبرز للتعاون الدولي-** يعكس هذا المحور الإطار المحدد لدور الدولة في المجتمع الدولي الهادف إلى ترسيخ دعائم السلام والتعاون المشترك على المستويين الإقليمي والعالمي، والإسهام في نشر الخير والرخاء بين كافة الشعوب انطلاقاً من احترام القيم الإنسانية.

4. **المنظومة الأكثر ريادة وتفوقاً-** يهدف إلى تعزيز الأداء الحكومي والتركيز على تقديم أفضل خدمات حكومية في العالم وتطوير أفضل نماذج عمل مرنة بهدف تحقيق النتائج والفاعلية. كما تركز الرؤية على تطوير البنية التحتية وفق أحدث الأساليب التكنولوجية، وتولي أهمية قصوى لتطوير البنية الرقمية.

وللمحور الرابع " المنظومة الأكثر ريادة وتفوقاً " أهمية خاصة فيما يتعلق بهذه الوثيقة البيضاء الصادرة عن تدرا، مما يشدّد على أهمية أداء الجهات الحكومية في دولة الإمارات. ومن الجدير بالذكر كذلك أن محور " المركز العالمي للاقتصاد الجديد " يؤكد على النفوذ الدولي المتزايد لدولة الإمارات، حيث لهذا النفوذ الدولي دوراً في مجال الابتكار التكنولوجي، وكذلك في مجال إدارة الطيف الترددي الحيوي للغاية، والذي يحظى بطابع دولي كبير، حيث العديد من القضايا التكنولوجية والتنظيمية تخضع للنقاش والتداول في المحافل الإقليمية والدولية، لا سيما في الاتحاد الدولي للاتصالات.

باعتبارها الجهة الحكومية المسؤولة عن إدارة الطيف الترددي، إلى جانب مهام الاتصالات واسعة النطاق الأخرى، تتمتع تدرا بسجل حافل من التميز في أداء مهامها، معترف به على المستوى العالمي من خلال منحها تصنيف المستوى الأعلى (5G) في إطار "أجيال التنظيم للاتحاد الدولي للاتصالات"[8] في عام 2022.

وكمثال آخر على مشاركة هيئة تنظيم الاتصالات والحكومة الرقمية في التطورات الرقمية الحالية هناك تطبيق الهوية الرقمية (UAE Pass)، والذي يوفر هوية إماراتية رقمية تسمح للأفراد بالتعريف عن أنفسهم من خلال تسجيل دخول واحد، مما يتيح الوصول إلى مجموعة من الخدمات الحكومية (بما في ذلك تراخيص الطيف الترددي). بالنسبة لهيئة تنظيم الاتصالات والحكومة الرقمية، يعمل هذا أيضاً كبوابة ترخيص عبر الإنترنت أو باستخدام الهاتف الذكي تسهل التحقق من صحة تراخيص الطيف الترددي من قبل جهات الإنفاذ.

[8] الاتحاد الدولي للاتصالات، الأطر السياساتية والتنظيمية، على الرابط: https://www.itu.int/en/ITU-D/Regulatory-Market/Pages/Policy-&-Regulatory-Frameworks.aspx

ص.ب. 26662 • أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة P.O. BOX 26662 • ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES • فاكس 7772229 2 971+ FAX • الرقم المجاني 800 12 TOLL FREE
www.tdra.gov.ae

ومع مطلع عام 2023، تواجه إدارة الطيف الترددي تطورات تكنولوجية جديدة وتعديلات تنظيمية ذات صلة، وهو ما يمكن تلخيصه في النهج المستقبلي للوصول إلى الطيف على النحو التالي:

- "مرونة الطيف في أي مكان"، أي الوصول المرن والسريع إلى موارد الطيف الترددي المطلوبة في أي وقت.
- "مرونة التطلع إلى المستقبل"، أي مرونة وسرعة توفير الطيف الترددي لاستيعاب التطور التكنولوجي والخدمي مع مرور الوقت.

تتمثل مهمة تدرا في إتاحة الطيف الترددي للخدمات اللاسلكية المبتكرة بالنظر لدورها الرئيسي في التحولات الجوهرية التي تشارك فيها دولة الإمارات العربية المتحدة. وفي إطار سعيها للمساهمة في تحقيق أهدافها، تتعاون الهيئة مع جميع شركائها الاستراتيجيين.

ومن خلال التعامل المستنير مع بيئات رقمية شديدة الابتكار، تتبنى دولة الإمارات سيناريو ومنهجاً بعيد النظر، كما يتضح من منشورات حكومة الدولة[109].

في سياق السياسة الاقتصادية والرقمية الدولية والإماراتية، تعتمد هذه الوثيقة البيضاء، بعنوان "المرونة في إدارة الطيف الترددي"، على مشروع بحثي شامل يتضمن تحليلات علمية وتكنولوجية تطلعية، فضلاً عن إجراء القياس المرجعي لممارسات إدارة الطيف الترددي وكذا العديد من المقابلات الشخصية مع أصحاب المصلحة في دولة الإمارات، على المستويين الإقليمي والدولي. ومن ثم، تقدم هذه الوثيقة البيضاء سيناريوهات للتكنولوجيات اللاسلكية وتطور الخدمة على مدى العقد المقبل، علاوة على التطورات في أنظمة وحلول إدارة الطيف الترددي. يسفر هذا الجهد البحثي الشامل عن رؤية متطورة تسمح للهيئة بالانتقال في العقد المقبل إلى منصات إدارة الطيف الترددي الأكثر ملاءمة للمساهمة في تحقيق أهداف اقتصاد ومجتمع دولة الإمارات العربية المتحدة.

[9] منشورات وزارة شؤون مجلس الوزراء، الإمارات العربية المتحدة، 2020، على الرابط: https://www.moca.gov.ae/en/publications

[10] وزارة شؤون مجلس الوزراء، التخطيط بالسيناريوهات كأداة لاستشراف المستقبل، على الرابط: https://www.moca.gov.ae/docs/default-source/default-document-library/scenario-planning--toolkits/scenario-planning--toolkits.pdf?sfvrsn=2

ص.ب. 26662 • أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة P.O. BOX 26662 • ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES • فاكس 7772229 2 971+ FAX • الرقم المجاني 800 12 TOLL FREE
www.tdra.gov.ae

4 الرؤية الاستراتيجية لهيئة تنظيم الاتصالات والحكومة الرقمية: نحو أنظمة "إدارة طيف" أكثر مرونة دائماً

يواصل الطلب على الطيف الترددي نموّه إلى جانب النمو الاقتصادي الذي تشهده دولة الإمارات العربية المتحدة. في هذا الإطار، انطوى مشروع تدرا المعروف بـ "مرونة الطيف الترددي" على تقييم الوضع الحالي داخل الدولة والهيئة على حد سواء، ومقارنته بالدول والهيئات التنظيمية الأخرى على مستوى العالم، بالإضافة إلى تطلعات تدرا فيما يتعلق بتنفيذ نظام مرن لإدارة الطيف الترددي. ومن خلال عمل المشروع، أتاحت المقارنة مع الهيئات التنظيمية الأخرى تحديد هدف واقعي تطمح تدرا إلى تحقيقه فيما يتعلق بمرونة الطيف الترددي في المستقبل (متميزاً بأعلى مستوى من المرونة ضمن مقاييس تقييم نضج إدارة الطيف الترددي).

4.1 النهج الحالي المتبع لترخيص استخدام الطيف الترددي

يعود تاريخ أداة إدارة الطيف الترددي المستخدمة حالياً من قِبل تدرا إلى عام 2008 (والتي هي – بحدّ ذاتها - تحديث لنظام أصلي يعود إلى عام 2005)، ولقد خضعت تلك الأداة للعديد من التحديثات منذ ذلك الحين. اشتملت الجوانب الرئيسية للمواصفات الأصلية والتطوير اللاحق لها على الحدّ الأدنى من وقت انتظار مقدمي الطلبات والرؤية الجيدة لإدارة حالة الطلبات. تركز سلطة الهيئة وحكومة دولة الإمارات بشكل عام وأساسي على تجربة المتعاملين، ومن ثم كان تصميم أنظمتها وعملياتها لجعل طلبات الترخيص واضحة ومباشرة لأصحاب المصلحة قدر الإمكان.

توفر تدرا بوابة تصريح على موقعها الإلكتروني للمستخدمين بغية تقديم طلبات استخدام الطيف الترددي حسبما يمليه الطلب (مع ملاحظة أن بعض استخدامات الطيف الترددي مرخصة كذلك من خلال تصاريح أو إعفاءات عامة). ومن الممكن أيضاً تعديل وتجديد وإلغاء التصاريح عبر الموقع الإلكتروني للهيئة حيث باتت جميع تصاريح الطيف الترددي إلكترونية.

يتميز قطاع الاتصالات في دولة الإمارات العربية المتحدة بأنه احتكار ثنائي مع اثنين من المرخصين الرئيسيين، ألا وهما شركة (&e) من اتصالات وشركة (du). هناك أيضاً جهات مرخصة يحملون تراخيص لخدمات معينة في قطاعات محددة. ولتقديم خدمات الاتصالات العامة داخل الدولة، يحتاج مقدمو الطلبات إلى الحصول على ترخيص اتصالات. وبينما لا تحتاج الشبكات الخاصة إلى ترخيص اتصالات، إلا أنها تحتاج إلى تصريح الطيف الترددي كي تتمكن من الاستفادة من الطيف الترددي، مع ملاحظة أنه لا يسمح بتداول الطيف الترددي أو تأجيره داخل دولة الإمارات العربية المتحدة[11].

[11] بموجب المادة 50 من قانون الاتصالات في دولة الإمارات العربية المتحدة، يتعين على الكيانات الحصول على ترخيص مباشر من هيئة تنظيم الاتصالات (تدرا) بغية الاستفادة من الطيف الترددي.

ص.ب. 26662 • أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة P.O. BOX 26662 • ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES • فاكس FAX +971 2 7772229 • الرقم المجاني TOLL FREE 800 12
www.tdra.gov.ae

4.2 الإدارة المرنة للطيف الترددي

في ضوء الوضع الحالي لإدارة الطيف الترددي داخل دولة الإمارات العربية المتحدة، واستناداً إلى أبحاث أجريت في الصناعة والتطورات التنظيمية والأكاديمية ذات الصلة، يمكن وصف الإدارة "المرنة" للطيف الترددي على النحو التالي:

- ينبغي أن يكون النظام مرناً بحيث يتيح الاختيار التلقائي للتردد استناداً إلى مدخلات معينة للنظام.
- ينبغي أن يكون النظام سهل الاستخدام وأن يقبل أنواعاً متعددة من المدخلات؛ على سبيل المثال، المدخلات الفردية والحزم والآلية والمُعدة مسبقاً.
- ينبغي أن يكون النظام قادراً على الاندماج بسهولة في أي من حلول مراقبة/استشعار الطيف الترددي.
- ينبغي أن يكون النظام قادراً على الاندماج بسهولة في أي نظام لتكنولوجيا المعلومات (مثل المالية واعتماد النوعية) يستخدمه منظمو الطيف الترددي.
- ينبغي أن يقلص النظام الوقت المستهلك في تقديم الطلبات والتصريح إلى الصفر (أخذاً في الاعتبار كلاً من وقت استكمال الطلب وأوقات معالجة الطلب؛ أي المدخلات من كل من مقدم الطلب وزملائه في تدرا)، علاوة على خفض معدل التدخل البشري.
- ينبغي أن يكون النظام ديناميكياً وذكياً ومعتمداً على البيانات.
- يجب أن يستفيد النظام من التقنيات المتقدمة، مثل الذكاء الاصطناعي وأنظمة السجلات الموزعة.

على وجه التحديد:

تم تعريف المرونة في إدارة الطيف الترددي بأنها "القدرة على تلبية الاحتياجات المتطورة للمستخدم بطريقة سهلة وفي الوقت المناسب. يتطرق هذا التعريف إلى مرونة أنظمة إدارة الطيف الترددي لاستيعاب جميع الاحتمالات والمتطلبات، مما يخفّض الوقت من التطبيق إلى الدخول في حيز الاستخدام (BiU) إلى الصفر فعلاً، مع الحد الأدنى من التدخل البشري أو عدمه. ينطبق هذا أيضاً على الطريقة التي نقدم بها الترددات للتقنيات الحديثة والخدمات المستجدة.

تم وضع مجموعة من مقاييس تقييم نضج إدارة الطيف الترددي إلى جانب تعريف المرونة، على النحو المبين في الجدول (1) أدناه، وذلك استناداً إلى عدد من سمات الأتمتة والتفاعل متباينة المستويات. لكل سمة قيمة محتملة تتراوح بين (1) و(4)، حيث (4) هي الحالة الأكثر مرونة و(1) هي الحالة الأقل مرونة. وبناءً على البحث وأعمال المقارنات المعيارية التي تم إجراؤها، يعتبر المستوى (4) في جميع السمات هدفاً معقولاً وقابلاً للتحقيق من قِبل تدرا.

هناك العديد من العوامل الخارجية الكائنة خارج هذا التعريف، من بينها تغييرات عالمية وبعيدة عن متناول الهيئات التنظيمية على المستوى الفردي. على سبيل المثال، التغييرات في لوائح الراديو الناتجة عن قرارات المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية (WRC). بعضها الآخر ينتج عن الأولويات الوطنية؛ على سبيل المثال، بسبب خصوصية البيانات ومخاوف الأمن الوطني. قد يؤثر ذلك على المرونة القابلة للتحقيق لنهج إدارة الطيف الترددي في أي من البلدان.

ص.ب. 26662 • أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES • فاكس 7772229 2 971+ FAX • الرقم المجاني 800 12 TOLL FREE
www.tdra.gov.ae

ومع ذلك، فإن السياسة المستمرة لدى تدرا تتمثل في إقامة علاقة قوية مع مستخدميها لفهم الاحتياجات المستقبلية وتلبيتها من خلال نظام مرن وسهل الاستخدام لإدارة الطيف الترددي يتكامل مع جميع البيانات والعمليات الضرورية.

السمة	المستوى 1	المستوى 2	مستوى 3	مستوى 4
قاعدة بيانات الطيف الترددي (التصاريح والمعايير الفنية)	أساسي / إكسل	أداة تجارية جاهزة للاستخدام (SMS4DC)	أداة مطورة ذاتياً أو مخصصة (COTS)[12] (لتلبية متطلبات مقدم الطلب)	حية وديناميكية وقابلة للتكوين ومرنة
أدوات التحليل الفني (البرمجيات)	أساسي / إكسل	أداة تجارية جاهزة للاستخدام (SEAMCAT)	أداة مطورة ذاتياً أو مخصصة (COTS) (لتلبية متطلبات الهيئة التنظيمية)	حية (قيم تشغيلية)، وديناميكية، وقابلة للتخصيص، وقابلة للتكوين، ومرنة، على سبيل المثال: أداة الارتباط الثابت في الواقع المعزز من قِبل وكالة الترددات الوطنية ANFR AR[13]
عملية تقديم طلبات المتعاملين	ورقياً / رسالة / بريد إلكتروني / عن طريق الهاتف	الاستمارة الإلكترونية (التقديم الإلكتروني)	البوابة الإلكترونية (التقديم الآلي)	بوابة ذكية مع مساعد افتراضي
بيانات إشغال الطيف	حملات القياس	محطات المراقبة الثابتة والمتحركة	أجهزة استشعار ديناميكية وشبكية	دمج أجهزة استشعار المراقبة في قاعدة البيانات الحية
مشاركة إشغال الطيف عبر الإنترنت	لا توجد رؤية تتجاوز NFAT/NFP	خطط الفرقة المنشورة	قاعدة بيانات التصريح القابلة للبحث	رؤية كاملة ومباشرة للنطاقات المستهدفة
تخصيص	باستخدام دليل / ورقياً	تخصيص إلكتروني	تخصيص آلي	آني / تخصيص مباشر
مرونة مدة التصريح	فترة محددة	فترة محددة مع مرونة للمراجعة	مرونة تامة	مباشر / نشط

الجدول (1): مقاييس تقييم نضج إدارة الطيف الترددي

[12] COTS: Commercial Off the Shelf

[13] AR: الواقع المعزز

ص.ب. 26662 • أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة P.O. BOX 26662 • ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES • فاكس 7772229 2 971+ FAX • الرقم المجاني 800 12 TOLL FREE
www.tdra.gov.ae

5 المقارنة المعيارية

سعت الهيئة إلى الحصول على مدخلات من الهيئات التنظيمية في جميع أنحاء العالم للتحقق من صحة النهج المتبع لديها وللوقوف على تطورات المرونة المستخدمة حالياً.

أسفر تحليل المقارنة المعيارية عن أن هيئة تنظيم الاتصالات والحكومة الرقمية تحتل مرتبة عالية في معظم مقاييس تقييم النضج التي أُخذت بالاعتبار، مقارنة بالعديد من الهيئات التنظيمية المتقدمة في العالم. ثمة فرص متاحة لتطوير الهيئة في بعض الجوانب، مثل أدوات التحليل الفني وإتاحة معلومات شغل الطيف الترددي للكيانات خارج الهيئة.

يوضح تحليل المقارنة المعيارية كذلك أن كل من الراديو المتنقل الخاص (PMR)، والخدمات المساندة في الإنتاج الإذاعي والفعاليات الخاصة (PMSE)، والنفاذ الديناميكي للطيف الترددي (DSA)، ومعالجة التطبيقات هي الخدمات/العمليات الأكثر ارتباطاً بتقنيات الإدارة "المرنة" للطيف الترددي (على سبيل المثال، الذكاء الاصطناعي واستخدام أجهزة الاستشعار الشبكية). ويرتبط استخدام مخططات النفاذ الديناميكي للطيف الترددي في أغلب الأحيان بمشاركة الخدمات المتنقلة وغيرها، على الرغم من أن بعض الهيئات التنظيمية تربط ذلك أيضاً بشبكات RLAN والبث والخدمات المساندة في الإنتاج الإذاعي والفعاليات الخاصة والسواتل.

5.1 ملخص

تم النظر في النهج الحالي لإدارة الطيف الترددي داخل تدرا، ما أسفر عن استنتاج مفاده أن الهيئة تعمل بالفعل بطريقة تتسم بالنضج؛ أي أن عملية تقديم الطلبات واضحة ويمكن الإحاطة بها بسهولة، علاوة على إجراء التحليل والتخصيص بطريقة سريعة ومتقدمة تقنياً.

وبالنظر في النهج المتبع لدى تدرا لإدارة الطيف الترددي، وكذلك القدرة التكنولوجية الحالية والمستقبلية، تم وضع تعريف لمرونة الطيف الترددي إلى جانب مجموعة من مقاييس التقييم. ولقد أسفرت عملية المقارنة المعيارية عن تِبيان أن النهج الذي تتبعه تدرا يشبه إلى حد كبير النُهُج المتبعة لدى العديد من الهيئات التنظيمية الأخرى، بل وربما يتفوق عليها بعض الشيء، في العديد من الجوانب التي تم النظر فيها.

ص.ب. 26662 • أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES • فاكس 7772229 2 971+ FAX • الرقم المجاني 800 12 TOLL FREE
www.tdra.gov.ae

6 القوى الدافعة والتطورات في إدارة الطيف الترددي للتقنيات والخدمات اللاسلكية

من المتوقع أن يشهد العقد المقبل حدوث ابتكارات كبرى في مجال التقنيات والخدمات اللاسلكية، فضلاً عن التقدم في حلول إدارة الطيف الترددي، مع تحديد كيفية ضمان إدارة الطيف الترددي بشكل فعّال من قِبل الهيئات التنظيمية في مواجهة الصناعات النامية، من خلال التفاعل والتكيف بين كلا العاملين.

فمن ناحية، تتطلب الابتكارات في مجال التكنولوجيات والخدمات اللاسلكية إجراء تغييرات في الطلب على الطيف الترددي من قِبل الخدمات المبتكرة، وربما إجراء تطورات في تخصيصات الترددات والتصاريح، الأمر الذي قد يمثل تغييرات في حجم الطلب وكذلك في طبيعة الطيف الترددي المطلوب. على سبيل المثال، قد تتطلب التكنولوجيات الجديدة طيفاً ترددياً في مواقع مختلفة، على مدى فترات زمنية مختلفة، وبكميات مختلفة، فيما يمكن وصفه بعوامل دافعة، حيث إن الاستخدام الجديد للطيف الترددي سوف يجبر نُهُج إدارته على التكيف.

ومن ناحية أخرى، فإن التطورات في حلول إدارة الطيف الترددي، أي الحلول التي تستخدمها جهات إدارة الطيف الترددي، سوف تغير أيضاً الطريقة التي يتم بها ترخيص استخدام الطيف. فالتطورات في قدرات الحلول الإدارية، سواء التي طورتها الهيئات التنظيمية ذاتياً أو قدمتها الصناعة أو الأوساط الأكاديمية، سوف تسمح بتصريح الطيف الترددي بطرق مبتكرة جديدة، فيما يمكن وصفه بعوامل جذب، حيث يلجأ المنظمون تلقائياً إلى استخدام أساليب جديدة أكثر مرونة.

تستكشف هذه الوثيقة البيضاء الصادرة عن تدرا حول "مرونة الطيف الترددي" كيفية تفاعل العوامل الدافعة والجاذبة، والآثار المترتبة على التعامل مع متطلبات المستخدم ورضاه، والتي تعد محور تركيز رئيسي لدى تدرا.

6.1 التطورات التكنولوجية والمتطلبات المتغيرة للمستخدمين

تلوح في الأفق مجموعة واسعة من التقنيات والخدمات اللاسلكية المبتكرة وذلك استشرافاً لعام 2031. ومن المتوقع أن تؤثر تلك الخدمات على الهيئات التشغيلية والتنظيمية والصناعة والجمهور بشكل عام. لمعرفة كيف يمكن لجهة معنية بتنظيم الطيف الترددي أن تخدم متعامليها على أفضل وجه، تتناول هذه الوثيقة البيضاء تفاصيل التقنيات اللاسلكية المتغيرة ومشهد الخدمة الذي ستعمل ضمنه.

ص.ب. 26662 • أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة P.O. BOX 26662 • ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES • فاكس 7772229 2 971+ FAX • الرقم المجاني 800 12 TOLL FREE
www.tdra.gov.ae

تم إجراء مسح لرؤى التقنيات اللاسلكية من قِبل الاتحاد الدولي للاتصالات[14] ومورّدي المعدات (مثل نوكيا[15] وإريكسون[16] وهواوي[17])، فضلاً عن مشاريع المؤسسات البحثية (NSF NextG Research[18] ومشروع EU HEXA-X Research[19]). وفيما يلي أهم التطورات المتوقعة على المدى المتوسط:

- تطوير قدرات الجيل السادس (6G).
- الطلب المتزايد على استخدام الطيف الترددي المحلي، سواء بالنسبة لتطبيقات الخدمات المساندة في الإنتاج الإذاعي والفعاليات الخاصة أو الشبكات الخاصة (الصناعات والكيانات المحلية، والتي يشار إليها بوصف "القطاعات الرأسية").
- الحاجة إلى تحسين الاتصال بالمنازل وبداخلها (من خلال شبكة واي-فاي، وتوسيع الوصول اللاسلكي الثابت)، و"ليس نقاط" (والذي يتم التعامل معه بشكل متزايد من خلال شبكات السواتل، لا سيما غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض (NGSO) والمدارات الأرضية المنخفضة (LEO)، وإنترنت الأشياء (IoT).
- إدماج بنية الشبكة المتعددة لتعزيز التغطية والخدمة (الشبكات ثلاثية الأبعاد).
- تطوير الشبكات كخدمة (Naas) والوصول إلى الطيف الترددي عند الطلب.
- الأهمية المتزايدة للاستدامة والبصمة الكربونية لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات.
- أهمية الأمن السيبراني والجدارة بالثقة والمرونة في الشبكات.
- الدور المتنامي الذي يمكن أن يضطلع به الراديو الإدراكي في الوصول إلى الطيف ومراقبته.

للعديد من التطورات التي تم تحديدها آثار على إدارة الشبكات، وهي ذات أهمية قصوى للمشغلين، إلا أن الكثير منها يتعلق كذلك بإدارة الطيف الترددي، لا سيما الطبيعة الصعبة – الواعدة - لأجهزة الراديو الإدراكية.

[14] IEEE ComSoc, 2022. Excerpts of ITU-R preliminary draft new Report: FUTURE TECHNOLOGY TRENDS OF TERRESTRIAL IMT SYSTEMS TOWARDS 2030 AND BEYOND. Available at: https://techblog.comsoc.org/2022/02/27/excerpts-of-itu-r-preliminary-draft-new-report-future-technology-trends-of-terrestrial-imt-systems-towards-2030-and-beyond/

[15] Nokia, 2021. Network evolution towards the 6G era. Available at: https://www.nokia.com/blog/network-evolution-towards-the-6g-era/

[16] Ericsson, 2022. Future technologies for an intelligent society. Available at: https://www.ericsson.com/en/future-technologies

[17] Huawei, 2022. Communications Network 2030. Available at: https://www.huawei.com/en/giv/communications-network-2030

[18] NSF, 2022. IEEE Next G Summit Plenary (An Overview of NSF's Support for NextG Research) Alex Sprintson, NSF. Available at: https://www.youtube.com/watch?v=B6_ywxYHzAM

[19] HEXA-X, 2022. A flagship for 6G vision and intelligent fabric of technology enablers connecting human, physical, and digital worlds. Available at: https://hexa-x.eu

ص.ب. 26662 • أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة • P.O. BOX 26662 • ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES • فاكس 7772229 2 971+ • FAX +971 2 7772229 • الرقم المجاني 800 12 • TOLL FREE 800 12
www.tdra.gov.ae

6.1.1 الراديو الإدراكي

يمكن لأجهزة الراديو الإدراكي أن تختار ديناميكياً أفضل الترددات المتاحة من خلال تعقب التردد الذي سيوفر أفضل أداء مع ضمان حماية المستخدمين المحددين، على أن تكون وتيرة تطور أجهزة الراديو الإدراكي عاملاً رئيسياً في تطور استخدام الطيف الترددي وإدارته. قد يسمح استخدام أجهزة الراديو الإدراكي بنظام إدارة لامركزي إذا كانت الأجهزة قادرة على إجراء جوانب الاستشعار واتخاذ القرار بنفسها، علاوة على قدرتها المحتملة على السماح بوصول أكثر استغلال إلى الطيف من قِبل المستخدمين. وبطبيعة الحال، من المرجح أن تكون الأجهزة نفسها أكثر تعقيداً وأعلى تكلفة من أجهزة الراديو غير الإدراكية، حيث يجب أن تكون الأجهزة قادرة على العمل عبر نطاقات تردد متعددة، وأن تدعم في نهاية المطاف استخدام عرض النطاقات المختلفة وأنظمة التعديل. وبالإضافة إلى ذلك، ينبغي أن تكون الأجهزة قادرة على استشعار شغل الطيف الترددي، أو - على الأقل - أن تكون قادرة على السعي نحو الحصول على تلك المعلومات من مصادر بديلة، وأن تكون ذكية بما يكفي لتحليل المعلومات بغية تحديد ترتيب الإرسال المناسب. ومن ثم، من المرجح ألا يكون استخدام أجهزة الراديو الإدراكي مناسباً لجميع الخدمات، على المدى القريب على الأقل.

وهناك العديد من الأساليب التنظيمية التي توفر نتائج مماثلة لأجهزة الراديو الإدراكي؛ على سبيل المثال: الترددات الفاصلة بين قنوات البث التلفزيون (TV White Spaces)، أو خدمة الراديو عريضة النطاق للمواطنين (CBRS)، أو التنسيق الآلي للترددات (AFC).

6.1.2 أهداف الاستدامة

في عام 2017، أطلقت دولة الإمارات "استراتيجية الطاقة 2050"[20] التي تهدف إلى زيادة مساهمة الطاقة النظيفة في مزيج الطاقة الإجمالي من 25% إلى 50% وخفض البصمة الكربونية لتوليد الطاقة بنسبة 70%، وبالتالي توفير 700 مليار درهم إماراتي بحلول عام 2050. كما تسعى الدولة إلى زيادة كفاءة الاستهلاك للأفراد والشركات بنسبة 40%.

وللامتثال لأهداف دولة الإمارات المتمثلة في زيادة كفاءة استهلاك الطاقة بنسبة 40%، هناك حاجة إلى إحراز مزيد من التقدم في تقنيات الشبكات. ولا تزال متطلبات الجيل السادس (6G) قيد التطوير، بيد أنها قد توفر فرصة لتحقيق أهداف الاستدامة بشكل أفضل. على سبيل المثال، حددت المبادرة الأوروبية (Hexa-X) أهدافاً لشبكات الجيل السادس (6G) من حيث الاستدامة[21]:

- تمكين خفض انبعاثات الكربون بنسبة تزيد عن 30% باستخدام الجيل السادس.
- تخفيض بنسبة تزيد عن 30% في إجمالي تكلفة الملكية (TCO)، بما في ذلك رسوم الطاقة.
- تخفيض بنسبة تتجاوز 90% في استهلاك الطاقة لكل بت.

[20] دولة الإمارات العربية المتحدة، 2022 – استراتيجية الطاقة 2050 - على الرابط: https://u.ae/en/about-the-uae/strategies-initiatives-and-awards/federal-governments-strategies-and-plans/uae-energy-strategy-2050

[21] Hexa-X, 2020. Deliverable D1.2 Expanded 6G vision, use cases and societal values. Available at: https://hexa-x.eu/wp-content/uploads/2022/04/Hexa-X_D1.2_Edited.pdf

ص.ب. 26662 • أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES • فاكس 7772229 2 971+ FAX • الرقم المجاني 800 12 TOLL FREE
www.tdra.gov.ae

6.1.3 توقعات دولة الإمارات العربية المتحدة من عمليات إدارة الطيف الترددي

يشترط في دولة الإمارات العربية المتحدة أن تكون الخدمات الحكومية بشكل عام متاحة للمواطنين بطريقة مباشرة ومناسبة لهم. يعني هذا على وجه التحديد أن تكون الخدمات متاحة عبر الإنترنت، مع وجود واجهات سهلة الاستخدام بأدنى مستوى ممكن من العبء على المستخدمين. من بين الأمثلة التوضيحية على ذلك ضمن نظام الهيئة لإدارة الطيف الترددي هو عدد النقرات المطلوبة لتقديم طلب الطيف. أحد مؤشرات النجاح الرئيسية للهيئة هو وقت الانتظار للحصول على تصاريح الطيف الترددي، كما أن بعض الخدمات مؤتمتة بالكامل - تجديد التصريح مثلا – بينما تتطلب خدمات أخرى تدخل موظفي الهيئة لمعالجة الطلب.

يعني اشتراط الوصول إلى الطيف الترددي في أسرع وقت استلزام بذل جهد متواصل للحدّ من تأخير التصريح. بالإضافة إلى ذلك، فإن التطورات التي تم تحديدها فيما يتعلق بالطلب المخصص والمرن على الطيف الترددي إنما توضح أن النهج المتبع لدى تدرا لإدارة الطيف الترددي سوف يحتاج إلى تلبية هذا الجانب أيضاً.

6.1.4 ملخص

تم تحديد العديد من الاتجاهات النامية في صناعة الاتصالات اللاسلكية. أول تلك الاتجاهات هو تطورات تكنولوجيا الاتصالات المتنقلة الدولية (IMT): يتم حالياً نشر شبكة الجيل الخامس (5G) على نطاق واسع على مستوى العالم بينما تلوح شبكة الجيل السادس (6G) في الأفق، حاملة معها متطلبات جديدة تتعلق بالطيف الترددي وبنية الشبكة. وإلى جانب التطورات في الاتصالات المتنقلة الدولية، هناك الطلب المتزايد على الوصول إلى الطيف الترددي المحلي في شكل شبكات خاصة أو شبكات القطاعات الحيوية، وزيادة الطلب على معدات PMSE في الأحداث والفعاليات.

وهناك تطور آخر يتعلق بالحاجة إلى الاتصال واسع الانتشار. وترتفع التوقعات بشأن توفير الاتصال بالمستخدمين النهائيين من الفضاء بواسطة السواتل LEO وMEO، بدلاً من الشبكات الأرضية المتنقلة أو الثابتة الأكثر شيوعاً. وحيثما وجدت توصيلات أرضية، تعمل التحركات لتنفيذ النفاذ اللاسلكي الثابت (FWA) وتوصيلات واي-فاي المحسنة على تحسين تجربة المستخدمين النهائيين. هذا علاوة على زيادة الطلب من قِبل الأجهزة والأشياء لتطبيقات مثل تتبع المواقع. يمكن توفير هذا الاتصال من خلال عدد من شبكات إنترنت الأشياء المختلفة.

من المتوقع كذلك نشأة تطورات في الشبكات نفسها. على سبيل المثال، من المتوقع أن توفر الشبكات المتكاملة اتصالاً أفضل من خلال استخدام طبقات مختلفة؛ على سبيل المثال: محطات قاعدة ماكرو تقليدية، وخلايا صغيرة، ومحطات المنصات عالية الارتفاع (HAPS)، والسواتل. علاوة على ذلك، من المتوقع أن يتمكن المستخدمون النهائيون من شراء الشبكات كخدمة، والوصول إلى سعة الشبكة فقط عند الحاجة. وإلى جانب عرض "الاتصال وسعة البيانات عند الحاجة"، من المتوقع أن تتطور أجهزة الراديو الإدراكي بشكل أكبر لتصبح تكنولوجيا صناعية قابلة للتطبيق، مما يسمح للأجهزة باختيار نطاق التردد والتكنولوجيا الأكثر ملاءمة للاتصالات بنفسها.

ص.ب. 26662 • أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES • فاكس 7772229 2 971+ FAX • الرقم المجاني 800 12 TOLL FREE
www.tdra.gov.ae

هناك حاجة لأن تحقق الشبكات أهداف الاستدامة، مع ضمان كفاءة استهلاك أعلى. وبينما توفر شبكة الجيل الخامس استهلاكاً أقل للواط لكل بت، فإنها تستهلك طاقة أكبر من الشبكات السابقة، في إشارة إلى أن شبكة الجيل السادس قد تحتاج إلى إجراء مزيد من التحسينات من حيث كفاءة الطاقة.

كل تلك التطورات، فضلاً عن تطوير توقعات المستخدمين للتمكن من الوصول إلى الطيف الترددي المطلوب بسرعة وبأقل قدر من العبء الإداري، كلها تدعو الهيئات التنظيمية إلى التأكد من أن أطرها ونهجها التنظيمية مناسبة للغرض وقادرة على التعامل مع أحدث التطورات. من شأن المرونة – وفق تعريفها في هذه الوثيقة البيضاء – مساعدة الهيئات التنظيمية في هذا الصدد، حيث ستكون تلك الأنظمة أكثر قدرة على التعامل مع المتطلبات المتغيرة.

6.2 فرص حلول إدارة الطيف الترددي وتطوير قدرات الهيئات التنظيمية

ومع تطور متطلبات الوصول إلى الطيف الترددي، تتطور كذلك الأساليب والحلول التي تستخدمها الهيئات التنظيمية لإدارة الطيف الترددي. يتناول هذا القسم التطورات التي تم تحديدها والتي تسمح للهيئات التنظيمية بإدارة الطيف الترددي بطرق أكثر مرونة وابتكاراً.

6.2.1 نماذج الترخيص والتخويل البديلة للطيف الترددي[22]

تقليديا، كانت تصاريح الطيف الترددي تستند بالأساس إلى ثلاث فرضيات:

- تصاريح الطيف الترددي (كما يستخدم غالباً لتراخيص الهاتف المحمول).
- تراخيص الموقع أو جهاز الإرسال (السماح باستخدام تردد معين في موقع محدد، مع ملاحظة أن ذلك يشمل الوصول المشترك المرخص).
- التراخيص العامة وإعفاءات الترخيص (حيث لا يلزم الحصول على ترخيص فردي طالما أن المعدات تتوافق مع معايير استخدام معينة).

[22] بالإشارة إلى الممارسات الدولية المعروفة، يُستخدم مصطلحا "الترخيص" و"التصريح" في هذا القسم بشكل عام وغير متحيز مع الطيف الترددي.

ص.ب. 26662 • أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة P.O. BOX 26662 • ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES • فاكس 7772229 2 971+ FAX • الرقم المجاني 800 12 TOLL FREE
www.tdra.gov.ae

ومع ذلك، هناك مخططات ترخيص وتفويض أخرى، غير معتادة بنفس القدر، يتم تنفيذها بشكل متزايد.

الشكل (2) خمسة مستويات لنماذج تقاسم الطيف الترددي

المصدر: بوكر، 2020

من بين النماذج البديلة الأولى هناك الترخيص المحلي، حيث لا يزال الطيف الترددي كتلة مخصصة، أي أن الترددات تُخصّص لمنطقة بعينها، بدلاً من إتاحتها لمنطقة أو بلد بأكمله. في العديد من البلدان، يُستخدم هذا النهج لترخيص القطاعات الأفقية. على سبيل المثال، اعتباراً من مارس 2022، نفّذت 10 من الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي، البالغ عددها 27 دولة، مخططات ترخيص محلية (بالأساس في الطيف الترددي 3.6 جيجا هرتز). غالباً ما تظل مخططات الترخيص المحلية تلك إدارية بطبيعتها، إلا أنها تسهل طريقة أكثر مرونة لتصريح الطيف الترددي لاستخدامات معينة.

وهناك نموذج بديل آخر ألا وهو الترخيص الخفيف، حيث يُطلب من مستخدمي المعدات التسجيل لدى الهيئة التنظيمية للحصول على الطيف الترددي، بينما ليس من الضرورة بمكان الحصول على ترخيص فردي.

6.2.2 أنظمة تقاسم الطيف الترددي

يأتي تقاسم الطيف الترددي على رأس أولويات جدول أعمال بعض صُناع سياسات الطيف باعتباره حلاً "مرناً" محتملاً لمعالجة كثافة الطلب على الطيف التي تؤدي بدورها إلى ارتفاع مستويات الازدحام في نطاقات الطيف في مناطق معينة من العالم. وفي بعض الحالات، يمكن أن تساعد المشاركة بين المستخدمين على زيادة كفاءة الطيف للنطاقات المعنية. وبالمثل، قد يؤدي

ص.ب. 26662 • أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES • فاكس 7772229 2 971+ FAX • الرقم المجاني 800 12 TOLL FREE
www.tdra.gov.ae

الوصول إلى نطاقات محددة، كتلك التي تتطلبها استخدامات الاتصالات المتنقلة الدولية، إلى سيناريوهات توظيف مليئة بالتحديات، يُفضل معالجتها من خلال المشاركة في بعض الحالات.

إن تقنيات المشاركة متاحة تجارياً بالفعل في بعض البلدان، مع إمكانية الوصول الديناميكي إلى الطيف المتمثل في خدمة راديو النطاق العريض للمواطنين (CBRS)، التي تعبر عن المشاركة على أساس الوقت) والتنسيق الآلي للترددات (AFC) الذي يعبر عن المشاركة على أساس الموقع)، إلا أن كثافة الطلب على الطيف تشير إلى أنه احتمالية الحاجة إلى المزيد من تقنيات ونهج مشاركة الشبكات في المستقبل، وتتحدد وفقاً للأمور المقرر تناولها والخصائص المادية لنطاقات التردد.

تستفيد أنظمة المشاركة مثل خدمة راديو النطاق العريض للمواطنين (CBRS) من الاستشعار لتسهيل المشاركة، مع العلم بأن الولايات المتحدة تتجه نحو الابتعاد عن الأنظمة القائمة على الاستشعار، لتستعيض عنها بنظام "قدرة المبلغ المحدد"[23] لإخطار المستخدمين في الفئات الأدنى عندما يحتاج المستخدمون المحددون إلى الوصول إلى الطيف. تستخدم أنظمة أخرى مثل نظام التنسيق الآلي للترددات (AFC) قواعد البيانات المركزية لتنسيق الاستخدام. ويمكن أن تكون هذه الأنظمة خاصة بسياقات معينة، أو يمكن اعتبارها لبنات بناء مفيدة لمشاركة الأنظمة في سياقات ونطاقات أخرى، فعلى سبيل المثال، يمكن استخدام نهج من نوع خدمة راديو النطاق العريض للمواطنين (CBRS) في سياق الخدمات المساندة في الإنتاج الإذاعي والفعاليات الخاصة عند الحاجة إلى حماية المستخدم المحدد. ومع ذلك، فإن تنفيذ أنظمة المشاركة هذه يمكن أن يكون معقداً ومكلفاً، مما يعني أن الهيئات التنظيمية غالباً ما تتردد في الالتزام بهذه الأنظمة حتى يصبح الطلب عليها واضحاً.

يبدأ تغيير استخدام نطاق التردد في الاتحاد الدولي للاتصالات، مع توزيعات جديدة مؤمنة بخدمة محددة في لوائح الراديو، ثم يتم إدخال هذه التوزيعات في جداول تخصيص الترددات الوطنية، وتحدد الهيئة التنظيمية إمكانية الوصول إلى النطاق. ويعتمد اختيار نظام الوصول لنطاق ما على عدة عوامل، منها وجود المستخدمين المحددين، واحتياجات المستخدمين (القائمة والجديدة على حدٍ سواء)، وخصائص الجهاز والجدوى التجارية.

في حالة بعض النطاقات، مثل الرادارات البحرية في النطاق C-Band في الولايات المتحدة، تعتبر تكلفة انتقال المستخدمين الحاليين (أي مستخدمي الرادار البحري) إلى ترددات مختلفة ووضع المعدات الجديدة اللازمة تكلفة باهظة. ولكن تقرر أن التكلفة والتعقيد المتعلقان بتطوير نهج مشاركة خدمة راديو النطاق العريض للمواطنين (CBRS) (وليس ترحيل مستخدمي الرادار البحري) كان قابلاً للتطبيق نظراً للفائدة الكبيرة التي سيجلبها الوصول إلى طيف النطاق C-Band للجيل الخامس.

[23] NTIA, 2020. Incumbent Informing Capability (IIC) For Time-Based Spectrum Sharing. Available at: https://www.ntia.doc.gov/files/ntia/publications/iic_for_time-_based_spectrum_sharing.pdf

ص.ب. 26662 • أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة • P.O. BOX 26662 • ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES • فاكس 7772229 2 971+ FAX • الرقم المجاني 800 12 TOLL FREE
www.tdra.gov.ae

يُعد تنفيذ تقاسم الطيف بشكلٍ عملي أحد العناصر المهمة للتحرك نحو مرونة الطيف في دولة الإمارات العربية المتحدة. ويبين الجدول (2) أدناه جدولاً زمنياً إرشادياً للتطورات المطلوبة:

الفترة الزمنية	التطورات
2024-2026	تجتمع قواعد السياسة المنظمة للذكاء الاصطناعي مع أجهزة الاستشعار والراديو الإدراكي لتوفير مستويات أكبر من المشاركة والوصول الآلي للطيف الترددي، وتخصيص الترددات ضمن مجالات التكنولوجيا والخدمة الفردية الممكنة.
2026-2031	يمتد الذكاء الاصطناعي ليشمل المشاركة واتخاذ القرار في جميع مجالات التكنولوجيا والخدمات
2031+	ومن الممكن أيضاً تطوير نهج مشترك للمشاركة في المستقبل ينطبق على جميع نطاقات الطيف المشتركة. وفي هذه الحالة، يمكن إدارة المشاركة من قبل جميع المستخدمين باستخدام أداة واحدة، دون أن تضطر الهيئات التنظيمية إلى وضع أنظمة مخصصة لكل مُستخدم.

الجدول (2) – الجدول الزمني الإرشادي لتقاسم الطيف الترددي

6.2.3 رفع مستوى الذكاء والمرونة في قواعد البيانات

تعد أنظمة إدارة الطيف الحل الرئيسي في إتاحة الطيف الترددي للمستخدمين. ويستخدم الموظفون في الهيئات التنظيمية الوطنية مع أنظمة إدارة الطيف عند منح التصاريح (على سبيل المثال عند جمع معلومات طلب المستخدم وتحليل أي طلبات) ويستخدم مقدمو الطلبات هذه الأنظمة لتقديم المعلومات ذات الصلة.

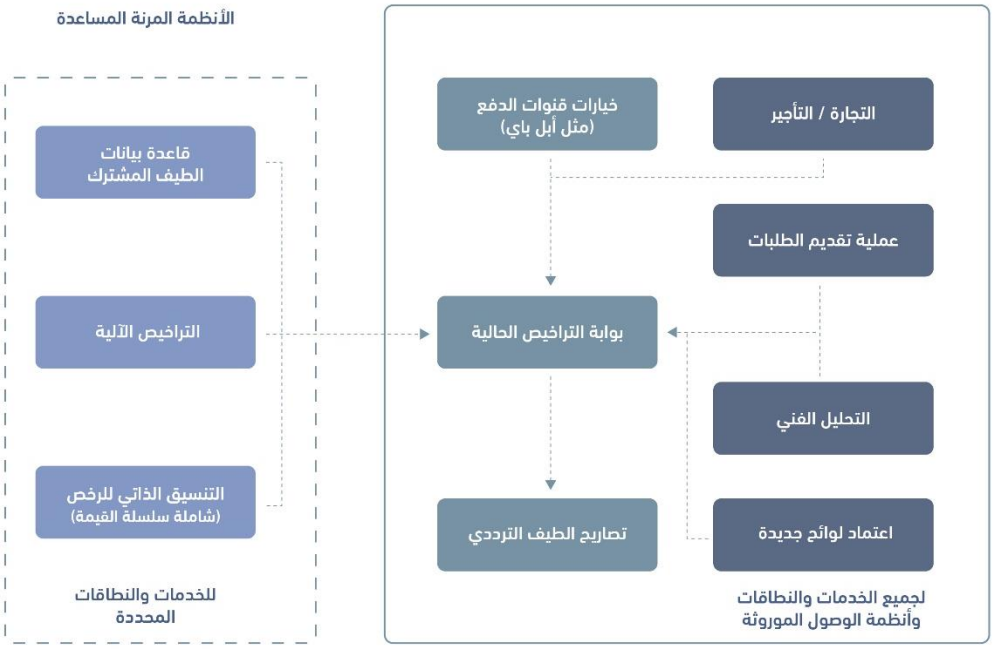
تعد الأنظمة الآلية لإدارة الطيف الترددي الأكثر تطوراً واحدة من المجالات التي يمكن تطويرها على المدى القصير. على سبيل المثال، يقدم بعض مزودي أنظمة إدارة الطيف بالفعل معالجة شبه آلية لطلبات التصريح، وقد تحققنا من خلال عملية المقارنة المعيارية من أن بعض البلدان تطبق أنظمة التصاريح الآلية على الخدمات. ومن المرجح أن يزداد التكامل بين هذه الخدمات، ويتسع نطاق العمليات المستخدمة لتشمل خدمات أخرى.

علاوةً على ذلك، قد تنطوي أنظمة إدارة الطيف على مستويات أعلى من الذكاء، مما يوفر للمستخدمين تجربة مخصصة، فمثلا يُمكن توجيه المستخدمين الذين يقومون بتسجيل الدخول إلى الحسابات على بوابة التصاريح نحو الإجراءات المتعلقة بتصاريحهم الحالية، كتصاريح التجديد، أو يمكن توجيههم في البداية نحو تطبيقات التصاريح ذات الصلة. وعلى الرغم من أن هذا الأمر ليس شائعاً بين الهيئات التنظيمية التي خضعت لعملية المقارنة المعيارية، إلا أن بعضها لا يزال يحرص على مداومة العمل في هذا المجال، ولا سيما فيما يتعلق بتحسين تجربة المتعاملين دون التأثير على قدرة الهيئات التنظيمية على جمع المعلومات اللازمة.

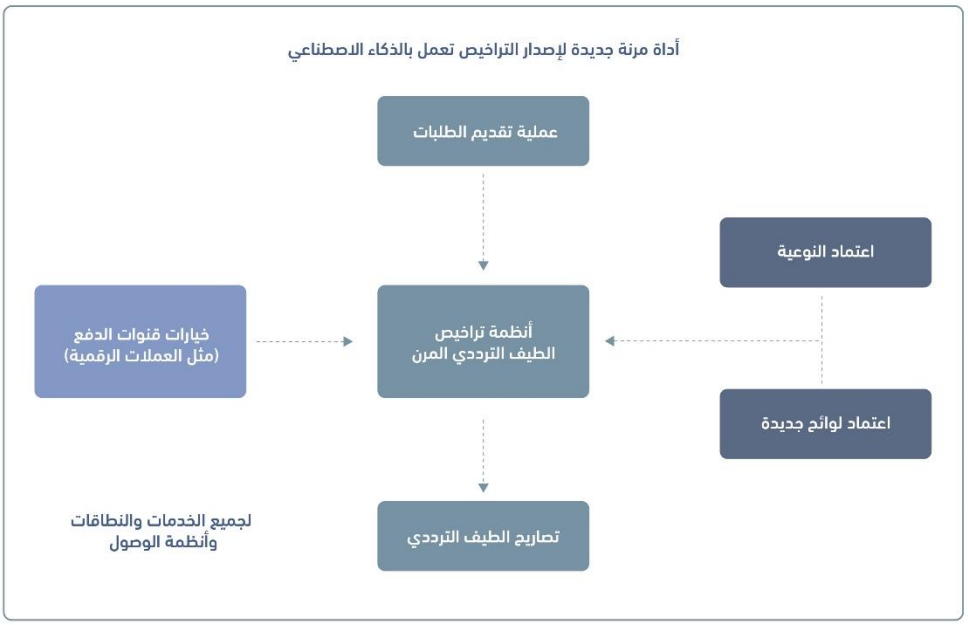
ص.ب. 26662 • أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES • فاكس 7772229 2 971+ FAX • الرقم المجاني 800 12 TOLL FREE
www.tdra.gov.ae

وبالإضافة إلى المستويات الأعلى من الأتمتة، من المتوقع أيضاً أن تصبح أنظمة إدارة الطيف نفسها أكثر مرونة وديناميكية، إذ أنها تعتمد اليوم اعتماداً كبيراً على قواعد بيانات الترخيص المركزية، وتتفاعل مع أنظمة أخرى مختلفة، من بينها بوابات التطبيقات وأدوات التحليل الفني وبوابات المالية واعتماد النوعية. يوضح المخطط العام التالي للنظام أدوات إدارة الطيف الحالية.

الأنظمة الآلية الحالية لإدارة الطيف الترددي



ص.ب. 26662 • أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة P.O. BOX 26662 • ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES • فاكس 7772229 2 971+ FAX • الرقم المجاني 800 12 TOLL FREE
www.tdra.gov.ae



الشكل (3) – أنظمة إدارة الطيف الحالية والمستقبلية

وتشير كافة هذه الأمور إلى التكامل في حل واحد. ولن يشتمل هذا النظام على أدوات مساعدة مخصصة للتعامل مع الأجزاء "المرنة" من نهج إدارة الطيف فحسب، وإنما تُستخدم أداة مركزية للتعامل مع جميع الخدمات والنطاقات وأنظمة الوصول، إلى جانب أنظمة الوصول التقليدية الموروثة. وتتميز هذه الأداة بالذكاء الكاف للنظر في الطلبات بموجب نظام الوصول المناسب، والتفاعل مع الأنظمة الأخرى حسب الحاجة. وسيكون مثل هذا النظام أكثر قدرة على تقديم نوع من مرونة إدارة الطيف المتمثل في المستويات الأعلى لمقاييس التقييم التي تم تحديدها.

ومن المرجح أيضاً أن تزداد جدوى التكامل بين أنظمة إدارة الطيف والأدوات الأخرى لتجربة الهيئات التنظيمية والمستخدم النهائي على حدٍ سواء، فعلى سبيل المثال، يمكن أن يؤدي التكامل المباشر لأنظمة إدارة الطيف مع بيانات المراقبة إلى تسهيل إصدار التصاريح الفورية بإجراء حسابات التداخل المحتملة الآلية والأكثر دقة، خاصةً بالنسبة لتطبيقات بعينها مثل الخدمات المساندة في الإنتاج الإذاعي والفعاليات الخاصة.

6.2.4 الذكاء الاصطناعي

عادةً ما نفهم أن المقصود بالذكاء الاصطناعي هو قدرة الآلات وأجهزة الحاسوب على زيادة طرق معالجة البيانات وسرعتها إلى مستوى متقدم يتجاوز القدرات البشرية. تضيف العديد من المصادر في تعريف هذا المصطلح؛ القدرة على التعلم، أو القدرة على حل المشكلات، أو على الأقل القدرة على تطبيق قواعد الخصم، بعكس نهج المدخلات والمخرجات التقليدي الذي اعتادت أجهزة الحاسوب والآلات استخدامه منذ القدم. ويمكننا تعريف أنظمة الذكاء الاصطناعي بأنها أنظمة قادرة على فهم بيئتها

ص.ب. 26662 • أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة P.O. BOX 26662 • ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES • فاكس 7772229 2 971+ FAX • الرقم المجاني 800 12 TOLL FREE
www.tdra.gov.ae

وتحليلها والتصرف وفقاً لذلك من أجل تعظيم فرص النجاح. التعلم الآلي هو أحد تطبيقات الذكاء الاصطناعي، حيث يتم تدريب أنظمة الذكاء الاصطناعي باستخدام مجموعات كبيرة من البيانات كي تتمكن من الوقوف على النتائج الأكثر نجاحاً.

لم يصل الذكاء الاصطناعي في إدارة الطيف الترددي بعد إلى مرحلة النضج. على سبيل المثال، يرى الاتحاد الدولي للاتصالات أن الذكاء الاصطناعي مهماً في العديد من جوانب إدارة الطيف[24]، إلا أن منشوراته المتعلقة بتطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة الطيف تقتصر في الغالب على الراديو الإدراكي.

نعتقد أنه من الممكن تطبيق الذكاء الاصطناعي بما يتجاوز الجوانب العامة لإدارة الطيف، بل وأيضاً يمكننا تطبيقه على العناصر الأكثر عملية وتلك المتعلقة بتكنولوجيا المعلومات، فمثلا يمكن استخدام المساعدين الأذكياء لمساعدة من يقدموا طلبات لاستخدام الطيف الترددي لتصفح البوابة، والتعرف تلقائياً على ملفات تعريف المستخدمين، وتقديم خدمات مخصصة التوجيه لهم.

ومن المتوقع أن تلعب الأبحاث في مجال الذكاء الاصطناعي دوراً في إدارة أنظمة الوصول الديناميكي إلى الطيف. يمكننا القول إنه باستخدام التعريفات المذكورة أعلاه للذكاء الاصطناعي، فإن تقنيات مثل خدمة راديو النطاق العريض للمواطنين (CBRS) والتنسيق الآلي للترددات (AFC)، (التي تناولتها الوثيقة البيضاء سابقاً) هي نموذج واضح للذكاء الاصطناعي لأنها تأخذ في الاعتبار الظروف البيئية، وتتعلم أثناء تقدمها، لتعظيم فرص النجاح في الحصول على تصاريح الطيف الترددي. وتشير الأبحاث إلى أن الذكاء الاصطناعي يمكن أن يكون مناسباً في إدارة الوصول الديناميكي للطيف الترددي، حيث إنه بمجرد توفير التدريب المناسب، ينبغي أن تتمكن أنظمة الوصول الديناميكي للطيف الترددي المستندة إلى الذكاء الاصطناعي من معالجة البيانات الجديدة بسهولة، وأن تصبح قادرة على التعامل مع الطبيعة المعقدة والسريعة التغير للإشارات اللاسلكية التي يعتبرها البشر والمعدات التقليدية صعبة[25]. قد يكون الاستخدام الإضافي للذكاء الاصطناعي في الوصول الديناميكي إلى الطيف الترددي هو تسعير الطيف بناءً على مستويات الطلب اللحظي، بحيث يمكن تغير عملية تسعير الطيف بشكل آني، مما يساعد من الناحية النظرية على تعظيم مستويات الكفاءة الطيفية التي يمكن الوصول إليها.

تعد المراقبة من جوانب إدارة الطيف التي يمكن أن تستفيد بالتأكيد من الذكاء الاصطناعي، إذ يمكن أن يلعب الذكاء الاصطناعي دوراً مفيداً للغاية[26] في معالجة الكميات الهائلة من بيانات المراقبة، وإتاحتها لاستخدامها في أنظمة التصاريح. ويمكن أن تكون قدرة الذكاء الاصطناعي المؤكدة على التعرف على الأنماط ذات فائدة خاصة في تحديد الإشارات التي يمكن أن تتيح قياسات شغل الطيف بشكل آني عندما تقترن بشبكة بها عدد كبير من أجهزة الاستشعار.

شرعت الهيئات التنظيمية في جميع أنحاء العالم في تنفيذ أنظمة ترخيص آلية (تركز عادةً على الراديو المحمول المتخصص والخدمات المساندة في الإنتاج الإذاعي والفعاليات الخاصة والوصلات الثابتة والبحرية والجوية)، ولكنها تعتمد على

[24] الاتحاد الدولي للاتصالات. الذكاء الاصطناعي سيجعل الاتصالات الراديوية أكثر ذكاءً. متاح على الرابط:
https://www.itu.int/en/action/ai/emerging-radio-technologies/Pages/default.aspx

[25] Y.-C. Liang, 2020. Dynamic Spectrum Management, Signals and Communication Technology.
https://doi.org/10.1007/978-981-15-0776-2_6

[26] مركز هندسة الاتصالات، 2021. الذكاء الاصطناعي في إدارة الطيف الترددي. متاح على الرابط:
https://www.tec.gov.in/pdf/Studypaper/AI_in_Spectrum_management.pdf

ص.ب. 26662 • أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES • فاكس 7772229 2 971+ FAX • الرقم المجاني 800 12 TOLL FREE
www.tdra.gov.ae

خوارزميات تخصيص محددة ومفهومة جيداً. ومن الأمور بالغة الصعوبة، توسيع نطاق الذكاء الاصطناعي ليشمل الأنظمة التي تتطلب مستويات أعلى من صنع القرار السياسي اللازم للتخصيص (مثل، الانتقال إلى ترددات مختلفة والسواتل) أو لاعتبارات تتعلق بالأمن والدفاع.

ومن المجالات الأخرى التي قد يثبت فيها الذكاء الاصطناعي فائدته تحديد تأثير التغييرات في لوائح الراديو الصادرة عن الاتحاد الدولي للاتصالات، بصيغتها المحدثة في المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية. وفي الوقت الحالي، تتطلب عملية تحديث جداول تخصيص الترددات الوطنية تحديد التغييرات التي تم إجراؤها على الخدمات المسموح لها بالوصول إلى كل نطاق ترددي. ويمكن أن تكون هذه العملية يدوية، وتستغرق وقتاً طويلاً بعد انعقاد المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية، في حين يمكن للذكاء الاصطناعي على المدى القصير تحديد التغييرات ذات الصلة في لوائح الراديو، وتحديث جداول تخصيص الترددات الوطنية في نطاق زمني أقصر وبأخطاء أقل من تلك التي يرتكبها الإنسان.

ولا يمكننا أن نغفل الدور الذي يقوم به الذكاء الاصطناعي في مساعدة الاتحاد الدولي للاتصالات على التعرف على بطاقات التبليغ الساتلي التي يحتمل نجاحها. واستناداً إلى اقتراح موظفي الهيئة، يتطلب هذا إما اتباع نهج التعلم الآلي، استناداً إلى بطاقات التبليغ الساتلي الناجحة حتى الآن، أو تطوير خوارزمية لتحديد احتمالية النجاح.

6.2.5 تقنية التعاملات الرقمية (بلوك تشين) (blockchain) وإجراءات التخصيص التعاوني الآمنة

التعاملات الرقمية (بلوك تشين) هي عبارة عن دفتر أستاذ لامركزي للمعلومات يتم مشاركته عبر عدة عُقد كما تُسمّى. لا تُستخدم سلسة الكتل حالياً على نطاق واسع في أنظمة إدارة الطيف الترددي، إلا أنه يمكن النظر إلى سلاسل الكتل وغيرها من إجراءات التخصيص التعاوني الآمن باعتبارها حلولاً واعدة لبعض التحديات المستقبلية المتعلقة بالتحقق من البيانات.

من الصعوبة تزوير المعلومات من قِبل المستخدمين حيث إن لكل عقدة (حاسوب) نسخة كاملة من المعلومات، ويتم التحقق من المعاملات (التغييرات في المعلومات) قبل اعتمادها في التعاملات الرقمية. وفيما يلي خمس فوائد رئيسية لتقنية التعاملات الرقمية[27]:

- اللامركزية، أي أنه لا يوجد طرف واحد مسؤول عن المعلومات.
- الشفافية، أي أن تاريخ المعاملات المؤدية إلى الوضع الحالي مرئياً لجميع المستخدمين.
- الثبات، أي أنه من الصعب تغيير المعلومات.
- التوافر، أي أن التعاملات الرقمية يتم نسخها عبر العديد من العُقد، مما يسفر عن الكثير من التكرار.
- الأمن، أي أن كافة المدخلات في دفتر الأستاذ يتم توقيعها بطريقة مشفرة.

[27] Martin BH Weiss et al., 2019. On the Applications of Blockchain to Spectrum Management. IEEE Transactions on Cognitive Communications and Networking.

ص.ب. 26662 • أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة P.O. BOX 26662 • ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES • فاكس 7772229 2 971+ FAX • الرقم المجاني 800 12 TOLL FREE
www.tdra.gov.ae

فيما بينها، يمكن لهذه الميزات الرئيسية أن تنفي الحاجة إلى كيان موثوق به يتحمل مسؤولية إدارة العديد من جوانب إدارة الطيف الترددي، علاوة على إتاحة رؤية أفضل لشغل الطيف الترددي، خاصة إذا كان من الممكن التحديث الآني للتعاملات الرقمية (ما أمكن).

من شأن فتح التعاملات الرقمية (بلوك تشين) لجميع المستخدمين التعرض للحاجة إلى آليات تحقق أكثر تعقيداً وعُقد ل التعاملات الرقمية، إلا أنه يزيل العبء الإداري عن الهيئة التنظيمية.

وفي حين أن هناك العديد من الفوائد المتوقعة وحالات الاستخدام المتعلقة باستخدام تقنية التعاملات الرقمية في إدارة الطيف الترددي، إلا أن هناك كذلك عدد من العيوب المحتملة. أولاً، من المحتمل أن تكون قوة المعالجة المطلوبة للتحقق من صحة معاملات التعاملات الرقمية (بلوك تشين) عاملاً مقيّداً من حيث إمكانية تطبيقها. من المرجح أن تكون العديد من الأجهزة التي يمكنها استخدام التعاملات الرقمية (بلوك تشين) المتخيلة هي أجهزة متنقلة بطبيعتها وتعمل بالبطارية من ثم، أي أنه من المرجح أن يكون استنزاف البطارية الناشئ عن متطلبات التحقق من صحة المعاملات عاملاً معرقلاً. وبالمثل، يتطلب التحقق من صحة المعاملات إجراء المزيد من الاتصال بين العقد أو الأجهزة التي تصل إلى الطيف الترددي والعقد الأخرى في التعاملات الرقمية (بلوك تشين)، وهو الأمر الذي قد يتطلب موارد طيف ترددي إضافية، مما يقلل من كفاءة النظام، علاوة على الوقت اللازم لعملية التحقق. وعلى هذا النحو، قد تكون تقنية التعاملات الرقمية (بلوك تشين) كنظام ترخيص أو إدارة للطيف الترددي بشكل آني تقنية محدودة.

هناك حالات استخدام واعدة لتقنية التعاملات الرقمية (بلوك تشين)، ولكن ينبغي فهم حدودها. في أحسن الأحوال، توفر تلك التقنية أداة لا مركزية لإدارة الطيف الترددي آنية تقريباً، والتي يمكنها المساعدة في تحفيز المستخدمين على تقاسم الطيف الترددي بشكل أكثر فعالية وكفاءة. وفي أسوأ الأحوال، هي طريقة غير فعالة لتكرار ما تمتلكه الهيئات التنظيمية بالفعل. يوضح التنفيذ الناجح للتعاملات الرقمية من قِبل وكالة الترددات الوطنية بغية التنسيق الذاتي للترددات بين مستخدمي PMDE أنه - في حالات محددة - يمكن للتعاملات الرقمية (بلوك تشين) أن توفر فوائداً جيدة. ومع ذلك، تظل غالبية الهيئات التنظيمية غير مقتنعة بفوائد نشر تقنية التعاملات الرقمية في إدارة الطيف الترددي بشكل عام. ويمكن استكشاف إجراءات أخرى للتخصيص التعاوني أكثر بساطة وأماناً.

6.2.6 المدفوعات بالعملات الرقمية (مشروع عابر 2020/2019 الإمارات العربية المتحدة)

في عام 2019 أطلقت دولة الإمارات العربية المتحدة مشروع "عابر"، وهو عملة رقمية للبنك المركزي (CBDC) تهدف إلى استكشاف المدفوعات المحلية وعبر الحدود من خلال نظام دفع موزع. ولقد شهد المشروع إجراء تحسينات جوهرية في الكفاءة ووفورات تكاليف المعاملات عند استخدام نظام دفع مركزي[28]. وفي نوفمبر 2020، اعتُبر نشر العملة الرقمية للبنوك المركزية في دولة الإمارات العربية المتحدة مسألة ممكنة، رهناً بإجراء المزيد من الدراسات. وعلى وجه الخصوص، تواجه

[28] Central Band of the UAE, 2020. CBUAE and SAMA Issue Report on Results of Joint Digital Currency Project "Aber". Available at: https://www.centralbank.ae/media/nigd2put/cbuae-and-sama-issue-report-on-results-of-joint-digital-currency-project-aber_en.pdf

ص.ب. 26662 • أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة • ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES • فاكس 7772229 2 971+ FAX • الرقم المجاني 800 12 TOLL FREE
www.tdra.gov.ae

العملات الرقمية للبنوك المركزية تحديات تنظيمية جمّة تتطلب دراسة متأنية. على سبيل المثال، هناك مخاوف الخصوصية وحماية المستهلك وقواعد مكافحة غسيل الأموال[29]. ولقد تم بالفعل إطلاق العملات الرقمية للبنوك المركزية في عدد كبير من البلدان.

أسفر البحث في هذا الصدد عن وجود عملات رقمية، على غرار العملات الرقمية للبنوك المركزية، التي لها بعض الفوائد في ظل سيناريوهات محددة، على الرغم من أن ذلك يرجع أساساً إلى الطبيعة التكميلية للعملات الرقمية للبنوك المركزية وسلاسل الكتل، مما يسمح بالعقود الذكية على سبيل المثال. وارتأت الهيئات التنظيمية التي تم التواصل معها من خلال ممارسة المقارنة المعيارية أن استخدام العملات الرقمية، سواء كانت خاصة أو عملات رقمية للبنك المركزي، إنما هي مسألة تخص البنك المركزي للدولة دون الهيئة التنظيمية المسؤولة عن إدارة الطيف الترددي.

6.2.7 ملخص

من المتوقع أن تكون التطورات في حلول إدارة الطيف الترددي حلولاً جوهرية. في الوقت الحالي، تعتبر حلول إدارة الطيف الترددي والنهج التنظيمية ذات طبيعة مجزأة في الغالب، مع وجود نظام ونَهج مخصصين للتعامل مع مسألة النفاذ إلى معظم النطاقات والخدمات، وكذلك أدوات ونُهُج مستقلة لمساعدة أنظمة النفاذ الأكثر تحديداً.

ومن المتوقع كذلك أن تسمح التطورات في حلول وتقنيات إدارة الطيف الترددي - مثل الذكاء الاصطناعي وإجراءات التخصيص التعاوني الآمنة – بتحقيق تكامل أفضل بين مختلف نظام إدارة الطيف الترددي، وتطوير أدوات أسهل وأكثر مرونة، حيث الهدف النهائي هو أن تكون أداة واحدة ذكية ومرنة بدرجة كافية لتكون قادرة على ترخيص جميع الخدمات والطيف الترددي على النحو المطلوب.

يمكن لذلك النظام أن يقوم بعد ذلك بالتنفيذ العملي لمناهج جديدة للترخيص والتنظيم وأنظمة التقاسم على النحو المطلوب (دون الحاجة إلى تنفيذ نظام جديد مخصص)، فضلاً عن إمكانية تحديد التسعير ديناميكياً إذا لزم الأمر. ومن الممكن كذلك تقديم خدمة أفضل للمتعاملين؛ على سبيل المثال، من خلال المساعدين الأذكياء لتوجيه المتقدمين بالطلبات خلال عملية التقديم، والتفويضات الآلية والتحليل بناءً على المعلمات التشغيلية بدلاً من قيم الحالة الأسوأ. وسوف يعتبر منظور تقاسم الطيف الترددي لدولة الإمارات العربية المتحدة بمثابة حافز لأنظمة الحصول على الطيف الترددي الجديدة إلى جانب قواعد البيانات الديناميكية.

[29] Atlantic Council, 2022. Central Bank Digital Currency Tracker. Available at: https://www.atlanticcouncil.org/cbdctracker/

ص.ب. 26662 • أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES • فاكس 7772229 2 971+ FAX • الرقم المجاني 800 12 TOLL FREE
www.tdra.gov.ae

7 هيئة تنظيم الاتصالات والحكومة الرقمية 2031: خارطة الطريق والسيناريوهات والجدول الزمني لتطور أنظمة إدارة الطيف الترددي الذكية

انطوى مشروع "مرونة الطيف الترددي" الخاص بالهيئة لعام 2022 على بحث واسع النطاق في فرص التكنولوجيا اللاسلكية وتطور حلول إدارة الطيف الترددي وفوائد المرونة التي توفرها، وتنفيذها بين الكيانات المسؤولة عن إدارة الطيف الترددي في جميع أنحاء العالم.

ومن المتوقع أن تتطور عوامل المرونة والتقنيات وحلول إدارة الطيف بطريقة غير خطية ولا يمكن التنبؤ بها بالكامل خلال العقد المقبل، حيث يصعب تحديد الجدول الزمني ذي الصلة. ولذا، من الضرورة بمكان في هذه الوثيقة البيضاء، وفقاً لنهج السيناريو الموصى به من قبل دولة الإمارات العربية المتحدة[30]، النظر في أكثر من مسار محتمل في تطوير النماذج المرنة. ومن الأفضل تقييم الإجابة على سؤال "كيف يمكن لإدارة الطيف الترددي أن تكون مواتية للغرض ولتمكين تجربة ممتازة للمتعاملين ومستخدمي الطيف الترددي في دولة الإمارات العربية المتحدة؟" من خلال ثلاثة سيناريوهات، ومناقشة المبادرات التي يتعين على الهيئة ذاتها اتخاذها لتحقيق أهداف المرونة الخاصة بها.

ركزت السيناريوهات المستقبلية التي درستها الهيئة على درجة تطور عوامل النضج والتكنولوجيا، والتي أسفرت عن أن مدى التطورات في استقلالية العمليات ومرونتها في العقد القادم سوف يعتمد على ما يلي:

- فرص التكنولوجيات اللاسلكية، لا سيما المشاركة الديناميكية المستقلة وتطبيق الذكاء الاصطناعي على مستوى إدارة الشبكة.
- تقدم الذكاء الاصطناعي في حلول إدارة الطيف الترددي.
- نطاق قرارات السياسة المؤسسية في مجال نظام إدارة الطيف الترددي التي تتطلب تدخلاً محدداً بالسياسة.

استناداً إلى المقارنات الدولية الشاملة والمقارنات المعيارية التي أجرتها تدرا، وأخذاً في الاعتبار فرص تكنولوجيا الشبكات المستقبلية، والتحسينات في حلول إدارة الطيف الترددي، تنظر الهيئة في ثلاث (3) مسارات رئيسية لسيناريوهات المرونة خلال الفترة 2023-2031، على النحو التالي:

سيناريو المرونة	الوصف	نحو تحقيق المرونة	المخرجات
أ. الاتجاه نحو المرونة المتزايدة	تحسين المرونة في إدارة الطيف الترددي خطوة بخطوة	اعتماد تطوري لعمليات جديدة تتسم بالمرونة، بما في ذلك المزيد من الذكاء	مستوى نضج متزايد
ب. القفز نحو ظروف المرونة الكاملة	شروط المرونة الكاملة	اعتماد عام لجميع العمليات المرنة بالكامل بغية وضع تصور لها وتطويرها	النضج المرن بشكل كامل (السيناريو المرجعي "الحلم")
ج. النهج القائم على الأهداف: الطريق إلى عام 2031	مرونة معززة بشكل كبير في إدارة الطيف الترددي	- اعتماد عمليات مرنة جديدة - مبادرات تدرا الموجهة نحو المستقبل	التقدم الكمي في مستوى النضج

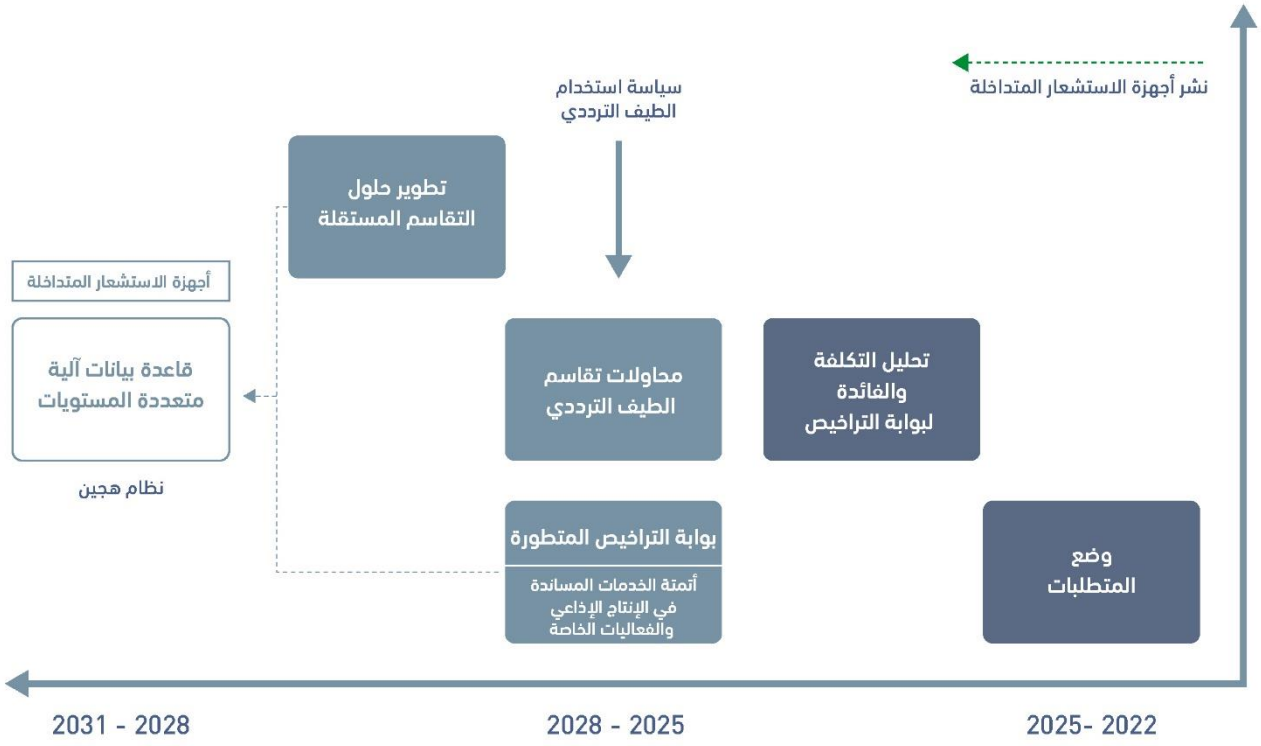
الجدول (3): سيناريوهات تطوير إدارة الطيف الترددي للفترة 2023-2031

[30] أدوات تخطيط السيناريوهات، دليل حكومة الإمارات العربية المتحدة، 2019.

ص.ب. 26662 • أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES • فاكس 7772229 2 971+ FAX • الرقم المجاني 800 12 TOLL FREE
www.tdra.gov.ae

7.1 السيناريو (أ): الاتجاه نحو المرونة المتزايدة

تبين من عملية المقارنة المعيارية التي أجريت في مشروع مرونة الطيف الترددي الذي تنفذه الهيئة وجود توقعات حذرة نسبياً من الهيئات التنظيمية في جميع أنحاء العالم تتعلق بإمكانية تحقيق المزيد من التقدم السريع والكبير في الإدارة الآلية للطيف الترددي في المستقبل الوشيك. ومن الممكن أن تتحقق أتمتة إدارة الطيف، ولكن بشكلٍ تدريجي، كما هو موضح في الشكل (4).



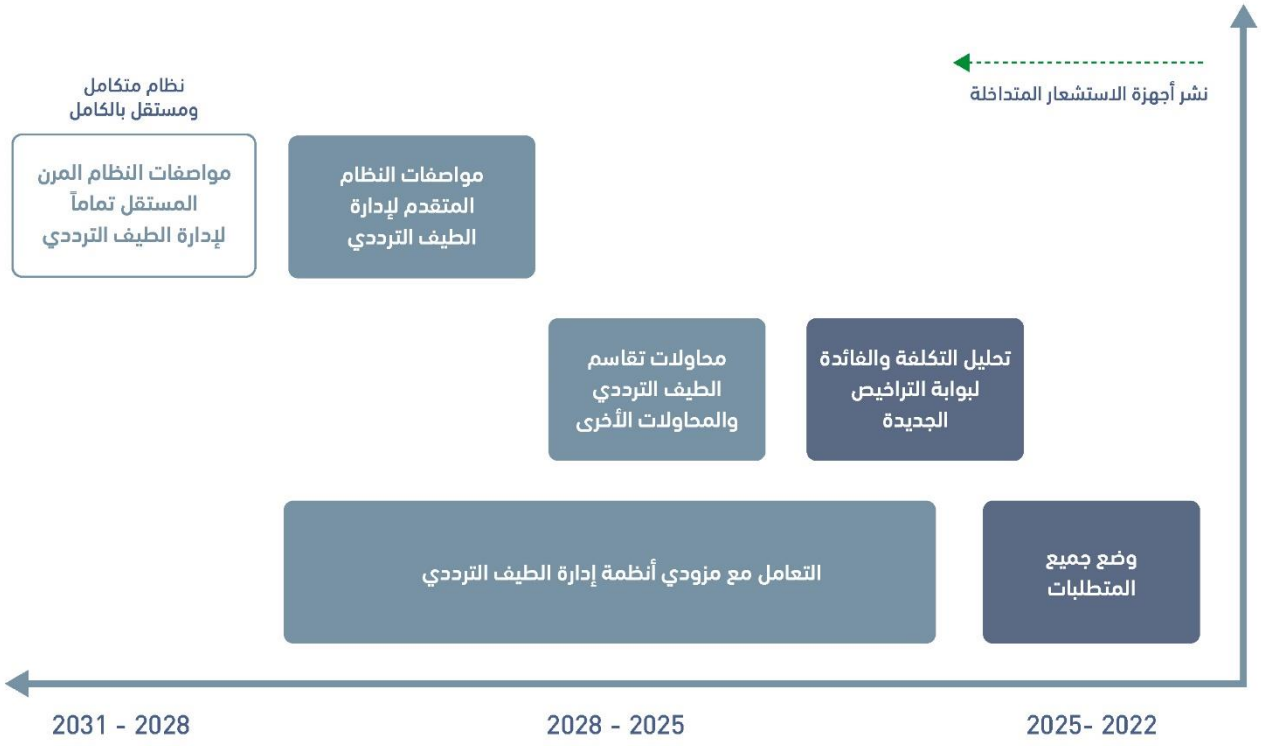
الشكل (4): مثال لخارطة طريق تطوير سيناريو (1) من سيناريوهات إدارة الطيف الترددي.

في هذا السيناريو الأساسي، يستغرق إعداد وتشغيل قواعد البيانات الحية بكامل طاقتها بعض الوقت، وسيكون تقاسم البيانات محدوداً بسبب مطالبات المستخدمين الحاليين بحقوقهم الحصرية، والتعقيد والبطء النسبي في تطوير أجهزة الراديو الإدراكي الفعالة، ومحدودية نطاقات الطيف المفتوحة لهذا الابتكار. وبالتالين سيقتصر التخصيص التشاركي للترددات وتقنية التعاملات الرقمية على عدد قليل من الخدمات، التي تتيح للمستخدمين إمكانية التعامل بأنفسهم مع المتطلبات الأساسية نسبياً. وهذا لا يعني أن المرونة لن تتحسن في السنوات القليلة المقبلة، وإنما يعني تقدمها بطريقة تدريجية وتطورية.

ص.ب. 26662 • أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة P.O. BOX 26662 • ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES • فاكس 7772229 2 971+ FAX • الرقم المجاني 800 12 TOLL FREE
www.tdra.gov.ae

7.2 السيناريو (ب): قفزة نحو شروط المرونة الكاملة

تعتبر الإدارة المستقلة للطيف الترددي هدفاً يستحق النظر فيه، ولكن لم يحدد مجتمع أصحاب المصلحة في الطيف الترددي وهيئاته التنظيمية أفق هذه الإدارة. غالباً ما يُشار إلى هذا المنظور الرائع في دوائر إدارة الطيف الترددي على أنه "حلم" أو ربما "خيال". يصف الشكل (5) مساراً افتراضي نحو "الأتمتة المرنة بالكامل".



الشكل (5): مثال لخارطة طريق تطوير سيناريو (2) من سيناريوهات إدارة الطيف الترددي.

تُستخدم المشروعات البحثية بالمرحلة التجريبية، والتي يجري معظمها بالولايات المتحدة الأمريكية ويقوم على تنفيذها وكالة مشاريع البحوث المتطورة الدفاعية الأمريكية ومؤسسة العلوم الوطنية، في استكشاف إمكانية دمج أجهزة الراديو الإدراكي الدقيقة دقة تامة بالذكاء الاصطناعي الفائق القوة لتسمح بتنفيذ عمليات توزيع وتخصيص وإدارة الطيف الترددي بشكل مستقل تماماً، وبكفاءة مثلى، وفي الوقت الفعلي عبر نطاقات تردد واسعة.

وفقاً لمسح لأصحاب المصلحة الذي أجرته الهيئة، تبين أن الرأي الخبير المقبول عموماً هو أنه ستظل هناك قيود مفروضة على ما يمكن لحلول إدارة الطيف تحقيقه فيما يتعلق بتخصيص الطيف المستقل والتصريح به. وفي ظل ظروف الحياة الواقعية خارج المختبر تلعب مجموعة من الاعتبارات الفنية والسياسية دوراً في التصريح باستخدام الطيف في تقديم العديد من الخدمات. ويستخدم الوصول الديناميكي للطيف على نطاق واسع بالفعل لتحديد التقنيات والخدمات ولكنه بعيد كل البعد عن أن يمتد

ص.ب. 26662 • أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES • فاكس 7772229 2 971+ FAX • الرقم المجاني 800 12 TOLL FREE
www.tdra.gov.ae

لتخصيصات الخدمة وتغطية الطيف الترددي بأكمله. ويمكن أن تنتفع ظروف المنافسة وقضايا الأمن والدفاع من تحليل الذكاء الاصطناعي إلا أنها لن تتناسب بسهولة مع الأنظمة المستقلة مهما بلغت درجة ذكائها.

وعلى الرغم من أن الظروف التي تسفر عن وضع حل الإدارة المستقلة للطيف الترددي توفر رؤية مرجعية مفيدة، إلا أن هذا الحل لن يُتاح بحلول عام 2031. ولكن من المثير للاهتمام أن يقدم لنا ذلك لمحة شاملة عن الوضع الذي يمكن أن تكون عليه إدارة الطيف الترددي يوماً ما، حيث يزودنا ببعض المقاييس المفيدة فيما يخص الفجوة بين ما نحن عليه الآن والحقائق العملية لمتطلبات النظام البيئي اللاسلكي والتطورات وحلول إدارة الطيف وما يمكن أن نحققه من أهداف طموحة، ومنطقية في نفس الوقت. كما يحدد مساحة وإطاراً نعرّف من خلالها المبادرات التي ستُنفّذ لتحقيق أفضل النتائج الممكنة في ظل نهج قائم على الأهداف حتى 2031.

7.3 السيناريو (ج): النهج القائم على الهدف: الطريق إلى عام 2031

بعد مواجهة الحقائق في بداية عام 2023، اتضح أن الطريق نحو الإطار الزمني لتحقيق المرونة 2031 سينتج عن إتاحة مزيج من فرص التكنولوجيا وحلول إدارة الطيف بتعزيز من مبادرات الهيئة وتطوراتها التي تسهم في تحقيق الأهداف الرقمية "للنظام البيئي 2031" للإمارات العربية المتحدة أينما كانت إدارة الطيف ضمنية.

تتضمن المبادرات الأساسية التي اختارت الهيئة تنفيذها لتسريع الرحلة على الطريق السريع لتحقيق المرونة ولتصعيد مستوى نضج نظام إدارة الطيف الاعتبارات التالية على سبيل المثال لا الحصر:

- درجة التكامل المنهجي والديناميكي لعمليات التطبيق والتصريح والمراقبة.
- تطبيق قواعد البيانات الحية والديناميكية.
- استخدام التعاملات الرقمية والإجراءات التعاونية الآمنة لتنظيم تخصيصات الطيف ذاتياً.
- مدى التخصيصات المباشرة ذات القرار الفردي، والقطاعات، والنفاذ اللاسلكي الثابت، التي تزيد من أعباء الهيئة التنظيمية.
- زيادة نهج المشاركة (الاستشعار المتقدم، تكامل قواعد البيانات والاستشعار، الوصول الديناميكي).

يصف الجدول التالي الأهداف التي تسعى الهيئة إلى تحقيقها في طريقها نحو الوصول إلى مستوى عالٍ من المرونة والاستقلالية.

الهدف	الوصف
1. **المستخدمون**	المستخدمون كجزء من نظام الإدارة المرنة والآنية للطيف الترددي
2. **تعزيز تقنية الذكاء الاصطناعي**	تعزيز الذكاء الاصطناعي في عملية النظام الآلي لإدارة الطيف الترددي وتوقع احتياجات المستخدم وتلبيتها
3. **تعزيز الأتمتة / الاستقلالية**	تعزيز الأتمتة/الاستقلالية لتنفيذ المرونة: خارطة الطريق نحو عام 2031

الجدول (4) – وصف الأهداف ذات الصلة بالسيناريو (3)

ص.ب. 26662 • أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES • فاكس 7772229 2 971+ FAX • الرقم المجاني 800 12 TOLL FREE
www.tdra.gov.ae

تتمثل أهداف عملية التحول المشار إليها في الأهداف التالية:

7.3.1 الهدف (1): المستخدمون كجزء من نظام الإدارة المرنة والآنية للطيف الترددي

تماشياً مع الأهداف الرقمية لدولة الإمارات العربية المتحدة، تسعى الهيئة إلى تحسين درجة رضا المستخدمين، كون ذلك جزءاً من ميثاقها. وقد أدى مشروع "مرونة الطيف الترددي" البحثي في تعريفه للمرونة إلى اعتبار المستخدمين جزءاً من نظام إدارة الطيف نفسه، وبالفعل، لا يتوقف دور الهيئة على إصدار تصاريح للمستخدمين، وإنما يتعين عليها ضمان استمرارية التشغيل دون تداخل طوال مدة التصريح والسماح للمستخدمين بتعديل تصاريحهم بمرونة أو تجديدها أو إلغائها إذا ما اقتضى الأمر.

وتكمن إحدى التطبيقات المحتملة لهذا المفهوم في إدارة ترددات المستخدمين بشكل آني لضمان تحقيق مستويات أعلى من الخدمة والكفاءة الطيفية. ويمكن تطبيق الاستخدام والتصريحات المباشرة، فعلى سبيل المثال، إذا كان من الممكن أن يستفيد مقدم طلب آخر بأحد الترددات في موقع معين، يجوز للهيئة في هذه الحالة (وفق شروط معينة) تعديل تصريح المستخدم الحالي لإفساح مجال لمقدم الطلب الجديد ديناميكياً وهو ما قد يُعرف بـ "إدارة الطيف الترددي الحي".

وكطريقة أخرى لتنفيذ نهج "المستخدم كجزء من نظام إدارة الطيف"، يمكن تزويد المستخدمين بتصاريح عاجلة بصورة ديناميكية لاستخدام الطيف (وهذا وفق شروط معينة)، بمعنى أنه إذا كان المستخدمون مسجلين لدى الهيئة، وإن كانت المعدات من نوعية معتمدة ومتصلة بأنظمة الهيئة، ربما يُمكن أتمتة أجزاء من عملية إصدار التصريح بأدنى قدر من التدخل البشري.

في الوقت الحالي، تعتبر التصريحات سارية في دولة الإمارات لمدة عام واحد فقط، ولكن هناك تطبيق من تطبيقات النظام الآني المتصل قيد النظر يمكن من خلال التصريح بالاستخدام لفترات أقصر بكثير، بضع دقائق بحد أقصى إذا استلزم الأمر. وقد يسهّل هذا أيضاً فرض تسعيرة على الوصول الديناميكي للطيف. فعلى سبيل المثال قد يتم تحصيل التسعيرة من المستخدمين بمجرد تشغيلهم للأجهزة حتى إيقاف تشغيلها بحيث تنوب قاعدة بيانات الهيئة عن الجهاز في اختيار التردد بصورة آلية، وربما يعزز ذلك رؤية الهيئة لاستخدام الطيف وملكية الجهاز.

وقد يسمح هذا أيضاً بتحديد مستويات الأولوية للمستخدمين، حيث أنه في الحالات التي تقتضي وصولاً متزامناً، يكون الوصول مضموناً لأصحاب الأولوية الأعلى. ويشبه هذا الأسلوب النهج المتبع في خدمة راديو النطاق العريض للمواطنين (CBRS)، على سبيل المثال.

في الواقع، يُمكن تعريف إدارة الطيف من خلال الأبعاد الخمسة التالية: س، ص، ع (أي الإحداثيات) والوقت والتردد. وهناك بعض الخدمات التي قد يكون من الممكن تحسين أتمتة معظم جوانب التصريح بها - إن لم تكن كلها - إلى حدٍ تصبح معه شبه مستقلة بذاتها، ولكن قد يصل مستوى تعقيد خدمات أخرى لدرجة يستحيل معها أتمتة كافة الجوانب على المدى القصير، ومنها الخدمات التي تتطلب قدراً هائلاً من التنسيق. ويمكن أتمتة جوانب معينة كالتحليل الفني أو تبادل المعلومات، وغير ذلك من أمثلة.

يتمثل الهدف الرئيسي من هذا السيناريو في تعزيز مستوى استقلالية النظام في عملية لإصدار التصاريح.

ص.ب. 26662 • أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES • فاكس 7772229 2 971+ FAX • الرقم المجاني 800 12 TOLL FREE
www.tdra.gov.ae

7.3.2 الهدف (2): تعزيز الذكاء الاصطناعي في عملية النظام الآلي لإدارة الطيف الترددي: توقع احتياجات المستخدم وتلبيتها

في سبيل تحقيق هذا الهدف، يتدخل الذكاء الاصطناعي بصفته عامل مرونة رئيسي في كل خطوة من خطوات عملية إدارة الطيف.

تطبيق الذكاء الاصطناعي عند	الوصف
1. **تقديم الطلب**	هذا مساعد ذكاء اصطناعي بإمكانه أن يقدم الدعم في استكمال الطلب بصورة مستقلة، حيث يعمل بصفته حلاً إلكترونياً تفاعلياً. يساعد الذكاء الاصطناعي الابتدائي - وما يشمله من مئات البيانات - الذي يعد أقرب لنظام خبير متطور في التعريف بالمستخدم واحتياجاته بطريقة أكثر دقة دائماً. ويمكن استخدام ملفات تعريف المستخدمين كجزء من بوابة تقديم الطلبات للمساعدة في إضفاء طابعي شخصي خاص على الخدمات المقدمة لمقدمي الطلبات. كما أنه من الممكن حساب القنوات ذات الروابط الثابتة المتاحة في كل منطقة مقدماً ونشرها مما يسهل على المستخدمين تقديم الطلبات.
2. **معالجة الطلب والحصول على التصريح**	المعالجة المستقلة بدون تدخل بشري بحيث تتضمن تنبؤات الترددات الراديوية والتحليل الفني والحسابات وعمليات التصريح التعاونية مما يقترب من تحقيق قرارات التخصيص المؤتمتة في كثير من الحالات. فكلما تولدت المزيد من البيانات وازدادت الحاجة إلى تمكين ودعم درجة أعلى من الدقة في إصدار تصريحات الوصول للطيف، ستلعب الخوارزميات المتطورة دوراً محورياً مما يسمح بتطبيق المستوى الثاني من تقنية الذكاء الاصطناعي.
3. **عملية المراقبة**	تتناول مرحلة المراقبة - التي تتضمن المراقبة الوقائية - العديد من بيانات القياس الواردة من مجموعة واسعة من أجهزة الاستشعار (كأجهزة الاستشعار المتداخلة). ويجب معالجة البيانات بسرعة وتفسيرها وعرضها بطريقة هادفة لدعم التصريح الحي مما سيستلزم تطبيق تقنية ذكاء اصطناعي متقدمة من المستوى الثالث.

الجدول (5) - مستويات تطوير الذكاء الاصطناعي.

ص.ب. 26662 • أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES • فاكس 7772229 2 971+ FAX • الرقم المجاني 800 12 TOLL FREE
www.tdra.gov.ae

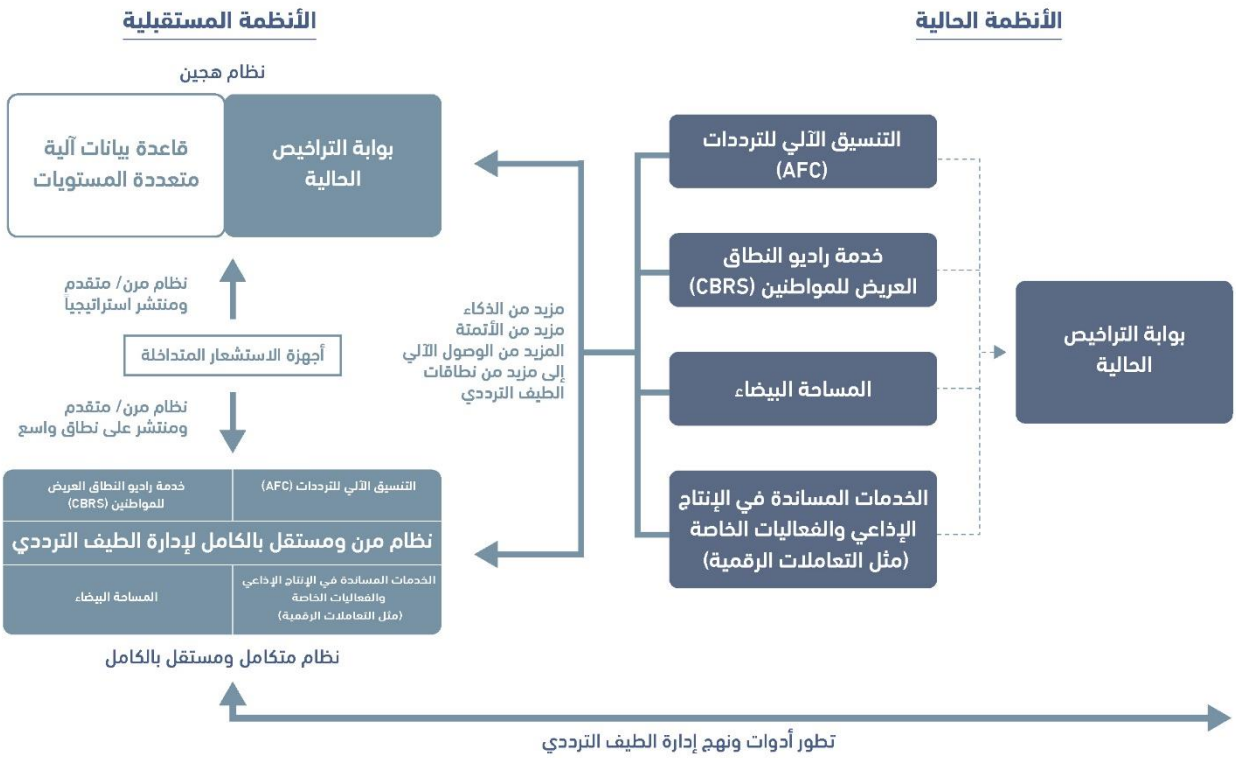
يمكن أن تتطور عملية إدارة الطيف، التي تتألف من ثلاث خطوات، باستمرار وقوة مع مرور الوقت، إلا أنه في إطار تنفيذ حل متقدم للإدارة الديناميكية للطيف الترددي، التي قد تتضمن مشاركة الأحكام يمكن دمج هذه الخطوات الثلاثة في نظام يتمتع بحلقات تغذية رجعية. وسيمثل هذا أكثر تطبيقات الذكاء الاصطناعي الواعدة في المستقبل.

علاوةً على ذلك، بمجرد جمع المزيد من البيانات المتعلقة باستخدام الطيف يمكن أن يسهم الذكاء الاصطناعي في صنع السياسات وتحسين فعالية التكلفة، وسيؤخذ ذلك في الاعتبار في الجيل السادس، خاصةً مع تزايد استخدام التعلم الآلي والذكاء الاصطناعي.

7.3.3 الهدف (3): تعزيز الأتمتة/الاستقلالية لتنفيذ المرونة: خارطة الطريق نحو عام 2031

في المستقبل ستصبح أنظمة إدارة الطيف أكثر مرونة بشكل مطرد، ويعني ذلك تحقيق مستويات معززة من الأتمتة/ الاستقلالية بما يفوق المتوفر في الوقت الحالي.

ويعتمد التطور والتحول من الأنظمة الحالية إلى أنظمة المستقبل على بعض التطورات الجارية حالياً، وخصوصاً الزيادة المطردة في استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في معالجة البيانات وارتفاع مستوى الأتمتة والاستقلالية في عمليات إدارة الطيف الترددي وتزايد استخدام أنظمة الوصول الديناميكي للطيف على مختلف النطاقات والخدمات. ويوضح الشكل (6) هذا مبادرات الانتقال من الأنظمة الحالية إلى الأنظمة المستقبلية.



الشكل (6) - أنظمة إدارة الطيف الحالية والمستقبلية.

ص.ب. 26662 • أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة • P.O. BOX 26662 • ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES • فاكس 7772229 2 971+ FAX • الرقم المجاني 800 12 TOLL FREE
www.tdra.gov.ae

7.4 مبادرات هيئة تنظيم الاتصالات والحكومة الرقمية وإطار الاتحاد الدولي للاتصالات

يستمر الجدول الدولي لتوزيع الترددات في تطوره التدريجي عقب اكتمال جدول مؤتمرات الاتحاد الدولي للاتصالات التي تنعقد كل أربع سنوات. وتلوح المرونة في الأفق ولكن الطريق المؤدي لتحقيقها يمتثل لإطار مؤسسي صارم، ولكن إذا ما طُبقت المناهج الإدراكية على مختلف التقنيات والخدمات يمكن أن يترتب عليها تداعيات دولية واسعة النطاق. وبناءً عليه قد يتعين تغيير إجراءات الاتحاد الدولي للاتصالات في المستقبل لتسمح بالمزيد من المرونة. وأما بالنسبة لحلول إدارة الطيف فمن الممكن أن نتوصل لشيء ما.

تم تحديث دليل إدارة الطيف الترددي الصادر عن الاتحاد الدولي للاتصالات آخر مرة في عام 2015، ويشير هذا الدليل إلى أنظمة الحاسوب والأتمتة، دون أن يشير إلى العناصر المستقبلية الأخرى مثل استخدام تقنية الذكاء الاصطناعي، أو المزيد من الذكاء المدمج في إدارة الطيف. وقد أوضحت نتائج هذه الدراسة أنه من المجدي أن ينظر الاتحاد في تحديث هذا الدليل، وأن ينظر في المبادرات المستقبلية، وقدرات إدارة الطيف على مدى العقد المقبل.

رغم أن نطاق هذه الوثيقة البيضاء لا يشمل التغييرات التي تتم على مستوى الاتحاد، إلا أن هناك بعض الاعتبارات المتعلقة بالقيود المحتملة على المرونة التي يمكن تحقيقها في بعض الجوانب بسبب متطلبات الامتثال للإطار التنظيمي للاتحاد. وبما أن دورة الاتحاد تتطلب عدداً من الإجراءات، وتتطلب اتخاذ قرارات مبنية على توافق الآراء، فمن المحتمل أن تتطلب التغييرات في الإطار قدراً كبيراً من الجهد والوقت لبدء تنفيذها على المستوى الوطني. في السابق، قُدمت بعض الاقتراحات بشأن التغييرات في عملية الاتحاد، ولكن لم يكن أي منها مناسباً. وبالتالي، عند ضرورة اتخاذ قرارات، تواجهنا محدودية المدى والوتيرة الممكنة لتنفيذ عمليات المرونة الآلية.

ص.ب. 26662 • أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة P.O. BOX 26662 • ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES • فاكس 7772229 2 971+ FAX • الرقم المجاني 800 12 TOLL FREE
www.tdra.gov.ae

7.5 الطريق إلى عام 2031: الأهداف الرقمية لدولة الإمارات العربية المتحدة ومبادرات هيئة تنظيم الاتصالات والحكومة الرقمية

في إطار سعي الهيئة إلى تعزيز المرونة في إدارة الطيف الترددي، فإنها تلتزم بنهج الإدارة الصارم الذي:

- يركز على النتائج.
- يحقق تأثيرات كبيرة.
- يدعم التجريب على التعاون الشبكي.
- يتبع تخصيصات الموارد التكيفية.
- يفتح المجال أمام تدفق المعرفة بطريقة مزعزعة ومبتكرة وتحويلية.
- يركز على المشاركة والإبداع المشترك.

يلزم أن يكون هذا بياناً واقعياً لتطور إدارة الطيف الترددي كي تتمكن الهيئة من تنفيذ المبادرات في الوقت المناسب وبطريقة فعالة من حيث التكلفة، ولتعزيز الفرص التي توفرها التقنيات والتقدم في حلول إدارة الطيف الترددي، واستكشاف سبل التحول نحو تحقيق المرونة 2031، تنظر الهيئة في تنفيذ المبادرات التالية:

المبادرات المتعلقة بهدف "المستخدمين"

- إجراءات مخصصة تعمل بتقنية الذكاء الاصطناعي لتوجيه المستخدمين
- طيف ترددي أكثر انفتاحاً: توسيع نطاق التقاسم من أجل تسهيل وصول المستخدم
- تمكين المستخدمين من خلال إجراءات التخصيص التعاوني الآمنة كلما أمكن ذلك

المبادرات المتعلقة بهدف "تعزيز تقنية الذكاء الاصطناعي"

- إجراء بحوث مكثفة في تطبيق الطيف الترددي "القائم على الخوارزمية" وأنظمة التصاريح والمراقبة.

المبادرات المتعلقة بهدف "تعزيز الأتمتة/ الاستقلال"

- تحديد مسارات عمل فعالة تجمع بين الأتمتة وتوجهات السياسة، بما في ذلك الاتصالات ذات الأولوية والطوارئ
- توسيع الجهود البحثية لتعزيز كفاءة واستدامة الطيف في إدارة الطيف الترددي مع المؤسسات البحثية في دولة الإمارات والبائعين والشركاء الدوليين.

تهدف هذه المبادرات إلى استكمال الفرص التي توفرها التقنيات اللاسلكية الجديدة وحلول إدارة الطيف لتسريع المسار نحو المرونة في إدارة الطيف الترددي.

ص.ب. 26662 • أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES • فاكس 7772229 2 971+ FAX • الرقم المجاني 800 12 TOLL FREE
www.tdra.gov.ae

8 الجدول الزمني وفوائد تنفيذ نظام مرن لإدارة الطيف الترددي

تعتزم الهيئة الشروع في برنامج أنشطة لتطبيق نظام مرن لإدارة الطيف الترددي خلال التسع سنوات المقبلة استناداً إلى الأهداف والمبادرات التي جرت مناقشتها في هذه الوثيقة البيضاء. يوضح الإطار الزمني التالي النطاقات الزمنية الأساسية والتي في إطارها ستنفذ الهيئة خطتها.

2023

في المرحلة الأولى التي نُفذّت بالفعل في 2022-2023، يضاهي خط الأساس الذي تتبعه الهيئة عند تنفيذ نظام إدارة الطيف الترددي المعايير الدولية لإدارة الطيف الترددي، وهو ما يتضح من تصنيف الهيئة وترتيبها في مؤشرات التنافسية العالمية لقطاع الاتصالات والتقنية مما يعني أنها مشاركة بالفعل في عملية التطوير.

2024-2026

في المرحلة التالية، ستنفذ الهيئة عمليات تطوير قائمة على الإمدادات في الأفق والذكاء الاصطناعي وأساليب تقاسم الطيف الترددي المتقدمة.

2026-2031

في المرحلة الثالثة، تجمع الهيئة بين مزيجاً من اتجاهات الإمداد ونهجها الخاص القائم على المبادرة المحدد وفقاً لرؤية الإمارات 2031 وأهداف الهيئة الاستراتيجية.

سوف تتبع الهيئة التطورات الجارية نحو تطبيق نظام مرن لإدارة الطيف الترددي من خلال وضع أهداف مكرسة للمرونة والتركيز على الشمولية والمستخدمين بصفتهم جزءاً من النظام البيئي وتطورات الذكاء الاصطناعي لخدمة تطبيق الطيف الترددي والتصريح والمراقبة والتقدم المحرز في الآلية للتحول لعمليات آلية بالكامل في ظل أنظمة إدارة الطيف.

علاوةً على ذلك يحتاج هذا النوع من البرامج أن يحدد ويشرح مجموعةً واضحةً من الفوائد لتبرير السعي في متابعة خطة العمل واستكمالها، وكي نضمن أن يقدم نظام إدارة الطيف الترددي أقصى قيمة للهيئة في المستقبل. وفيما يلي بعض الفوائد الأساسية التي ستنتج عن هذا البرنامج:

- **سعادة المتعاملين** - ارتفاع مستوى رضا المتعاملين عن تعاملاتهم مع الهيئة، والذي سيسفر عن سهولة تقديم الطلبات أو سرعة الحصول على التصريحات في فترات زمنية أقصر، وذلك على سبيل المثال لا الحصر.
- **الكفاءة الطيفية** - تحسن الكفاءة الطيفية والذي سيتحقق من خلال تشغيل الخدمات في دولة الإمارات.
- **المرونة** - تحسن قدرة الهيئة على توفير المرونة للمستخدمين كإمكانية الوصول إلى مختلف النطاقات أو تحت مختلف الظروف.
- **قدرة الهيئة** - تحسن قدرة الهيئة على تأدية وظائفها فيما يتعلق بإدارة الطيف الترددي، كالقدرة على معالجة عدد أكبر من التطبيقات في وقت أقل.

ص.ب. 26662 • أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة P.O. BOX 26662 • ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES • فاكس FAX +971 2 7772229 • الرقم المجاني TOLL FREE 800 12
www.tdra.gov.ae