مجموعة أدوات تخطيط أعمال البنية التحتية لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات

2019

مجموعة أدوات تخطيط أعمال البنية التحتية لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات

2019

شكر وعرفان

أعد هذا التقرير الاتحاد الدولي للاتصالات، وشارك في إعداده خبراء الاتحاد تياجو سوسا برادو وبريسيلا هونوريو إيفاجيليستا وأبراو بالبينو إى سيلفا، تحت إشراف مكتب تنمية الاتصالات في الاتحاد.

ISBN

978-92-61-28876-1 (الصيغة الورقية)

978-92-61-28886-0 (الصيغة الإلكترونية)

978-92-61-28896-9 (صيغة النشر الإلكتروني)

978-92-61-28906-5 (الصيغة المتنقلة)

يرجى مراعاة الجوانب البيئية قبل طباعة هذا التقرير.

© الاتحاد الدولي للاتصالات 2020

بعض الحقوق محفوظة. هذا العمل متاح للجمهور من خلال رخصة المشاع الإبداعي للمنظمات الحكومية الدولية Creative Commons Attribution-Non-Commercial-Share Alike 3.0 IGO license (CC BY-NC-SA 3.0 IGO).

وبموجب شروط هذه الرخصة، يمكنك نسخ هذا العمل وإعادة توزيعه وتكييفه لأغراض غير تجارية، على أن يُقتبس العمل على النحو الصحيح. وأيّاً كان استخدام هذا العمل، ينبغي عدم الإيحاء بأن الاتحاد الدولي للاتصالات يدعم أي منظمة أو منتجات أو خدمات محددة. ولا يُسمح باستخدام أسماء الاتحاد أو شعاراته على نحو غير مرخص به. وإذا قمت بتكييف العمل، فسيتعين عليك استصدار رخصة لعملك في إطار الرخصة Creative Commons نفسها أو ما يكافئها. وإذا أنتجت ترجمة لهذا العمل، فينبغي لك إضافة إخلاء المسؤولية التالي إلى جانب الاقتباس المقترح: ”هذه الترجمة غير صادرة عن الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU). والاتحاد غير مسؤول عن محتوى هذه الترجمة أو دقتها. والنسخة الإنكليزية الأصلية هي النسخة الملزِمة والمعتمدة“. للحصول على مزيد من المعلومات، يرجى زيارة الموقع التالي: https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo

تمهيد

يعتمد مجتمعنا السائر حثيثاً في طريق الرقمنة، والقائم على النفاذ الدائم عالي السرعة إلى الخدمات والتطبيقات والمحتوى، على بنية تحتية لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات، حديثة ومرنة ومعقولة التكلفة منتشرة في كل مكان.

وتوسيع مدى النفاذ عريض النطاق إلى الإنترنت، ليشمل السكان المنقوصين أو المحرومين من الخدمات بغية التقدم السريع نحو تحقيق أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة، هو أحد الركائز الأساسية للسياسة العامة والتنظيم في مجال الاتصالات وتكنولوجيا المعلومات والاتصالات في جميع أنحاء العالم.

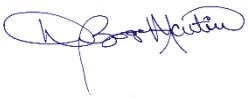
وفي نهاية عام 2018، كشف الاتحاد الدولي للاتصالات، لأول مرة، أن أكثر من نصف سكان العالم أصبح يستخدم الإنترنت. ولئن كانت هذه النسبة مشجعة، فيجب ألا يغرب عن بالنا أن نصف العالم الموصول يعني أيضاً أن النصف الآخر "غير موصول".

والنقص المزمن في البنية التحتية للشبكات هو أحد الأسباب الرئيسية – أي الندرة في شبكات النقل وشبكات النفاذ وعجز المستعملين النهائيين عن الحصول على المطاريف والمعدات أو حتى تحمّل تكلفة الخدمات إذا تيسرت – الذي يتمثل في قلة مزودي الخدمات الراغبين في توفير النفاذ والخدمات أو حتى القادرين على توفيرها.

واتخاذ الترتيبات التنظيمية الصحيحة وإجراءات التوصيلية والأدوات المناسبة لتعزيز نشر البنية التحتية، ولا سيما في المناطق الريفية والنائية، أمر حيوي لتعزيز الشمول الرقمي الكامل من خلال النفاذ الشامل إلى التقنيات والخدمات السريعة الموثوق بها عبر الإنترنت.

وتوفر مجموعة الأدوات الجديدة هذه للهيئات التنظيمية وواضعي السياسات منهجية واضحة وعملية للتقييم الاقتصادي الدقيق للخطط المقترحة لتركيب ونشر البنية التحتية للنطاق العريض. ونحن نرى أن من شأن توجيهات الخبراء المعروضة في هذا المنشور أن تسهل إلى حد كبير وضع خطة أعمال موثوقة ومتماسكة قابلة للتكيف في طائفة واسعة من مشاريع نشر البنية التحتية للنطاق العريض.

ويحدوني الأمل في أن تكون مجموعة الأدوات الجديدة هذه بمثابة دليل ثمين في متناول الهيئات التنظيمية وواضعي السياسات في كل مكان، في جهودهم الرامية إلى وضع شبكات النطاق العريض والنفاذ إليها في متناول الجميع.



دورين بوغدان-مارتن
مديرة مكتب تنمية الاتصالات في الاتحاد

جدول المحتويات

تمهيد iii

1 تخطيط أعمال النطاق العريض 1
1.1 خطة الأعمال 5
2.1 التحديات الماثلة لدى وضع خطة أعمال 8
3.1 تخطيط مشروع الأعمال بمثابة أداة سياسة عامة 9

2 تقدير الطلب على خدمات النطاق العريض 10
1.2 تقدير الطلب باستخدام طرائق القياس الاقتصادي 13
2.2 تقدير الطلب بطريقة دلفي (Delphi) 15
3.2 تحليل الطلب إلى مكونات مختلفة 16
4.2 تقدير حصة السوق للمشغل الجديد المحتمل 19

3 تقدير الإيرادات من تقديم خدمات النطاق العريض 20
1.3 تقدير الإيرادات لمشاريع النطاق العريض المتنقل 21
2.3 تقدير الإيرادات لمشاريع النطاق العريض الثابت 21
3.3 تقدير الإيرادات لمشاريع شبكة النقل 23
4.3 سلوك الإيرادات خلال المشروع 23

4 تقدير الاستثمارات في شبكات النطاق العريض (النفقات الرأسمالية، CAPEX) 23
1.4 شبكات النفاذ إلى النطاق العريض المتنقل 24
2.4 شبكات النفاذ إلى النطاق العريض الثابت 30
3.4 شبكات النقل 41

5 تقدير النفقات التشغيلية (OPEX) لتوفير خدمة النطاق العريض 42
1.5 استخدام نماذج التكلفة لتقدير النفقات التشغيلية (OPEX) 42
2.5 استخدام التكاليف والنفقات السابقة لتقدير النفقات التشغيلية (OPEX) 45
3.5 استخدام معايير المقارنة لتقدير النفقات التشغيلية (OPEX) 46

6 تقدير المتوسط المرجح لتكلفة رأس المال (WACC) 48

7 آليات التمويل لتمكين مشاريع البنية التحتية للنطاق العريض 56
1.7 آليات تمويل المشروع والترخيص 57
2.7 آليات تمويل نشر البنية التحتية 58
3.7 آليات التمويل لتقديم الخدمات 59

8 الاستنتاجات 60

قائمة المختصرات 61

بيبليوغرافيا 63
قائمة الجداول والأشكال والأطر

الجداول

الجدول 1: مقارنة تغلغل النطاق العريض وعدد السكان الذين يمكنهم النفاذ إلى الألياف 2
الجدول 2: أمثلة على أسئلة استبيان دلفي 16
الجدول 3: تكاليف التشغيل والصيانة 44
الجدول 4: مجموع النفقات التشغيلية (OPEX) 45
الجدول 5: مجموع النفقات التشغيلية (OPEX) 46
الجدول 6: مجموع النفقات التشغيلية (OPEX) 47
الجدول 7: مزايا وعيوب النموذج CAPM المحلي مقابل النموذج CAPM العالمي 51

الأشكال

الشكل 1: خارطة الإرسال التفاعلية للاتحاد الدولي للاتصالات: الطرق السريعة الأرضية للمعلومات (ديسمبر 2018) 2
الشكل 2: منحنى الانحدار (تغلغل النطاق العريض × الناتج المحلي الإجمالي GDP للفرد) 13
الشكل 3: مثال لتحليل الطلب على النطاق العريض المتنقل 17
الشكل 4: مثال على تحلل الطلب على النطاق العريض الثابت 18
الشكل 5: مخطط لتقدير صافي الإيرادات 21
الشكل 6: شبكة تطور طويل الأجل (LTE) غير متجانسة 25
الشكل 7: طوبولوجيا شبكة الألياف إلى المنازل (FTTH) 31
الشكل 8: نموذج طول الشارع المبسط SSL الهندسي 35
الشكل 9: تكوين التكاليف الإجمالية 43
الشكل 10: نسبة النفقات إلى صافي الإيرادات 44
الشكل 11: نسبة النفقات التاريخية إلى صافي الإيرادات 46
الشكل 12: نسبة النفقات الرأسمالية (CAPEX) إلى النفقات التشغيلية (OPEX) 47
الشكل 13: وحدة النفقات التشغيلية (OPEX) 47
الشكل 14: الخطوات من 1 إلى 4 في حساب صافي القيمة الحالية (NPV) 54
الشكل 15: الخطوتان 5 و6 في حساب NPV 54
الشكل 16: توزيع آليات التمويل النموذجية لمشاريع البنية التحتية 57

الأطر

تقدير حصة السوق لمشغل جديد محتمل 20
تقدير الإيرادات لمشاريع النطاق العريض الثابت 22
الخلايا الكبيرة 26
الخلايا الصغيرة 29
مطاريف الخطوط البصرية 33
حساب الألياف البصرية (طبقة الفوالق) 34
حساب الألياف البصرية (المنازل المشمولة) 39

استخدام نماذج التكلفة لتقدير النفقات التشغيلية (OPEX) 45
استخدام التكاليف والنفقات السابقة لتقدير النفقات التشغيلية (OPEX) 48
تقدير المتوسط المرجح لتكلفة رأس المال (WACC) بأسلوب نموذج تسعير الأصول الرأسمالية (CAPM) العالمي 52
حساب صافي القيمة الحالية (NPV) 56

1 تخطيط أعمال النطاق العريض

مقدمة

يتطلب تطوير شبكة النطاق العريض ونشرها استثمارات ضخمة. ونظراً للاختلاف الواسع في البيئات المادية والاقتصادية التي يتعيّن أن يعمل فيها مقدمو الخدمات، فإن معظم هذا الاستثمار — من البحث والتطوير إلى المعدات المتخصصة القادرة على العمل في الظروف القاسية — يهدف إلى تمكين نشر البنى التحتية لشبكة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات ونجاح تشغيلها في شتى الأسواق في جميع أنحاء العالم.

وفي المناطق الجذابة اقتصادياً، مثل المدن المتوسطة والكبيرة، يكاد يجري نشر البنية التحتية بشكل طبيعي، لأن قوى السوق تعمل لتلبية الطلب. غير أن الصورة، لا سيما في المناطق الريفية والنائية، غالباً ما تكون مختلفة تماماً، حيث تحد الحواجز الاقتصادية والجغرافية و/أو الديمغرافية من النفاذ إلى البنية التحتية لشبكة النطاق العريض، والنتيجة هي استبعاد أعداد كبيرة من الناس من العالم الرقمي.

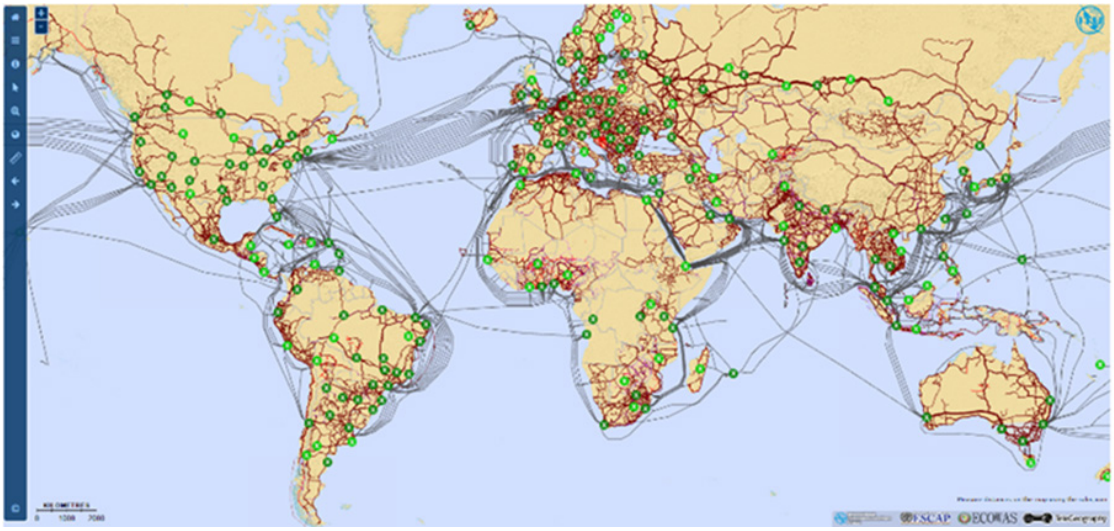
وقد سعى المنظمون وواضعو السياسات إلى إيجاد آليات لتوسيع شبكات النطاق العريض بتسخير استراتيجيات مختلفة، من قبيل التمويل العام وصناديق الخدمة الشاملة والشراكات بين القطاعين العام والخاص وتخفيض سعر احتياطي طيف الترددات الراديوية وآليات الدعم الأخرى. وتركز هذه الأهداف عموماً على بناء وتوفير الشبكات في المناطق التي تعتبر جاذبيتها الاقتصادية منخفضة، حيث لا تستطيع قوى السوق وحدها تقديم الخدمات دون نوع ما من أنواع الإعانة لتشجيع الاستثمار.

الفجوة الرقمية

هنالك تقنيات قادرة على تقديم الخدمات في المناطق النائية والمعزولة، وثمة تقنيات أحدث عهداً يجري تطويرها خصيصاً لتلبية هذه الاحتياجات، ومع ذلك ما زال توصيل النصف الثاني من سكان العالم يمثل مشكلة مستعصية تنطوي على بعض التحديات الأساسية. وتوضح خارطة الإرسال التفاعلية للاتحاد الدولي للاتصالات لعام 2018 [1] بشكل كبير النقص المستمر في الشبكات الأساسية عالية السرعة في معظم أنحاء العالم.

[1] المصدر: خارطة البنية التحتية لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات لدى الاتحاد من أجل تحقيق أهداف التنمية المستدامة، متاحة في الموقع: https://itu.int/go/map-public.

الشكل 1: خارطة الإرسال التفاعلية للاتحاد الدولي للاتصالات: الطرق السريعة الأرضية للمعلومات (ديسمبر 2018)[2]



المصدر: الاتحاد الدولي للاتصالات

وبالإضافة إلى ذلك، تكشف المقارنة بين تغلغل النطاق العريض وعدد السكان الذين يمكنهم النفاذ إلى توصيلات الألياف أن مليارات الأشخاص ما زالوا يعيشون في بلدان ومناطق لا تشملها شبكة الإرسال الأرضية العالمية هذه.

الجدول 1: مقارنة تغلغل النطاق العريض وعدد السكان الذين يمكنهم النفاذ إلى الألياف

	إفريقيا	الدول العربية	آسيا والمحيط الهادئ	كومنولث الدول المستقلة	أوروبا	الأمريكتان	العالم
الأفراد الذين يستعملون الإنترنت	%24,4	%54,7	%47,0	%71,3	%79,6	%69,6	%51,2
اشتراكات النطاق العريض الثابت	%0,6	%5,1	%13,6	%19,0	%31,3	%20,6	%14,1
اشتراكات النطاق العريض النشطة	%29,7	%62,7	%68,3	%79,2	%93,6	%97,1	%69,3
السكان ضمن 10 كم من عقدة ألياف	%23,6	%23,3	%20,0	%35,1	%58,1	%40,6	%27,2
السكان ضمن 25 كم من عقدة ألياف	%47,5	%53,8	%47,2	%65,9	%87,5	%75,1	%55,4
السكان ضمن 50 كم من عقدة ألياف	%68,6	%78,3	%70,3	%82,9	%96,9	%90,1	%75,9

المصدر: البيانات الرئيسية للاتحاد بشأن تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، 2005-2018
https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/statistics/2018/ITU_Key_2005-2018_ICT_data_with%20LDCs_rev27Nov2018.xls

وباستخدام الخارطة المستكملة باستمرار لشبكات الإرسال في العالم، يجد الاتحاد أن من أصل ما يقدر بنحو 7,5 مليار نسمة من سكان العالم،[3] يعيش 2,0 مليار (27,2%) ضمن 10 كم من عقدة ألياف، و4,2 مليار (55,4%) ضمن 25 كم، و5,7 مليار (75,9%) ضمن 50 كم، و6,8 مليار (90,5%) ضمن 100 كم من عقدة شبكة ألياف

[2] المصدر: ITU: https://itu.int/go/Maps.

[3] بيانات نوفمبر 2018.

بصرية فاعلة. وعلى النقيض من ذلك، يعيش 5,5 مليار نسمة خارج مدى 10 كم، و3,3 مليار خارج 25 كم، و1,8 مليار خارج 50 كم، و710 مليون خارج 100 كم من عقدة ألياف بصرية فاعلة.

وينبغي ألا يقتصر اهتمام السياسة العامة فيما يتعلق بالنفاذ إلى شبكة النطاق العريض على استبانة الثغرات في البنية التحتية والتكليف بتوفير الخدمات، بل يجب أن تركز قبل كل شيء على وسائل أفضل لاستبانة مصادر تمويل ممكنة واستراتيجيات أنجع لتشجيع وتيسير تقديم الخدمات.

وقد دار الكثير من النقاش حول هذه المسألة، بما في ذلك العديد من الدراسات ومعايير المقارنة والمقترحات بشأن تحليلات السياسة العامة الجديدة التي تهدف إلى تعزيز تطوير النطاق العريض، ومع ذلك فإن أفضل استراتيجية تنطوي دوماً على فهم متعمق لكل مشروع في حد ذاته. مثال ذلك، ما هو أفضل نهج لتوفير خدمات النطاق العريض لفئة معينة من سكان الريف - بنية تحتية ساتلية أم أرضية؟ أو، مرة أخرى، كيف يمكن للمرء تحديد الجدوى الاقتصادية من نشر شبكة أساسية من الألياف البصرية في مدينة ما؟

لذلك، ثمة حاجة واضحة لاستبانة وقياس مختلف مشاريع البنية التحتية ومقارنتها موضوعياً من أجل تقييم سياسة عامة تستند إلى معلمات تقنية متينة. ولكن في العديد من البلدان، غالباً ما يغفل المنظمون وواضعو السياسة عن منهجيات محددة لأداء هذه المهمة، ويعتمدون بدلاً من ذلك على آليات ليست بالضرورة الأكثر فعالية لهذه التقييمات، مما قد يفضي إلى مشكلات في بناء البنية التحتية تتسم بالقصور أو حتى المبالغة في بعض الأحيان بالنسبة لمنطقة محددة.

تخطيط أعمال النطاق العريض لتركيب البنية التحتية ونشرها

تقدم مجموعة الأدوات هذه للهيئات التنظيمية وواضعي السياسات منهجية لإجراء تقييم اقتصادي دقيق لمشاريع النطاق العريض المقترحة. وهي تهدف إلى أن تكون بمثابة أداة عملية لتيسير التقييم الوافي لخطط إقامة البنية التحتية ونشرها.

وتضم مجموعة الأدوات عدداً من المبادئ النظرية بالإضافة إلى مبادئ توجيهية عملية بشأن كيفية تقدير صافي القيمة الحالية لمشروع ما. وهي تبحث، على وجه التحديد، في الآليات التي تحدد الطلب على مشروع ما، وتكاليف التشغيل والصيانة، والإيرادات الناتجة، ومقدار الاستثمار المطلوب، وتحديد جميع التكاليف الرأسمالية اللازمة.

والمفاهيم الاقتصادية والمحاسبية المستخدمة في هذه المنهجية مقبولة على نطاق واسع وموثقة، وعليه لا يُقترح التعمق في تحليلها أو مناقشتها. وإنما تُستخدم، بدلاً من ذلك، بمثابة دليل عملي لوضع إستراتيجية لبناء بنية تحتية للنطاق العريض وتقييم خطط أعمال المشغلين المحتملين: ما هي أنواع البيانات التي يتعين استخدامها؟ كيف يجري تقييم المتغيرات مثل الطلب والاستثمارات والتكاليف التشغيلية؟ كيف يتم تقدير تكلفة رأس المال لمختلف عناصر المشروع؟

ولتعزيز الفهم على نحو ملموس، تساق أمثلة للمشاريع الشائعة، مثل إنشاء شبكات الألياف البصرية الأساسية وشبكات النطاق العريض اللاسلكية من الجيل الرابع (التطور طويل الأجل) 4G LTE ومشاريع شبكة النفاذ من الألياف إلى المنزل (FTTH).

ومن باب التوضيح، يمكن تقسيم مجموعة الأدوات هذه إلى الأقسام التالية:

1) مبادئ تخطيط أعمال النطاق العريض.
2) تقدير الطلب على خدمات النطاق العريض.
3) تقدير الإيرادات من توفير خدمات النطاق العريض.

4) تقدير الاحتياجات الاستثمارية لشبكات النطاق العريض - النفقات الرأسمالية (CAPEX).

5) تقدير النفقات التشغيلية (OPEX) لتوفير خدمات النطاق العريض.

6) تقدير المتوسط المرجح لتكلفة رأس المال (WACC).

7) تقدير صافي القيمة الحالية (NPV) لمشاريع البنية التحتية للنطاق العريض.

8) آليات التمويل.

يوضح القسم الأول المبادئ والمنهجية النظرية لتقدير صافي القيمة الحالية لمشروع ما. ويقدم ذلك كأساس لبناء أي خطة أعمال لتوفير خدمات النطاق العريض. ويناقش القسم أيضاً لماذا يمكن للهيئات التنظيمية وواضعي السياسات اعتماد هذه المنهجية في التقييم الاقتصادي لأنواع مختلفة من مشاريع النطاق العريض.

وفي القسم الثاني، تناقش النماذج والتقنيات لتقدير الطلب على خدمات النطاق العريض، إلى جانب أنواع البيانات الخام التي يمكن استخدامها. وتشمل الأسئلة المطروحة في هذا القسم: كيف يمكن لواضعي السياسات تقدير الطلب على الخدمة؟ كيف يحتمل أن يتطور الطلب بمرور الزمن؟ كيف يمكن تلبية هذا الطلب في البيئة التنافسية الراهنة؟

ويتناول القسم الثالث الإيرادات المقدرة التي يدرّها المشروع قيد النظر. ولهذا المتغير دور أساسي، لأنه يحدد متى وكيف يتم تنفيذ المدخلات في مشروع البنية التحتية. ويسوق القسم أمثلة عن كيفية تقدير الإيرادات، وكيفية مطابقتها مع الطلب المقدر، وكيف يمكن أن تتفاوت بمرور الزمن.

ويتناول القسم الرابع نمذجة الإنفاق الرأسمالي. ولهذا المتغير أهمية حاسمة للنظام الإيكولوجي بأكمله، حيث تجري هنا نمذجة البنية التحتية للمشروع قيد النظر: أنواع المعدات والأسس النظرية والاقتراحات العملية لنمذجة الاستثمارات على مر الزمن لأنواع مختلفة من المشاريع.

ويتناول القسم الخامس نفقات التشغيل. ما هي المتغيرات ذات الشأن في نمذجة شبكة النطاق العريض؟ من أين تستقى هذه المعلومات؟ ما هو أفضل نهج يمكن أن يستخدمه المنظمون وواضعو السياسات لنمذجة التكاليف التشغيلية للمشروع؟

وفي القسم السادس، نلقي نظرة على متوسط التكلفة المرجح لرأس المال، وهو يمثل معدل الخصم للمشروع المطلوب تحليله. وماذا يعني هذا المعدل؟ لماذا يتسم بقدر عال من الأهمية؟ كيف يمكن تقديره في حالة عدم وجود بيانات ملموسة؟ ويوفر هذا القسم اتجاهاً عملياً لحساب هذا المتغير المعقد.

أما القسم السابع من مجموعة الأدوات فهو عبارة عن ملخص يتضمن إرشادات بشأن توليف كل المتغيرات في أداة واحدة من أجل تقدير صافي القيمة الحالية للمشروع.

ويناقش القسم الثامن والأخير آليات التمويل ويبحث في البدائل المختلفة القابلة للتطبيق والتي يمكن اعتمادها في السياسة العامة للنطاق العريض.

ومجموعة الأدوات هذه هي بمثابة دليل عملي ثمين في يد الهيئات التنظيمية وواضعي السياسات الذين يعملون من أجل توسيع نطاق نشر شبكة النطاق العريض والنفاذ إليها. ويعمد مشغلو شبكات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات أيضاً إلى استخدام أدوات تقييم المشاريع التكميلية الخاصة بهم لتلبية الاحتياجات المحددة لدى الإدارة وأصحاب الأسهم، ولكن هذه المجموعة من الأدوات هي في خدمة الجميع كدليل أساسي ومفهوم لبناء خطة أعمال موثوقة ومتسقة وقابلة للتكيف مع طائفة واسعة من مشاريع البنية التحتية للنطاق العريض.

1.1 خطة الأعمال

خطة الأعمال هي أداة تخطيط تستعرض المتغيرات الرئيسية التي تدخل في إقامة وتشغيل مشروع أعمال بطريقة منظمة. وليس هنالك من بنية واحدة جامدة ومحدد ة لوضع خطة أعمال ما. ومع ذلك، ينبغي أن تتضمن أي خطة أعمال جيدة حداً أدنى من الجوانب التي يتعين تحليلها لفهم النشاط قيد النظر.

وينبغي أن تحتوي الأهداف التي توجه تنفيذ خطة الأعمال لإقامة ونشر النطاق العريض على تقييم دقيق للمتغيرات الرئيسية التي يتضمنها مشروع الأعمال. وتبعاً لذلك، وباستثناء عناصر مثل معدلات الضرائب التي تتحدد في الصكوك القانونية ذات الصلة لكل بلد، يمكن بل ينبغي للمتغيرات التجارية، مثل الطلب والإيرادات والاستثمار والنفقات وتكلفة رأس المال، أن تخضع للدراسة والتقدير بحيث تعكس النتيجة النهائية قيمة المشروع قيد النظر.

وفضلاً عن ذلك، ينبغي عدم إغفال أهمية تحليل البيئة التنافسية التي تمارس فيها أنشطة مشروع الأعمال، إذ سيكون لذلك أثر كبير على مسائل من قبيل الطلب والإيرادات المخصصة للمشروع.

وغالباً ما يكون النهج المتبع لتقييم القيمة الاقتصادية لأصول الاتصالات من منظور التدفق النقدي. ومن هذا المنظور، ينبغي أن يكون سعر الأصول (من قبيل الترددات الراديوية) متناسباً مع النتيجة الاقتصادية التي يتمخض عنها مشروع الأعمال جراء استخدام الأصول خلال فترة زمنية محددة مسبقاً.

ويستخدم صافي القيمة الحالية (NPV) للتدفقات النقدية الحرة (FCF) بمثابة منهجية لتقييم شركات ومشاريع محددة. ويستخدم هذا النهج على نطاق واسع من قبل المصارف الاستثمارية والمكاتب الاستشارية ومؤسسات الأعمال عندما ترغب في حساب قيمة المؤسسة أو أحد أنشطة أعمالها، سواء لأغراض داخلية أو لتحليل الاستثمار أو لعمليات الدمج والاستحواذ.

وفي هذا النهج، يتم تحديد قيمة مشروع الأعمال بحساب القيمة الحالية للتدفق النقدي بمعدل يعكس المخاطر المرتبطة بالاستثمار. ويشتمل نموذج صافي القيمة الحالية على ثلاثة مبادئ عامة أساسية لتحديد معيار أمثل لقرار الاستثمار:

'1' يحتسب تقييم الاستثمار على أساس التدفقات النقدية التشغيلية؛

'2' تدمج المخاطر في التقييم الاقتصادي للاستثمار، مع مراعاة تفضيلات المستثمر فيما يتعلق بتنازع العائدات والمخاطر؛

'3' يحدد الحساب الناتج القيمة الحالية للأصول بناءً على معدل الخصم المناسب لتعويض أصحاب رأس المال.

وبناءً على هذا الإطار التحليلي، يمكن للهيئات التنظيمية استخدام مجموعة قياسية من الأدوات المالية لحساب قيمة أي مشروع بعينه وفقاً لأحوال السوق.

ويعكس صافي القيمة الحالية، المحسوب على أساس القيمة الحالية للتدفق النقدي، المبلغ الذي تحصل عليه الشركة في مشروع معيّن يتجاوز تكلفة الاستثمار، والذي يكون قد تعوض فعلاً بمعدل معين من العائدات - بتكلفة الفرصة البديلة لرأس المال. وهو، بعبارة أخرى، الربح الذي يمكن أن يحصل عليه صاحب المشروع، مخصوماً منه تكلفة الفرصة البديلة والربحية الناتجة التي يمكن أن يحصل عليها صاحب المشروع من ممارسة أنشطة أخرى.[4]

[4] هناك، من الناحية المالية، منهجيات أخرى مثيرة للاهتمام لتقييم الشركات ومشاريع الأعمال. وتستخدم أيضاً المؤشرات، مثل العائد ومعدل العائد الداخلي (IRR) أو العائد على الاستثمار (ROI)، على سبيل المثال، من قبل الشركات التي تسعى إلى تقييم المشاريع. ومن زاوية مجموعة الأدوات هذه، التي هي بمثابة دليل عملي للمنظمين وواضعي السياسات، من المهم فهم المنهجية كمفهوم أساسي يكفي لغرض مقارنة مشاريع البنية التحتية للنطاق العريض.

ويأخذ حساب صافي القيمة الحالية في الاعتبار تقديرات جميع الإيرادات والنفقات لكل سنة طوال فترة المشروع، وكذلك إجمالي الاستثمار اللازم لتنفيذ الخدمة.

بعبارة أخرى:

$$NPV = \sum_{t=0}^{T} \frac{FCF_t}{(1+r)^t}$$

حيث:

NPV = *صافي القيمة الحالية*

FCF_t = *التدفق النقدي الحر في الفترة* t

r = *معدل الخصم (المتوسط المرجح لتكلفة رأس المال)*

t = *عدد الفترات*

ويكون النموذج العام لحساب التدفق النقدي الحر لفترة معينة:

$$FCF = \{[(EBIT(1 - tax\ rate)] + De + Am\} - CAPEX$$

و

$$EBIT^{5} = revenue - OPEX$$

حيث:

De = *الإهلاك*

Am = *الاستهلاك*

$tax\ rate$ = *معدل الضريبة*

$CAPEX$ = *النفقات الرأسمالية*

$OPEX$ = *النفقات التشغيلية*

وفيما يلي ملخص موجز لما يعنيه كل من هذه المتغيرات، وتقدم الأقسام التالية طريقة عملية ومفصلة لتقديرها.

الطلب

للمتغير الذي يمثل *الطلب* دور هام بصفة خاصة في أي خطة أعمال، لأن بيانات الطلب هذه تحدد أبعاد السوق لمشروع الأعمال المقترح. ويرتبط تحديد المتغيرات الأخرى، مثل الاستثمار والإيرادات والنفقات، ارتباطاً وثيقاً بالتنبؤ بالطلب.

وفي هذه المرحلة، لا بد من التأكيد على أن تقييم سلوك الطلب يحدث ضمن إطار زمني محدد يشمل، للغرض المتوخى، الإطار الزمني للمشروع. ومن ثم لا تتطلب الهيئة التنظيمية مجرد فكرة دقيقة عن مشروع الأعمال الذي

[5] EBIT: الأرباح قبل الفوائد والضرائب.

يستهدف تقديم الخدمة المطلوبة فحسب، بل يتطلب أيضاً فكرة عن المستعملين المحتملين للخدمة وكيف يمكن أن تتطور هذه الإمكانات بمرور الزمن.

ولذلك، فإن البيانات الإحصائية عن الدخل والنزعة للإنفاق والظروف الاجتماعية الاقتصادية للجمهور المستهدف من مشروع الأعمال لها دور أساسي في بناء نموذج دقيق لتقدير الطلب. وهذه البيانات هي المصادر التي يستخدمها كل أولئك الذين يسعون لتقييم إمكانات مشروع الأعمال. وغني عن القول أنه كلما ازدادت دقة النمذجة تزداد متانة التقييم النهائي.

الإيرادات

عند حساب الإيرادات المرتقبة من مشروع الأعمال لا بد من الإلمام جيداً بالظروف الراهنة لتقديم الخدمات. وتعتبر المقارنة مع الأسواق الأخرى، وكذلك مراعاة توفر منتجات بديلة (أي المنتجات التي تنافس مباشرة منتجات مشروع الأعمال الجديد المقترح)، أمر لا بد منه في إجراء أي تحليل دقيق.

وينبغي أن يشمل التقدير النهائي للإيرادات المجموعة الكاملة من المنتجات، مثل خدمات البيانات والصوت وما إلى ذلك. وفي هذه المرحلة، فإن معرفة متوسط الإيراد لكل مستعمل (ARPU) أمر بالغ الأهمية لبناء نموذج متسق، لا سيما عندما يقترح المشروع خدمة متوفرة أصلاً. وينبغي لأي تحليل أن يكون متسقاً مع الظروف الاجتماعية الاقتصادية للمنطقة المعنية، لذلك من المستحسن النظر في الدراسات الديمغرافية الموجودة مسبقاً والمتعلقة بالإنفاق.

النفقات التشغيلية (OPEX)

يشمل هذا المتغير جميع نفقات التشغيل الخاصة بنموذج الأعمال، والمعروف إجمالاً باسم النفقات التشغيلية. ويصعب على الهيئات التنظيمية حساب هذا المتغير نظراً لعدم توفر بيانات عامة مفصلة متاحة عموماً من شأنها تيسير القياس.

وفي حالة عدم توفر البيانات، يتعين على الهيئات التنظيمية اللجوء إلى دراسات محددة حول أنشطة الأعمال قيد النظر، مع مراعاة التقنيات الرئيسية المتوفرة لتنفيذ البنية التحتية المتوخاة وكذلك الميزانية الختامية للشركات التي تقدم خدمات مماثلة، مثل مشغلي شبكات الاتصالات المتنقلة في نطاقات تردد أخرى.

وبالإضافة إلى ذلك، يمكن للهيئات التنظيمية استخدام البيانات المحاسبية المستقاة من مقدمي الخدمات المحليين لاستكمال تحليل عناصر هذه النفقات.

وثمة جانب هام آخر يستحق البحث وهو سلوك النفقات طوال فترة الترخيص. ونظراً لأن مشروع الأعمال المقترح، من الناحية النظرية، لم يبدأ التشغيل بعد، فإن الدراسة المعنية تتعلق بمزود جديد للخدمة حيث يبدأ الطلب متواضعاً ثم ينمو على مر السنين. ونتيجةً لذلك، فإن منحنى الإنفاق يتبع سلوكاً يتناسب مع الطلب المقدر.

ومع ذلك، تميل العوامل من قبيل نفقات التسويق إلى السلوك وفقاً لمنحنى الاستثمار، نظراً لارتباطها بتوفر النشاط التجاري في موقع معين.

الاستثمارات (النفقات الرأسمالية، CAPEX)

تمثل الاستثمارات أحد الركائز الرئيسية في أي خطة أعمال. ويشمل هذا المتغير، الذي يشار إليه عموماً باسم النفقات الرأسمالية، بالدرجة الأولى الاستثمارات في جميع البنى التحتية للشبكات والأنظمة اللازمة لتوفير الخدمات. لذلك من المهم أن يكون لدى الهيئة التنظيمية المعرفة التقنية الكافية للحصول على عروض الأسعار من الموردين بخصوص التقنيات والمعدات ذات الصلة من أجل محاكاة بناء شبكة افتراضية قادرة على تلبية الطلب المتوقع المبين في خطة الأعمال.

وأخيراً، ولأغراض النمذجة، لا بد من الإشارة إلى أن البنية التحتية المقترحة يجب أن تلبي الطلب المقدر على مر الزمن، بحيث يتعين النظر في جوانب مثل إعادة الاستثمار واستبدال التكنولوجيا.

2.1 التحديات الماثلة لدى وضع خطة أعمال

والسؤال الرئيسي أمام الهيئات التنظيمية وواضعي السياسات عند تصميم خطة تقييم مشروع ما باتباع هذه المنهجية هو كيفية تقدير كل من المتغيرات المذكورة أعلاه. وسواء كان ذلك يعزى إلى عدم تناظر المعلومات أم إلى عدم اليقين بشأن السلوك المقبل لمشروع أعمال ما، فإن إجراء دراسة تقديرية دقيقة لهذه المتغيرات مهمة عسيرة حقاً.

إذ أن عدد المتغيرات المعنية، وكذلك سلوكها على مر الزمن، من شأنه أن يجعل عملية النمذجة شديدة التعقيد، ويمكن أن يصبح تقدير تكلفة المشروع على وجه الدقة مهمة مستعصية ما لم تستند إلى أساس منهجي قوي وبيانات مفصلة كافية.

ونظراً لأن الهيئات التنظيمية وواضعي السياسات لديهم عادة معرفة جزئية بهذه المتغيرات والبيانات، فإن النهج المعياري هو إجراء تقديرات تقريبية لكل متغير باتباع منهجيات تنبؤية إحصائية و/أو اقتصادية موثوقة.

وهذا يثير سؤالاً أساسياً: ما هي مصداقية دراسة قائمة على التنبؤ تهدف إلى تحديد جدوى سياسة عامة أو عدم جدواها؟ وتكمن الإجابة على هذا السؤال في أن الهيئة المنفذة لهذه السياسة سوف تستخدم عادةً نفس المنهجية لإجراء تقديراتها الخاصة بها، لذلك ثمة مناهج يمكنها التوفيق بين هذه المسائل. ولتقليل أحوال عدم تناظر المعلومات بين الهيئة التنظيمية والقطاع الخاص، يمكن اتباع ثلاث استراتيجيات مختلفة:

'1' مقارنة أو مقابلة حسابات الشركة المعروفة لدى الهيئة التنظيمية - مثل متوسط الإيراد لكل مستعمل (ARPU) ودقائق الاستعمال (MOU) وإيراد كل دقيقة (RPM) - مع الحسابات الأساسية لدى الشركة؛

'2' استخدام وثائق المزاد العلني، إذ يمكن للهيئة التنظيمية تحديد السعر المرجعي والسعر النهائي بعد أن يكشف المزاد عن عدم تناظر المعلومات؛

'3' نشر المشروع (في استشارات عامة مثلاً) مما يمكّن الجميع من المساهمة في النموذج القائم على التنبؤ الذي اقترحته الهيئة العامة.

والأمر منوط بالهيئة التنظيمية لإجراء تقييم منهجي دقيق للتخفيف من أي تباينات بين الافتراضات الواردة في الدراسة التي تستند إليها خطة مشروع الأعمال.

وثمة مسألة أساسية أخرى وهي الحاجة إلى *قابلية التدقيق*. إذ يخضع المنظمون وواضعو السياسات للرقابة بشكل مستمر من جانب مختلف السلطات والهيئات الاستهلاكية ووسائط الإعلام. ولضمان الشفافية وقابلية التدقيق، يتعين أن تكون كل خطة مصحوبة ببيانات مفتوحة ونماذج نظرية متينة بما فيه الكفاية لتجنب الانتقاد أو الملامة القائمة على أساس الاعتماد التعسفي المتصور لقيم مشكوك فيها للمتغيرات التقديرية.

وهناك فرق بين الهيئات الخاصة، التي تعرف تكاليفها وأهداف إيراداتها ومشاريعها، وبين الهيئة العامة. ولدى وضع خطة ما، يكون لدى الهيئة الخاصة معرفة كاملة بالمتغيرات المعنية، ويمكنها استخدامها (أو عدم استخدامها) عند التواصل مع أصحاب الأسهم دون الحاجة إلى ضمان مستوى معين من المتانة أو قابلية التدقيق لبعض المتغيرات المعنية.

ومن ناحية أخرى، وعند إجراء تقدير للتدفقات النقدية لمشروع ما، يجب أن تكون الهيئة العامة، بالإضافة إلى عدم تناظر المعلومات لتقدير المشروع، محايدة وقابلة للتدقيق بما فيه الكفاية لضمان مستويات الموثوقية والشفافية التي تقتضيها العملية.

وبالإضافة إلى ذلك، وتبعاً للإطار المؤسسي والقانوني للبلد المعني، غالباً ما يتعين وضع السياسات العامة وتقييمها وتدقيقها من قبل هيئات الرقابة، مثل دواوين الحسابات أو مراجعي الحسابات الخارجيين، وفي بعض الحالات نظام العدالة. وتتطلب هذه الحالة أن تكون خطط العمل التي يضعها المنظم/واضع السياسة متينة بما فيه الكفاية لا للحصول على الموافقة فحسب بل لتكون بمثابة نقاط مرجعية اجتماعية وقانونية في المستقبل.

ويتمخض ذلك عن بعض التوصيات الهامة. ويتعين على الهيئة التنظيمية/واضع السياسة الذي يجري الدراسة أن يقوم بما يلي:

- **استخدام أكبر قدر ممكن من البيانات المفتوحة:** استخدام البيانات المفتوحة يفضي إلى الشفافية، حيث من السهل تتبّع التقديرات وفهمها.
- **إقامة الدراسات على أساس مصادر معترف بها:** تستند كل خطة أعمال إلى مصادر. ومع ذلك، فإن مصداقية هذه المصادر أمر بالغ الأهمية. ومن شأن استقاء المعلومات والبيانات والتحليلات من المنظمات أو الهيئات الدولية أو المؤلفين المعروفين أن يضفي مزيداً من المتانة على الخطة.
- **استخدام الأدوات القابلة للتدقيق:** إن مجموعة العلاقات المتبادلة بين جميع المتغيرات التي تشكل خطة أعمال ما كبيرة جداً. لذلك من الأهمية بمكان وضع النماذج بطريقة قابلة للتتبع بحيث يتم تصحيح أي أخطاء. ومن شأن أي خطأ بسيط لا يستبان في حينه أن يجعل مشروعاً مجدياً غير قابل للتطبيق - والعكس صحيح.
- **توخي التحفظ في وضع التقديرات:** تتسم كل خطة أعمال بمستويات من عدم اليقين. سواء أكان ذلك بسبب عدم تناظر المعلومات أم وجود عدد كبير من التنبؤات بالضرورة، فإن السيناريوهات التي تؤدي إلى طائفة من النتائج أمر شائع. وفي ضوء ذلك، من الحكمة وضع خيارات متحفظة للسماح بهامش خطأ معين دون النيل أساساً من المشروع.

3.1 تخطيط مشروع الأعمال بمثابة أداة سياسة عامة

عندما يكون للمشروع عائد اقتصادي إيجابي (أي يعود بقدر إيجابي من صافي القيمة الحالية، NPV)، يكون من المتوقع بشكل معقول أنه سيتم تنفيذه في مرحلة ما دون الحاجة إلى إجراء أو تدخل حكومي، في شكل إعانات مثلاً. وقد عكف المنظمون وواضعو السياسات، تقليدياً، على تقييم الحاجة إلى حوافز حكومية لتعزيز نشر الشبكات وتوفير الخدمات في منطقة معينة محرومة من الخدمة باعتبارها مسألة تعزيز الرفاه الاجتماعي. ويستند هذا التقييم إلى فرضية التنظيم الاقتصادي التي تقضي بأن يعمد المنظم أو واضع السياسة إلى تحفيز تقديم الخدمة في ظروف انعدام العائد الاقتصادي. وهذا يعني أن الشركة ينبغي أن يكون رأس مالها المستثمر مجزياً إلى حد ما على أساس متوسط تكلفة رأس المال في السوق. ومن شأن تقديم الخدمة في هذه المرحلة تعزيز الرفاه الاجتماعي.

ولتحقيق هذا التعزيز تستخدم عادةً استراتيجيتان: تشجيع المنافسة وتنظيم التسعير. وفي الأسواق التنافسية، تتحرك الأسعار بشكل طبيعي نحو الكفاءة الاقتصادية. وفي غياب المنافسة غالباً ما يتطلب الأمر بعض التدخل التنظيمي في التسعير توخياً للحصول على نتائج بيئة تنافسية.

ومن ناحية أخرى، تبدأ المشروعات ذات العائد الاقتصادي السلبي من موقع عدم الجدوى الاقتصادية، حيث تحدد درجة عدم الجدوى عموماً الحاجة إلى إجراء سياسة عامة ومداها إذا اعتبر واضعو السياسات المشروع ضرورياً.

وتختار الهيئات الخاصة مشاريعها عادة وفقاً للعائد الاقتصادي المرتقب. وهي تقوم بترتيب أولوية المشاريع استراتيجياً انطلاقاً من نتائج تحليلها لخطط الأعمال المقترحة، وبصفة عامة، لا تعمد إلى تنفيذ المشاريع التي يكون صافي قيمتها الحالية سلبياً، لأنها تنطوي على خسائر في مشروع الأعمال إجمالاً. لذلك، تُستبعد مشاريع صافي القيمة الحالية

السلبية من التنفيذ، ويكون نصيب المناطق الجغرافية المرتبطة بها، مثل المجتمعات الريفية والمجتمعات المعزولة، الإهمال بسبب عدم الجدوى الاقتصادية وعدم الربحية.

وفي هذا السياق تحديداً تسعى مجموعة الأدوات هذه إلى مساعدة المنظمين وواضعي السياسات على تقييم القيمة الإجمالية التي تعود على المجتمع من المشاريع التي لا ترجح كفتها اقتصادياً على الفور. ونظراً لأن السياسة العامة لا تعدو كونها مبادرة بشأن ما يقرر الجمهور القيام به (أو عدم القيام به)، فإن قرار تقييم صلاحية مشروع بنية تحتية للنطاق العريض لا يعتبر في حد ذاته مربحاً اقتصادياً يعني أنه يعتبر بالفعل مشروع مصلحة عامة. ومن هنا يصبح تحديد مدى عدم صلاحية المشروع سؤالاً حاسماً، لأن الإجابة قد تحدد أو حتى تحول دون تنفيذه في نهاية المطاف.

وفي هذه المرحلة، يقع الكثير من المنظمين وواضعي السياسات في محذور مفاهيم تقنية خاطئة يتعين علاجها. فهنالك مثلاً افتراض شائع بضرورة أن تستند جدوى الاستثمار في مشروع ما فقط إلى تقدير تكاليف الاستثمار، أي النفقات الرأسمالية (CAPEX)، التي ينطوي عليها المشروع. فإذا كانت تغطية منطقة معينة مثلاً من خلال النفاذ إلى بنية تحتية لاسلكية 4G LTE تتحقق من خلال النفقات CAPEX بقيمة 10 ملايين دولار أمريكي، غالباً ما يفهم أن هذا هو المبلغ بالضبط الذي يتعين تمويله من قبل واضع السياسة العامة. ومن الناحية المالية، هذا خطأ أساسي خطير، لأنه:

'1' يأخذ في الاعتبار متغير واحد فقط من مشروع الأعمال، ويتجاهل الاعتبارات الحاسمة الأخرى؛

'2' لا ينظر إلى مشروع الأعمال على مر الزمن.

وفي إطار التقييم الحقيقي والدقيق لجدوى الاستثمار، يتعين النظر في جميع متغيرات المشروع. فقد يكون المشروع مثلاً غير مجدٍ من الناحية الاقتصادية، لا لأن تكاليف الاستثمار مرتفعة فحسب وإنما لأن الإيرادات المتوقعة لن تكون كافية لاسترداد إجمالي التكاليف. أو، على العكس من ذلك، قد تكون الإيرادات وفيرة، ولكن مجموع تكاليف التشغيل والصيانة المستمرة تجعل المشروع غير ممكن اقتصادياً.

ومن هذا المنظور، فإن أفضل آلية لقياس مدى عدم الجدوى الاقتصادية هو تحليل صافي القيمة الحالية، لأنه يقيس بدقة جميع متغيرات مشروع الأعمال، التي يجري تقييمها على مر الزمن، ويشير إلى فجوة العائد الاقتصادي - مما يعطي المنظمين صورة شاملة لأسباب عدم الجدوى الاقتصادية.

ولإجراء تقييم دقيق لمشروع السياسة العامة للبنية التحتية للنطاق العريض، من الضروري وضع خطة أعمال ذات أفق زمني كافٍ لتطوير مشروع الأعمال وتقييم سلوكه.

وتبحث الأقسام التالية من مجموعة الأدوات هذه الآن بتعمق في كل من متغيرات مشروع الأعمال.

2 تقدير الطلب على خدمات النطاق العريض

ثمة جزء أساسي من أي خطة أعمال وهو تقدير الطلب على الخدمات المزمع تقديمها. والتقصير في استخدام أدوات موثوق بها لتقدير الطلب يعني أن واضعي السياسة يخاطرون بإطلاق سياسة عامة لا تلبي الاحتياجات الفعلية للسكان. فقد تقرر الحكومة مثلاً الاستثمار في شبكة نقل بصرية في إحدى البلديات استجابة للطلب المتزايد المتصور على شبكات النفاذ إلى النطاق العريض جداً. ومع ذلك، ونظراً لعوامل اجتماعية اقتصادية، قد لا ترى البلدية طلباً

كافياً لتبرير إنشاء شبكة نقل ألياف بصرية. ولو أمكن تحديد مستوى الطلب على نحو أفضل لأمكن لواضعي السياسة اختيار مشروع من شأنه أن يعكس احتياجات البلدية.

وفهم دوافع الطلب أمر حاسم لنجاح أي تقدير للطلب. وطرائق تقدير الطلب دقيقة عموماً لتخطيط الأعمال على المدى القصير. ويمثل تقدير الطلب على المدى الأطول تحدياً أكبر، لأن هناك العديد من العوامل غير المتوقعة التي تؤثر حتماً على الطلب على مر الزمن، ولا سيما في قطاع الاتصالات سريع التطور. فقد لا يأخذ تقدير الطلب في الاعتبار الخدمات التي تظهر فجأة بظهور تقنيات جديدة. ومن شأن الركود الاقتصادي والاضطرابات السياسية أو غيرها من المشاكل المالية أن تؤثر أيضاً على الطلب. وللتنبؤ بالطلب طويل الأجل، يجب على واضعي السياسة أن يأخذوا في الحسبان التاريخ الاجتماعي والسياسي والاقتصادي لبلدانهم وأن يكون لديهم فهم عميق لدوافع الطلب. وقد تمثل هذه العوامل في بعض الأحيان الفرق بين نجاح المشروع وفشله.

وبالطبع، لا يمكن لدقة تقدير الطلب وحدها ضمان نجاح المشروع. ولكن بدونها، يمكن أن تستند القرارات المتعلقة بالاستثمار والتكاليف التشغيلية والإيرادات وغيرها من تخصيص الموارد إلى افتراضات خفية غير واعية - افتراضات قد تكون خاطئةً في كثير من الأحيان. ومن شأن توخي الدقة في تقييم الطلب في السوق أن يوفر فرصة أفضل للسيطرة على العوامل الرئيسية التي تؤثر على المشروع. وبالإضافة إلى ذلك، من شأن عملية التقدير أن تجبر واضعي السياسات على إعادة التفكير وتحليل بيئة السوق التي يتم فيها تنفيذ السياسة العامة، وأن تحسن فرص السياسة العامة التي تلبي على أفضل نحو احتياجات العدد المتزايد من السكان.

وهناك تقنيات متعددة لتقدير الطلب. فالبيانات التاريخية وطرائق القياس الاقتصادي والمقابلات والاختبارات التجريبية كلها طرائق شائعة الاستخدام لتقدير الطلب المحتمل على الخدمة.

وفي الأسواق المستقرة يمكن عادة تقدير الطلب باستخدام نماذج القياس الاقتصادي مع التركيز على تقدير مرونة الأسعار. ويمكن اعتبار السوق المستقرة لخدمة اتصالات معينة سوقاً تعمل فيها هذه الخدمة منذ سنوات عديدة.

وهناك العديد من المنشورات الأكاديمية التي تتناول تقدير الطلب على خدمات الاتصالات الثابتة والمتنقلة. وهي تعكف عموماً على تقدير الطلب الكلي على الخدمة باستخدام النماذج القائمة على بيانات السلاسل الزمنية أو البيانات المستعرضة. والدوافع الرئيسية المستخدمة لتقدير الطلب هي:

- السعر؛
- الدخل؛
- تكافؤ القدرة الشرائية؛
- الكثافة الهاتفية؛
- الديمغرافية المنزلية.

ويَستخدم تقدير الطلب على النفاذ إلى الخدمات واستعمالها في الغالب السعر والدخل كدافع للطلب. ويمكن استخدام هذا النوع من نموذج الطلب لمختلف البلدان طالما تُستخدم بيانات المتغيرات المستقلة المستقاة من البلد المعني. ومن المحتمل أن يتوقف تقدير مرونة الأسعار على الدخل وأنماط التبادل التجاري ومختلف الجوانب الثقافية داخل البلد. ولذلك، تكون مرونة الأسعار المقدّرة خاصة بكل بلد في حد ذاته.

ويمكن الاطلاع على قواعد بيانات الملخصات القطرية ومؤشرات التنمية العالمية والناتج المحلي الإجمالي (GDP) وتكافؤ القدرة الشرائية والتقديرات السكانية في موقع البنك الدولي للبيانات المفتوحة.[6] ويمكن الاطلاع على المؤشرات والإحصاءات الخاصة بتكنولوجيا المعلومات والاتصالات في مرقاب الاتحاد لهذه التكنولوجيا (ITU ICT-Eye).[7] وقاعدة بيانات مرقاب الاتحاد ICT-Eye هي بمثابة محطة واحدة لمؤشرات وإحصاءات الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات والمعلومات التنظيمية والسياساتية والسياسات الوطنية للتعريفات وممارسات تقدير التكاليف. وبالإضافة إلى ذلك، يعكف الاتحاد على إجراء البحوث التقنية والاقتصادية والسياساتية والتنظيمية وجمع البيانات حول تطور تنمية البنية التحتية وتقاسمها في جميع أنحاء العالم، وهذه المعلومات متاحة عبر بوابة الاتحاد لتنمية البنية التحتية.[8]

ويمثل تقدير الطلب على الخدمات الجديدة تحدياً أكبر. وترتبط الخدمات الجديدة باستعمالات جديدة وتدعمها معدات جديدة وتقنيات جديدة. ومن حيث المبدأ، لا يختلف التنبؤ بخدمات الاتصالات الجديدة عن المجالات الأخرى، إلا أن التحدي المتمثل في التنبؤ بسوق غير مستكشفة دفع معظم المتنبئين الأكاديميين إلى الابتعاد عن هذا المجال.

وبالنسبة للخدمات الجديدة، سواء قبل إطلاقها أو بعده، يجب معالجة مشكلتين رئيسيتين في مجال التنبؤ وهما: تقدير إمكانات السوق لمختلف أجيال الخدمة، وما لا يقل أهمية عنها، مسار الانتشار - أي معدل وتوقيت اعتماد المنتج الجديد، مما يعطي بدوره مبيعات كل فترة على حدة.[9] وبالنسبة للعديد من التطبيقات، يحتاج الأمر أيضاً إلى تحديد معدل استخدام التكنولوجيا الجديدة. وعوامل ما قبل الإطلاق وإمكانات السوق والوافدين الجدد هي عوامل رئيسية تحدد النجاح، ولكن بمرور الزمن تزداد أهمية معدل التحول (الذي يصف سلوك التحول بين التقنيات والمنافسين) ومعدل الانسحاب ومعدل الاستعمال.

والعناصر الرئيسية المستخدمة لتقدير الطلب على الخدمة الجديدة هي ما يسمى استقصاءات النوايا، وتقييمات مزايا الخدمة، ونماذج الخيار، والأسواق التجريبية، والقياس نسبة لمنتجات أخرى، أو حتى نسبة لبلدان أخرى.

وتجمع البيانات المستخدمة لتقدير الطلب على خدمة جديدة إما من خلال طرائق المسح أو (في بعض الأحيان) من خلال التجارب. ويمكن النظر في مجموعة من الخدمات البديلة، أو طرح سؤال بسيط حول ما إذا كان المستجيب يعتزم شراء خدمة معينة أم لا. ويمكن أيضاً تتميم استبيان على مجموعة من الخبراء لالتماس درجة من الحكم المهني بشأن الخدمة الجديدة. وثمة طريقة بارزة يمكن استخدامها في الحالة الأخيرة وهي طريقة دلفي (Delphi).[10]

ولمعظم خدمات الاتصالات استعمالات عمومية، فالأجيال الجديدة من التكنولوجيا تقدم على السواء خدمة قائمة وتوسع مدى الاستعمالات الممكنة، من قبيل التكنولوجيا المتنقلة 4G LTE التي تقدم نفس خدمات تكنولوجيا الجيل الثالث 3G. وفي هذه الحالة، تحل التكنولوجيا الجديدة محل الخدمات الصوتية التي تقدمها تكنولوجيا 3G مع توسيع مدى الاستخدام من خلال دعم تطبيقات البيانات الأكثر تقدماً. وهكذا يمكن تقدير إمكانات السوق من خلال النظر إلى المشكلة بوصفها توليفة من السوق السابقة والسوق الجديدة المكتسبة نتيجة لتوسيع مدى الاستعمالات.

---

6 موقع البنك الدولي للبيانات المفتوحة: https://data.worldbank.org/data-catalog.

7 ITU ICT-Eye متاح في الموقع: http://www.itu.int/net4/itu-d/icteye/Default.aspx.

8 بوابة الاتحاد لتنمية البنية التحتية: https://www.itu.int/en/ITU-D/Regulatory-Market/Pages/InfrastructurePortal.aspx.

9 Fildes and Kumar (2002).

10 تتألف طريقة Delphi من طريقة تقدير تتضمن استشارة مجموعة من الخبراء بشأن حدث مستقبلي من خلال تكرار تمرير استبيان حتى يتم التوصل إلى الإجماع - لمناقشة أكمل انظر صفحة 29. لمعرفة المزيد، انظر:
Okoli, C., & Pawlowski, S. D. (2004) The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications, Information & management, Volume 42 Issue 1, 15-29.

ويمكن استخدام نماذج القياس الاقتصادي لتقدير الطلب الكلي على الخدمات، بينما يمكن استخدام طريقة "دلفي" لتفصيل هذا الطلب وفقاً لجاذبية كل جيل من أجيال التكنولوجيا.

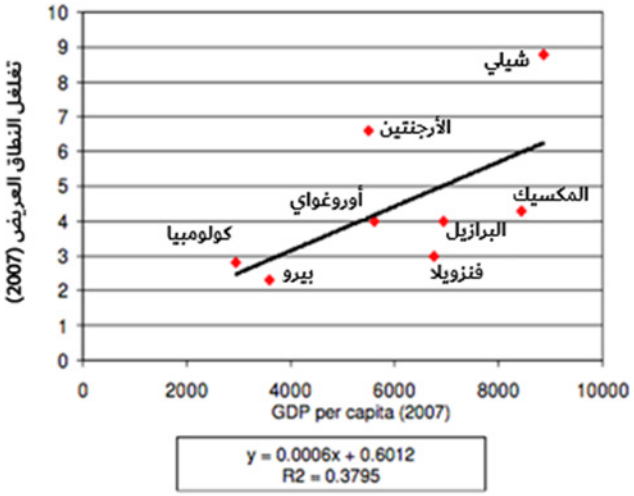
ومن المهم أن نلاحظ أن الافتراضات غير الدقيقة ليست نتيجة الافتقار إلى تقنيات التنبؤ. إذ أن منهجيات تحليل الانحدار، وتسوية الاتجاه التاريخي، وحكم دلفي/الخبراء، وتقييمات المزايا، وأسواق التجارب، ومنهجيات أخرى، هي في متناول الجميع. وتشترك معظم توقعات الطلب غير الدقيقة في افتراض خاطئ مفاده أن العلاقات المعقدة التي تدفع الطلب في الماضي سوف تستمر دون تغيير. وينبغي لواضعي السياسات ألا يغرب عن بالهم أن التاريخ قد يكون دليلاً غير موثوق به في ضوء ظهور تقنيات جديدة وتغيير تفضيلات المستهلكين واستمرار تطور الصناعات والقواعد التنظيمية.

1.2 تقدير الطلب باستخدام طرائق القياس الاقتصادي

لتقدير الاحتياجات من النطاق العريض في منطقة معينة، يمكن وضع نموذج انحدار بسيط (على غرار نماذج الكثافة الهاتفية الأصلية) بناءً على حجم الاقتصاد. ويستخدم نموذج الانحدار البسيط هذا المستويات الراهنة لتغلغل النطاق العريض في مجموعة من البلدان والناتج المحلي الإجمالي (GDP) في كل بلد.

وقد استخدم هذا النموذج Katz (2009) [11] لتقدير الطلب على النطاق العريض في أمريكا اللاتينية. وتبعاً للنموذج، هناك علاقة إيجابية بين الناتج المحلي الإجمالي وتغلغل النطاق العريض، حيث من المتوقع أن يكون لدى البلدان ذات الدخل الفردي الأعلى نسبة أكبر من السكان المشتركين في النطاق العريض.

الشكل 2: منحنى الانحدار (تغلغل النطاق العريض × الناتج المحلي الإجمالي GDP للفرد)[12]



المصدر: الاتحاد الدولي للاتصالات

وقد وضعت منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي (OECD) نهجاً آخر سهل الاستخدام ونشرته في عام 2008.[13] ويقوم هذا النهج على نموذج مستعرض ويستخدم بيانات من بلدان المنظمة OECD. وقد وجد عمل

[11] Katz, Raul L. (2009) *Estimating broadband demand and its economic impact in Latin America*, in Proceedings of the 3rd ACORN-REDECOM Conference, Mexico City.

[12] Katz (2009).

[13] Cadman, R. and Dineen, C. (2008) *Price and income elasticity of demand for broadband subscriptions: A cross-sectional model of OECD countries*, SPC Network 19, 03-08.

هذه المنظمة أن أفضل نموذج لتقدير الطلب على النطاق العريض يستند إلى القيم المسجلة للتغلغل والسعر والناتج المحلي الإجمالي للفرد (GDPPC) وعدد السنوات منذ إطلاق خدمات خط المشترك الرقمي (DSL) التجارية.

ومن الخصائص المفيدة لهذا النموذج أن قيمة معامل لوغاريتم السعر (price) ولوغاريتم الناتج (GDPPC) يمكن تفسيرها بوصفها المرونة:

$$\log(\text{PEN})=\alpha+\beta\log(PRICE)+\gamma\log(GDPPC)+\delta YSL+\theta YSL^2+\varepsilon$$

ويشير نموذج المنظمة OECD إلى ما يلي:

أ) مرونة السعر للطلب على المدى الطويل تقع في المجال غير المرن. ويشير المعامل -0,43 إلى أن انخفاض السعر بنسبة 1 في المائة يؤدي إلى زيادة الطلب بنسبة 0,43 في المائة على المدى الطويل. ولا يبدو أن الطلب يتأثر كثيراً بالسعر. غير أن هذه المرونة تتجه نحو الحد الأعلى من مرونة السعر المعتادة للطلب على استئجار خطوط الهاتف والنداءات المحلية والبعيدة الموجودة في البلدان المتقدمة.

ب) مرونة الدخل للطلب على المدى الطويل، مقيسة بالناتج المحلي الإجمالي للفرد، أقوى إلى حد ما. ومن شأن زيادة بمقدار 1 في المائة في الثروة أن تؤدي إلى زيادة بنسبة 0,78 في المائة في الطلب، مرة أخرى على المدى الطويل. وهذا يتماشى أيضاً مع الدراسات الأخرى بخصوص مرونة الدخل للطلب والتي تشير إلى أن البلدان ذات الدخل الأعلى لها معامل أقل من واحد.

ج) يشير معامل YLS وYLS2 إلى أن نمو الطلب على النطاق العريض غير خطي ويقع في مرحلة النمو القوية. وكما هو متوقع، فإن معامل YSL2 سالب.

ويمكن استخدام هذا النموذج المستعرض لتقدير تغلغل الخدمة في بلد معين أو حتى لتقدير نموذج جديد يستند إلى خصائص بلدان منطقة معينة أو بلدان لديها بعض أوجه الشبه مع البلد المستهدف، من قبيل المؤشرات الاجتماعية الاقتصادية أو الجغرافية.

ومع أن النماذج المعروضة أعلاه قد وضعت لتقدير طلب خدمة النطاق العريض الثابت، فإنه يمكن استخدامها أيضاً لتقدير الطلب على خدمة النطاق العريض المتنقل باستبدال تغلغل النطاق العريض الثابت وأسعار الاشتراك في الخدمة الثابتة لتغلغل الخدمة المتنقلة وأسعار الاشتراك في الخدمة المتنقلة.

ويمكن أيضاً للمنظمين الذين لديهم نفاذ إلى البيانات ذات الصلة تقدير الطلب على الخدمة من خلال نماذج بيانات الخبراء. وقد قام Hausman and Ros (2013) [14] بتقدير نماذج الطلب على خدمات الاتصالات المتنقلة والثابتة باستخدام بيانات الخبراء الخاصة ببلدان مماثلة للمكسيك، وذلك باختيار عينة من البلدان المماثلة بناءً على مستويات الدخل (الناتج المحلي الإجمالي للفرد). ومع أن دراسة Hausman and Ros استخدمت أسعار الصرف في السوق في التصنيف، فإن عينة البلدان النظيرة لا تتغير لو استخدم مؤشر تكافؤ القدرة الشرائية. وتم اختيار عينة انتشار من البلدان التي تقع بالكاد فوق المكسيك وتحتها في تصنيف نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي. وكانت معايير الاختيار هي البلدان التي تتمتع بمستويات مماثلة لمستوى المكسيك من حيث الناتج المحلي الإجمالي للفرد والتي تتوفر لها بيانات تسعير الخدمات المتنقلة.

وجرى تقدير نماذج القياس الاقتصادي للطلب على الخدمات المتنقلة وأسعار الخدمات المتنقلة بواسطة معادلات الطلب على الخدمات المتنقلة من أجل 17 عينة من البلدان لتحديد مدى مرونة الأسعار للطلب ومرونة الناتج المحلي

[14] Hausman, J. A., and Ros, A. J., (2013) *An econometric assessment of telecommunications prices and consumer surplus in Mexico using panel data*, Journal of Regulatory Economics, Volume 43 Issue 3.

الإجمالي للفرد للطلب على الخدمة المتنقلة في المكسيك. وفي معادلات الطلب هذه، يكون تغلغل الخدمة المتنقلة هو المتغير التابع للجانب الأيسر (أي أن الباحثين كانوا يقيسون كيفية تغير تغلغل الخدمة المتنقلة عندما تتغير متغيرات أخرى، مثل الدخل والسعر).

واعتمد نهج تقدير الأثر الثابت من أجل استبعاد التقديرات المتحيزة وغير المتسقة. وتم على وجه الدقة تقدير كل من مرونة السعر المقدرة للطلب بمقدار -0,50 تقريباً ومرونة إجمالي الناتج المحلي للفرد المقدرة للطلب بنحو إلى 0,45 تقريباً (أي أنها ذات دلالة إحصائية) وتبين أن المتغيرات الاقتصادية لها أثر هام على الاشتراكات في الخدمة المتنقلة.

وأظهرت النماذج الناتجة أن السعر والناتج المحلي الإجمالي للفرد كلاهما عامل هام في تحديد الطلب على الخدمة المتنقلة.

2.2 تقدير الطلب بطريقة دلفي (Delphi)

تتألف منهجية "دلفي" من طريقة تقدير تتضمن استشارة مجموعة من الخبراء بشأن حدث في المستقبل من خلال استبيان يتكرر تعميمه حتى يتم التوصل إلى توافق في الآراء. وبفضل تاريخ يرجع إلى أكثر من 50 عاماً، أصبحت هذه المنهجية واحدة من أفضل الأدوات للتنبؤ على المدى الطويل وهي تستخدم على نطاق واسع لوضع السياسات العامة في عدد من البلدان.

وفي الجولة الأولى، ترسل الأسئلة إلى مجموعة مختارة من خبراء صناعة الاتصالات. ويختار هؤلاء الخبراء على نطاق واسع من بين المشغلين الوطنيين وموردي المعدات والمؤسسات الأكاديمية ومراكز البحوث والصحافة التجارية المتخصصة والرابطات الصناعية والهيئات التنظيمية.

ثم يتم دمج وتحليل ردود الجولة الأولى. ويتم للجولة الثانية انتقاء الأسئلة التي تتسم بأعلى درجة من الاختلافات الملحوظة (بين المتوسط والوسيط من الإجابات المستقاة). وفي هذه الجولة، يعرض المتوسط والوسيط والإجابة المقدمة في الجولة الأولى على كل من الخبراء، الذين يُسألون عما إذا كانوا يرغبون في الاحتفاظ بإجابتهم الأصلية أو تغييرها.

وبعد الجولة الثانية، تدمج النتائج ويتم بالنسبة لكل سؤال تحديد مؤشر الاتجاه المركزي المطلوب في توقعات الطلب: متوسط أو وسيط. ويتم لكل سؤال تفصيل المؤشر الذي تم اختياره ومعيار الاختيار والنتائج المستخلصة. فإذا استمرت النتائج في الاختلاف، يمكن إطلاق جولات جديدة. والهدف هو تقليص مدى الاستجابات والتوصل إلى ما يقرب من توافق آراء الخبراء.

وقد يتناول الاستبيان أسئلة من قبيل الكثافة الهاتفية واستخدام واستهلاك خدمة أو تكنولوجيا جديدة، والتطور المتوقع للأجيال الجديدة من التكنولوجيا. ويمكن، في الاستبيان، تقدير القيم لكل خمس أو عشر سنوات، أي في الأعوام 2020 و2025 و2030 و2040 و2050، مثلاً.

الجدول 2: أمثلة على أسئلة استبيان دلفي

#	السؤال	الملاحظ				المقدر			
		2014	2015	2016	2017	2020	2025	2030	2050
1	اشتراكات المتنقل/الخلوي لكل 100 نسمة	%44	%50	%55	%65				
2	نفاذ من آلة إلى آلة (M2M) لكل 100 نسمة			0,02	0,03				
3	دقائق الاستخدام (MoU) لكل مشترك متنقل	82	86	109	115				
4	استعمال البيانات المتنقلة لكل اشتراك في النطاق العريض		15	35	59				
5	تطور أجيال التكنولوجيا المتنقلة		%99	%94	%90				
			%1	%6	%10				
			%0	%0	%0				
			%0	%0	%0				
6	اشتراكات النطاق العريض الثابت (السلكي)								
7	مشاركة الألياف البصرية في مجموع تقنيات النفاذ الثابت في منطقة سكنية	< %1	< %1	< %1					
8	مشاركة الألياف البصرية في مجموع تقنيات النفاذ الثابت في منطقة غير سكنية	< %1	< %1	< %1					
9	متوسط السرعة (ميغابتة/ثانية) لكل نفاذ في النطاق العريض			%170	%180				

المصدر: الاتحاد الدولي للاتصالات

وانطلاقاً من النتائج المدمجة لكل سنة من السنوات المقدرة يمكن تقدير السنوات المتبقية بأسلوب الاستيفاء الخطي أو منحنى s.

وتحاول هذه المنهجية الاستفادة بشكل فعال من الحكم الحدسي المستنير في التنبؤ بعيد المدى، وهي منهجية مثالية لتقدير الطلب على المدى الطويل والطلب على الخدمات والتقنيات الجديدة.

3.2 تحليل الطلب إلى مكونات مختلفة

بعد تقدير الطلب الكلي، تكون الخطوة التالية هي تقسيم الطلب الكلي إلى مكوناته الرئيسية من أجل تحليل منفصل. ويمكن أيضاً استخدام نتائج طريقة دلفي للمساعدة في هذا التحليل.

وهناك معياران يجب مراعاتهما عند اختيار قطاعات السوق: جعل كل فئة صغيرة ومتجانسة بدرجة كافية بحيث يتم تطبيق دوافع الطلب بشكل متسق عبر عناصرها المختلفة، وفي الوقت ذاته جعل كل منها كبيراً بما فيه الكفاية بحيث يستحق التحليل الجهد المبذول. وهنا من الضروري لكل جهة ممارسة حكمها الخاص بها.

ولدى اتخاذ هذا القرار، قد يكون من المفيد تصور تقسيمات بديلة — بالاستناد مثلاً إلى مجموعات عملاء الاستعمال النهائي (سكني أو غير سكني) أو إلى نوع الشراء (خطط الدفع المسبق أو الدفع اللاحق). والخطوة التالية هي افتراض

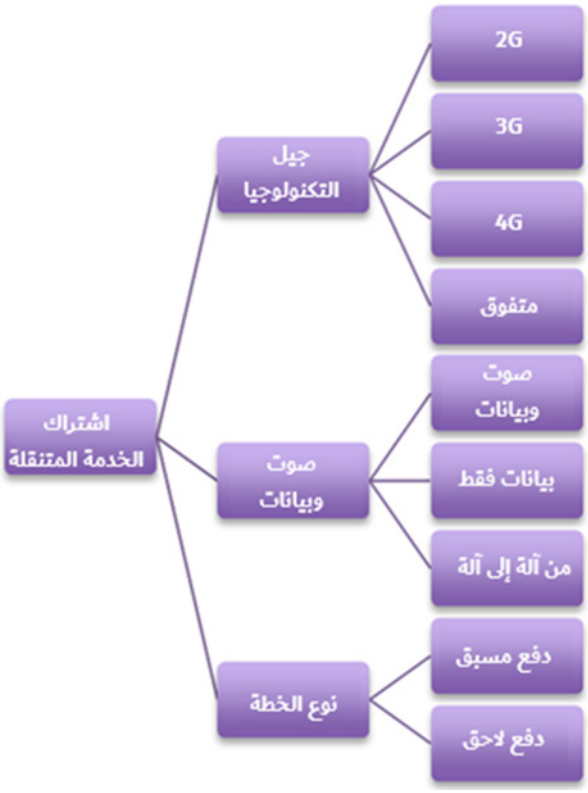
دوافع طلب رئيسية لكل جزء وتحديد مقدار التفصيل المطلوب لتكوين صورة صادقة. وفي معرض مواصلة التقييم، يمكن معاودة النظر في هذه المرحلة وتفحصها لمعرفة ما إذا كانت القرارات الأولية لا تزال صائبة.

ولدى التفكير في مستوى تجزئة الطلب، من الضروري أن نقرر ما إذا كنا نريد استخدام البيانات الموجودة بخصوص أحجام الأجزاء أو إجراء بحث جديد للوصول إلى تقدير مستقل. وتتوفر طائفة واسعة من المعلومات العامة عن مستويات الطلب التاريخية بحسب كل جزء للعديد من البلدان عبر قاعدة بيانات مرقاب الاتحاد ICT-Eye.[15] وتوفر بعض الهيئات التنظيمية الوطنية أيضاً طائفة واسعة من الإحصاءات والمؤشرات بخصوص قطاع الاتصالات السلكية واللاسلكية لديها والتي يمكن استخدامها أيضاً.

وحتى بوجود مصادر بيانات جيدة، قد لا تكون المعلومات المتاحة مجزأة إلى أفضل الفئات لدعم تحليل ثاقب. وفي هذه الأحوال، من المهم تحديد ما إذا كانت ستبنى التوقعات على أساس البيانات التاريخية المتاحة أم ينبغي القيام بجولة جديدة من حكم الخبراء، والتي قد تكون مكلفة وتستغرق وقتاً طويلاً.

مثال ذلك، يمكن أن يتبع تحليل الطلب الكلي على الخدمة المتنقلة البنية الموضحة في الشكل 3.

الشكل 3: مثال لتحليل الطلب على النطاق العريض المتنقل

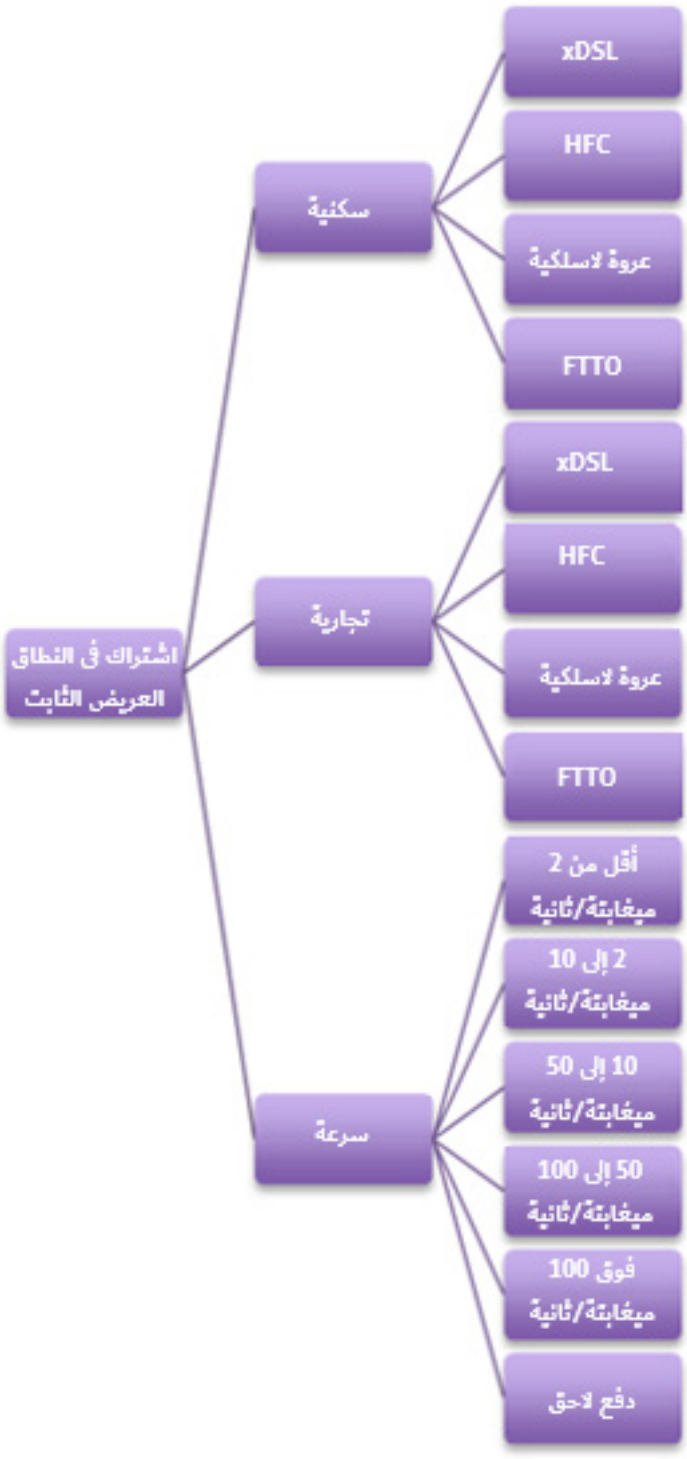


المصدر: تفصيل بناء على Fields and Kumar (2002)

يمكن أن يتبع تحلل الطلب الكلي على النطاق العريض الثابت البنية الواردة في الشكل 4.

[15] المرقاب ITU ICT-Eye متاح في موقع الاتحاد: https://www.itu.int/ITU-D/icteye/.

الشكل 4: مثال على تحلل الطلب على النطاق العريض الثابت



المصدر: تفصيل بناء على Fields and Kumar (2002)

ولدى تحليل الطلب الكلي، من المهم أن يأخذ واضعو السياسة في الاعتبار هدف السياسة العامة الذي يسعون إلى تحقيقه، وذلك من أجل الحصول على أفضل مواصفات لخطة الأعمال، تبعاً لتوفر البيانات.

4.2 تقدير حصة السوق للمشغل الجديد المحتمل

بعد تحديد الطلب على الخدمات، تكون الخطوة التالية هي نمذجة كيفية تقسيم السوق فيما يتعلق بوافد جديد محتمل أو شركة قائمة تقوم بتنفيذ أهداف السياسة العامة في سياق البيئة التنافسية الراهنة.

وينبغي أن تتضمن نمذجة السوق دوماً القواعد والمعايير التنظيمية القائمة لتوفير الخدمة، والحد الأقصى للطيف، وتوجيه نطاق/نطاقات التردد الراديوي، وسلوك السوق الراهنة.

وعند تقدير حصة السوق لمشغل محتمل للنطاق العريض الثابت، ينبغي أولاً النظر في الوضع الراهن للأطراف الناشطة حالياً في السوق وتحديد ما إذا كانت هناك أي أحكام تنظيمية موجهة لتعزيز المنافسة قد تؤثر على السيناريو التنافسي الراهن على المدى المتوسط. وإذا كان من المرجح الحفاظ على الوضع الراهن، فمن الممكن ببساطة محاكاة حصة السوق الحالية للمشغلين القائمين مع بعض الفوارق البسيطة حتى نهاية المشروع.

وعلى العكس من ذلك، إذا كان من المتوقع حدوث تحسن في السيناريو التنافسي، على المدى الطويل، ينبغي أن نتوقع أن حصة السوق من المشغلين القائمين سوف تختلف بمرور الزمن وأن الوافدين الجدد قد يكتسبون حصة في السوق. عندئذ يمكن استخدام منحنى S للنمذجة للتنبؤ بكيفية تطور حصة السوق حتى نهاية المشروع.

ولدى تقدير حصة السوق لمشغل محتمل للنطاق العريض المتنقل، إلى جانب مراعاة الاعتبارات المذكورة أعلاه، من الضروري أن تؤخذ في الاعتبار قواعد الحد الأقصى للطيف وأي أحكام تنظيمية تشمل مشغلي الشبكات الافتراضية المتنقلة أو تقاسم شبكة النفاذ اللاسلكي. وعندما تتوفر هذه المعلومات، من الممكن نمذجة كيف يمكن أن يتطور السيناريو التنافسي أثناء المشروع وتقدير حصة السوق للمشغل الذي سينفذه، مرة أخرى باستخدام نماذج منحنى S.[16]

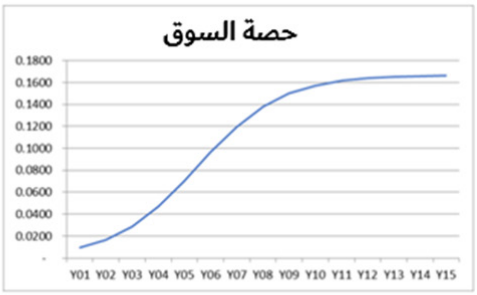
[16] يمكن استخدام نماذج منحنى S في قطاع الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات لوصف سلوك خدمة جديدة في السوق. ويتميز نموذج منحنى S ببداية ضحلة، حيث يستفيد من الخدمة فقط من يتبنون التقنية مبكرا وأسواق الكوّة. ثم يرتفع المنحنى بحدة حيث تشهد الخدمة الجديدة نمواً سريعاً وتكتسب مكانة مهيمنة في السوق. وبعد هذه الفترة من النمو المرتفع، تحافظ الخدمة على مستوى أداء عالٍ ولكن مع نمو ضئيل، مما يشير في كثير من الأحيان إلى سوق ناضجة ولكنها مشبعة.

تقدير حصة السوق لمشغل جديد محتمل

السيناريو: مشروع عريض النطاق ثابت لمدة خمسة عشر عاماً سيقوم بنشره وافد جديد. وفي هذا المجال، تعمل الهيئة التنظيمية للاتصالات على ترويج عدد من التدابير الموجهة نحو المنافسة والتي تهدف إلى تحقيق مستوى من المنافسة طويل الأجل من شأنه أن يدفع المشغلين إلى تقاسم السوق بالتساوي تقريباً. وهناك في سوق النطاق العريض الثابت بالفعل خمسة مشغلين، وسيكون الوافد الجديد المشغل السادس. وسيبدأ منحنى حصته في السوق بالقرب من الصفر، ولكن حصته في السوق ستتطور خلال المشروع حتى تصل إلى مستوى الحصة في السوق التي تستهدفها الهيئة التنظيمية. ويمكن استخدام منحنيات S لنمذجة سلوك هذا الوافد الجديد خلال مدة المشروع.

حصة السوق المبدئية	%1
حصة السوق المستهدفة	%16,67

حصة السوق للوافد		
Y01	0.0093	1
Y02	0.0167	2
Y03	0.0287	3
Y04	0.0468	4
Y05	0.0704	5
Y06	0.0963	6
Y07	0.1199	7
Y08	0.1380	8
Y09	0.1500	9
Y10	0.1573	10
Y11	0.1616	11
Y12	0.1639	12
Y13	0.1652	13
Y14	0.1659	14
Y15	0.1662	15



المصدر: الاتحاد الدولي للاتصالات

ملاحظة: القيم المستخدمة توضيحية.

3 تقدير الإيرادات من تقديم خدمات النطاق العريض

تتضمن هذه الخطوة تقدير الإيرادات المرتبطة بالطلب المتوقع. وأبسط طريقة لتقدير صافي الإيرادات هي حساب متوسط الإيراد لكل مستعمل (ARPU) للخدمات أو أجزاء الخدمات التي يتعين توفيرها بموجب خطة الأعمال.

وبعد الحصول على قيمة المتوسط ARPU، تضرب بقيمة الطلب المقدر وذلك للتوصل إلى صافي الإيرادات كما هو مبين في الشكل 5.

الشكل 5: مخطط لتقدير صافي الإيرادات

المصدر: الاتحاد الدولي للاتصالات

ومع ذلك، لا يمكن دائماً الحصول على **متوسط الإيراد لكل مستعمل** (ARPU) للخدمة المحددة المراد إطلاقها، لذلك قد يحتاج الأمر إلى إجراء بعض التعديلات، من قبيل استخدام المتوسط ARPU لخدمة مماثلة. وبالإضافة إلى ذلك، من غير المعتاد أن تبقى قيمة المتوسط ARPU ثابتة طوال المشروع بأكمله، لذلك من الضروري وضع بعض الافتراضات من أجل التنبؤ بكيفية تطور هذه القيمة أثناء المشروع.

وفيما يلي بعض الخيارات التي يمكن استخدامها لتقدير إيرادات مشاريع النطاق العريض، إلى جانب نهج مقترح لتقدير كيفية تطور الإيرادات خلال المشروع.

1.3 تقدير الإيرادات لمشاريع النطاق العريض المتنقل

أولاً، لا بد من الإشارة إلى أن المشروع الذي يتعين تنفيذه هو شبكة نفاذ إلى نطاق عريض متنقل ولكن، من وجهة نظر المستعمل النهائي، فإن المشروع هو توفير اتصالات متنقلة بشكل فعال، أي خدمة صوت متنقلة وخدمة بيانات متنقلة. لذلك يُقترح أن يستند تقدير المتوسط ARPU للمشروع إلى المتوسط ARPU للخدمات المتنقلة التي سوف تطلق.

وبالإضافة إلى ذلك، يكشف التحليل أن على الرغم من تطور التقنيات المتنقلة (2G و3G و4G LTE)، لم تحدث تغييرات كبيرة في المتوسط ARPU المتعلقة بهذه الأجيال الجديدة من التكنولوجيا. وعموماً، ظلت قيمة خطط خدمة المستعمل النهائي في الواقع كما هي، أي على الرغم من الارتقاء بالخدمة من حيث حجم البيانات وجودتها، فإن القيمة التي يدفعها المستعمل لم تتغير كثيراً. وباختصار، وعلى مر السنين، استفاد المستعملون بنفس السعر من زيادة أحجام النداءات والرسائل وزيادة استخدام البيانات، بمعدلات سرعة أعلى، بل من خدمات إضافية ذات قيمة مضافة. ولأغراض النمذجة، يعني ذلك أنه يمكن استخدام بيانات المتوسط ARPU لخدمة الاتصالات المتنقلة التاريخية لتقدير إيرادات خدمات النطاق العريض المتنقلة الأحدث عهداً.

فإذا توفرت البيانات وكان من الممكن تجزئة الطلب، فإن تقسيم المتوسط ARPU إلى اشتراكات مسبقة الدفع ولاحقة الدفع يمكن أن يضفي قدراً أكبر من الدقة على التوقعات.

2.3 تقدير الإيرادات لمشاريع النطاق العريض الثابت

لتقدير إيرادات مشاريع النطاق العريض الثابت، يوصى باستخدام **متوسط الإيراد لكل مستعمل** (ARPU) لخدمات النطاق العريض الثابت. وعموماً، يقدم مقدمو الخدمات في سوق النطاق العريض الثابت ما لا يقل عن اثنين من الجانبيات الرئيسية للخطة: جانبية منخفضة السرعة وجانبية عالية السرعة. وفي الوقت الحاضر، تشير الجانبية المنخفضة السرعة إلى الخطط التي تصل إلى 25-20 ميغابتة/ثانية، بينما تشير الجانبية عالية السرعة إلى الخطط بمعدل حوالي 25 ميغابتة/ثانية وما فوق.

ومرة أخرى، إذا توفرت البيانات وأمكن تجزئة الطلب، فإن تقسيم المتوسط ARPU إلى خطط منخفضة السرعة وخطط عالية السرعة يميل إلى إضفاء المزيد من الدقة على التوقعات.

تقدير الإيرادات لمشاريع النطاق العريض الثابت

لنفترض أن مشروع نطاق عريض ثابت لمدة عشر سنوات سوف ينشر في البلد "W". ويقترح المشغلون في البلد "W" بشكل عام نوعين رئيسيين من النطاق العريض: نطاق عريض منخفض السرعة ونطاق عريض عالي السرعة.

ويكون متوسط الإيراد لكل مستعمل (ARPU) في البلد W:

- نطاق عريض منخفض السرعة: 22 دولاراً أمريكياً؛
- نطاق عريض عالي السرعة: 48 دولاراً أمريكياً.

وعلى مدى السنوات الخمس الماضية، ظل المتوسط ARPU ينخفض على نحو ثابت بمعدل 0,5 في المائة سنوياً. ويفترض أن هذا الاتجاه سيستمر على مدى السنوات العشر للمشروع. وبعد تقدير إجمالي متوسط الإيراد لكل مستعمل لجميع سنوات المشروع، يمكن تقدير إجمالي الإيرادات بضرب الطلب في سنة ما بإجمالي المتوسط ARPU في نفس السنة.

ويلاحظ أنه يوصى، في السنة الأولى من التشغيل، بأن ينظر في الإيرادات لمدة ستة أشهر فقط، إذ يتعين السماح بقدر من الزمن بين نشر الشبكة وتسويق الخدمات.

تطور المتوسط ARPU في النطاق العريض الثابت

	عروض السرعه المنخفضه	عروض السرعه العاليه
Y01	$ 22.00	$ 48.00
Y02	$ 21.89	$ 47.76
Y03	$ 21.78	$ 47.52
Y04	$ 21.67	$ 47.28
Y05	$ 21.56	$ 47.05
Y06	$ 21.46	$ 46.81
Y07	$ 21.35	$ 46.58
Y08	$ 21.24	$ 46.34
Y09	$ 21.14	$ 46.11
Y10	$ 21.03	$ 45.88

الطلب المقدر على النطاق العريض الثابت

	عروض السرعه المنخفضه	عروض السرعه العاليه
Y01	25,650	1,350
Y02	43,200	4,800
Y03	90,100	15,900
Y04	132,000	33,000
Y05	183,000	61,000
Y06	221,900	95,100
Y07	248,950	134,050
Y08	283,200	188,800
Y09	319,000	261,000
Y10	368,500	368,500

مجموع الإيرادات

	عروض السرعه المنخفضه	عروض السرعه العاليه	مجموع الإيرادات
Y01	$ 3,385,800	$ 388,800	$ 3,774,600
Y02	$ 11,347,776	$ 2,750,976	$ 14,098,752
Y03	$ 23,549,131	$ 9,067,045	$ 32,616,176
Y04	$ 34,327,889	$ 18,724,303	$ 53,052,192
Y05	$ 47,352,983	$ 34,438,533	$ 81,791,516
Y06	$ 57,131,632	$ 53,421,786	$ 110,553,418
Y07	$ 63,775,598	$ 74,925,178	$ 138,700,777
Y08	$ 72,186,958	$ 104,999,212	$ 177,186,170
Y09	$ 80,905,725	$ 144,426,749	$ 225,332,475
Y10	$ 92,992,762	$ 202,893,298	$ 295,886,060

ملاحظة – القيم المستخدمة توضيحية.

3.3 تقدير الإيرادات لمشاريع شبكة النقل

بما أن مشاريع شبكة النقل مرتبطة بشدة بخدمات الاتصالات بالجملة فمن المستحسن، لتقدير صافي الإيرادات لهذه المشاريع، أن يستخدم كمرجع عرض خدمات الخطوط المؤجرة العامة لمقدم الخدمة الحالي (أو مقدم الخدمة الذي يتمتع بهيمنة سوقية).

وفي الحالات التي لا يكون فيها للبلد المعني أي عرض عام يتعلق بهذا النوع من خدمات الجملة، قد يكون أحد البدائل هو الرجوع إلى مواقع الويب للهيئات التنظيمية الأخرى من أجل الوصول إلى مرجع أساسي موثوق يمكن استخدامه فيما يتعلق بالخطوط المؤجرة والتوصيلية. ويمكن بعد ذلك إخضاع مؤشر تكافؤ القدرة الشرائية من أجل إزالة أي فرق في مستوى الأسعار بين أسعار صرف العملات. ويجب أن تستبعد من الأسعار المستخدمة كمرجع معدلات الضرائب وتوقعات التضخم.

4.3 سلوك الإيرادات خلال المشروع

ينبغي أن تعكس قيمة متوسط الإيراد لكل مستعمل (ARPU) الأولية للمشروع أحدث القيم المحتسبةً. ويمكن تقدير تطور المتوسط ARPU طوال خطة الأعمال بناءً على تطور حديث العهد لقيمة المتوسط ARPU. وفي الحالات التي لا تتوفر فيها معلومات المتوسط ARPU، من الممكن أيضاً استقاء هذه المعلومات من مواقع الويب لبعض الهيئات التنظيمية للاتصالات في بلدان أخرى، أو من مصارف الاستثمار، باستخدام المتوسط ARPU لبلد ذي جانبية اجتماعية اقتصادية مماثلة، من باب التقريب.

وثمة إستراتيجية صالحة أخرى وهي استخدام سلة أسعار تكنولوجيا المعلومات والاتصالات (IPB) لدى الاتحاد[17] لتقدير صافي الإيرادات. وتتضمن قاعدة البيانات الشاملة هذه سلال فرعية للخدمات الثابتة والمتنقلة وعريضة النطاق لحوالي 165 بلداً. ومن المهم أن نتذكر استبعاد الآثار الضريبية في تقدير صافي الإيرادات. ولدى تحليل الاتجاهات التاريخية لقيمة ARPU، ينبغي أيضاً إزالة الآثار التضخمية من التقدير للتأكد من أن خطة الأعمال تتعامل في جميع الحالات مع قيم حقيقية.

وبعد تقدير توقعات المتوسط ARPU، وبعد تقدير الطلب المتوقع، يتم الحصول على الإيرادات المتوقعة سنوياً وفقاً للخدمة المحددة التي سوف ترتبط بالشبكة التي يتم تنفيذها.

ويلاحظ أنه ينبغي، في السنة الأولى من التشغيل، اعتبار الإيرادات لمدة لا تقل عن ستة أشهر، إذ يتعين السماح بقدر من الزمن بين نشر الشبكة وتسويق الخدمات.

4 تقدير الاستثمارات في شبكات النطاق العريض (النفقات الرأسمالية، CAPEX)

من أكبر التحديات التي تواجه الحكومات التي تهدف إلى وضع سياسات عمومية مستدامة اقتصادياً وموجهة نحو دفع الاستثمار في توسيع شبكة النطاق العريض هو التوصل إلى تقدير صحيح لمستوى النفقات الرأسمالية اللازمة لسد الفجوات في البنية التحتية للشبكة في البلد المعني.

[17] **سلة أسعار تكنولوجيا المعلومات والاتصالات** متاحة في الموقع: http://www.itu.int/ITU-D/ict/ipb/.

وتعتبر المعلومات المتعلقة بمستوى الاستثمار المطلوب أمراً أساسياً لتمكين واضعي السياسة من وضع خطة متماسكة ذات مصداقية وموثوق بها يمكن أن تساعدهم في تقييم جاذبية واستدامة عملية تشغيل اتصالات افتراضية على المدى الطويل في مناطق جغرافية محرومة من الخدمة.

والمدخلان الرئيسيان في تقدير النفقات الرأسمالية هما:

- الطلب المتوقع على خدمات النطاق العريض المتنقلة والثابتة، فضلاً عن معلومات مفصلة عن الفجوات الحالية في البنية التحتية — من قبيل قائمة بالبلديات التي لا تخدمها شبكات النقل البصرية؛
- الطلب المتوقع (عدد المستعملين أو كثافة الحركة أو معدل السرعة بوحدة ميغابتة/ثانية) لشبكات النطاق العريض المتنقلة والثابتة للسنوات القادمة، بحسب البلدية، وهذه المعلومات هامة لكل من قرارات تصميم الشبكات وتقدير الاستثمار.

واستناداً إلى هذين المدخلين، تتوقف النفقات الرأسمالية المطلوبة لمعالجة النقص المستبان في البنية التحتية جوهرياً على الخدمة والتكنولوجيا المختارة. مثال ذلك، يمكن لواضعي السياسات الذين يرغبون في معالجة سريعة لنقص عروض النطاق العريض في منطقة معينة أن يختاروا نمذجة نشر شبكات النفاذ إلى النطاق العريض المتنقل (3G، 4G LTE، وما إلى ذلك) على نحو سريع وفعال من حيث التكلفة، بينما قد يفضل أولئك الذين يخططون على المدى الأطول نمذجة نشر شبكات النفاذ من الألياف إلى المنازل (FTTH). وحتى بالنسبة لنشر شبكات النقل الأساسية/التوصيلية، يتوقف اختيار النمذجة — شبكات الموجات الصغرية الشائعة القياسية أو شبكات الألياف البصرية من الجيل الجديد — على أهداف السياسة العامة وكثافة الحركة المتوقعة لكل بلدية أو منطقة، ويمكن أن يؤثر مباشرة على مستوى الاستثمار المطلوب.

ولتوفير إرشادات مفيدة بشأن كيفية تقدير النفقات CAPEX المطلوبة لتلبية احتياجات البنية التحتية للنطاق العريض، ونظراً لعدم تناظر المعلومات الذي لا مفر منه في أي تحليل يقوم به واضع السياسة، تقدم الأقسام التالية من مجموعة الأدوات هذه أمثلة على النُهُج الموثوقة التي يمكن أن تتبعها الحكومات بغية تشجيع نشر شبكات النطاق العريض 4G LTE المتنقلة، وشبكات النطاق العريض FTTH الثابتة، وشبكات النطاق العريض بالموجات الصغرية، وشبكات نقل الألياف البصرية، حيث هذه هي التقنيات الأكثر شيوعاً التي يتم اختيارها حالياً في عمليات توسيع شبكة النطاق العريض.

1.4 شبكات النفاذ إلى النطاق العريض المتنقل

الهدف من هذا النموذج هو تقدير البنية التحتية للشبكة المطلوبة للوفاء بمتطلبات كل من التغطية والسعة بوحدة ميغابتة/ثانية (Mbit/s) لمستعملي النطاق العريض المتنقل 4G LTE المحتملين في البلديات أو المناطق التي لا تشملها الخدمة بعد، من أجل تقييم الجدوى الاقتصادية لهذه الاستثمارات.

ولأداء هذا الحساب، يُقترح اعتماد نموذج مشغل لديه فقط فدرة تردد راديوي واحدة للاستخدام في عُقد 4G LTE e-NodeBs التقليدية (يشار إليها فيما يلي باسم *الخلايا الكبرية*) مع *خلية صغيرة* أقل تكلفة ومكيفة على نحو أفضل لتلبية الطلب المتزايد على سعة نقل البيانات، والتي يتعين تنفيذها في البلديات التي يتجاوز فيها الطلب السعة التي توفرها الخلايا الكبرية.

ويتألف هذا الحل المبسط بالخلايا الصغيرة من نظام هوائي قطاعي ونقطة ساخنة WiFi تستخدم لتفريغ الحركة مباشرة إلى شبكة النقل الثابتة. ويوضح الشكل 6 طوبولوجيا شبكة النفاذ للنطاق العريض المتنقلة المزمع استخدامها.

الشكل 6: شبكة تطور طويل الأجل (LTE) غير متجانسة

ومن الجدير بالملاحظة أن مكاسب السعة الناتجة عن هذا النهج هائلة، وهي تقلل من الحاجة إلى توسيع الشبكة في المستقبل الذي تستدعيه متطلبات السعة فقط، أي أن المشغلين يقللوا من الحاجة إلى الاستثمار على مدى فترات قصيرة من الزمن، ويستغلون بنيتهم التحتية على نحو أفضل. وفي الواقع، فإن الحل المنمذج لنشر بنية تحتية هجينة من خلايا كبرية + خلايا صغيرة + نقاط ساخنة WiFi هو اتجاه عالمي لشبكات النطاق العريض 4G LTE اللاسلكية غير المتجانسة، تدفعه الحاجة إلى تخفيض النفقات الرأسمالية اللازمة لتلبية الطلب المتفجر على النطاق العريض المتنقل.[18] وتوفر هذه الإستراتيجية الهجينة ميزة ثلاثية تتمثل في تلبية الحاجة إلى التغطية، ودعم تنقلية المستعمل والاستجابة للطلب على السعة، وتوفير استثمارات تدريجية ومخصصة على نحو أفضل على امتداد سنوات من التشغيل.

حساب الاستثمار في نشر موقع تغطية (خلية كبرية)

لحساب عدد الخلايا الكبرية اللازمة لتغطية كل بلدية لا تشملها الخدمة، يتم تقسيم مساحة المنطقة المستهدفة المراد تغطيتها على أقصى مساحة تغطيها عقدة واحدة e-NodeB نموذجية، وفقاً للمعادلة:

$$N_{macrocells} = \frac{A_t}{A_{eNb_{avg}}}$$

حيث:

$N_{macrocells}$ **عدد الخلايا الكبرية المراد تقديرها**

A_t **المساحة الكلية، بوحدة كيلومتر مربع، للمنطقة المستهدفة المراد تغطيتها**

$A_{eNb_{avg}}$ **المساحة القصوى التي تغطيها** عقدة e-NodeB نموذجية واحدة.

وبالنسبة لتقدير $A_{eNb_{avg}}$، يمكن اعتبار المرجع بمثابة متوسط نصف قطر التغطية لمواقع شبكة النطاق العريض اللاسلكية 4G LTE المنشورة في البلديات التي تخدمها بالفعل شبكات 4G LTE باستخدام نفس الطيف. ويمكن أيضاً استخدام المراجع الدولية المستخلصة من نشر شبكات النطاق العريض اللاسلكية 4G LTE في بلدان أخرى.

[18] المصدر: *Cisco Visual Networking Index Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2016-2021*:
https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/mobile-white-paper-c11-520862.html.

وبعد حساب عدد مواقع التغطية المطلوبة، من الضروري الحصول على تكلفة الوحدة لكل موقع حتى يتسنى تقدير الاستثمار المطلوب. وقد تختلف تكلفة الوحدة اختلافاً كبيراً من بلد لآخر. لذلك ينبغي، توخياً للدقة، الحصول على هذه التكلفة من مشغلي خدمة النطاق العريض المتنقلة المحليين وموردي الشبكات المحلية.

وأخيراً، يجب أن يستفيد نشر تكنولوجيا 4G الفعال من حيث التكلفة من البنية التحتية المنفعلة (أبراج، وغيرها) المتاحة للتقاسم، لأن من شأن التقاسم تحقيق وفر كبير في التكلفة في نشر الخلايا الكبرية.

الخلايا الكبرية

يوضح المثال التالي تقدير عدد عناصر البنية التحتية المنفعلة والنشطة اللازمة لنشر الخلية الكبرية.

تقدير الخلايا الكبرية 4G

مدينة: نموذج 1

أبراج للتقاسم = 7 (2G، 3G، وغيرها)

A_t = 137 Km2

$A_{eNb_{avg}}$ = 7.5 Km2

$N_{macrocells}$ = 19

$$N_{macrocells} = \frac{A_t}{A_{eNb_{avg}}}$$

بنية تحتية منفعلة (أبراج، وغيرها) = 19 - 7 = 12

بنية تحتية نشطة (e-NodeBs، وغيرها) = 19

المصدر: الاتحاد الدولي للاتصالات
ملاحظة – القيم المستخدمة توضيحية.

حساب الاستثمار في نشر الخلايا الصغيرة والنقاط الساخنة WiFi

بعد تحديد احتياجات البنية التحتية لمواقع التغطية (الخلايا الكبرية)، يتعين تقييم أفضل استراتيجية لمواجهة التحدي المتمثل في إنشاء شبكة لها سعة كافية بوحدة ميغابتة في الثانية (Mbit/s) لتلبية الطلب على حركة الشبكة اللاسلكية 4G LTE بالقدر الأمثل الممكن من النفقات الرأسمالية.

والخطوة الأولى هي التنبؤ بالطلب المتوقع على الحركة في كل بلدية طوال الأعوام المقبلة[19]، بناءً على الطلب من مستعملي الشبكات 4G LTE اللاسلكية التي تغطي جانبيات متنوعة، مثل مستعملي الصوت والبيانات على أساس الدفع المسبق أو اللاحق ومستعملي المودم الذين لا يولدون سوى حركة بيانات، وما إلى ذلك.

ولتحويل طلب المستعمل إلى ذروة سعة الحركة المطلوبة (Mbit/s) على نحو أكثر فائدة لتخطيط الشبكة، من الضروري وضع مصفوفة من معدلات السرعة لكل جانبية مستعمل، مع مراعاة التطور على مر السنين، وفي سياق الزيادة التدريجية المعتادة في الكفاءة الطيفية (bit/s/Hz) لشبكات LTE التجارية.

[19] يتوقف عدد السنوات على الإطار الزمني المحدد لحساب NPV. مثال ذلك، استخدمت البرازيل التنبؤ بالطلب لمدة 10 سنوات لحساب صافي القيمة الحالية (NPV) لمشروع النطاق العريض الثابت.

وبناء على هذه المنهجية، وبفضل تقديرات الطلب من المستعمل على شبكة 4G LTE اللاسلكية لكل بلدية بحسب نوع جانبية المستعمل بالإضافة إلى المصفوفة المقدرة لمعدلات السرعة التي يمكن توفيرها في خطط بيانات الشبكة اللاسلكية 4G LTE، من الممكن الحصول على السعة المقدرة للحركة التي يتعين دعمها بواسطة شبكة النفاذ اللاسلكي 4G LTE المزمع نشرها في كل بلدية تشملها الخدمة.

ولدى معرفة هذا الطلب على الحركة بوحدة ميغابتة/ثانية (Mbit/s)، وتحديد الطلب التدريجي الذي يتعين تلبيته في كل عام من التشغيل، يمكن إجراء حساب لعدد الخلايا الصغيرة والنقاط الساخنة WiFi التي يتعين نشرها كل عام لتلبية الطلب الذي يتجاوز السعة التي تخدمها بالفعل الخلايا الكبرية. ويمكن حساب عدد الخلايا الصغيرة المطلوبة في كل عام لتقديم الخدمات في كل بلدية باستخدام المعادلة التالية:

$$N_{small\ cells} = \frac{\max\{\left[D_{T_A}.\left(1-F_{off-load}\right).F_s\right]-(N_{macrocells}.C_{macrocell});0\}}{C_{smallcell}}$$

حيث:

D_{T_A} هو الطلب على الحركة (Mbit/s) من جميع المستعملين في البلدية في سنة معينة A

Fs هو عامل تقاسم الشبكة، يسمى عادة نسبة المزاحمة

$C_{macrocell}$ و $C_{smallcell}$ هما السعة (Mbit/s) التي توفرها كل خلية كبرية (e-NodeBs تقليدية ذات 3 قطاعات) أو خلية صغيرة (قطاع واحد فقط). ويتم حساب هذه السعة بضرب مقدار الطيف (MHz) المتاح لشبكات 4G LTE في البلدية في السنة A (BA) بالكفاءة الطيفية (bit/s/Hz) لشبكات 4G LTE التجارية في السنة A (ηA)) وعدد القطاعات لكل موقع (S) في شبكة 4G LTE

$F_{off-load}$ هو عامل تفريغ الحركة في شبكة 4G LTE عبر شبكات WiFi، أي النسبة المئوية للحركة التي تخدمها خلية صغيرة يتم تفريغها نحو نقطة ساخنة WiFi

وبعد تقديم المعادلة المستخدمة لحساب عدد الخلايا الصغيرة + النقاط الساخنة WiFi التي ستقام في كل بلدية في سنة معينة، تناقش الافتراضات المستخدمة لتحديد قيم كل من المتغيرات التي تشكل حدود المعادلة.

وكما ذكر من قبل، فإن D_{T_A} هو الطلب في السنة A، أي الطلب على الحركة (Mbit/s) في السنة A في بلدية معينة. ويوضح القسم الخاص بالخلايا الصغيرة أدناه تطبيق هذه الصيغة.

ويقوم استخدام عامل التفريغ $F_{off-load}$ على فرضية مفادها، في ضوء النمو السريع للحركة وشيوع مطاريف الشبكة المتنقلة 4G LTE، أن هناك اتجاه عالمي لاستخدام شبكات WiFi لتفريغ قدر من هذه الحركة[20]، لا سيما في المناطق الحضرية عالية الكثافة. وبالإضافة إلى ذلك، يتوخى عامل التفريغ الكفاءة في نشر الشبكات، نظراً لأن بعض المناطق (مثل المراكز الحضرية الصغرى ومراكز التسوق والمطارات، وما إلى ذلك) ذات التركيز المرتفع على الطلب قد يشملها قدر كبير من الخدمة من خلال النقاط الساخنة WiFi.

[20] انظر : http:// docp layer .net/ 13989507 -Smartphone -use -transforming -with -the -rise -of -4g -and -wi -fi .html
Smartphone use transforming with the rise of 4G and Wi-Fi, 2014 Informa UK Ltd.

وتشير التقديرات الحديثة العهد[21] إلى أن ما يصل إلى 63 في المائة من حركة النطاق العريض المتنقلة ستتدفق عبر شبكات WiFi، مما يقلل من متطلبات الطلب التي يتعين مراعاتها عند تحديد أبعاد شبكة متنقلة بترددات مرخصة. وعلاوة على ذلك، تتيح هذه الفرضية استمثال النفقات الرأسمالية إلى حد كبير.

وعامل تقاسم الشبكة F_s، المعروف أيضاً في النظام البيئي للاتصالات باسم نسبة المزاحمة، معلمة شائعة الاستخدام في تصميم الشبكات التي تعمل بتبديل الرزم، مثل شبكات البيانات اللاسلكية 4G LTE. وفي معادلات تحديد أبعاد الشبكة، تستخدم هذه المعلمة لمراعاة أن المستعملين، في معظم الحالات، يحتاجون إلى موارد الشبكة (إرسال واستقبال رزم البيانات) في أوقات مختلفة. وبما أن المستعملين لا يستغلون كلهم سعة الشبكة المتنقلة في نفس الوقت تماماً، فلن يكون من الكفاءة أن تكون الشبكة قادرة على دعم الحد الأقصى لحركة البيانات المتوقعة، نظراً لأن هذه الحالة لن تحدث أبداً. وبدلاً من ذلك، يستخدم عامل تقاسم الشبكة (نسبة المزاحمة) للتعبير عن عدد المستعملين الذين يجب أن تكون الشبكة قادرة على دعمهم في آن واحد. وقد يختلف هذا العامل باختلاف البلد ويتم تحديده في بعض الأحيان من خلال الإطار التنظيمي الوطني لجودة الخدمة. وتكون القيمة النموذجية التي تؤخذ في الاعتبار في تحديد أبعاد شبكة النطاق العريض (الثابتة أو المتنقلة) هي 20:1 (5%)، أي لكل 20 ميغابتة/ثانية من السعة المتعاقد عليها يتعين على الشبكة توفير 1 ميغابتة/ثانية فقط، لأنه في الظروف العادية لن يستخدم الشبكة في نفس الوقت سوى 5 في المائة فقط من المستعملين.[22]

ويمكن الحصول على الكفاءة الطيفية (bit/s/Hz) ηA، لشبكات LTE التجارية في السنة A من المشغلين المحليين وموردي الشبكات. وعموماً، فإن 4 bit/s/Hz هي النقطة المرجعية للشبكات التي تستخدم تشكيل QAM 256. وعلاوة على ذلك، يمكن إجراء تنبؤات لتطور الكفاءة الطيفية بتحليل السلوك التاريخي للمنحنى المتزايد في الكفاءة الطيفية لتقنيات نقل البيانات في الشبكات المتنقلة، من بداية تقنيات الجيل الثالث (النفاذ المتعدد بالتقسيم الشفري في النطاق العريض (WCDMA) والنفاذ عالي السرعة بأسلوب الرزم (HSPA)، وما إلى ذلك) حتى ظهور شبكات LTE والترقيات اللاحقة (*الإصدارات*) من قبل منتدى 3GPP. وبناءً على ذلك، يمكن توقع زيادة منحنى الكفاءة الطيفية على مدى السنوات القليلة المقبلة حتى تنضج شبكات LTE والإطلاق التجاري لتقنيات الشبكات المتنقلة الأكثر تقدماً (مثل 5G).

والمتغير النهائي هو مقدار الطيف (MHz) المتاح لشبكات LTE، أي B_A، في كل بلدية في سنة معينة A، والذي يتوقف على البلد وهو قيمة معروفة عادةً لدى المنظمين.

ومن خلال فهم جميع المتغيرات المستخدمة لحساب عدد الخلايا الصغيرة المطلوبة في كل عام A لتلبية الطلب على حركة البيانات في كل بلدية، من الممكن التوصل إلى كمية البنية التحتية الواجب نشرها، لا لمعالجة مسائل التغطية فحسب وإنما لضمان السعة الكافية لدعم الطلب على النطاق العريض المتنقل على نحو وافٍ.

---

21 المصدر: *Cisco Visual Networking Index Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2016-2021* https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/mobile-white-paper-c11-520862.html.

22 انظر: http://businessdocbox.com/Logistics/66514074-Lte-network-design-from-a-techno-economic-perspective.html. *LTE Network Design from a Techno-Economic Perspective*.

الخلايا الصغيرة

يوضح الجدول التالي تقدير عدد الخلايا الصغيرة اللازمة لنشر شبكة 4G LTE ما بحسب السنة، مع مراعاة السيناريو التالي:

'1' يحتاج الأمر إلى 19 من الخلايا الكبرية للتغطية؛

'2' تتراوح توقعات الطلب الكلي من 100 Gbit/s في السنة الأولى إلى 520 Gbit/s في السنة العاشرة للتشغيل؛

'3' تبلغ نسبة التفريغ WiFi مقدار 67 في المائة؛

'4' نسبة التنازع هي 5 في المائة؛

'5' الكفاءة الطيفية لشبكة 4G LTE ثابتة بمعدل 3 bit/s/Hz لكل خلية صغيرة.

تقدير الخلايا الصغيرة 4G

السعة التي يتعين ان تخدمها الشبكة

Year	D_{Y_i}	$(1-F_{off-load})$	F_s	$[D_{Y_i}(1-F_{off-load}).F_s]$
1	100 Gbps	37%	5%	1.85 Gbps
2	120 Gbps	37%	5%	2.22 Gbps
3	150 Gbps	37%	5%	2.78 Gbps
4	175 Gbps	37%	5%	3.24 Gbps
5	210 Gbps	37%	5%	3.89 Gbps
6	250 Gbps	37%	5%	4.63 Gbps
7	300 Gbps	37%	5%	5.55 Gbps
8	360 Gbps	37%	5%	6.66 Gbps
9	450 Gbps	37%	5%	7.96 Gbps
10	520 Gbps	37%	5%	9.62 Gbps

السعة التي يتعين ان تخدمها الخلايا الكبرية

Year	$N_{macrocells}$	B_A	η_A	S	$C_{macrocell}$	$N_{macrocells}.C_{macrocell}$
1	19	20 MHz	3 bps/Hz	3	0.18 Gbps	3.42 Gbps
2	19	20 MHz	3 bps/Hz	3	0.18 Gbps	3.42 Gbps
3	19	20 MHz	3 bps/Hz	3	0.18 Gbps	3.42 Gbps
4	19	20 MHz	3 bps/Hz	3	0.18 Gbps	3.42 Gbps
5	19	20 MHz	3 bps/Hz	3	0.18 Gbps	3.42 Gbps
6	19	20 MHz	3 bps/Hz	3	0.18 Gbps	3.42 Gbps
7	19	20 MHz	3 bps/Hz	3	0.18 Gbps	3.42 Gbps
8	19	20 MHz	3 bps/Hz	3	0.18 Gbps	3.42 Gbps
9	19	20 MHz	3 bps/Hz	3	0.18 Gbps	3.42 Gbps
10	19	20 MHz	3 bps/Hz	3	0.18 Gbps	3.42 Gbps

السعة التي يتعين ان تخدمها الخلايا الصغيره

Year	$\max([D_{Y_i}(1-F_{off-load}).F_s]-(N_{macrocells}.C_{macrocell});0)$
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0.47 Gbps
6	1.21 Gbps
7	2.15 Gbps
8	3.24 Gbps
9	4.54 Gbps
10	6.2 Gbps

سعه الخلايا الصغيرة

Year	B_A	η_A	S	$C_{smallcell}$
1	20 MHz	3 bps/Hz	1	0.06 Gbps
2	20 MHz	3 bps/Hz	1	0.06 Gbps
3	20 MHz	3 bps/Hz	1	0.06 Gbps
4	20 MHz	3 bps/Hz	1	0.06 Gbps
5	20 MHz	3 bps/Hz	1	0.06 Gbps
6	20 MHz	3 bps/Hz	1	0.06 Gbps
7	20 MHz	3 bps/Hz	1	0.06 Gbps
8	20 MHz	3 bps/Hz	1	0.06 Gbps
9	20 MHz	3 bps/Hz	1	0.06 Gbps
10	20 MHz	3 bps/Hz	1	0.06 Gbps

عدد الخلايا الصغيرة

Year	$\frac{\max([D_{Y_i}(1-F_{off-load}).F_s]-(N_{macrocells}.C_{macrocell});0)}{C_{smallcell}}$
1	0
2	0
3	0
4	0
5	8
6	21
7	36
8	54
9	76
10	104

في هذا السيناريو، يحتاج الأمر لتوفير سعة أكبر للشبكة اللاسلكية في السنة الخامسة فقط. وفي نهاية المشروع، ينشر ما مجموعه 104 خلايا صغيرة.

المصدر: الاتحاد الدولي للاتصالات

ملاحظة: القيم المستخدمة توضيحية.

تكاليف وحدة البنية التحتية

بعد تحديد عدد مواقع شبكات النطاق العريض 4G LTE اللاسلكية التي يتعين نشرها، فإن الخطوة التالية لتقدير النفقات الرأسمالية هي حساب تكاليف الوحدة التي ينطوي عليها نشر كل من هذه المواقع.

ومن أجل فهم أفضل لنهج تسعير الخلايا الكبرية، تصنف عناصر الشبكة إلى ثلاث فئات:

'1' البنية التحتية المنفعلة (الأبراج، وما إلى ذلك)، حيث يمكن تخفيض عبء التكلفة فيها (أحياناً إلى حد كبير جداً) من خلال تقاسم البنى القائمة بالفعل؛

'2' عُقد LTE e-NodeBs، وهي تشمل المجموعة الكاملة من المعدات التي تشكل جهاز التحكم والإرسال والنظام اللاسلكي؛

'3' شبكات نقل البيانات باتجاه المصدر، وهي تتألف من عناصر النقل (البصرية عادة) لموقع LTE إلى شبكة المشغل. ويمكن الحصول على تكاليف الوحدة لكل عنصر من عناصر الشبكة هذه من المشغلين المحليين وموردي الشبكات.

وبعد الحصول على أسعار الخلايا الكبرية، يمكن استخدام هذه القيم كمرجع لتقدير تكلفة نهج الخلايا الصغيرة. وقد قدرت دراسات السوق[23] تكلفة موقع نموذجي من خلية صغيرة نموذجية + نقطة ساخنة WiFi بنسبة 21 في المائة من تكلفة الخلية الكبرية. وتمثل هذه النسبة دليلاً مفيداً، ومع ذلك ينبغي دوماً استخدام معلومات التسعير الراهنة المستقاة من المشغلين المحليين وموردي الشبكات لأغراض التخطيط الفعلي.

نتائج تقدير النفقات الرأسمالية (CAPEX)

بعد تقدير مجموع عدد مواقع شبكة النطاق العريض 4G LTE اللاسلكية (الخلايا الكبرية والخلايا الصغيرة + النقاط الساخنة WiFi) التي يتعين إقامتها كل عام في كل بلدية من البلديات، وبعد الحصول على تكاليف وحدة عناصر البنية التحتية لشبكة النفاذ، يمكن حساب مجموع الاستثمار (النفقات الرأسمالية) المطلوب بحسب السنة.[24]

وتحدد مصفوفة النفقات الرأسمالية صافي القيمة الحالية لمشروع شبكة النطاق العريض 4G LTE اللاسلكية وتكون أحد العوامل الحاسمة في تقييم إدراج المناطق المنقوصة الخدمة في السياسة العامة الرامية إلى تشجيع إنشاء البنية التحتية للنطاق العريض المتنقل.

2.4 شبكات النفاذ إلى النطاق العريض الثابت

يمكن أن تقوم عملية النمذجة التي تضطلع بها الهيئة التنظيمية لتقدير الاستثمار اللازم لبناء شبكة الألياف إلى المنازل (FTTH) على أساس مراجع معترف بها دولياً تتعلق بمعمارية الشبكات والتقنيات لتقدير المعدات والألياف البصرية. وبعد حساب كمية المعدات والكبلات المطلوبة وتحديد تكلفة الوحدة، يمكن الحصول على مجموع النفقات الرأسمالية لنشر الشبكة.

والخطوة الأولى هي اختيار تقنية شبكة الألياف إلى المنازل FTTH التي يتعين استخدامها كمرجع لتحديد أبعاد الشبكة. وبعد تقييم مختلف التقنيات في السوق، تم لهذا التمرين اختيار تقنية GPON (الشبكات البصرية المنفعلة

[23] المصدر: *Paolini, M. (2012), The economics of small cells and Wi-Fi offload,* Senza Fili Consulting, page 2.

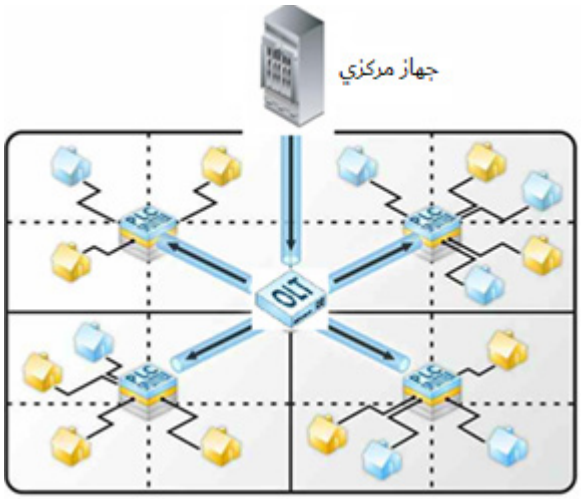
[24] لم يتم تقدير الحاجة إلى الاستثمار في المعدات الأساسية للشبكة اللاسلكية 4G LTE هنا لأنه من المفترض أن العملية التي تمت نمذجتها لها بالفعل عمليات G LTE4 في المناطق الأكثر جاذبية من الناحية الاقتصادية في البلد ومن ثم لديها هذه المعدات بالفعل.

بالجيغابتات، سلسلة توصيات قطاع تقييس الاتصالات G.984.1-G.984.6)، بسبب النشر المكثف لهذه التقنية في جميع أنحاء العالم.

وتتميز الشبكات البصرية GPON، وفقاً للتوصية ITU-T G.984.1،[25] بأنظمة انتهاء الخط البصري وانتهاءات الشبكة البصرية، مع شبكة توزيع بصرية منفعلة مكونة من فوالق تصل ما بين مطاريف الخطوط البصرية ومطاريف الشبكة البصرية.

ولأغراض هذا البحث، يكون النهج الأكثر مباشرة هو بناء نموذج للبنية التحتية للشبكة باستخدام الطوبولوجيا الأكثر تقليدية لشبكات FTTH، أي الطوبولوجيا النجمية. وهكذا، يفترض تحديد أبعاد الشبكة في هذا التمرين وجود مكتب مركزي لشبكة FTTH في كل بلدية، مع مطاريف الخط البصري والفوالق المقامة وفقاً للعدد المطلوب من "المنازل المشمولة" في كل بلدية. ويوضح الشكل 7 طوبولوجيا الشبكة المقترحة.

الشكل 7: طوبولوجيا شبكة الألياف إلى المنازل (FTTH)



المصدر: الاتحاد الدولي للاتصالات

واستناداً إلى هذه الطوبولوجيا، يتمثل التحدي التالي في تقدير مطاريف الخطوط البصرية، والفوالق، ومطاريف الشبكة البصرية، وكيلومترات كبلات الألياف البصرية في طبقات التجميع[26] والنفاذ[27] اللازمة لتنفيذ شبكة FTTH وتوفير خدمات النطاق العريض جداً.

مطاريف الخطوط البصرية (OLT)

من أجل تحديد عدد المطاريف OLT المطلوبة، من المهم النظر في التوصية ITU-T G.984.1 "الشبكات البصرية المنفعلة بالجيغابتات (GPON): الخصائص العامة"، والتي تشير إلى معدل 1: 128 بمثابة المعدل الأقصى للتقسيم البصري. وهذا يعني أنه يمكن توصيل ما يصل إلى 128 مستعملاً بكل منفذ بصري للمطراف OLT. ويكون القرار المتعلق بشأن سعة OLT (من حيث عدد المنافذ) هو خيار تصميم، نظراً لأن مطاريف OLT التي لها 16 منفذاً متاحة بسهولة في السوق. وبالنظر إلى الحد الأقصى لمعدل التقسيم البصري والحد الأقصى لسعة المطاريف OLT، من

[25] https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1/en.

[26] تشتمل طبقة التجميع على الشبكة بين المكتب المركزي المحلي للشبكة FTTH والفوالق على مستوى الشارع.

[27] تشتمل طبقة النفاذ على الشبكة بين الفوالق على مستوى الشارع ومنازل المشتركين.

الممكن توصيل ما يصل إلى 2048 مستعملاً لكل مطراف OLT. وهكذا يمكن عموماً حساب عدد المطاريف OLT التي يتعين تركيبها في شبكة FTTH على النحو التالي:

$$N_{OLT_p} = \frac{N_{hp}}{K_{OLT} \times S_R}$$

حيث:

N_{OLT_p} عدد المطاريف OLT التي يتعين تقديرها بناء على عدد المنافذ اللازمة

N_{hp} العدد المطلوب من المنازل المشمولة

K_{OLT} عدد المنافذ في المطراف OLT المختار

S_R معدل التقسيم البصري المستخدم

ومع ذلك، وبالنظر إلى أن سعة تدفق الحركة الكلية النموذجية للمطراف OLT تقتصر عموماً على 10 جيغابتة/ثانية، فكلما ازداد عدد المنافذ (ومن ثم عدد المستعملين الموصولين بنفس المطراف OLT) انخفضت إمكانية تقديم توصيلات نطاق عريض عالية السرعة.

مثال ذلك، يمكن أن يوفر مطراف OLT، ذو أقصى عدد من المستعملين الموصولين وسعة حركة كلية بمقدار 10 جيغابتة/ثانية وعامل تقاسم نموذجي للشبكة بنسبة 5% (20:1)، معدلات سرعة تصل (تقريباً) إلى 100 ميغابتة/ثانية نحو المستعمل النهائي. ومع ذلك، لزيادة السرعة المعروضة إلى أكثر من ذلك، من الضروري زيادة عدد المطاريف OLT لتلبية الطلب من نفس العدد من المستعملين. وتمثل المعادلة الواردة أدناه صيغة حساب عدد المطاريف OLT على أساس سرعة التوصيل المعروضة:

$$N_{OLT_s} = \frac{N_{hp} \times Tx_u \times F_S}{C_{OLT}}$$

حيث:

N_{OLT_s} عدد المطاريف OLT التي يتعين تقديرها بناء على سرعة التوصيل المعروضة على المشتركين

N_{hp} العدد المطلوب من المنازل المشمولة

Tx_u سرعة التوصيل المعروضة لمشترك FTTH نموذجي بوحدة Mbit/s

F_S عامل تقاسم الشبكة

C_{OLT} سعة إرسال البيانات لمطراف OLT بوحدة Mbit/s.

وعلى نفس المنوال، فإن عامل تقاسم الشبكة F_S (نسبة التنازع) في الحساب هو معلمة تؤخذ في الاعتبار عادةً في تصميم شبكات تبديل الرزم مثل شبكات النطاق العريض الثابتة. وكما هو موضح هنا وفي القسم 6، يضيف هذا العنصر إلى معادلة تحديد أبعاد الشبكة واقع أن المشتركين لا ينفذون كلهم إلى الإنترنت في نفس الوقت، مما يعزز الكفاءة بحكم الامتناع عن الإفراط في توفير السعة. وعلى غرار شبكات النطاق العريض المتنقلة التي بحثت أعلاه، فإن القيمة النموذجية لشبكات النطاق العريض الثابتة هي 20:1 (F_S = %5).

مطاريف الخطوط البصرية

نظراً للنهجيْن المتبعيْن في حساب عدد مطاريف الخطوط البصرية (OLT) اللازمة في شبكة FTTH المراد نشرها، حيث يعتمد الأول على عدد المنافذ المادية المطلوبة لتوصيل جميع المنازل ويعتمد الثاني على السرعة المعروضة على المشتركين، يتم الحساب النهائي لعدد المطاريف OLT بأخذ الرقم الأكبر بين النهجين، كما هو موضح في المثال التالي.

تقدير عدد المطاريف OLT

$$N_{OLT_p} = \frac{N_{hp}}{K_{OLT} \cdot S_R}$$

N_{hp} = منزل مشمول 50,000

K_{OLT} = 16 منفذاً

S_R = 128

N_{OLT_p} = 25

$$N_{OLT_s} = \frac{N_{hp} \cdot Tx_u \cdot F_S}{C_{OLT}}$$

N_{hp} = منزل مشمول 50,000

Tx_u = 80 Mbit/s

F_S = 5%

C_{OLT} = 10,000 Mbit/s

N_{OLT_s} = 20

$$N_{OLT} = \max(N_{OLT_p}; N_{OLT_s}) = 25$$

المصدر: الاتحاد الدولي للاتصالات
ملاحظة: القيم المستخدمة توضيحية.

الفوالق

إن تحديد أبعاد الفوالق التي ستقام في كل بلدية لتغطية العدد المرغوب من المنازل المشمولة هو خيار تصميم إلى حد كبير، وهو يتوقف على خصائص المنطقة الحضرية المطلوب خدمتها والطلب المتوقع من جانب المستعمل. وبالنظر إلى الحاجة إلى توصيل ما يصل إلى 128 مستعملاً لكل منفذ مطراف OLT نموذجي، يمكن اختيار عدد من تشكيلات الفوالق، من قبيل 2:1 و4:1 و8:1 و16:1، وما إلى ذلك. وإذا نظرنا في نشر طبقة واحدة من الفوالق 16:1، فإن الأمر يحتاج إلى ثمانية فوالق لتوصيل كل منفذ مطراف OLT إلى 128 مستعملاً. وبصفة عامة، تكون الصيغة لحساب عدد الفوالق المطلوبة في شبكة ما بطبقة واحدة فقط من الفوالق هي:

$$N_{splitter} = \frac{N_{hp}}{K_{splitter}}$$

حيث:

$N_{Splitter}$ عدد الفوالق المطلوبة عبر الشبكة

N_{hp} العدد المطلوب من المنازل المشمولة

$K_{Splitter}$ عدد المنافذ المتاحة تبعاً لنوع الفالق المختار، أي العدد الأعظمي للمستعملين لكل فالق.

حساب الألياف البصرية (طبقة الفوالق)

يوضح المثال التالي تقدير عدد الفوالق اللازمة لنشر شبكة FTTH ما.

تقدير الفوالق

$$N_{splitter} = \frac{N_{hp}}{K_{splitter}}$$

N_{hp} = 50,000 منزل مشمول

$K_{splitter}$ = 16 منفذاً

$N_{splitter}$ = 3,125 فالقاً

المصدر: الاتحاد الدولي للاتصالات
ملاحظة: القيم المستخدمة توضيحية.

النمذجة الرياضية لتحديد أبعاد كبلات الألياف البصرية

بعد حساب عدد الفوالق والمطاريف OLT اللازمة لتلبية العدد المطلوب من المنازل المشمولة، فإن الخطوة التالية في نمذجة الاستثمار المطلوب هي حساب عدد الكيلومترات من الألياف البصرية اللازمة لتوصيل جميع العناصر في التراتب النجمي نحو المكتب المركزي لشبكة FTTH. وبعد تقييم المنهجيات الأكثر استخداماً لتقدير عدد الكيلومترات من الألياف اللازمة لتنفيذ شبكات FTTH، يبرز نهجان – نهج مكاني ونهج هندسي.

ويقوم **النهج المكاني** على توفر بيانات جغرافية مكانية للمنطقة الحضرية المراد خدمتها، مع معلومات عن جانبية توزيع الأسر وشبكات الطرق وتحديد الموقع الجغرافي لعناصر الاتصالات القائمة، وما إلى ذلك. وبناءً على هذه المعلومات التفصيلية يتم تحديد الموقع الجغرافي للمكتب المركزي المحلي للشبكة FTTH والفوالق والمطاريف OLT بطريقة مثلى لاستيعاب العدد المرغوب من المنازل المشمولة مع تقليل عدد الكيلومترات من الكبلات اللازمة لتوصيل المعدات المطلوبة فيما بينها. وعلى الرغم من دقة هذا النموذج فإن عيبه هو بالتحديد الحاجة إلى معلومات جغرافية مكانية شاملة وهي بكل بساطة غير متوفرة في معظم الحالات.

وبديلاً من ذلك، يَستخدم **النهج الهندسي** نماذج رياضية لحساب كمية الألياف البصرية المطلوبة على أساس تبسيط الأحوال الجغرافية المكانية والتضاريس الجغرافية وشبكات الطرق وتوزع المنازل. ولئن كان أقل دقة من النهج المكاني فإنه يمكن أن يوفر تقديراً جيداً لكمية الألياف المطلوبة حتى في حالة عدم توفر معلومات جغرافية مكانية، ويمثل وسيلة سريعة ودقيقة إلى حد معقول لتحديد أبعاد الشبكة.

ويقدم المنشور *"النماذج الهندسية مقابل النماذج الجغرافية لتقدير نشر FTTH"*[28] تحليلاً مقارناً لنموذج الحساب المكاني ونموذجين للحساب الهندسي، نموذج المثلث (TM) ونموذج طول الشارع المبسط (SSL). وتوضح نتيجة هذا التحليل المقارن أن النموذج الهندسي SSL يوفر نتائج أكثر دقة من نموذج المثلث، ولكنه مع ذلك أقل دقة بكثير من النموذج المكاني. وبالإضافة إلى ذلك، يبدو أن المصادر الرئيسية لعدم الدقة بين النموذج الهندسي والنموذج

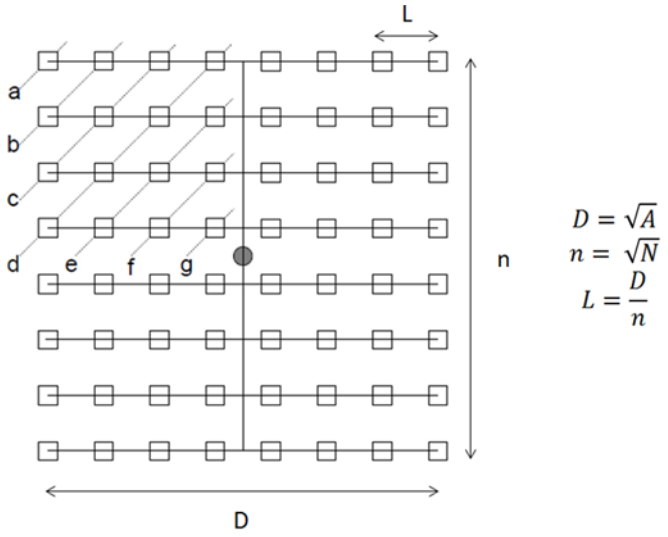
[28] ورقة أكاديمية نشرها المعهد IEEE في عام 2013: https://biblio.ugent.be/publication/4402261.

المكاني تعزى إلى حد كبير إلى عيوب لم تكتشف في التضاريس الجغرافية والتوزع المكاني للمنازل. ولتحسين الدقة يُقترح استخدام عوامل تصحيح يتعين تطبيقها على نتائج النموذج الهندسي.

وفي ضوء ذلك، وفي الحالات التي يحول فيها عدم توفر البيانات الجغرافية المكانية للبلديات المراد خدمتها دون استخدام النموذج المكاني، يُقترح استخدام النموذج الهندسي SSL المصحح الموضح في الورقة المذكورة وذلك لحساب كمية كبلات الألياف البصرية اللازمة لتوصيل مختلف عناصر الشبكة البصرية.

ويعتمد نموذج طول الشارع المبسط (SSL)، كفرضية أساسية، توزيعاً منتظماً للعناصر المراد توصيلها بالألياف البصرية في منطقة مربعة الشكل، حيث يكون عنصر الطبقة العليا، الذي توصل به جميع الأجزاء الأخرى، في وسط هذا المربع، كما هو مبين في الشكل 8.

الشكل 8: نموذج طول الشارع المبسط SSL الهندسي



المصدر: الاتحاد الدولي للاتصالات

حيث:

- A مساحة المربع بالكيلومترات المربعة
- D طول أحد أضلاع المربع بالكيلومترات
- L المسافة بين كل عنصر بالكيلومترات
- N عدد العناصر الموجودة في المربع
- n عدد العناصر في أحد أضلاع المربع.

في هذا السيناريو، وبالنظر إلى التقييد الشائع في مد الألياف البصرية على طول الشوارع والممرات القائمة (مرتبة في النموذج SSL في خطوط أفقية ورأسية)، يكمن التحدي في حساب المسافة من كل عنصر إلى مركز المربع، حيث تتوقف هذه المسافة جوهرياً على المسافة بين العناصر الموزعة بشكل منتظم وكمية هذه العناصر في المربع. وبالإضافة إلى ذلك، هناك عامل آخر ينبغي مراعاته في الحساب وهو وجود عنصرين أو أكثر متراكبة في نفس الموضع. ويشار إلى هذا الأثر بواسطة المتغير K، وهو متوسط عدد العناصر في نفس الموضع في المربع قيد النظر.

ومن النقاط الهامة الجديرة بالملاحظة في هذا التمثيل الهندسي هو أننا إذا قسمنا المربع قيد النظر إلى أربعة أرباع متساوية في المساحة وصنفنا كلاً من العناصر التي تنتمي إلى نفس قطر المربع، فإن جميع عناصر الفئة نفسها تقع على نفس المسافة من مركز المربع الأصلي. مثال ذلك، إذا قمنا بتصنيف العناصر إلى فئات من a إلى g، كما في الشكل 8 أعلاه، فإن المسافة بين كل عنصر ومركز المربع ستكون: *a = (n-1) .L*؛ *b = (n-2) .L*؛ *c = (n-3)*؛ ... ؛ *g = L .L*

وعلى هذا النحو، فإن حاصل ضرب مسافة عنصر نموذجي من كل فئة بعدد العناصر في الفئة يعطي المسافة الإجمالية لجميع عناصر كل فئة إلى مركز المربع الأكبر. ولدى حساب مجموع المسافات لجميع الفئات، يمكن الحصول على المسافة المضافة الإجمالية لجميع عناصر الربع إلى مركز المربع الأكبر. ومن ثم، لحساب المسافة الإجمالية لجميع العناصر الموجودة في المربع، يكفي ضرب المسافة الإضافية للربع بأربعة أمثال (بما أن هناك أربعة أرباع) وأخيراً ضرب هذه القيمة بالعامل K، حيث يجب أن يكون لكل عنصر ليف بصري يصله بمركز المربع، حتى لو كان متراكباً مع عنصر آخر.

وتلخص الصيغة الواردة أدناه حساب كمية الألياف البصرية (L_{fo}) المطلوبة لتوصيل جميع العناصر بمركز المربع.

$$L_{fo} = 4xKxLx\sum_{i=1}^{n-1}\left[\min\left(i, n-i\right)x\left(n-i\right)\right]$$

ومن هنا، تكون الخطوة التالية هي تحديد قيم المتغيرات K وL وn لكل بلدية ولكل طبقة في الشبكة، وهي تبحث لاحقاً.

حساب الألياف البصرية

لحساب عدد الكيلومترات من الألياف البصرية باستخدام النموذج الهندسي SSL، من الضروري تحديد عناصر الشبكة وقيم متغيرات النموذج *A* و*D* و*LN* و*n* و*K*. وبالنظر إلى وجود مكتب محلي للشبكة FTTH، ومطاريف OLT، والفوالق والمنازل التي يتعين توصيلها بالألياف في كل بلدية، فإن الأمر يحتاج إلى إجراء هذا الحساب في سلسلة من الخطوات.

في الخطوة الأولى، تحتسب كمية الألياف المطلوبة لتوصيل المطاريف OLT في كل بلدية بالمكتب المركزي FTTH المحلي. وفي هذه الخطوة، يتم تعيين قيمة المنطقة الحضرية المراد تغطيتها للمتغير *A*، ويتم تعيين عدد المطاريف OLT المطلوب إقامتها للمتغير *N*. ومن هذين المتغيرين، تحتسب قيم *n* و*D* و*L*، وبما أن *K* = 1 (التوزيع المنتظم للمطاريف OLT في جميع أنحاء المناطق الحضرية المشمولة)، يمكن تقدير كمية الألياف اللازمة لتوصيل جميع المطاريف OLT بالمكتب المركزي FTTH المحلي باستخدام صيغة النموذج الهندسي SSL.

وبعد حساب عدد الكيلومترات من كبلات الألياف البصرية اللازمة لتوصيل المطاريف OLT بالمكتب المركزي FTTH المحلي في كل بلدية باستخدام نموذج SSL، يتم تقسيم النتيجة بعد ذلك على عامل التصحيح المذكور أعلاه وهو 55.5 في المائة للتعويض عن أي نقص في التقدير الناتج عن النموذج الهندسي SSL.

وفي الخطوة الثانية، يحسب عدد الكيلومترات من الألياف اللازمة لتوصيل فوالق الطبقة الأولى بالمطاريف OLT. ولهذا الغرض، يتم إجراء الحساب لكل مطراف OLT والفوالق التابعة له، ثم تضرب النتيجة بكمية المطاريف OLT المراد إقامتها.

وفي هذه الخطوة الثانية، تنسب قيمة نفس المنطقة الحضرية قيد النظر في الخطوة الأولى للمتغير *A*، ولكن يتم تقسيمها على عدد المطاريف OLT لكي تنطبق على المنطقة الحضرية المقابلة لمجرد مطراف OLT واحد. وينسب عدد الفوالق

لكل OLT المطلوب إقامتها للمتغير *N*. ومن هذين المتغيرين نشتق قيم *n* و*D* و*L*، وكذلك بما أن *K* = 1 (التوزيع المنتظم للفوالق عبر المنطقة الحضرية لمطراف OLT واحد)، يتم تقدير كمية الألياف اللازمة لتوصيل جميع الفوالق بالمطراف OLT المقابل بتطبيق معادلة النموذج SSL ونفس عامل التصحيح بنسبة 55,5 في المائة على النتيجة. وإذا كان الأمر يتناول أكثر من طبقة واحدة من الفوالق بين المطاريف OLT والمشتركين، يتم تكرار نفس الحساب للطبقات الأخرى من الفوالق المنمذجة.

وأخيراً، يجب حساب عدد الكيلومترات من الألياف اللازمة لتوصيل المشتركين بالفوالق في كل بلدية. ولهذا الغرض، يجرى الحساب لفالق واحد والمشتركين المرتبطين به، ثم تضرب النتائج بعدد الفوالق التي يتعين تركيبها.

وتنسب إلى المتغير *A* قيمة نفس المنطقة الحضرية قيد النظر في الخطوة الأولى، ولكن مقسومة على عدد الفوالق المراد تركيبها. وينسب للمتغير *N* عدد المنازل الموصولة لكل فالق. ومن هذين المتغيرين، يمكن استخلاص قيم *n* و*D* و*L*، وبما أن *K* = 1 (التوزيع المنتظم[29] للمنازل في جميع أنحاء المنطقة الحضرية التي يغطيها كل فالق) يمكن احتساب كمية الألياف اللازمة لتوصيل جميع المنازل الموصولة بالفالق الخاص بها بتطبيق معادلة النموذج SSL وتقسيم النتيجة على عامل تصحيح، هذه المرة 67 في المائة[30]، من أجل تصحيح التقدير الناقص الناتج عن استخدام النموذج الهندسي المبسط.

حتى الآن، كل شيء على ما يرام. ولكن لن تتحول جميع المنازل المشمولة إلى منازل موصولة. لذلك ينبغي أن يتراوح عدد المنازل الموصولة بين صفر وعدد المنازل المشمولة المتاحة، على أن يقتصر حساب الألياف البصرية على المنازل الموصولة فقط. ولإدخال هذا العامل في الحسبان، علماً بأنه من غير المعروف ما هي المنازل المشمولة التي سوف تتحول فيما بعد إلى منازل موصولة (تلك الأقرب إلى الفالق أم الأبعد عنه)، فإن التقريب المعقول هو حساب متوسط عدد الكيلومترات من الألياف لتوصيل منزل مشمول واحد بالفالق الخاص به في كل بلدية، وضرب هذه القيمة بمجموع المنازل الجديدة الموصولة المقدرة من سنة لأخرى. ويكشف هذا الحساب عن إجمالي كمية كبلات الألياف البصرية اللازمة لتوصيل كل المنازل الموصولة كل عام في كل بلدية.

وهناك نقطة هامة يجب مراعاتها عند حساب إجمالي عدد المنازل الموصولة، وهي أثر *التبديل* في قاعدة المشتركين. والتبديل هو مقياس التغير في قاعدة المشتركين لدى المشغل. وعلى صعيد الواقع، يمثل معدل التبديل النسبة المئوية للعملاء الذين يلغون اشتراكهم في خدمة معينة في فترة معينة.

ونتيجة لأثر التبديل، يكون عدد التركيبات الجديدة كل عام أعلى من صافي التغير في قاعدة المشتركين لدى المشغل. أي إذا كان المشغل لديه قاعدة من 000 1 مشترك، ونمت هذه القاعدة إلى 1 100 مشترك في السنة التالية، فإن أثر التبديل يعني أن عدد الخدمات الجديدة المتعاقد عليها في هذه الفترة يزيد عن *100*. والتفسير بسيط: إذا كان قياس التغير بنسبة 5 في المائة في تلك السنة، عندئذ نجد أن 50 مشتركاً، من أصل 000 1 مشترك أولي، قد ألغوا عقودهم بينما تعاقد على الخدمة 150 مشتركاً جديداً، ليصبح قوام قاعدة المشتركين الجديدة 100 1 مشترك.

وهذا التجديد التدريجي في قاعدة المشتركين يؤثر بشدة على النفقات الرأسمالية (CAPEX) في مشروع شبكة FTTH. ففي كل عام، يجب مراعاة الحاجة إلى تركيب صافي التغير في الطلب بالإضافة إلى النسبة المئوية للتبديل مضروبة بإجمالي عدد المشتركين في نهاية العام الأسبق. وهذا يعني الحاجة إلى مزيد من كبلات الألياف البصرية والمزيد من رزم معدات أماكن العميل (CPE)، التي تشمل جهاز توجيه المستعمل النهائي ومطراف الشبكة البصرية (ONT) المراد تركيبها في منازل المشتركين. وبالطبع، يمكن إعادة استخدام غالبية وحدات CPE وONT المركبة سابقاً في

[29] يستخدم هذا التبسيط نظراً لعدم توفر المعلومات عادة عن سوية ارتفاع المنازل.

[30] متوسط النسبة المئوية من نقص التقدير في طبقة النفاذ في المناطق الكثيفة؛ انظر *'Geometric versus geographic models for the estimation of an FTTH deployment'*, Telecommunication Systems Volume 54, page 21.

منازل المشتركين الذين ألغوا عقودهم بل ينبغي، إن أمكن، إعادة استخدامها في منازل المشتركين الجدد – حيث تتوقف النسبة المئوية لإعادة الاستخدام على أحوال لوجستيات التخزين والنقل.

فيما يلي معادلة لحساب عدد الكيلومترات من كبلات الألياف البصرية اللازمة لتوصيل المنازل الموصولة بالفوالق الخاصة بها، وأخرى لحساب عدد رزم معدات أماكن العميل المطلوبة:

$$Fiber_HC_{total_t} = Fiber_HC_{avg}.[N_{hct} - N_{hct-1}.(1-churn)]$$

$$N_{Pct_CPE_t} = N_{hct} - N_{hct-1}\left[1-churn\ .(1-F_r)\right]$$

حيث:

$Fiber_HC_{total_t}$ مجموع الألياف البصرية (بالكيلومترات) المراد تركيبها في سنة معينة لتوصيل المنازل الموصولة بالفوالق الخاصة بها

$Fiber_HC_{avg}$ متوسط مجموع الكبلات البصرية (بالكيلومترات) اللازمة لتوصيل منزل مشمول واحد بالفالق الخاص به

N_{hct} عدد المشتركين (المنازل الموصولة) في سنة معينة t

N_{hct-1} عدد المشتركين (المنازل الموصولة) في سنة معينة t-1

$churn$ النسبة المئوية من المشتركين الموجودين في السنة t-1 الذين غادروا قاعدة المشتركين في السنة t

$N_{Pct_CPE_t}$ عدد رزم المعدات CPE المراد تركيبها في سنة معينة t

F_r النسبة المئوية لإعادة استعمال المطاريف ONT المسترجعة من منازل المشتركين الذين ألغوا اشتراكاتهم في السنة t

ويلاحظ أن معدل التبديل والنسبة المئوية لإعادة استخدام أجهزة CPE وONT يمكن أن تختلف اختلافاً كبيراً من بلد لآخر، لذلك من المستحسن جداً أن تحصل الهيئات التنظيمية على إحصاءات دقيقة من المشغلين المحليين. ومع ذلك، عندما يستحيل الحصول على هذه المعلومات، فإن معدل تبديل بنسبة 5 في المائة سنوياً وعامل إعادة استخدام بنسبة 80 في المائة يعتبران معقولين عموماً لتحديد أبعاد الشبكة.

حساب الألياف البصرية (المنازل المشمولة)

الخطوة الأولى:

حساب الألياف البصرية – طبقة المطاريف OLT

$A = 100\ km^2$ $\quad K = 1$

$N = 25\ OLTs$ $\quad n = \sqrt{N} = 5$

$D = \sqrt{A} = 10\ km$ $\quad L = \frac{D}{n} = 2\ km$

$$L_{fo} = 4 \cdot K \cdot L \cdot \sum_{i=1}^{n-1} [\min(i, n-i) \cdot (n-i)]$$

$$L_{fo} = 4 \cdot 1 \cdot 2 \cdot \sum_{i=1}^{4} [\min(i, 5-i) \cdot (5-i)]$$

$$L_{fo} = 4 \cdot 1 \cdot 2 \cdot [(1 \cdot 4) + (2 \cdot 3) + (2 \cdot 3) + (1 \cdot 1)]$$

$$L_{fo} = 136\ km$$

$$L_{fo_corrected} = \frac{136}{0.555} \cong 245\ km$$

الخطوة الثانية عند النظر في طبقة واحدة من الفوالق:

حساب الألياف البصرية – طبقة الفوالق

$$A = \frac{100\ km^2}{25\ OLTs} = 4\ km^2/OLT$$

$$N = \frac{3{,}125\ Splitters}{25\ OLTs} = 125\ \text{Splitters/OLT}$$

$n = \sqrt{N} \cong 11$ $\quad K = 1$

$D = \sqrt{A} = 2\ km$ $\quad L = \frac{D}{n} \cong 0.18\ km$

$$L_{fo} = 4 \cdot K \cdot L \cdot \sum_{i=1}^{n-1} [\min(i, n-i) \cdot (n-i)]$$

$$L_{fo} = 4 \cdot 1 \cdot 0.18 \cdot \sum_{i=1}^{10} [\min(i, 11-i) \cdot (11-i)]$$

$$L_{fo} = 4 \cdot 1 \cdot 0.18 \cdot [10 + 18 + 24 + 28 + 30 + 25$$

$$L_{fo} = 118.8\ km\ per\ OLT$$

$$L_{fo_corrected} = \frac{118.8}{0.555} \cong 214\ km\ per\ OLT$$

حساب الألياف البصرية – طبقة المنازل المشمولة

$$A = \frac{4\ km^2/OLT}{125\ Splitters/OLTs} = 0{,}032\ km^2/Splitter$$

$$N = \frac{50{,}000\ HP}{3{,}125\ Splitters} = 16\ HP/Splitter$$

$$n = \sqrt{N} \cong 4 \qquad K = 1$$

$$D = \sqrt{A} \cong 0.18\ km \qquad L = \frac{D}{n} \cong 0.045\ km$$

$$L_{fo} = 4 \cdot K \cdot L \cdot \sum_{i=1}^{n-1} [\min(i, n-i) \cdot (n-i)]$$

$$L_{fo} = 4 \cdot 1 \cdot 0.045 \cdot \sum_{i=1}^{3} [\min(i, 4-i) \cdot (4-i)]$$

$$L_{fo} = 4 \cdot 1 \cdot 0.045 \cdot [[(1 \cdot 3) + (2 \cdot 2) + (1 \cdot 1)]$$

$$L_{fo} = 1.44\ km\ per\ Splitter$$

$$L_{fo_corrected} = \frac{1.44}{0.67} \cong 2.15\ km\ per\ Splitter$$

$$Fiber_HC_{avg} = \frac{2.15\ km/Splitter}{16\ HP/Splitter} = 0.135\ km/HP$$

بما أن:

$N_{hc_1} = 10{,}000$ $N_{hc_0} = 1{,}000$ $churn = 5\%$ $F_r = 80\%$

وكذلك:

$$Fiber_HC_{total_t} = Fiber_HC_{avg} \cdot [N_{hc_t} - N_{hc_{t-1}} \cdot (1 - churn)]$$

$$N_{Pct_CPE_t} = N_{hc_t} - N_{hc_{t-1}} \cdot [1 - churn \cdot (1 - F_r)]$$

يكون لدينا:

$$Fiber_HC_{total_1} = 0.135 \cdot (10{,}000 - 1{,}000 \cdot (1 - 0.05)] = 0.135 \cdot 9{,}050 \cong 1{,}222\ km$$

$$N_{Pct_CPE_1} = 10{,}000 - 1{,}000 \cdot [1 - 0.05 \cdot (1 - 0.8)] = 10{,}000 - 990 = 9{,}010\ Pct_CPE$$

المصدر: الاتحاد الدولي للاتصالات

ملاحظة: القيم المستخدمة توضيحية.

تكاليف وحدات شبكة الألياف إلى المنازل FTTH

يتكون نموذج شبكة FTTH المعروض حتى الآن من مكاتب FTTH المركزية المحلية التي تقوم بتوجيه الحركة المحلية نحو الشبكة الأساسية لدى المشغل، ومطاريف OLT، والفوالق، وأخيراً كبلات الألياف البصرية ورزم معدات أماكن العميل (CPE). وجدير بالملاحظة أنه يمكن استخدام كبل ليفي بصري ذي سعة أقل (تكلفة أقل) لتوصيل الفوالق والمنازل الموصولة، بينما يمكن حجز الألياف البصرية ذات السعة الأكبر (تكلفة أكبر) للتوصيل بين الفوالق والمطاريف OLT والمكتب المركزي FTTH المحلي.

وكما سبق القول، ينبغي الحصول على تكاليف وحدة كل من عناصر الشبكة هذه مباشرة من المشغلين المحليين وموردي الشبكات.

نتائج تقدير النفقات الرأسمالية (CAPEX)

بعد حساب عدد المكاتب المركزية FTTH المحلية والمطاريف OLT والفوالق ورزم المعدات CPE والكيلومترات من الألياف البصرية اللازمة لنشر شبكة FTTH في كل من البلديات، بالإضافة إلى حساب تكاليف وحدة هذه المعدات، يمكن الحصول على إجمالي النفقات الرأسمالية (CAPEX) بحسب السنة.[31]

ومن المهم التأكيد في هذه المرحلة على أن أثر تقدير الاستثمار على التدفق النقدي للعملية المنمذجة يتوقف على التوقيت المحدد لتركيب البنية التحتية - عادة في السنوات الأولى من التشغيل. وبالنسبة للسنوات اللاحقة، لن يكون هناك سوى النفقات CAPEX متعلقة بمد كبلات الألياف البصرية اللازمة لتوصيل المشتركين الجدد بالفوالق وتكلفة الحصول على رزمة معدات CPE وتوزيعها على المشتركين - الاحتياجات من البنية التحتية التي تختلف وفقاً لتطور طلب المشترك في الشبكة FTTH على مر السنين.

3.4 شبكات النقل

في ظل تزايد الطلب على شبكات النفاذ عريض النطاق جداً، يعاني العديد من البلدان من نقص في البنية التحتية لشبكة نقل قادرة على تسيير جميع البيانات الواردة والصادرة بين البلديات أو المناطق والشبكة الأساسية للمشغل.

وغالباً ما يواجه واضعو السياسات الآن التحدي المتمثل في تعزيز نشر شبكة النقل البصرية بوضع سياسات عمومية توفر شروطاً ملائمة لجذب الاستثمارات الخاصة لسد هذه الفجوة في البنية التحتية. وفي هذا السياق، كثيراً ما يكون تقدير النفقات CAPEX لنشر شبكات نقل الألياف البصرية مفيداً لتطوير أو تقييم مشاريع نشر البنية التحتية المستدامة اقتصادياً.

ورغبة في تبسيط المشروع وتقدير النفقات CAPEX يمكن، لأغراض هذا التمرين، اعتبار شبكة نقل الألياف البصرية كمجموعة من وصلات الألياف البصرية مع مرسلات ومضخمات بأسلوب التراتب الرقمي المتزامن (SDH) في نقاط النهاية الخاصة بها، موصولة بكبلات ألياف بصرية مدفونة، مع بعض مكررات الألياف الموضوعة على طول الكبلات. وبالإضافة إلى ذلك، يتعين على عناصر الشبكة، مثل أنظمة تعدد الإرسال بالتقسيم المكثف للطول الموجي ومعددات إرسال الإضافة والحذف البصرية القابلة لإعادة التشكيل (DWDM ROADM) وأرتال التوزيع البصرية (ODF)، أن تدمج حركة البيانات في الشبكة الأساسية الوطنية.

ويتوقف عدد عناصر الشبكة اللازمة وسعتها المطلوبة إلى حد كبير على الحد الأدنى من الصبيب المطلوب (الطلب الكلي على الحركة في مستوى البلدية أو المنطقة) والمسافة بين البلدية أو المنطقة وأقرب نقطة اتصال للشبكة الأساسية للمشغل. وعندما تُعرف هاتان المعلمتان الحيويتان بالنسبة لجميع وصلات النقل اللازمة، يمكن تقدير مجموع النفقات الرأسمالية CAPEX.

وفي حالة معدات شبكة نقطة النهاية - وتحديداً المرسلات - يعتمد عدد العناصر المطلوبة على الطلب في كل بلدية. أي يُنظر في استخدام المعدات التي لها سعة نقل بيانات (Mbit/s) محددة، وبناءً على الطلب على البيانات، يتم تقدير الكمية اللازمة من المعدات.

ومع ذلك، فإن معدات الشبكة الأساسية تمثل تعديلات ممكنة في الشبكة ضرورية لدعم الطلب من بلدية معينة. وفي الواقع، قد يتطلب توصيل بلدية جديدة بالشبكة الأساسية توسيع سعة بعض عناصر الشبكة. وفي هذه الحالة، يتعين على كل بلدية القيام بالتقدير الكمي لتحسين عناصر الشبكة الأساسية.

[31] لم ينظر في النفقات CAPEX اللازمة لتسيير حركة البيانات خارج البلديات (باتجاه مصدر مركز التبادل FTTH المحلي)، على افتراض وجود شبكة أساسية وطنية موجودة مسبقًا تصل ما بين جميع البلديات المراد إدراجها في مشروع الشبكة FTTH.

وترتبط المجموعة الأخيرة من عناصر الشبكة بطول الشبكة الإجمالي. وفي شبكة الألياف البصرية، تتوقف كمية الألياف وعدد القنوات والخنادق المطلوبة بشكل مباشر على طول الشبكة، مع تركيب مكررات عند مسافات معينة، تبعاً لمداها. ويختلف مدى المكررات بالألياف تبعاً لمورّد الشبكة وقد يُتوقع أيضاً أن يتطور بمرور الزمن. ومع ذلك، وكقاعدة عامة، يكون تركيب المكررات كل 70 كم معياراً مقبولاً لتصاميم شبكات النقل بالألياف البصرية.

ولحساب تكلفة مجموعة عناصر الشبكة هذه، من الضروري تحديد طول كل وصلة شبكة يتعين إنشاؤها. ويمكن القيام بذلك بأن تستخدم، بمثابة مرجع، أقصر مسافة طريق بين البلدية التي يتعين توصيلها والشبكة الأساسية للألياف البصرية الوطنية، ذلك لإن مد الألياف على طول الطرق السريعة والعادية بين البلديات يقلل عادة من التكاليف ومن زمن النشر.

ويلاحظ أن استراتيجية الحساب هذه تقوم على نشر الشبكة في طبولوجيا نجمية (توصيل من نقطة إلى نقطة دون استمثال). ومع ذلك، وبما أن من الممكن توصيل أكثر من بلدية بالنقطة ذاتها على الشبكة الأساسية الوطنية، ينبغي تقييم إمكانية تنفيذ أجزاء من الشبكة في طوبولوجيا حلقية، يتم فيها توصيل البلديات فيما بينها ولديها نقطة مشتركة من تدفق الحركة نحو الشبكة الأساسية الوطنية. وهذا النهج الهجين يقلل إلى حد كبير من عدد الكيلومترات من الألياف اللازمة، لكنه يتطلب من الهيئات التنظيمية أولاً تحديد الطوبولوجيا المادية للشبكة التي يتعين نشرها.

وأخيراً، بعد حساب حجم المعدات وكبلات الألياف البصرية اللازمة، تضرب النتيجة بتكلفة الوحدة من هذه المعدات، ويفضل الحصول عليها مباشرة من الشركات المصنعة والموردين الذين يعملون أصلاً في البلد المعني. وتتمخض النتيجة النهائية لكل هذه الحسابات عن التقدير الكلي للنفقات الرأسمالية (CAPEX) للمشروع.

5 تقدير النفقات التشغيلية (OPEX) لتوفير خدمة النطاق العريض

يتناول هذا القسم تقدير التكاليف والنفقات التشغيلية (OPEX) الجارية لمشروع نطاق عريض من أجل تقدير دقيق للتدفقات النقدية لوضع خطة الأعمال. وسوف ننظر في ثلاثة نُهُج رئيسية لتقدير النفقات OPEX:

- استخدام نماذج التكلفة؛
- استخدام التكاليف والنفقات السابقة؛
- استخدام معايير المقارنة.

وبالنسبة لواضعي السياسات، يتوقف قرار اختيار النهج على توفر البيانات.

1.5 استخدام نماذج التكلفة لتقدير النفقات التشغيلية (OPEX)

يمكن اشتقاق توقعات قيمة النفقات عند حساب صافي القيمة الحالية للمشروع من المعلومات المستخرجة من نموذج التكلفة للحالات التي يكون فيها للهيئات التنظيمية للاتصالات، كالتزام تنظيمي، فصل في المحاسبة وعرض نماذج التكلفة لغرض تنظيم تعريفات الجملة.

ومع أن هذه الالتزامات التنظيمية مرتبطة بتقدير تكاليف المنتجات بالجملة، فإن البيانات المرتبطة بحساب التكلفة هذا توفر مدخلات قيّمة يمكن استخدامها لتقدير النفقات OPEX لمشاريع النطاق العريض.

وثمة طريقة مثيرة للاهتمام وهي استخدام بيانات التكاليف المخصصة بالكامل، وهو نهج من أعلى إلى أسفل[32] لتقدير التكاليف التشغيلية المرتبطة بتقديم خدمات النطاق العريض. وفي هذا النهج، تشتمل التكلفة الإجمالية للخدمة التي يقدمها المشغل على جميع التكاليف المحاسبية التي تتحملها الشركة في تقديم تلك الخدمات - بما في ذلك التكاليف الرأسمالية. وهكذا يمكن تمثيل التكلفة الإجمالية للمنتج بالمعادلتين التاليتين:

مجموع تكلفة المنتج (TC) = النفقات + تكلفة رأس المال

تكلفة رأس المال (CC) = رأس المال المستخدم في المنتج x المتوسط المرجح لتكلفة رأس المال (WACC)

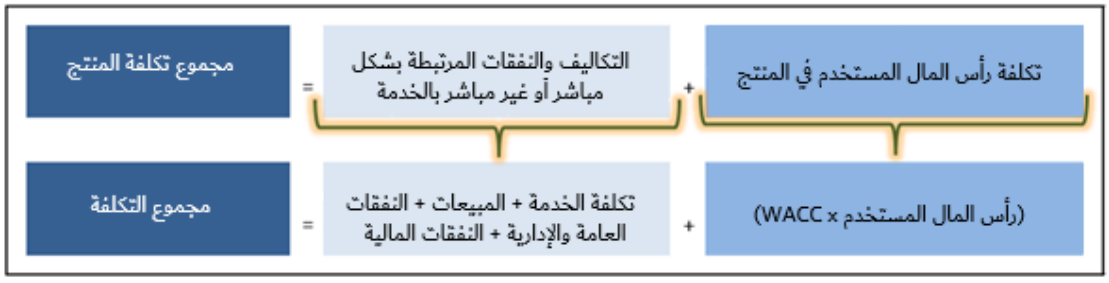
حيث:

النفقات هي مجموع تكلفة الخدمات والمبيعات والنفقات العامة والإدارية والنفقات المالية المرتبطة بشكل مباشر أو غير مباشر بإنتاج المنتج؛

تكلفة رأس المال (CC) هي المكافأة الافتراضية التي ينبغي أن يحصل عليها المزود للحفاظ على رأس المال المستثمر في أصوله؛

WACC هو المتوسط المرجح لتكلفة رأس المال.

الشكل 9: تكوين التكاليف الإجمالية



المصدر: الاتحاد الدولي للاتصالات

ولا بد من الإشارة أيضاً إلى أن مختلف خدمات الاتصالات التي يقدمها المشغلون أنفسهم تستخدم خدمات أخرى يتم إنتاجها داخلياً، لذا يجب أن تغطي التكلفة الإجمالية للمنتج النفقات المتعلقة بهذه التحويلات الداخلية، إن وجدت.

ويمكن تقييم التحويلات الداخلية بطريقتين:

'1' إذا كان للمنتج تسويق خارجي، فيجب أن يكون سعر التحويل الداخلي هو نفس السعر المفروض على مزودي خدمات الاتصالات الآخرين؛

'2' إذا لم يكن للمنتج تسويق خارجي، فإن سعر التحويل الداخلي يقوم على التكلفة الإجمالية للمنتج، ويحسب بالمعادلة (الشكل 9) على أساس إجمالي تكلفة المنتج.

وبناءً على المعلومات المتوفرة من مقدمي الخدمة في أحكام الفصل المحاسبي الخاصة بهم والمنهجية التي تضعها الهيئة التنظيمية بموجب نموذج التكلفة من أعلى إلى أسفل، يمكننا تحديد تكوين التكلفة الإجمالية لكل خدمة من الخدمات المقدمة.

[32] في هذا النهج، يبدأ الحساب من المعلومات المحاسبية الفعلية للمشغلين ويتم تخصيصه لكل خدمة بطريقة محددة.

ويمكن أن يستند التنبؤ بقيمة النفقات OPEX، اللازمة لحساب صافي القيمة الحالية (NPV) لمشروع النطاق العريض، إلى حاصل قسمة مجموع النفقات مقابل توفير مجموعة من الخدمات التي يقدمها مزود أو مجموعة من مزودي الخدمات، على مجموع صافي إيرادات التشغيل لنفس هذه المجموعة من الخدمات.

الشكل 10: نسبة النفقات إلى صافي الإيرادات

المصدر: الاتحاد الدولي للاتصالات

وينبغي تطبيق النسبة الناتجة من إجمالي التكاليف والنفقات إلى صافي الإيرادات على الإيرادات المقدرة سنة بعد سنة في خطة الأعمال، مما يؤدي إلى تقدير جزء من النفقات التشغيلية (OPEX).

وعند تحليل مجموعة مخصصات الإنفاق التي تشمل فئة "تكاليف الخدمات"، يمكن تصنيف هذه (استناداً إلى خصائصها) إلى فئتين فرعيتين متميزتين: (أ) تكاليف التشغيل والصيانة؛ (ب) التعويضات المدفوعة للمقرضين الآخرين (من قبيل نفقات التوصيل البيني واستئجار الشبكة وغيرها من النفقات).

وفي هذه المرحلة، يبقى فقط تقدير جزء من النفقات المتعلقة بتكاليف التشغيل والصيانة (OPEX والتشغيل والصيانة) التي استبعدت من تكاليف حسابات الخدمة لأنها تتوقف جوهرياً على النفقات الرأسمالية CAPEX للمشروع. ولتقدير هذا الجزء من النفقات OPEX، يمكن استخدام معلومات وحدة OPEX السنوية لكل عنصر من عناصر الشبكة المطلوبة لبناء الشبكة.

الجدول 3: تكاليف التشغيل والصيانة

عناصر الشبكة	CAPEX	OPEX
العنصر 1	X	% of X
العنصر 2	Z	% of Z
العنصر 3	Y	% of Y
...	...	...
		نفقات التشغيل والصيانة

ونظراً لأن حسابات تكاليف التشغيل والصيانة مرتبطة بشكل صارم بالنفقات الرأسمالية CAPEX التي سيتم تنفيذها، فيمكن حساب التكاليف المتعلقة بهذه الفئة الفرعية من النفقات باستخدام نسبة مئوية من منهجية توقعات النفقات CAPEX، بدلاً من استخدام المتوسطات المستخرجة من البيانات التاريخية لمقدم الخدمة.

الجدول 4: مجموع النفقات التشغيلية (OPEX)

	السنة 1	السنة 2	السنة 3	السنة 4	...
الإيرادات الصافية	X	Z	Y	W	...
نسبة النفقات إلى الإيرادات	r%	r%	r%	r%	r%
النفقات التشغيلية 1	X . r%	Z . r%	Y . r%	W . r%	...
نفقات التشغيل والصيانة	نفقات التشغيل والصيانة	نفقات التشغيل والصيانة	نفقات التشغيل والصيانة	نفقات التشغيل والصيانة	
مجموع نفقات التشغيل	(X . r%) + Opex E&M	(Z . r%) + Opex E&M	(Y . r%) + Opex E&M	(W . r%) + Opex E&M	

استخدام نماذج التكلفة لتقدير النفقات التشغيلية (OPEX)

مجموع التكاليف والإيرادات للخدمات المتنقلة الإضافية

إيرادات التشغيل	255,432,605
التكاليف والنفقات + تكلفة رأس المال المستخدم	127,568,537
تكلفة الخدمات	*43,845,976*
النفقات التجارية	*51,119,948*
النفقات الإدارية والعامة	*32,602,613*
نسبة النفقات/الإيرادات	0.50

	مجموع الإيرادات	نسبة (النفقات/الإيرادات)	OPEX 1	الحجم	مجموع OPEX 2	مجموع OPEX
Y01	$ 3,774,600	0.50	$ 1,885,116	100	$ 2,249,750	$ 4,134,866
Y02	$ 14,098,752	0.50	$ 7,041,220	200	$ 4,499,500	$ 11,540,720
Y03	$ 32,616,176	0.50	$ 16,289,220	300	$ 6,749,250	$ 23,038,470
Y04	$ 53,052,192	0.50	$ 26,495,406	400	$ 8,999,000	$ 35,494,406
Y05	$ 81,791,516	0.50	$ 40,848,442	500	$ 11,248,750	$ 52,097,192

عناصر الشبكة	CAPEX	%OPEX	وحدة OPEX 2
Element 1	$ 23,750	11%	$ 2,613
Element 2	$ 222,500	7%	$ 15,575
Element 3	$ 142,500	3%	$ 4,275
Element 4	$ 3,500	1%	$ 35
Total			$ 22,498

السيناريو: مشغل اتصالات متنقلة يطلق مشروع شبكة نطاق عريض لاسلكية 4G LTE. ولتقدير النفقات التشغيلية (OPEX) للمشروع الجديد، فإن أحد النُهُج الممكنة هو استخدام نماذج التكلفة الموضوعة/المطبقة أصلاً من قبل الهيئة التنظيمية بشأن الخدمات المتنقلة الأخرى.

المصدر: الاتحاد الدولي للاتصالات
ملاحظة: القيم المستخدمة توضيحية.

2.5 استخدام التكاليف والنفقات السابقة لتقدير النفقات التشغيلية (OPEX)

في غياب نموذج تكلفة ناضج إلى حد كاف لتقدير النفقات OPEX للمنتج الذي سوف يطلق، قد يكون البديل هو استخدام بيانات الميزانية الخاصة بالشركات القائمة في البلد والتي تقدم خدمة مكافئة (أو مشابهة جداً) للخدمة المقترحة في خطة الأعمال.

والنهج الموصى به هو تقييم الاتجاه التاريخي لكيفية سلوك نفقات التشغيل كدالة لصافي الإيرادات. وحالما تستبان علاقة مستقرة بين هذين المتغيرين، يمكن استخدام هذه النسبة لتقدير النفقات OPEX.

الشكل 11: نسبة النفقات التاريخية إلى صافي الإيرادات

المصدر: الاتحاد الدولي للاتصالات

وعندما يتعذر استبانة علاقة مستقرة بين الإيرادات والنفقات، فإن أفضل استراتيجية هي استعراض الحسابات التحليلية وإزالة التحيزات المحتملة، بحيث يمكن استخدام تقدير مستقر عبر العملية للتدفق النقدي.

وبعد تقدير النسبة بين النفقات التشغيلية (بما في ذلك تكلفة الخدمة، والمبيعات، والنفقات العامة والإدارية) وصافي الإيرادات، ينبغي تطبيق هذه النسبة على مجموع الإيرادات السنوية المقدرة في التدفق النقدي. وتتمخض النتيجة عن النفقات التشغيلية لكل عام.

الجدول 5: مجموع النفقات التشغيلية (OPEX)

	السنة 1	السنة 2	السنة 3	السنة 4	...
صافي الإيرادات	X	Z	Y	W	...
نسبة النفقات إلى الإيرادات	r%	r%	r%	r%	r%
مجموع النفقات Opex	X . r%	Z . r%	Y . r%	W . r%	...

المصدر: الاتحاد الدولي للاتصالات

3.5 استخدام معايير المقارنة لتقدير النفقات التشغيلية (OPEX)

عندما تكون الخدمة جديدة نسبياً وليست هنالك عمليات تجارية ناضجة بدرجة كافية في البلد المعني من شأنها أن تجعل من الممكن تقدير النفقات OPEX استناداً إلى بيانات الميزانية الختامية الحقيقية، فإن استخدام معايير المقارنة يوفر بديلاً معقولاً.

ويمكن العثور بسهولة على النقاط المرجعية لنمذجة مجموع نفقات خطة الأعمال في الأدبيات المتخصصة، بما في ذلك تقييم سلوك الشركة التي تقدم خدمة مبتكرة (ربما لم تجرب من قبل). ويتعلق أحد معايير المقارنة الأكثر انتشاراً بالعلاقة بين النفقات الرأسمالية (CAPEX) والنفقات التشغيلية (OPEX) من خلال نسبة النفقات الرأسمالية إلى مجموع تكلفة الملكية (CAPEX/TCO)[33] للمشاريع التي تنطوي على تقنيات جديدة. وينبغي تحديد ثلاثة مراجع سوقية مختلفة على الأقل، ومن هذه المراجع يمكن تحديد قيمة معيارية مقارنة لتطبيقها في خطة الأعمال.

[33] TCO (مجموع تكلفة الملكية) = CAPEX + OPEX

من خلال هذا النهج، يتم تقدير مجموع النفقات التشغيلية OPEX بناءً على علاقة مباشرة مع مجموع النفقات الرأسمالية CAPEX، كما هو مبين في الشكل 12.

الشكل 12: نسبة النفقات الرأسمالية (CAPEX) إلى النفقات التشغيلية (OPEX)

المصدر: الاتحاد الدولي للاتصالات

ومع ذلك، وبما أن التكاليف والنفقات الجارية لها علاقة قوية عموماً بعدد المستعملين النشطين في الشبكة، فإذا أردنا تقدير النفقات التشغيلية (OPEX) السنوية، فإننا نقترح تقسيم مجموع النفقات التشغيلية - المقدّرة كدالة لمجموع النفقات الرأسمالية CAPEX - على مجموع المستعملين في كل سنة من خطة الأعمال، ثم ضرب الحاصل بمجموع عدد المستعملين المتوقع كل عام، لنتوصل إلى تطور سنوي للنفقات التشغيلية وفقاً للطلب من جانب المستعمل.

الشكل 13: وحدة النفقات التشغيلية (OPEX)

المصدر: الاتحاد الدولي للاتصالات

الجدول 6: مجموع النفقات التشغيلية (OPEX)

	السنة 1	السنة 2	...	السنة n	المجموع
الطلب	X	Z	...	W	مجموع الطلب
وحدة Opex	u	u	u	u	U
Opex	X . u	Z . u	Y . u	W . u	مجموع Opex

المصدر: الاتحاد الدولي للاتصالات

استخدام التكاليف والنفقات السابقة لتقدير النفقات التشغيلية (OPEX)

السيناريو: مشغل نطاق عريض ثابت سيطلق مشروع FTTH في بلد ما إلى جانب مشغلين آخرين يقدمون بالفعل هذه الخدمة. ولتقدير النفقات التشغيلية (OPEX) للمشروع الجديد، يتمثل أحد النهج الممكنة في استخدام بيانات الميزانية الختامية لشركات التشغيل الراسخة في البلد والتي تقدم خدمة مكافئة (أو مشابهة جداً) للخدمة التي سوف تطلق.

ويوضح هذا المثال ميزانية ختامية توضيحية لمشغل راسخ. ولتقدير نسبة النفقات/الإيرادات، من الضروري إزالة تكاليف الإهلاك والاستهلاك، حيث تحتسب النسبة مباشرةً من النفقات الرأسمالية (CAPEX). ويتم تطبيق النسبة المقدرة على الإيرادات المقدرة من أجل تقدير النفقات التشغيلية (OPEX).

كشف حساب

	Y03	Y04	Y05	
إيرادات تشغيلية	297,912,913	325,137,496	340,544,845	
تكاليف ونفقات تشغيلية	262,441,526	286,267,393	307,163,411	
تكاليف المبيعات والخدمات	*151,754,644*	*159,353,526*	*165,445,249*	
نفقات تجارية وإدارية وعامة	*67,120,319*	*76,033,705*	*80,211,477*	
نفقات أخرى	*1,661,652*	*1,371,521*	*8,115,038*	
الاستهلاك والإهلاك	*41,904,912*	*49,508,640*	*53,391,647*	
(Expenses / Revenue) Ratio	0.74	0.73	0.75	**Average Ratio** 0.74

	إجمالي الإيرادات	النسبة (نفقات/إيرادات)	إجمالي النفقات التشغيلية
Y01	$ 3,774,600	0.74	$ 2,785,209
Y02	$ 14,098,752	0.74	$ 10,403,215
Y03	$ 32,616,176	0.74	$ 24,066,887
Y04	$ 53,052,192	0.74	$ 39,146,256
Y05	$ 81,791,516	0.74	$ 60,352,483
Y06	$ 110,553,418	0.74	$ 81,575,373
Y07	$ 138,700,777	0.74	$ 102,344,801
Y08	$ 177,186,170	0.74	$ 130,742,478
Y09	$ 225,332,475	0.74	$ 166,268,767
Y10	$ 295,886,060	0.74	$ 218,328,985

المصدر: الاتحاد الدولي للاتصالات
ملاحظة: القيم المستخدمة توضيحية.

6 تقدير المتوسط المرجح لتكلفة رأس المال (WACC)

إن تحديد المتوسط المرجح لتكلفة رأس المال (WACC) خطوة هامة في عملية تحديد الأسعار لقطاع الاتصالات وله أثر كبير على نماذج مزادات الاتصالات ونماذج تسعير الطيف. فإذا جرى تحديد المتوسط WACC في مستوى منخفض جداً، فقد يؤدي ذلك إلى تثبيط الاستثمارات الجديدة وإلى انخفاض الأسعار دون تحقيق كفاءة في التكاليف. ومن ناحية أخرى، إذا تحدد هذا المتوسط في مستوى عالٍ جداً، فقد يشجع فرط الاستثمار ويؤدي إلى ارتفاع كبير في الأسعار.

وبصفة عامة، يكون المتوسط WACC هو النسبة المئوية التي تعادل المتوسط المرجح لتكاليف الفرصة البديلة لمصادر التمويل الدائم لدى مقدمي الخدمات. وتتوفر معلمات هذه الحسابات من خلال صيغة مشتقة من نموذج تسعير الأصول الرأسمالية (CAPM)، المحدد على النحو التالي:

$$WACC_J^{After\ Tax} = K_d\left(1-\tau\right)\left(D|D+E\right)+K_e^j\left(E|D+E\right)$$

حيث:

K_d تكلفة الدين

τ معدل الضريبة

$\left(D|D+E\right)$ النسبة المئوية من راس المال في شكل دين

K_e^j K_e^j تكلفة الأسهم

$\left(E|D+E\right)$ النسبة المئوية من راس المال في شكل أسهم

ويلاحظ في بعض البلدان أن المديونية الفعلية لدى مقدمي خدمات الاتصالات يمكن أن تختلف اختلافاً كبيراً، لا سيما بين مقدمي الخدمات الوطنيين وأولئك الذين مقرهم في الخارج والذين يمكنهم الاستفادة من الرسملة خارج المجموعة ومن التمويل داخل المجموعة.

وبالنظر إلى هذا المدى الواسع من المديونية المحتملة، قد تختار الهيئة التنظيمية تحديد مستوى المديونية على أساس متوسط مستوى الدين الذي تعتمده المصارف الاستثمارية والهيئات التنظيمية حول العالم والمتوسط لدى الشركات العالمية.

تقدير تكلفة الديون

تقدر تكلفة الديون بموجب المعادلة:

$$K_d = rd_f^T\left(1+Spread\right)$$

حيث:

rd_f^T rd_f^T السند عديم المخاطر

$Spread$ معدل مخاطر الائتمان، وهو متوسط الفارق المدفوع من جميع مقدمي الاتصالات في تلك السوق

تقدير تكلفة الأسهم

تقدر تكلفة الأسهم بموجب المعادلة:

$$K_e^j = \left(re_f^T+\beta_j MRP+CRP\right)\times\left(\left(1+\pi_{local}\right)|\left(1+\pi_{US}\right)\right)$$

حيث:

re_f^T المعدل عديم المخاطر، استناداً إلى المفهوم العام لعائدات السند على أساس الأصول ذات العائد عند الاستحقاق الذي لا يقل عن خمس سنوات

β_j سهم تجريبي (بيتا). يمكن حساب ذلك وفقاً لسعر سهم مقدم الاتصالات مقابل سوق الأسهم ككل، أو بدلاً من ذلك استخدام معيار مقارنة دولية. وينبغي أن يستخدم أياً من النهجين سهماً تجريبياً (بيتا) دون أثر يستند إلى بنية رأسمال أمثل محدد وفقًا لبنية رأس المال لدى مشغلي الاتصالات المحليين

CRP *بدل المخاطر القطري*

عندما يتم تقدير تكلفة الأسهم وفقًا للنهج الإجمالي، من الضروري أن يدرج في معادلة K_e^j قيمة CRP والفرق بين التضخم المحلي والتضخم في الولايات المتحدة الأمريكية

MRP *بدل مخاطر السوق.*

تقدير بدل مخاطر السوق (MRP)

يقدر بدل مخاطر السوق بموجب المعادلة:

$$MRP = \frac{1}{P}\sum_{h=1}^{p}\left(r_m^{T-h} - re_f^{T-h}\right)$$

حيث:

re_f^{T-h} المعدل عديم المخاطر

r_m^{T-h} عائد مؤشر السوق

ينبغي ألا يقل الإطار الزمني للبيانات التاريخية المستخدم لتقدير بدل مخاطر السوق عن خمس سنوات. وعلاوة على ذلك، ينبغي تجاهل الفترات التي تعكس حالات الشذوذ في السوق.

النموذج المحلي أو العالمي لتسعير الأصول الرأسمالية (CAPM)

هناك نهجان رئيسيان لتقدير تكلفة الأسهم: نموذج عالمي لتسعير الأصول الرأسمالية (CAPM)، أو نموذج محلي لتسعيرها. ويستخدم النموذج CAPM العالمي بشكل شائع من قبل المصارف، بينما يستخدم النموذج CAPM المحلي بشكل أكثر شيوعاً من قبل الهيئات التنظيمية (مثل ANTT، هيئة تنظيم النقل في البرازيل؛ وARCEP (فرنسا)؛ وCMT (إسبانيا)؛ وComReg (إيرلندا)؛ وOfcom (المملكة المتحدة)؛ وPTS (السويد)). ومن الممكن تقدير النموذج CAPM باستخدام المعلمات المحلية تبعاً لتوفر البيانات المستقرة. ولكل من المنهجيتين مزايا وعيوب، ومع ذلك، يوصى باستخدام النموذج CAPM المحلي عند توفر البيانات، لأنه أكثر شفافية ويميل إلى تكوين صورة أفضل للسوق المحلية.

ويحاول النموذج CAPM العالمي تكوين صورة حقيقية للبلد باستخدام البيانات الدولية. ويوصى باستخدامه في حالات قلة توفر المعلومات عن السوق المحلية و/أو المعلومات المتعلقة بأصول الاتصالات المدرجة في سوق الأوراق المالية في البلد المعني.

وثمة أسلوب بديل لتحديد المخاطر غير المحسوبة وهو إضافة عوامل أخرى للنموذج CAPM العالمي يمكن أن تمثل مخاطر سياسية وتنظيمية وغيرها من المخاطر - ولكن هذه النماذج لا تزال تجريبية في الوقت الحاضر. ويكشف بحث سريع عبر الإنترنت عن طائفة واسعة من البيانات التي يمكن أن تساعد في حساب النموذج CAPM[34] كتلك المعروضة في الجدول 7.

الجدول 7: مزايا وعيوب النموذج CAPM المحلي مقابل النموذج CAPM العالمي

	نموذج CAPM محلي	نموذج CAPM عالمي
مزايا	- الشفافية. - عكس منظور السوق المحلية.	- لا يعتمد على قواعد البيانات المحلية. يستخدم معايير المقارنة. - يستخدم بيانات اقتصادية أنضج.
عيوب	- يعتمد على توفر قواعد البيانات. - من الضروري توفر سيناريو اقتصاد كلي مستقر.	- قابلية مقارنة المعايير. - استخدام المخاطر القطرية، مع مدى واسع من التغير. - عملية إضافة وإزالة الأثر بين البلدان غير دقيقة.

المصدر: الاتحاد الدولي للاتصالات

يستخدم النموذج CAPM المحلي البيانات الداخلية. والمزايا الرئيسية لاستخدام النموذج CAPM المحلي هي الشفافية بفضل القبول الواسع لهذه المنهجية من قبل المجتمع الأكاديمي والسوق، والرؤية الدقيقة للسوق المحلية التي يوفرها هذا النهج. وعلى النقيض من ذلك، قد تشمل العيوب فلة توفر قواعد البيانات و/أو عدم توفر سيناريو مستقر للاقتصاد الكلي المحلي.

وفي البلدان التي تتمتع باستقرار اقتصادي طويل الأجل، ومؤشرات مالية طويلة الأجل وأصول ثابتة، يوصى باعتماد منهجية النموذج CAPM المحلي.

تحويل المتوسط المرجح لتكلفة رأس المال WACC الاسمي إلى متوسط WACC حقيقي

بعد تقدير المتوسط المرجح لتكلفة رأس المال (WACC) بالقيم الاسمية، ينبغي خصم القيمة التضخمية للفترة ذات الصلة من أجل التوصل إلى المؤشر بالقيمة الحقيقية، باستخدام ما يسمى بمعادلة Fisher:

$$WACC_{Real} = \frac{(1+WACC_{Nominal})}{(1+\pi)} - 1$$

حيث:

$WACC_{Real}$ المتوسط WACC الحقيقي

$WACC_{Nominal}$ المتوسط WACC الإسمي

π معدل التضخم

[34] ثمة اقتراح مفيد هنا: http://people.stern.nyu.edu/adamodar/New_Home_Page/home.htm.

وطرح القيمة التضخمية من المتوسط WACC الاسمي لن يؤدي ببساطة إلى النتيجة الصحيحة، بل يميل إلى المبالغة في تقدير المعدل الحقيقي - على الرغم من أن الخطأ سيكون ضئيلاً في الحالات التي تكون فيها معدلات الفائدة والتضخم منخفضة نسبياً.

وهنا يوصى باستخدام تقديرات التضخم التطلعية. ومن الناحية المثالية، ينبغي أن تكون التقديرات لفترة زمنية مساوية لاستحقاق السند عديم المخاطر، على الرغم من أن هذا الأمر غير ممكن دائماً في الممارسة العملية بسبب الأفق الزمني المحدود لتوقعات التضخم.

تقدير المتوسط المرجح لتكلفة رأس المال (WACC) بأسلوب نموذج تسعير الأصول الرأسمالية (CAPM) العالمي

تكلفة الأسهم (Ke)	
بدل المخاطر القطرية:	%2,63
معدل عديم المخاطر:	%2,66
بيتا:	0,99
بدل مخاطر السوق (MRP):	%8,49
تقدير تكلفة الأسهم (Ke):	%13,92
تقدير الدين (Kd)	
سند عديم المخاطر:	%6,40
الفارق:	%6,89
تقدير تكلفة الدين:	%6,84
معدل ضرائب الشركة:	%34
تقدير تكلفة الدين "بعد الضرائب":	%4,51
D/(D+E)	
D/(D+E):	%30
E/(D+E):	%70
المجموع:	%100
معدل التضخم	
هدف التضخم في الولايات المتحدة:	%2,0
هدف التضخم المحلي:	%4,0
WACC	
التكلفة المرجحة للأسهم:	%9,74
التكلفة المرجحة للدين:	%1,35
WACC الاسمي	%11,10
WACC الحقيقي	%6,82

بدل المخاطر القطري: %2,63 بدل المخاطر القطري بحسب Damodara

معدل عديم المخاطر: هو العائد من سند في الولايات المتحدة لعشر سنوات

بيتا:

	E/(D+E)	D/(D+E)	المجموع	الضرائب	بيتا دون أثر	بيتا ذات أثر
	70%	30%	100%	34.0%	0.768	0.985

بيتا دون أثر: بيتا وبيتا دون أثر وقياسات مخاطر أخرى: أسواق ناشئة بحسب Damodaran

بدل مخاطر السوق (MRP):

بدل مخاطر السوق التاريخية

	S&P500	US 10Y	MRP
15 سنة (2018-2004)	8.52%	0.97%	8.49%

سندات عديمة المخاطر: سند عديم المخاطر: %6,40 عائد سند قطري عديم المخاطر في تاريخ محدد.

في 2019/01/08

السندات	الحجم	القيمة	الفارق الإفرادي	الفارق
المشغل A	151,500	10,000	4.3%	6.89%
المشغل B	110,000	10,000	4.0%	
المشغل C	523,525	1,000	13.4%	
المشغل D	100,000	10,000	3.2%	
المشغل A	1,500,000	1,000	2.9%	
المشغل B	100,000	10,000	3.9%	
المشغل C	2,000	10,000	40.0%	
المشغل D	150,000	1,000	11.5%	
المشغل A	200,000	10,000	8.3%	
المشغل B	2,720	234,700	26.1%	

المصدر: الاتحاد الدولي للاتصالات

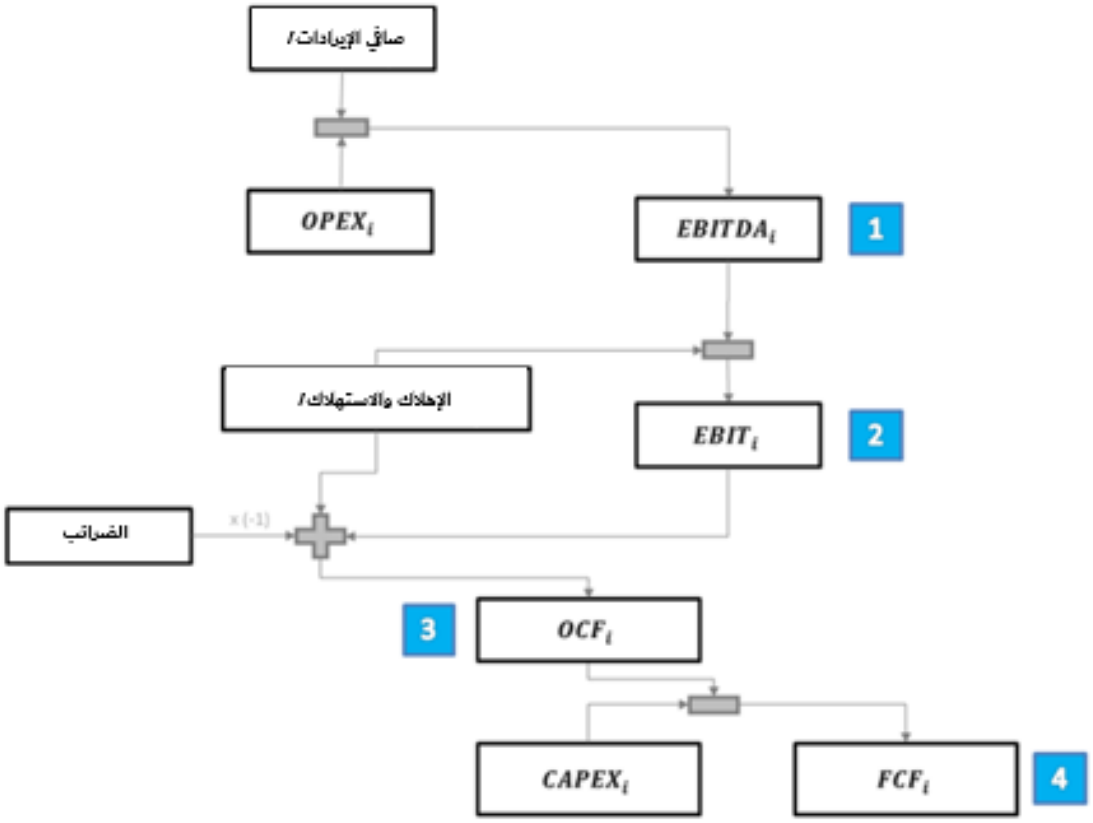
ملاحظة: القيم المستخدمة توضيحية.

تقدير صافي القيمة الحالية (NPV) لمشاريع للبنية التحتية للنطاق العريض

كما جاء بالتفصيل في القسم الخاص بمبادئ تخطيط الأعمال، فإن حساب صافي القيمة الحالية هو أهم مخرجات عملية تخطيط الأعمال بالنسبة للهيئات التنظيمية وواضعي السياسات. فهو يجمع ما بين بين النفقات الرأسمالية (CAPEX) والنفقات التشغيلية (OPEX) وتقدير الإيرادات والتدفقات النقدية طوال سنوات نشر الشبكة وتوفير الخدمات، وذلك في معادلة اقتصادية مصممة للمساعدة في التقييم الدقيق للاستدامة الاقتصادية وجاذبية مشروع البنية التحتية، وكذلك المساعدة في تحديد مقدار النقص في البنية التحتية الوطنية للنطاق العريض.

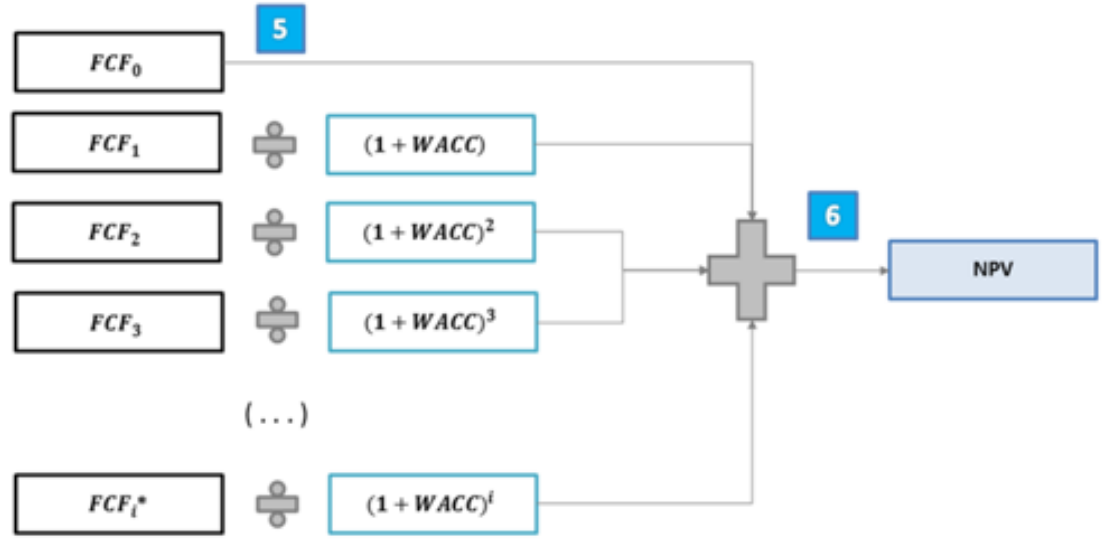
وللتعمق في فهم كيفية حساب صافي القيمة الحالية لمشروع البنية التحتية، تقسم المخططات المعروضة في الشكلين 14 و15 الحساب إلى ست خطوات، يتم شرحها بشكل أكمل في القسم التالي.

الشكل 14: الخطوات من 1 إلى 4 في حساب صافي القيمة الحالية (NPV)



المصدر: الاتحاد الدولي للاتصالات

الشكل 15: الخطوتان 5 و6 في حساب NPV



* محسوبة بالقيمة المتبقية، غير هالكة

المصدر: الاتحاد الدولي للاتصالات

الخطوة الأولى في حساب صافي القيمة الحالية لمشروع البنية التحتية هي تقدير *الأرباح قبل الفوائد والضرائب والإهلاك والاستهلاك* (EBITDA) لكل سنة تشغيل. ويمكن حساب ذلك ببساطة بأخذ الفرق بين صافي الإيرادات ومبلغ النفقات OPEX المقدّر سنة بعد أخرى، وفقاً للمنهجيات المعروضة في مجموعة الأدوات هذه.

والخطوة الثانية هي حساب *الأرباح قبل الفوائد والضرائب* (EBIT)، وتستلزم طرح الإهلاك والاستهلاك (DA) المقدر من EBITDA.[35] ويمكن حساب DA لسنة تشغيل معيّنة *i* باستخدام الصيغة الواردة أدناه:

$$DA_i = \begin{cases} \sum_{k=1}^{i} \frac{CAPEX_k}{t} & ,if\ i \le t \\ \sum_{k=i-t+1}^{i} \frac{CAPEX_k}{t} & ,if\ i > t \end{cases}$$

حيث:

DA_i الإهلاك والاستهلاك في سنة تشغيل معينة i

$CAPEX_k$ النفقات الرأسمالية المقدرة لسنة تشغيل معينة k

t متوسط العمر الافتراضي (بالسنوات) للأصول (CAPEX) أو عدد سنوات الاستهلاك بحسب قواعد المحاسبة المحلية

i سنة تشغيل معينة، أي السنة 1، 2، 2، وهكذا ...

الخطوة الثالثة في حساب صافي القيمة الحالية هي تقدير التدفق النقدي التشغيلي لكل سنة، مع مراعاة الفرق بين EBITDA ومجموع الضرائب المقدرة لكل سنة حيث EBIT موجبة. ويمكن حساب مجموع الضرائب بحسب السنة باستخدام الصيغة الواردة أدناه:

$$T_i = Max\left(0; EBIT_i \times TR_{local}\right)$$

حيث:

T_i المجموع الكلي للضرائب التي تؤخذ في الحسبان في التدفقات النقدية الحرة لسنة معينة i

$EBIT_i$ الأرباح قبل الفوائد والضرائب لسنة معينة i

TR_{local} معدل الضرائب المحلية المفروضة على أرباح المشغل الذي تكون خطته قيد التقييم.

والخطوة الرابعة في حساب صافي القيمة الحالية لمشروع البنية التحتية هي الحصول على نتيجة التدفقات النقدية الحرة (FCF) لكل سنة تشغيل، وذلك ببساطة بحساب الفرق بين التدفق النقدي التشغيلي (OCF) وإجمالي النفقات الرأسمالية (CAPEX) المستثمرة في سنة معينة *i*.

وبعد الحصول على نتيجة التدفقات النقدية الحرة (FCF) لكل سنة تشغيل، تتألف الخطوتان الخامسة والسادسة من حساب صافي القيمة الحالية لنتائج التدفقات النقدية الحرة لكل سنة تشغيل، وأخيراً تجميع الكل للحصول على

[35] قد تختلف النسبة المئوية وفترة الإهلاك/الاستهلاك من بلد لآخر.

القيمة الإجمالية لصافي القيمة الحالية لمشروع البنية التحتية. ويمكن تنفيذ هاتين الخطوتين الأخيرتين باستخدام الصيغة الواردة أدناه:

$$NPV = \sum_{1}^{z} \frac{FCF_i}{(1+WACC)^i}$$

حيث:

NPV مجموع صافي القيمة الحالية لمشروع البنية التحتية

FCF_i نتيجة التدفق النقدي الحر في سنة معينة i[36]

$WACC$ المتوسط المرجح لتكلفة رأس المال

z مجموع عدد سنوات التشغيل قيد النظر لتقييم مشروع البنية التحتية.

حساب صافي القيمة الحالية (NPV)

يوضح المثال التالي حساب صافي القيمة الحالية لمشروع بنية تحتية معينة.

حساب صافي القيمة الحالية (NPV)

السنة	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
صافي الإيرادات	$ 90 958	$ 1 320 680	$ 1 347 379	$ 1 672 031	$ 1 387 107	$ 10 152 234	$ 10 807 641	$ 11 537 279	$ 12 356 841	$ 1 264 945
OPEX	$ 556 799	$ 1 265 662	$ 1 026 254	$ 956 718	$ 5 948 765	$ 5 388 380	$ 6 764 155	$ 7 182 756	$ 7 653 129	$ 174 287
CAPEX	$ 13 626 753	$ 991 972	$ 2 640 051	$ 977 650	$ 1 688 348	$ 936 385	$ 867 603	$ 948 811	$ 1 044 085	$ 139 274
صافي الإيرادات	$ -465 841	$ 55 018	$ 1 321 125	$ 715 314	$ 3 438 343	$ 3 763 854	$ 4 043 486	$ 4 354 523	$ 4 703 712	$ 390 658
الاستهلاك (5 سنوات مثلاً)	$ 2 725 351	$ 2 923 745	$ 3 451 756	$ 4 047 285	$ 4 384 955	$ 1 846 881	$ 1 822 007	$ 1 483 759	$ 1 097 046	$ 17 232
EBIT	$ -3 191 192	$ -2 868 727	$ -2 130 631	$ -1 331 972	$ -946 612	$ 1 916 973	$ 2 221 479	$ 2 870 764	$ 3 606 666	$ 103 426
الضرائب (25% من EBIT مثلاً)	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ 479 243	$ 555 370	$ 717 691	$ 901 666	$ 25 857
FCO	$ -465 841	$ 55 018	$ 1 321 125	$ 715 314	$ 3 438 343	$ 3 284 611	$ 3 488 116	$ 3 636 832	$ 3 802 046	$ 364 801
FCL	$ -14 092 596	$ -936 954	$ -1 318 926	$ -262 336	$ 1 749 91	$ 2 348 226	$ 2 620 513	$ 2 688 021	$ 2 757 961	$ 325 527
NPV (25% من EBIT، WACC مثلاً)	$ -14 092 596	$ -892 337	$ -1 196 305	$ -226 616	$ 1 439 71	$ 1 839 896	$ 1 955 467	$ 1 910 326	$ 1 866 696	$ 385 821
مجموع NPV	(5 509 921)									

المصدر: الاتحاد الدولي للاتصالات

ملاحظة: القيم المستخدمة توضيحية.

7 آليات التمويل لتمكين مشاريع البنية التحتية للنطاق العريض

ينبغي أن يعمد واضعو السياسات الذين يسعون إلى تمكين مشاريع البنية التحتية للنطاق العريض، التي هي بطبيعتها كثيفة الاستخدام لرأس المال وتتضمن مبالغ ضخمة لتطوير المشاريع والترخيص ونشر الشبكات والتكاليف الإدارية والتشغيلية، إجراء دراسة متعمقة لبدائل التمويل التي يمكن (أو ينبغي) أن تقدمها الحكومة، وتوفر الائتمان الخاص

[36] يجب إضافة البقية المتبقية من الأصول غير المستهلكة إلى التدفق النقدي الحر في السنة الأخيرة من التشغيل؛ ويمكن إجراء ذلك ببساطة بحساب الفرق بين مجموع النفقات الرأسمالية ومجموع الإهلاك والاستهلاك المحسوب طوال سنة التشغيل.

في السوق المحلية للمشروع، والشروط اللازمة التي من شأنها أن تعزز من جاذبية المشروع الاقتصادية لرأس المال الأجنبي.

وبصفة خاصة في الحالات التي يشير فيها صافي القيمة الحالية (NPV) المقدرة لمشروع البنية التحتية إلى جاذبية منخفضة إزاء نشر الشبكة وتوفير الخدمات في المناطق التي حددت الحكومة أولوياتها لاستثمارات البنية التحتية للاتصالات، فإن تكوين صورة واضحة لبدائل التمويل المتاحة سيكون عنصراً حاسماً في تقييم النجاح المحتمل للسياسة العامة أو فشلها.

وللتعمق في فهم آليات التمويل ذات الصلة بمشاريع البنية التحتية الكبرى للنطاق العريض وتحديد الجهات الفاعلة الرئيسية وظروف الاستثمار اللازمة، من المفيد تقسيم تكاليف مشروع اتصالات نموذجي إلى ثلاث مراحل:

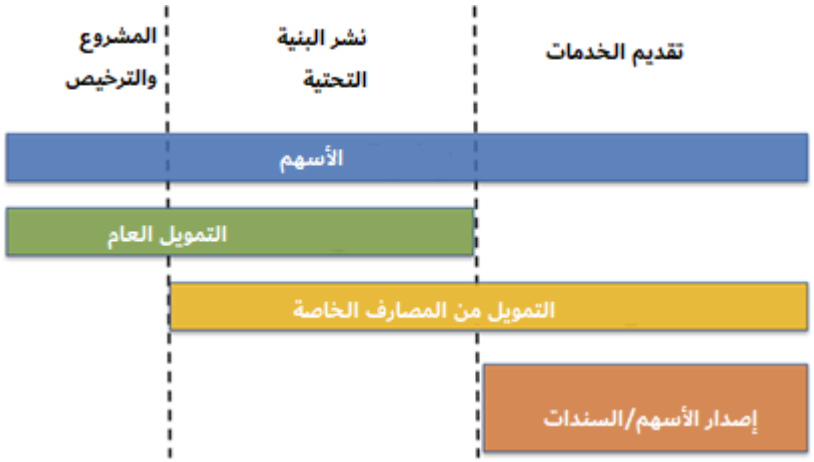
'1' تخطيط المشروع وترخيصه؛

'2' نشر البنية التحتية؛

'3' تقديم الخدمات.

ولكل مرحلة من هذه المراحل، سننظر الآن في بعض الآليات النموذجية لتمويل مشاريع البنية التحتية؛ ولا سيما الأسهم والتمويل العام والخاص، وإصدار الأسهم والسندات.

الشكل 16: توزيع آليات التمويل النموذجية لمشاريع البنية التحتية



المصدر: الاتحاد الدولي للاتصالات

1.7 آليات تمويل المشروع والترخيص

تستوجب مرحلة حساب التكلفة الأولى لمشروع البنية التحتية للنطاق العريض من منظور الشركة إجراء دراسات شاملة للسوق، وتخطيط الأعمال، وتصميم الشبكات، وتحديد أبعادها، والحصول على التراخيص الحكومية المطلوبة لتشغيلها، والتي قد تتضمن – تبعاً للمشروع - المشاركة في المزادات العامة للحصول على تراخيص باهظة (للنفاذ إلى الطيف المرخص واستخدامه مثلاً).

ويتم تمويل مرحلة تقدير التكلفة هذه عموماً، في حالة عدم وجود تدفق نقدي أو أي نشر لبنية تحتية للشبكة، من خلال الأسهم أو التمويل العام، وذلك لصعوبة الحصول على الائتمان من قنوات التمويل المعتادة نظراً للمستوى العالي للمخاطر التي ينطوي عليها المشروع. ويمكن لمشغل محتمل مهتم بتوفير النطاق العريض في المناطق المستهدفة

في إطار مبادرات السياسة العامة التعاقد بشأن إجراء دراسات السوق من أجل المساعدة في اتخاذ قرار مستنير بشأن الاستدامة الاقتصادية لمشروع البنية التحتية الذي تقدمه الحكومة. وفي الواقع، يمكن للحكومة نفسها التعاقد لإجراء هذه الدراسات ونشر النتائج من أجل تحفيز الاهتمام وجذب أكبر عدد ممكن من المشغلين المحتملين.

وكما رأينا في العديد من الأسواق، فقد بلغت تكلفة الحصول على تراخيص استحواذ الطيف لشبكات النطاق العريض اللاسلكية 4G LTE المتنقلة ملايين بل مليارات الدولارات. وكانت عملية دفع رسوم الترخيص هذه تتم باستخدام الأسهم - ولكن لتجنب إنفاق الأسهم التي يمكن توجيهها نحو الاستثمار في البنية التحتية للشبكة، فإن التمويل العام لرسوم الترخيص (الذي يسدد طوال سنوات التشغيل بأسعار فائدة منخفضة) يوفر نهجاً بديلاً لا يجتذب الشركات الكبيرة القائمة على المستوى الوطني فحسب بل يجتذب أيضاً الشركات الأصغر التي تسعى إلى دخول سوق النطاق العريض المتنقل.

ويعني توفر هذا النوع من التمويل العام تخفيض حواجز الدخول ويزيد من الجاذبية الاقتصادية لمشروع البنية التحتية للاتصالات. وبالإضافة إلى ذلك، من شأن سداد دفعة سنوية واحدة لرسوم الترخيص التي تشمل سنة كاملة من التشغيل أن يوفر السيولة النقدية للشركات المهتمة بالاستثمار بشكل مكثف في نشر الشبكة.

وأخيراً، وعلى الرغم من ارتفاع تكلفة الائتمان المعتادة في هذه المرحلة الأولى من تقدير التكاليف، فقد يتمكن المشغلون الراسخون في سوق الاتصالات المحلية، والذين لديهم علاقة قوية بسوق المصارف الخاصة، من الحصول على ائتمان لمرحلة تقدير التكلفة هذه بأسعار فائدة معقولة.

2.7 آليات تمويل نشر البنية التحتية

إن مرحلة تقدير تكلفة نشر البنية التحتية للشبكة هي المرحلة الأكثر كثافة من حيث استخدام رأس المال في مشاريع النطاق العريض. ولهذا، يمكن استخدام توليفة من آليات التمويل لدعم عملية نشر البنية التحتية المنفعلة والنشطة في جميع البلديات التي تستهدفها السياسة العامة.

ومن المؤكد أن استخدام الأسهم في هذه المرحلة من تقدير التكاليف هو أحد الخيارات، ولكن ربما من المستغرب أنه أقل شيوعاً مقارنةً بآليات التمويل الأخرى. ويعزى ذلك عموماً إلى ارتفاع تكلفة الأسهم مقارنة بأسعار الفائدة لتمويل الائتمان العام والخاص الموجه نحو الاستثمار في مشاريع البنية التحتية. إذ أن معظم الحكومات تمنح حوافز ضريبية للائتمان الاستثماري، مما يسمح لسوق المصارف الخاصة بتقديم ائتمان استثماري بأسعار فائدة منخفضة. وتقدم الحكومات نفسها ائتمانات استثمارية بأسعار فائدة مدعومة، من خلال مصارف التنمية التي تهدف إلى تشجيع بناء البنية التحتية الوطنية.

لهذه الأسباب، يمثل الائتمان الاستثماري الذي تقدمه المصارف العامة والخاصة أهم آلية تمويل تستخدم لدعم المرحلة المكلفة لنشر الشبكة، على الرغم من أن هذا النوع من آليات التمويل يفضل حتماً مشاريع البنية التحتية المستدامة اقتصادياً على المدى الطويل. وفي الواقع، يتطلب النفاذ إلى سوق ائتمان الاستثمار الخاص عادةً تخطيط أعمال شامل وصارم يثبت الجدوى الاقتصادية من مشروع البنية التحتية المراد تمويله.

ومع ذلك، فإن العديد من مشاريع البنية التحتية المدرجة في مبادرات السياسة العامة غير جذابة بطبيعتها من الناحية الاقتصادية، وإلا فإن إدراجها يؤدي إلى آثار مزاحمة غير مرغوب فيها، أي أنها تعيق الاستثمار الخاص باستبدال هذا الاستثمار بالاستثمار العام. وبالنسبة لمشاريع البنية التحتية غير الجذابة اقتصادياً، يمكن أن تكون الإعانات الحكومية أهم آلية تمويل متاحة. ويمكن تطبيق هذه الإعانات بشكل مباشر أو غير مباشر على سوق الاتصالات المحلية بغية تحسين جاذبية المشروع.

ويمكن مثلاً توفير الإعانات المباشرة من خلال صناديق الالتزام بالخدمة الشاملة التي تنشأ خصيصاً لتعزيز تنمية الاتصالات، أو حتى من خلال الإعفاءات الضريبية المحددة المطبقة على المشغلين الذين يشاركون في المشروع. ويمكن توفير الإعانات غير المباشرة عن طريق خفض رسوم ترخيص الطيف مقابل الالتزام بالنشر وتقديم الخدمة في مناطق غير جذابة مثلاً، أو عن طريق تحويل الغرامات المتراكمة لدى المشغل إلى التزامات للنشر وتوفير خدمات النطاق العريض في المناطق غير الجذابة.

وأخيراً، قد يستخدم بعض المشغلين التزامهم في مشاريع النطاق العريض الجديدة لرفع توقعات السوق وبالتالي الحصول على تمويل من إصدار الأسهم والسندات، ولكن آلية التمويل هذه أكثر شيوعاً في مرحلة حساب تكلفة تقديم الخدمات، للأسباب المعروضة في القسم 3.7 أدناه.

3.7 آليات التمويل لتقديم الخدمات

تبدأ المرحلة النهائية والأطول في تحديد التكلفة لمشروع النطاق العريض عند تشغيل الشبكة وتقديم الخدمات. وتتميز هذه المرحلة بكثافة توليد السيولة النقدية والحاجة إلى تعويم رأس المال لدعم تكاليف الإدارة والتشغيل والصيانة، بالإضافة إلى مواصلة الاستثمارات في توسيع الشبكة وتحديثها.

بالنظر إلى أن تعويم رأس المال عملية مكلفة عادة في أسواق الائتمان، فإن استخدام الأسهم لهذا الغرض أمر شائع جداً. ومن ناحية أخرى، فإن تكلفة الفرصة البديلة لتخصيص الأسهم لدعم التدفق النقدي لعملية طويلة الأجل تميل إلى الزيادة بسرعة، مما يجعل آليات التمويل الأخرى، مثل إصدار الأسهم والسندات، بدائل أفضل للتمويل طويل الأجل.

وفي الواقع، من شأن عملية سليمة تحقق إيرادات غزيرة ومتنامية أن تجتذب المستثمرين الذين يرغبون في الحصول على مكافأة عادلة طويلة الأجل من سندات الدين. وهكذا، كلما ازدادت سلامة التدفق النقدي للعملية، كانت الشركة أكثر جاذبية لضمان التمويل من خلال إصدار الأسهم والسندات، ذلك لأن الاستدامة الاقتصادية للعملية تتجسد في قيمة أعلى للأسهم وأسعار فائدة أخفض على سندات الدين.

ولئن كان من المكلف عموماً تأمين التمويل المصرفي الخاص لدعم تعويم رأس المال اللازم في هذه المرحلة، فإن بعض المشغلين متعددي الجنسيات يمكنهم حقاً النفاذ إلى سوق الائتمان الدولية والحصول على أسعار فائدة أدنى لتوفير خدمات التمويل. ولكن في معظم الحالات، يكون من العسير اجتذاب رأس المال الدولي لنشر النطاق العريض، بالنظر إلى العديد من المخاطر التي تنطوي عليها العملية - ومنها مخاطر زيادة التكلفة المالية، ومخاطر إحباط الطلب، ومخاطر تقلب أسعار الصرف.

وفي الواقع، قد يكون من المستحسن للحكومات التي تسعى إلى تعزيز نشر شبكة النطاق العريض في المناطق المنقوصة الخدمات أن توفر آلية ما لتخفيف مخاطر الطلب — من قبيل الضمانات المالية للمشغل لدعم انخفاض الإيرادات في حالة انخفاض الطلب دون سبب، أو ربط مبلغ رسوم الترخيص السنوية بقدرة المشغل السنوية على توليد الدخل.

وتتجلى مخاطر تقلب أسعار الصرف عندما تختلف العملة التي يتم فيها التمويل (سواء كانت أسهم المشغل أم أسهم طرف ثالث) عن العملة التي يتعين بها دفع تكاليف المشروع. ومن الآليات التي تستخدمها الحكومات عادة للتخفيف من هذه المخاطر هي التعاقد على حماية سعر الصرف، من أجل تخفيف أثر تقلبات أسعار الصرف الهامة على خطة أعمال المشغل.

ويعزى السبب في زيادة التكاليف المالية خلال المشروع إلى أثر التقلبات الكبيرة في سعر الفائدة في الاقتصاد على سعر الفائدة في التمويل المتعاقد عليه داخل البلد. ومن السبل التي يمكن للحكومات من خلالها الحد من هذا المحذور

هو التعاقد على مقايضات أسعار الفائدة، مما يؤدي إلى زيادة الجاذبية الاقتصادية للمشروع من منظور رأس المال الأجنبي.

8 الاستنتاجات

البنية التحتية لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات هي أساس الاقتصاد الرقمي اليوم، وهي توفر إمكانات هائلة لدفع عجلة التقدم نحو تحقيق أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة وتحسين أحوال الناس المعيشية في مجالات أساسية.

ويمثل تصميم خطة الأعمال التي تهدف إلى توصيل شبكات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات إلى المناطق المنقوصة الخدمة في المناطق النائية والريفية تحدياً كبيراً لواضعي السياسات الذين يتعين عليهم التفكير في تركيب البنية التحتية الوطنية والعابرة للحدود وتشغيلها ونقلها وتطويرها، وكذلك في التكاليف النسبية المرتبطة بتركيب الشبكة ونشرها والاستراتيجيات المثلى لتمويل الاستثمارات اللازمة.

وقد توخت مجموعة أدوات البنية التحتية لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات هذه معالجة كل من الاعتبارات الرئيسية وآليات أفضل الممارسات للتخطيط، وتقدير التكاليف والطلب والإيرادات، وتقييم خيارات التمويل، مع التركيز بشكل خاص على المشاريع التي تخدم مناطق غير جذابة اقتصادياً. والجمهور المستهدف من مجموعة الأدوات هذه هو الدول الأعضاء في الاتحاد التي تلتمس الإرشاد بشأن كيفية وضع خطط أعمال موثوقة ومتماسكة وراسخة لتوسيع تغطية الشبكة وضمان قابلية الاستدامة.

واستناداً إلى هذه المبادئ التوجيهية، يمكن لواضعي السياسات والهيئات التنظيمية استبانة مدى الجدوى الاقتصادية، على وجه الدقة، من خلال حساب صافي القيمة الحالية للمشروع.

وينبغي لواضعي السياسات الذين يهدفون إلى تمكين مشاريع البنية التحتية للنطاق العريض، وهي عادةً كثيفة الاستخدام لرأس المال إلى حد كبير، إجراء دراسة متعمقة لبدائل التمويل المحتملة التي يمكن للحكومة أن تقدمها، وكذلك لتوفر الائتمان الخاص في السوق المحلية، من أجل الإلمام بشكل واضح بالشروط اللازمة التي يمكن أن تعزز جاذبية المشروع الاقتصادي من منظور رأس المال الأجنبي. وهذا يتسم بأهمية خاصة عندما يشير صافي القيمة الحالية المقدّرة للمشروع إلى عدم جاذبية نشر الشبكة وتوفير الخدمات في المناطق التي صنفتها الحكومة بمثابة مناطق ذات أولوية لزيادة الاستثمار في البنية التحتية للاتصالات.

أخيراً، دعونا نؤكد مرة أخرى المبادئ الأربعة الأساسية لجميع خطط الأعمال التي تشملها السياسة العامة:

- استخدام أكبر قدر ممكن من البيانات المفتوحة؛
- استخدام الدراسات من مصادر معترف بها وذات مصداقية دولية؛
- استخدام الأدوات القابلة للتدقيق؛
- توخي التحفظ عند إجراء التقديرات.

وهذه التوصيات ضرورية لإضفاء المصداقية على العملية برمتها.

وبالنظر إلى الفجوات الهائلة في البنية التحتية لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات التي ما زالت قائمة في العديد من البلدان - حتى في بعض البلدان الأكثر تقدماً في العالم - يأمل المؤلفون أن تنهض مجموعة الأدوات هذه بدور هام في المساعدة على توفير النطاق العريض للجميع، والمساهمة في تحقيق أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة.

قائمة المختصرات

ARPU	متوسط الإيراد لكل مستعمل (*Average Revenue Per User*)
CAPM	نموذج تسعير الأصول الرأسمالية (*Capital Asset Pricing Model*)
CAPEX	النفقات الرأسمالية (*Capital Expenditure*)
CPE	معدات أماكن المستعمل (*Customer Premises Equipment*)
CRP	بدل المخاطر القطرية (*Country Risk Premium*)
DWDM	تعدد إرسال مكثف بتقسيم طول الموجة (*Dense Wavelength Division Multiplexing*)
DSL	خط مشترك رقمي (*Digital Subscriber Line*)
EBIT	الأرباح قبل الفوائد والضرائب (*Earnings Before Interest and Taxes*)
EBITDA	الأرباح قبل الفوائد والضرائب والإهلاك والاستهلاك (*Earnings before interest, taxes, depreciation and amortization*)
FTTH	توصيل الألياف إلى المنازل (*Fibre to the home*)
FTTO	توصيل الألياف إلى المكاتب (*Fibre to the office*)
4G	معيار الجيل الرابع (*Fourth Generation Standard*)
FCF	التدفق النقدي الحر (*Free Cash Flow*)
FAC	كامل التكلفة المخصصة (*Full Allocated Cost*)
GDP	الناتج المحلي الإجمالي (*Gross Domestic Product*)
GDPPC	الناتج المحلي الإجمالي للفرد (*Gross Domestic Product Per Capita*)
HC	منزل موصول (*Home-connected*)
HP	منزل مشمول (*Home-passed*)
HSPA	نفاذ عالي السرعة بأسلوب الرزم (*High Speed Packet Access*)
HFC	كبل ليفي متحد المحور هجين (*Hybrid Fibre Coax*)
ICT	تكنولوجيا المعلومات والاتصالات (*Information and Communications Technology*)
IEEE	معهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*)
IRR	معدل العائد الداخلي (*Internal Rate of Return*)
LTE	التطور طويل الأجل (*Long Term Evolution*)
MOU	دقائق الاستعمال (*Minutes of Usage*)
MRP	علاوة مخاطر السوق (*Market Risk Premium*)
NPV	صافي القيمة الحالية (*Net Present Value*)
OCF	التدفق النقدي للتشغيل (*Operating Cash Flow*)
OPEX	نفقات تشغيلية (*Operational Expenditure*)

ODN	شبكة توزيع بصرية (*Optical Distribution Network*)
OLT	مطراف خط بصري (*Optical Line Terminal*)
ONT	شبكة خط بصري (*Optical Network Terminal*)
OECD	منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي (*Organisation for Economic Co-operation and Development*)
PPP	شراكة بين القطاعين العام والخاص (*Public Private Partnership*)
QAM	تشكيل اتساع تربيعي (*Quadrature Amplitude Modulation*)
RAN	شبكة نفاذ راديوي (*Radio Access Network*)
R&D	البحوث والتنمية (*Research and Development*)
ROI	عائد الاستثمار (*Return on Investment*)
RPM	الإيراد لكل دقيقة (*Revenue per Minute*)
SDH	تراتب رقمي متزامن (*Synchronous Digital Hierarchy*)
3G	معيار الجيل الثالث (*Third Generation Standard*)
TCO	مجموع تكاليف التشغيل (*Total Cost of Operation*)
USF	صندوق الخدمة الشاملة (*Universal Service Fund*)
WACC	المتوسط المرجح لتكلفة رأس المال (*Weighted Average Cost of Capital*)
WCDMA	نفاذ متعدد بتقسيم الشفرة عريض النطاق (*Wide-Band Code-Division Multiple Access*)

بيبليوغرافيا

Berk, J., DeMarzo, P. & Stangeland, D. (2015) *Corporate Finance* (3rd Canadian ed.), Pearson Canada (Toronto) ISBN 978-0133552683, p. 64.

Blume, M. (1979) *Betas and Their Regression Tendencies: Some Further Evidence*, Journal of Finance, Volume 34 Issue 1, 265-67.

Brown, S.J & Warner, J.B. (1980) *Measuring Security Price Performance*, Journal of Financial Economics, Volume 8 Issue 3, 205-58.

Brown, S.J & Warner, J.B. (1985) *Using Daily Stock Returns: The Case of Event Studies*, Journal of Financial Economics, Volume 14 Issue 1, 3-31.

Bruner, R.F., Eades, K.M., Harris, R.S. & Higgins, R.C. (1998) *Best Practices in Estimating the Cost of Capital: Survey and Synthesis*, Financial Practice and Education, Spring/Summer, 13-28.

Cadman, R. and Dineen, C. (2008) *Price and income elasticity of demand for broadband subscriptions: A cross-sectional model of OECD countries,* SPC Network, https://spcnetwork.eu/uploads/Broadband_Price_Elasticity.pdf.

Cardona, M. et al. (2009) *Demand estimation and market definition for broadband Internet services*, Journal of Regulatory Economics, Volume 35 Issue 1, 70-95.

Cisco Systems Inc., (2017) *Cisco Visual Networking Index Global Mobile Data Traffic Forecast Update*, 2016–2021, white paper, https://bit.ly/2vu69MQ.

Copeland, T.E., Koller, T., & Murrin, J. (1999) *Valuation: Measuring and Managing the Value of Companies*, John Wiley and Sons.

Damodaran, A. (2001) *Corporate Finance: Theory and Practice,* (2nd edition) John Wiley and Sons, New York.

Damodaran, A. (1999) *The Dark Side of Valuation: Firms with No Earnings, No History and No Comparables,* NYY Working Paper nº FIN-99-022. ,

Dimson, E. (1979) *Risk Measurement When Shares are Subject to Infrequent Trading*, Journal of Financial Economics, Volume 7 Issue 2, 197-226.

Fildes, R. & Kumar, V (2002) *Telecommunications demand forecasting – a review*, International Journal of Forecasting, Volume 18 Issue 4, 489-522.

Garbacz, C. & Thompson, H. G. (2007) *Demand for telecommunication services in developing countries*, Telecommunications Policy, Volume 31 Issue 5, 276-289.

ITU Broadband Maps (2019) available at: https://www.itu.int/en/ITU-D/Technology/Pages/InteractiveTransmissionMaps.aspx.

ITU ICT-Eye database is available at http://www.itu.int/net4/itu-d/icteye/Default.aspx.

ITU Infrastructure Development Portal available at https://www.itu.int/en/ITU-D/Regulatory-Market/Pages/InfrastructurePortal.aspx.

ITU Key 2005 – 2018 ICT Data, available at https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/statistics/2018/ITU_Key_2005-2018_ICT_data_with%20LDCs_rev27Nov2018.xls.

ITU-T Recommendations Series G: Transmission systems and media, digital systems and networks, available at https://www.itu.int/rec/T-REC-G/en

Mitcsenkov, A., Kantor, M., Casier, K., Lannoo, B., Wajda, K., Chen, J., & Wosinska, L. (2013) *Geometric versus Geographic Models for the Estimation of an FTTH Deployment*, Telecommunication Systems, Volume 54, 113–127, https://doi.org/10.1007/S11235-013-9720-3.

Hamada, R.S. (1972) *The Effect of the Firm's Capital Structure on the Systematic Risk of Common Stocks*, Journal of Finance, Volume 27, 435-452.

Hausman, J. A. & Ros, A. J. (2013) *An econometric assessment of telecommunications prices and consumer surplus in Mexico using panel data*, Journal of Regulatory Economics, Volume 43 Issue 3.

Katz, Raul L. (2009) *Estimating broadband demand and its economic impact in Latin America*, proceedings of the 3rd Acorn-Redecom Conference, Mexico City.

Khan, M.Y. (1993) *Theory & Problems in Financial Management*, McGraw Hill Higher Education, ISBN 978-0-07-463683-1.

Knoll, T. M. (2012) *LTE Network Design from a Techno-Economic Perspective*, https://bit.ly/2DcitnT

Landsburg, S. E. (2001) *Price Theory and Applications*, South-Western, 5th edition.

Gregory Mankiw, N. (2000) *Principles of Microeconomics*. South-Western, 2nd edition.

Salcedo, A. & Kuhlmann, F. (2016) *A model to estimate the broadband and Internet access demand for typical Mexican rural communities*, Communication Policy Research Latin America, Volume 10.

Scholes, M. & Williams, J.T. (1977) *Estimating Betas from Nonsynchronous Data*, Journal of Financial Economics, Volume 5, Issue 3, 309-27.

Paolini, M. (2012) *The economics of small cells and Wi-Fi offload*, Senza Fili Consulting.

Roberts, M. (2014) *Smartphone use transforming with the rise of 4G and WiFi*, Informa Telecoms & Media.

Sobolewski, M. & Kopczewski, T. (2017) *Estimating demand for fixed-line telecommunication bundles*, Telecommunications Policy, Volume 41 Issue 4, 227-241.

الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU)
مكتب تنمية الاتصالات (BDT)
مكتب المدير

Place des Nations
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Email: bdtdirector@itu.int
Tel.: +41 22 730 5035/5435
Fax: +41 22 730 5484

مكتب نائب المدير ودائرة تنسيق العمليات الميدانية للحضور الإقليمي (DDR)

Place des Nations
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Email: bdtdeputydir@itu.int
Tel.: +41 22 730 5131
Fax: +41 22 730 5484

دائرة الشبكات الرقمية والمجتمع الرقمي (DNS)

Email: bdt-dns@itu.int
Tel.: +41 22 730 5421
Fax: +41 22 730 5484

دائرة محور المعارف الرقمية (DKH)

Email bdt-dkh@itu.int
Tel.: +41 22 730 5900
Fax: +41 22 730 5484

دائرة الشراكات من أجل التنمية الرقمية (PDD)

Email: bdt-pdd@itu.int
Tel.: +41 22 730 5447
Fax: +41 22 730 5484

إفريقيا

إثيوبيا
المكتب الإقليمي للاتحاد

Gambia Road
Leghar Ethio Telecom Bldg. 3rd floor
P.O. Box 60 005
Addis Ababa - Ethiopia

Email: itu-ro-africa@itu.int
Tel.: +251 11 551 4977
Tel.: +251 11 551 4855
Tel.: +251 11 551 8328
Fax: +251 11 551 7299

الكاميرون
مكتب المنطقة للاتحاد

Immeuble CAMPOST, 3e étage
Boulevard du 20 mai
Boîte postale 11017
Yaoundé - Cameroon

Email: itu-yaounde@itu.int
Tel.: + 237 22 22 9292
Tel.: + 237 22 22 9291
Fax: + 237 22 22 9297

السنغال
مكتب المنطقة للاتحاد

8, Route des Almadies
Immeuble Rokhaya, 3e étage
Boîte postale 29471
Dakar - Yoff - Senegal

Email: itu-dakar@itu.int
Tel.: +221 33 859 7010
Tel.: +221 33 859 7021
Fax: +221 33 868 6386

زيمبابوي
مكتب المنطقة للاتحاد

TelOne Centre for Learning
Corner Samora Machel and
Hampton Road
P.O. Box BE 792
Belvedere Harare - Zimbabwe

Email: itu-harare@itu.int
Tel.: +263 4 77 5939
Tel.: +263 4 77 5941
Fax: +263 4 77 1257

الأمريكتان

البرازيل
المكتب الإقليمي للاتحاد

SAUS Quadra 6 Ed. Luis Eduardo Magalhães,
Bloco "E", 10º andar, Ala Sul (Anatel)
CEP 70070-940 Brasilia - DF - Brazil

Email: itubrasilia@itu.int
Tel.: +55 61 2312 2730-1
Tel.: +55 61 2312 2733-5
Fax: +55 61 2312 2738

بربادوس
مكتب المنطقة للاتحاد

United Nations House
Marine Gardens
Hastings, Christ Church
P.O. Box 1047
Bridgetown - Barbados

Email: itubridgetown@itu.int
Tel.: +1 246 431 0343
Fax: +1 246 437 7403

شيلي
مكتب المنطقة للاتحاد

Merced 753, Piso 4
Santiago de Chile
Chile

Email: itusantiago@itu.int
Tel.: +56 2 632 6134/6147
Fax: +56 2 632 6154

هندوراس
مكتب المنطقة للاتحاد

Colonia Altos de Miramontes
Calle principal, Edificio No. 1583
Frente a Santos y Cía
Apartado Postal 976
Tegucigalpa - Honduras

Email: itutegucigalpa@itu.int
Tel.: +504 2235 5470
Fax: +504 2235 5471

الدول العربية

مصر
المكتب الإقليمي للاتحاد

Smart Village, Building B 147,
3rd floor
Km 28 Cairo
Alexandria Desert Road
Giza Governorate
Cairo
Egypt

Email: itu-ro-arabstates@itu.int
Tel.: +202 3537 1777
Fax: +202 3537 1888

آسيا – المحيط الهادئ

تايلاند
المكتب الإقليمي للاتحاد

Thailand Post Training Center
5th floor
111 Chaengwattana Road
Laksi - Bangkok 10210 - Thailand

Mailing address:
P.O. Box 178, Laksi Post Office
Laksi, Bangkok 10210, Thailand

Email: ituasiapacificregion@itu.int
Tel.: +66 2 575 0055
Fax: +66 2 575 3507

إندونيسيا
مكتب المنطقة للاتحاد

Sapta Pesona Building
13th floor
Jl. Merdan Merdeka Barat No. 17
Jakarta 10110 - Indonesia

Mailing address:
c/o UNDP – P.O. Box 2338
Jakarta 10110, Indonesia

Email: ituasiapacificregion@itu.int
Tel.: +62 21 381 3572
Tel.: +62 21 380 2322/2324
Fax: +62 21 389 5521

كومنولث الدول المستقلة

الاتحاد الروسي
المكتب الإقليمي للاتحاد

4, Building 1
Sergiy Radonezhsky Str.
Moscow 105120
Russian Federation

Email: itumoscow@itu.int
Tel.: +7 495 926 6070

أوروبا

سويسرا
الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU)
مكتب أوروبا (EUR)

Place des Nations
CH-1211 Geneva 20 - Switzerland

Email: eurregion@itu.int
Tel.: +41 22 730 5467
Fax: +41 22 730 5484

الاتحـاد الــدولي للاتصــالات
Place des Nations
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
www.itu.int

ISBN: 978-92-61-28876-1

نُشرت في سويسرا
جنيف، 2019
إصدار الصور: Shutterstock