

信息通信技术基础设施业务 规划工具包

2019



信息通信 技术基础设施 业务规划工具包

2019

致谢

本报告由国际电信联盟（ITU）的专家Tiago Sousa Prado、Priscila Honório Evagelista和Abraão Balbino e Silva在国际电联电信发展局（BDT）的监督下撰写。

ISBN

978-92-61-28875-4（纸质版）

978-92-61-28885-3（电子版）

978-92-61-28895-2（EPUB版）

978-92-61-28905-8（Mobi版）

© ITU 2019

一些保留的权利。该作品通过创作共享署名-非商业-共享3.0 IGO许可（CC BY-NC-SA 3.0 IGO）向公众授权。

根据本许可证的条款，如果作品被适当引用，您可以出于非商业目的复制、重新分发和改编作品。在使用该作品时，不应建议国际电联认可任何具体的组织、产品或服务。不允许未经授权使用国际电联的名称或标志。如果您改编作品，那么您必须在相同或等效的创作共用许可下使您的作品获得许可。如果您创作了这部作品的译文，你应该加上下面的免责声明以及建议的引文：“这部译文不是由国际电信联盟（ITU）创作的。国际电联对本译文的内容或准确性不承担任何责任。英文原版应为具有约束力的真实版本”。欲了解更多信息，请访问：

问：<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/>。

我们日益数字化的社会，围绕对于服务、应用和内容的高速、始终在线的接入的打造，依赖于无处不在、价格可承受、现代化的、弹性的信息通信技术基础设施。

将宽带互联网的接入拓展至未获得服务或服务不足的人口，从而加快推动联合国可持续发展目标的进展，是电信和信息通信技术全球公共政策和规则的核心支柱之一。

2018年年底，国际电联首次披露，超过半数的全球人口现在正在使用互联网。虽然这一数字令人振奋，但是我们要记住，世界上有一半人口已连接也意味着还有一半的人口尚未连接。

长期缺乏网络基础设施是主要原因之一 – 传输网络和接入网络缺失、终端用户无法获得终端设备和器材，甚至在服务可用时无法支付服务费用 – 所有这些都导致了愿意、甚至能够提供接入和服务的提供商的缺席。

落实正确的监管安排、实施连通措施和配置适当的工具，以促进基础设施部署，尤其是在农村和偏远地区，对于通过对快速、可靠的在线技术和服务的接入来推动全数字包容性来说至关重要。

这一新工具包为监管者和政策制定者提供了清晰实用的方法，用来对建议的宽带基础设施的安装和部署方案进行准确的经济评估。我们相信，工具包提供的专家指南将极大推动为各类不同的宽带基础设施部署项目制定可靠、连贯的业务方案。

我希望，世界各地的监管者和政策制定者，在为所有人提供宽带网络和接入的努力中，能够很快将这一新的工具包认可为具有价值的手册。



国际电联电信发展局主任
多琳·伯格丹-马丁

前言	iii
1 宽带业务规划	1
1.1 业务规划	4
1.2 制定业务规划的挑战	7
1.3 作为公共政策工具的业务规划	8
2 估算宽带业务需求	9
2.1 采用经济计量方法估算需求	11
2.2 通过德尔菲模型来进行需求估算	13
2.3 将需求分解为不同部分	14
2.4 估算潜在新运营商的市场份额	16
3 估算宽带业务提供的收入	17
3.1 估算移动宽带项目的收入	18
3.2 估算固定宽带项目的收入	18
3.3 估算传输网项目收入	20
3.4 整个项目期内的收入行为	20
4 估算宽带网络投资（CAPEX）	20
4.1 移动宽带接入网络	21
4.2 固定宽带接入网络	26
4.3 传输网	36
5 估算提供宽带业务的运营费用（OPEX）	37
5.1 使用成本模型来估算OPEX	37
5.2 使用以前的成本和费用来估算OPEX	40
5.3 使用基准数来估算OPEX	41
6 估算加权平均资本成本（WACC）	43
7 用于推动宽带基础设施项目的融资机制	51
7.1 项目和许可证发放融资机制	52
7.2 基础设施部署融资机制	53
7.3 业务提供融资机制	53
8 结论	54

首字母缩略词清单	56
----------	----

参考书目	58
------	----

表格、图片和方框列表

表目录

表1: 光纤连通范围内的宽带普及率和人口之间的比较	2
表2: 德尔菲法调查问卷的问题例子。	14
表3: 运营和维护成本	39
表4: 总OPEX	39
表5: 总OPEX	41
表6: 总OPEX	42
表7: 本地和全球CAPM利弊之处对比	45

图目录

图1: 国际电联互动传输图: 地面信息高速公路 (2018年12月)	1
图2: 回归曲线 (互联网普及率x人均国内生产总值)	12
图3: 移动宽带需求分解示例	15
图4: 固定宽带需求分解示例	16
图5: 净收入估算方案	18
图6: LTE异构网络	21
图7: 光纤到户网络拓扑	27
图8: SSL几何模型	31
图9: 总成本构成	38
图10: 费用/净收入比例	38
图11: 历史费用/净收入比例	40
图12: CAPEX/OPEX比例	41
图13: 单位OPEX	42
图14: NPV计算的步骤1-4	49
图15: NPV计算的步骤5和步骤6	49
图16: 典型基础设施项目融资机制的分配	52

框目录

估算潜在新运营商的市场份额	17
估算固定宽带项目收入	19
宏小区	22

小基站	25
光线路终端	29
光纤计算（分路器层）	30
光纤计算（覆盖家庭）	34
使用模型来估算OPEX	40
使用以前的成本和费用来估算OPEX	42
通过全球CAPM方式估算WACC	47
净现值（NPV）计算	51

1 宽带业务规划

引言

宽带网络的发展和部署使巨额投资成为必要。考虑到服务提供商必须在存在巨大差异的物理和经济环境中运营，投资中的大部分—从研发到能够在极端条件下工作的专用设备—的使用目的是使信息通信技术网络基础设施在世界范围内各类市场的部署和成功运营成为可能。

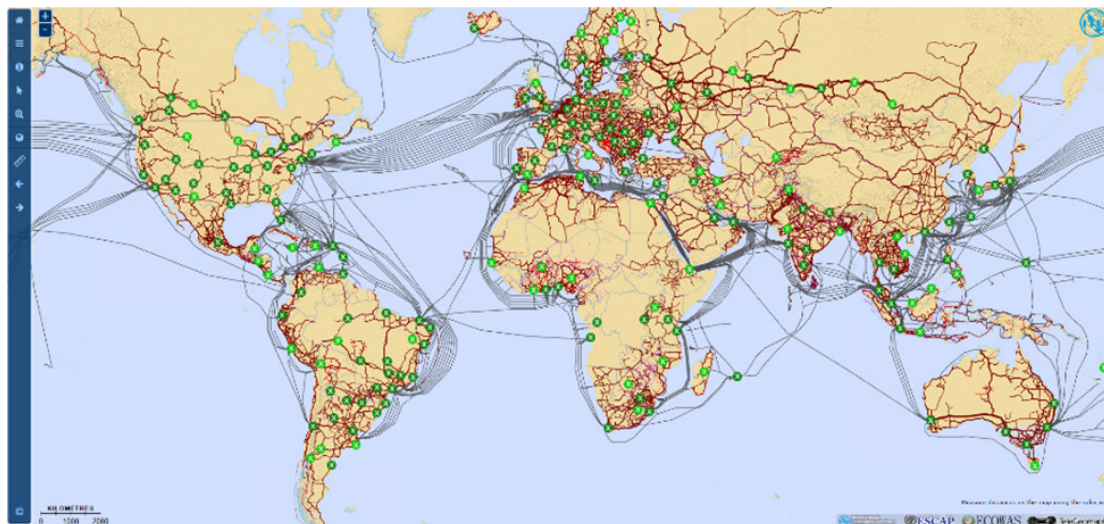
在具备经济吸引力的地区，例如大型城镇，基础设施的实现几乎是自然发生的，因为市场力量会采取行动满足需求。然而，在经济、地理和/或者人口障碍限制了宽带网络基础设施接入的地区，尤其是农村和偏远地区，情况常常大为不同；造成的结果就是大量人口仍然被隔绝在数字世界之外。

监管者和政策制定者已探索了通过各类战略，例如公共基金、普遍服务基金、公-私合作伙伴关系、降低射频频谱的保留价格和其他补贴机制来拓展宽带网络接入的机制。此类目标通常将重点放在被视为缺乏经济吸引力的地区—仅凭这些地区的市场力量无法在没有某类补贴以促进投资的情况下提供服务—的网络的建设和提供。

数字鸿沟

虽然已有能够在偏远和孤立地区提供服务的技术，并且还专门为这些地区开发了更新的技术，但要连接世界上另一半人口仍然是一个难题，面临一些基本的潜在挑战：国际电联2018年互动传输图¹充分描述了世界上大部分地区高速骨干网的持续缺乏情况。

图1：国际电联互动传输图：地面信息高速公路（2018年12月）²



来源：国际电联

¹ 国际电联实现可持续发展目标信息通信技术基础设施映射图，见<https://itu.int/go/map-public>

² 来源：国际电联：<https://itu.int/go/Maps>

此外，光纤连通范围内的宽带普及率和人口之间的比较可以发现，数十亿人口继续生活在尚未接入全球地面传输网络的国家和地区。

表1：光纤连通范围内的宽带普及率和人口之间的比较

	非洲	阿拉伯国家	亚太	独立国家联合体	欧洲	美洲	世界
使用互联网的個人	24.4%	54.7%	47.0%	71.3%	79.6%	69.6%	51.2%
固定宽带订购	0.6%	5.1%	13.6%	19.0%	31.3%	20.6%	14.1%
活跃移动宽带订购	29.7%	62.7%	68.3%	79.2%	93.6%	97.1%	69.3%
光纤节点10 km范围内人口	23.6%	23.3%	20.0%	35.1%	58.1%	40.6%	27.2%
光纤节点25 km范围内人口	47.5%	53.8%	47.2%	65.9%	87.5%	75.1%	55.4%
光纤节点50 km范围内人口	68.6%	78.3%	70.3%	82.9%	96.9%	90.1%	75.9%

来源：国际电联2005–2018年信息通信技术关键数据

https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/statistics/2018/ITU_Key_2005-2018 ICT_data_with%20LDCs_rev27Nov2018.xls

使用日益完整的世界传输网络图，国际电联估算，在全球75亿人口中³，有20亿人口（27.2%）生活在距离光纤节点10 km的范围内，42亿人（55.4%）生活在距离光纤节点25 km的范围内，57亿人（75.9%）生活在距离光纤节点50 km的范围内，68亿人（90.5%）生活在距离使用中的光纤网络节点100 km的范围内。相比之下，55亿人生活在10 km范围之外，33亿人生活在25 km范围之外，18亿人生活在50 km范围之外，而7.1亿人生活在距离使用中的光纤网络节点100 km的范围之外。

宽带网络接入方面的公共政策不应仅仅关注确定基础设施鸿沟和要求服务提供，最重要的是还须关注更好地找出可能的资金来源，以及鼓励和促进服务提供的更加有效的战略。

虽然围绕这一问题已经有了更多讨论，包括进行了许多研究，并建议了旨在推动宽带发展的新公共政策分析的基准和建议，但是，最佳战略始终涉及对于每个具体项目的深入理解。例如，为特定的农村人口提供宽带服务的最佳途径是什么？通过卫星还是地面基础设施？或者，如何确定在一个城市部署光纤骨干网的经济可行性？

因此，显然需要对不同基础设施项目进行识别、量化和客观比较，从而对一个基于坚实技术参数的公共政策进行评估。但是在许多国家，监管者和政策制定者经常不了解执行这一任务的具体方法，反而依靠对此评估来说不一定是最高效的机制，最终导致某个地区的基础设施建设不足，甚至有时被高估。

基础设施安装和部署的宽带业务规划

本工具包为监管者和政策制定者提供了旨在对建议的宽带项目做出正确经济评估的方法，目的是作为一个实用工具来促进对于基础设施安装和部署方案的全面评估。

³ 2018年11月数据。

此工具包由一套理论原则以及关于如何估算一个项目的净现值的实用指南构成。更具体的说，工具包研究确定项目需求、运营和维护成本、产生的收入、所需的投资金额和确定所有必需的资本成本的机制。

本方法使用的经济和会计概念是被广泛接受并有文献证明的；就本身而言，本方法并不建议对这些概念进行进一步分析或辩论。相反，这些概念已被用于创建实用性的指导，以制定战略来打造宽带基础设施，并评估潜在运营商的业务规划：使用什么类型的数据？如何评估需求、投资和运营成本之类的变量？如何估算不同项目元素的资本成本？

为了推动更具体的理解，工具包给出一般项目作为例子，例如光纤骨干网络建设，4G LTE（长期演进）无线宽带网络和光纤到户（FTTH）接入网项目。

为清楚起见，本工具包被分为以下几个部分：

- 1) 宽带业务规划原则。
- 2) 估算宽带业务需求。
- 3) 估算宽带业务提供的收入。
- 4) 估算宽带网络投资需求 – 资本费用（CAPEX）。
- 5) 估算宽带业务提供的运营费用（OPEX）。
- 6) 估算加权平均资本成本（WACC）。
- 7) 估算宽带基础设施项目的净现值（NPV）。
- 8) 融资机制。

第一节概述了估算一个项目净现值的理论原则和方法。这是任何宽带业务提供的业务方案的建设基础。这一节还讨论了为什么监管者和政策制定者在对不同类型的宽带项目进行经济评估时可以采用这种方法。

第二节讨论了宽带服务需求估算的模型和技术，以及可使用的原始数据类型。本节涵盖的问题包括：政策制定者如何预估对某一服务的需求？这一需求随着时间发展会如何演进？现有的竞争性环境如何满足这一需求？

第三节探讨了该项目产生的预估收入。这一变量十分重要，因为它定义了基础设施项目中何时以及如何输入。本节给出了如何估算收入、如何将收入与预估需求进行匹配，以及如何随着时间发展而改变的例子。

第四节探讨了资本费用模型。这一变量对于整个生态系统来说至关重要，这也是该项目的基础设施需要建模之处：设备类型、理论依据和各种类型的项目随时间变化的建模投资的实用建议都会涉及。

第五节探讨运营费用。在为宽带网络建模时，哪些变量很重要？可以从哪里获得这一信息？监管者和政策制定者可使用的、为项目的运营费用建模的最佳方式是什么？

第六节我们探讨加权平均资本成本，这表示待分析的项目的贴现率。这一比率意味着什么？为什么如此重要？在没有具体数据的情况下如何进行预估？这一节为计算这一复杂变量提供了实际方向。

工具包的第七节是总结，为将所有变量合并入一个单独的工具以估算项目净现值提供指导。

第八节和最后一节探讨了融资机制，以及在宽带公共政策中可采用的各类可行的替代方案。

对于致力于拓展宽带网络部署和接入的监管者和政策制定者来说，本工具包可作为一个实用的宝贵手册。信息通信技术网络运营商也可以使用自己的补充项目评估工具来满足管理层和公司利益攸关方的具体需要，但本工具包可作为一本基本的可理解指南，用于创建适用于广泛的宽带基础设施项目的可靠、连贯的业务规划。

1.1 业务规划

业务规划是一个规划工具。在该工具中，涉及建立和经营企业的主要变量以一种有组织的方式呈现。起草业务规划并没有单一、严格和具体的结构。然而，一份好的业务规划应包括至少需要分析的几个方面，以提供对探讨的活动的理解。

指导实施宽带安装和部署的业务规划的目标须包含对于构成业务的关键变量的准确评估。因此，除了各国相关法律文件中定义的要素（例如税收比例）之外，需求、收入、投资、费用和资本成本等业务变量可以（并且应当）以最终结果可反映该项目的值的方式来进行研究和估算。

此外，不得忽略对企业经营的竞争环境进行分析的重要性，因为这对于需求和分配给项目的收入之类的问题具有重要影响。

最经常使用到的评估电信资产的经济价值的方式是从现金流的角度进行评估。根据这一观点，资产（例如射频）的价格须与业务在预先确定的一段时间内使用资产所创造出的经济效益成比例。

自由现金流（FCF）的净现值（NPV）是用于估算特定的公司和项目的方法。该方法被投资银行、咨询机构和创业机构广泛使用于计算一个组织机构或其中一项业务的价值，无论是被用于内部目的、投资分析，还是并购。

在这种方法中，给定业务的价值由反映与投资相关的风险的贴现现金流率来确定。NPV模式包含建立最优投资决策准则的三个基本的普遍原则：

- i. 投资的估价基于经营性现金流计算；
- ii. 风险包含在对投资的经济评估中，尊重投资者风险收益冲突方面的偏好；
- iii. 结果计算根据适当的贴现率来确定资产的现值，以支付给资本所有者。

基于这一分析框架，监管者可使用一套标准的金融工具，根据市场情况来计算任何给定项目的价值。

使用贴现现金流方法计算的净现值反映了公司在给定项目中可获得的超过投资成本—已通过资本的机会成本，按一定的回报率获得适当报酬。换句话说，这是企业家可以获得的利润，对企业家通过从事其他活动可获得的机会成本和由此产生的利润进行折现。⁴

NPV计算将整个项目期间业务每年的所有收入和支出，以及业务实施所需的总投资的估算考虑在内。

换句话说：

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

其中：

NPV = 净现值

FCF_t = 时期t内的自由现金流

r = 贴现率（WACC）

t = 周期数

计算某一时期自由现金流的一般模型为：

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

和

$$EBIT^5 = \text{收入} - OPEX$$

其中：

De = 折旧

Am = 摊销

tax rate（税率）= 涉及的税率

CAPEX = 资本费用

OPEX = 运营费用

以下是每一个变量的含义的简要概述；下几节将详细介绍对这些变量进行估算的实用方法。

⁴ 从财务的角度来看，还有其他令人感兴趣的评估公司和企业的方法。例如，投资回报、内部收益率（IRR）或投资利润率（ROI）等指标也被探索对项目进行评估的企业使用。从本工具包—其本身就是设计作为监管者和政策制定者的实用指南—的角度来看，重要的是要把这个方法理解为一个用来比较宽带基础设施项目的基本概念。

⁵ EBIT：息税前利润。

需求

需求变量在任何业务规划中都发挥着极为重要的作用，因为这一数据定义了建议业务的市场维度。其他变量，例如投资、收入和支出的确定都与需求预测密不可分。

在这一点上，为了我们的目的，强调对在构成项目的时间框架的分隔段时间内发生的需求行为的评估十分重要。因此，监管者不仅需要针对所需服务提供的业务的精确概念，还需要对服务的潜在用户以及该潜力如何随着时间发展而演进的精确概念。

为此，收入、消费倾向和服务针对的目标大众的社会经济情况的统计数据对于构建精确的需求估算模型十分重要。所有寻求业务潜力评估的人都使用这些数据资源；毫无疑问，建模越精确，最终评估就越牢靠。

收入

在计算潜在业务收入时，熟悉业务提供的当前状况是至关重要的。其他市场的基准，以及将替代产品（即，将与建议的新业务直接竞争的产品）的存在考虑在内对于任何准确分析来说都至关重要。

对于收入的最终估算须包括完整的产品组合，例如数据业务、语音等。此刻，了解每用户平均收入（ARPU）历史对于构建一致的模型至关重要，尤其是当项目建议一个已经提供过的业务。任何分析必须与该地区的社会经济条件相符，因此将与支出相关的预先存在的人口统计研究纳入考虑是可取的。

运营费用（OPEX）

此变量对应建模业务的所有经营支出，统称为运营费用（OPEX）。这一变量的计算对于监管者来说存在难度，因为一般来说没有可用来支持它的测量的详细的公开可获得数据。

在缺乏数据的情况下，监管者需要求助于该业务的具体研究，注意可用于规划中的基础设施的实施的主要技术，以及提供类似服务的公司（例如其他频段的移动运营商）的资产负债表。

此外，监管者可使用从本地服务提供商获取的会计数据来完成对于这些费用的构成的分析。

另一个需要考虑的重要方面是在许可证有效期内的支出行为。由于建议的业务理论上尚未开始运营，该研究将涉及新的提供商，一开始需求很小，然后逐年增长。因此，支出曲线将遵循与估算需求成比例的行为。

然而，市场支出等因素倾向于根据投资曲线而表现，原因是这些因素与给定地点的业务可用性相关。

投资（CAPEX）

投资是任何项目业务规划的主要支柱之一。这一变量，统称为CAPEX（资本费用），基本覆盖业务提供所需的所有网络和系统基础设施的投资。因此，很重要的是，

监管者具备足够的技术知识，以便从供应商处获得相关技术和设备的报价，从而模拟可满足业务计划中概述的预期需求的假想网络的建设。

最后，为建模目的，应注意，建议的基础设施必须满足预计的随时间变化的需求，因此再投资和技术替代等方面需要被考虑在内。

1.2 制定业务规划的挑战

对于监管者和政策制定者来说，在按照这一方法设计项目评估规划时面临的关键问题是如何预估上文概述的每个变量。无论是由于信息不对称还是对于某一业务的未来行为不确定，进行一项精确估计这些变量的研究并非易事。

涉及的变量的数量，以及这些变量随时间变化的行为，会使得建模变得十分复杂；如果没有稳健的方法基础和足够的分类数据作为支持，准确的项目成本核算会变成一项不切实际的任务。

由于监管者和政策制定者通常对这些变量和数据都只有部分了解，因此标准做法是采用可靠的统计和/或者计量经济学预测做法来对每个变量做出粗略估算。

这带来一个基本问题：一项旨在确定公共政策的可行性与否的基于估算的研究，其可信度如何？答案在于，这一政策的执行机构通常会使用同样的方法进行自己的估算，因此存在协调这些问题的方法。为减少监管者和私营部门之间的信息不对称，可以采用三个不同战略：

- i. 对为监管者所知的公司账户（例如ARPU、MOU、RPM）和公司基本账户进行比较或交叉校验；
- ii. 使用公共拍卖文件，因为监管者可以定义参考价格，而投标之后的最终价格可揭示信息不对称；
- iii. 披露项目（例如在公共磋商中），使每个人都能够为公共机构建议的、基于估算的模型做出贡献。

实施审慎的方法评估，以减少项目业务规划所依据的研究所包含的前提之间的任何不对称是监管者的任务。

另一个基本问题是对于可审核性的需要。监管者和政策制定者经常会受到各类权威部门、消费者机构和媒体的监控。为确保透明度和可审核性，每个规划都需要提供具有足够说服力的公开数据和理论模型，以避免由于他们认为是、任意采用有问题的自由处置变量值而受到批评或攻击。

私营和公共机构之间存在差异，私营机构知道自己的成本、收入目标和项目。在制定规划时，私营机构完全了解相关变量，当与利益攸关方交流时可以使用（或不使用）这些变量，而无需确保一些涉及的变量的牢靠性或可审核性达到某一程度。

另一方面，在对给定业务的现金流进行估算时，除了对估算项目的信息不对称以外，公共机构还必须足够中立并且可审计，以确保达到流程所需要的可靠性和透明度。

此外，取决于相关国家的制度和法律框架，经常出现公共政策需要由监管机构（例如审计法院或外部审计员，包括在某些情况下会有司法系统）提交、评估和审计的情况。这一情况要求监管者/政策制定者制定的业务规划的牢靠性不仅要能够使规划获得通过，而且可以作为未来社会和法律的参考点。

由此产生了一些重要的建议。执行研究的监管者/政策制定者需要：

- **尽可能多地使用公开数据：**使用公开数据可以带来透明度；便于追踪和理解估算。
- **研究建立在认可的来源的基础之上：**每个业务规划都建立在来源的基础之上。不过，这些来源的可靠性十分重要。来自国际组织或实体或知名作者的采购信息、数据和分析可以赋予规划更多牢靠性。
- **使用可审计工具：**构成业务规划的所有变量之间的一套相互关系十分庞大。因此，以可追溯的方式制作模型至关重要，这样任何错误都可以得到改正。未能正确绘制的一个小错误可能导致原本可实现的项目变得无法实现-反之亦然。
- **进行保守估算：**每个业务规划都有一定的不确定性。无论是由于信息不对称还是必要的数量众多的长远规划，造成结果多样性的场景很常见。有鉴于此，谨慎的做法是做出保守选择，以允许一定的误差，而不会对项目造成根本性的破坏。

1.3 作为公共政策工具的业务规划

当一个项目具有积极的经济回报（即，回报为正净现值），就有理由期待这个项目可以在不需要政府行动或干预（比如，以补贴的形式）的情况下执行。传统上来说，监管者和政策制定者会将政府对于在某个缺乏服务区域扶持网络部署和服务提供激励的需要作为最大化社会福利的一个问题进行评估。这一评估以经济调节为前提，监管者或政策制定者须在经济回报为零的情况下刺激服务提供。这意味着，公司的投资资本应以市场平均资本成本获得公平回报。在这种情况下，服务的提供可以最大化社会福利。

通常使用两个战略来实现这一最大化：推动竞争和定价管制。在竞争性的市场中，价格自然会向经济效率靠拢。当竞争不存在的时候，经常需要一些定价方面的监管干预，以便尝试重现竞争环境的结果。

另一方面，经济回报为负的项目一开始就处于经济非可行的地位，若政策制定者认为项目有必要实施，公共政策行动的需要和范围通常由非可行程度决定。

私营机构通常根据经济回报承诺来选择其项目。他们根据对计划中的业务规划的分析结果，有战略地对项目进行优先排序，通常不会执行净现值为负的项目，因为这会给业务整体带来损失。因此，负净现值项目通常不被执行，而与这些项目相关的地理区域，例如农村和孤立的社区，由于经济上的不可行性和无盈利性往往被忽略。

正是在这种情况下，本工具包希望帮助监管者和政策制定者评估无法立即在经济上获益的项目对于社会的总体价值。既然公共政策不过是公众决定去做（或者不做）的倡议，评估本身在经济上并非有利可图的宽带基础设施项目的可行性的决定意味着已经将这一项目认定为公共利益项目。由此，识别项目不可行性的程度变成一个关键问题，因为答案可以定义甚至阻止项目的最终实施。

在此情况下，许多监管者和政策制定者容易产生技术误解，需要进行纠正。例如，通常假设给一个项目投资的可行性只须基于对于项目涉及的投资成本（CAPEX）的估算。比如说，通过接入4G LTE无线基础设施的方式为某一地区提供覆盖需要1000万美元的投资成本。通常认为这1000万美元是需要由政策支持者提供资助的准确数额，但是从财务的角度来看，这是一个严重的根本性错误，因为：

- i) 这仅仅考虑了业务的一个变量，而忽略了其他重要的考虑因素；
- ii) 没有从时间发展的角度来看待业务。

对于投资可行性的真实、准确的评估需要研究该项目的所有变量。例如，一个项目也许在经济上不可行的原因并不只是因为投资成本高昂，而且还因为预期的收入不足以收回全部成本。或者，反过来，也许收入充足，但运营和维护的持续成本加起来也使得该项目从经济上来说不可行。

出于这一考虑，测量经济不可行性程度的最佳机制是分析其净现值，因为这一做法准确地测量了业务的所有变量，评估随时间变化的情况，并显示了经济回报的差距—使监管者全面了解经济不可行的原因。

为了对宽带基础设施公共政策项目进行精确评估，制定业务规划时有必要为业务发展及其行为评估提供充分的评价周期。

本工具包的以下各节将对每个业务变量进行深入探讨。

2 估算宽带业务需求

业务规划的关键部分是估算对于将要提供的业务的需求。未能使用可靠的需求估算工具意味着政策制定者要承担推出一项不能满足人口实际需求的公共政策的风险。例如，政府可能决定在一个市镇投资建设一个光传送网络，以应对可感知到的日益增长的对于超宽频接入网络的需求。然而，由于社会经济因素，该市镇可能没有足够的需求来保证光纤传送网络建设的必要。如果能够更好地确定需求水平，政策制定者本可以选择能够反映市镇需求的项目。

了解需求的驱动因素对于任何需求估算的成功来说都至关重要。需求估算方法对于短期业务规划来说通常是准确的。估算长期需求是更大的挑战，因为存在许多无法预见的因素，将不可避免地对长期需求造成影响，尤其是在正在快速演进的电信领域。例如，需求估算可能不会将突然兴起的新技术考虑在内。经济衰退、政治动荡或其他财务问题也会影响需求。为了预测长期需求，政策制定者必须考虑到本国的社会、政治和经济历史，并深刻了解需求的驱动因素。这些洞见有时能够证明成功和失败的项目的区别。

当然，单单只有准确的需求估算无法保证项目的成功。但如果没有准确的需求估算，投资、运营成本、收入和其他资源分配方面的决策就可能要依靠隐藏的、无意识的假设—而假设经常被证明是错误的。努力准确估算市场需求为控制影响项目的主要因素提供了更好的机会。此外，进行估算活动迫使政策制定者重新思考和分析实施公共政策的市场环境，增加能够最好地满足不断增长的人口的需要的公共政策的机会。

可采用多种技术进行需求估算。历史数据、经济计量方法、采访和实验测试都是常用的估算业务的潜在需求的方式。

在稳定的市场，通常可以采用经济计量模型来估算需求，重点关注价格弹性估算。一个稳定的电信业务市场可以被认为是已经经营该业务多年的市场。

许多学术出版物谈到了固定和移动通信业务的需求估算。一般来说，它们采用基于时间序列数据或跨部门数据的模型来对一项业务的总需求进行估算。用于需求估算的主要驱动因素为：

- 价格；
- 收入；
- 购买力平价；
- 电信密度；
- 家庭人口结构。

估算业务接入和使用的需求主要使用价格和收入作为需求驱动因素。这类需求模型可被用于不同国家，只要使用该国的独立变量数据。估算价格弹性很可能需要取决于一国的收入、贸易类型和不同文化方面。由于这个原因，估算的价格弹性总是具有国别性。

可在世界银行公开数据网站⁶上查到国家概况、世界发展指标、国内生产总值、购买力平价和人口估算数字的数据库。可从国际电联信息通信技术之眼（ICT-Eye）⁷获取信息通信技术（ICT）指标和数据。该一站式数据库包含了电信/信息通信技术指标和统计数据、监管和政策、国家资费政策以及成本确定做法信息。此外，国际电联正在开展技术、经济、政策和监管方面的研究，并且在世界范围内收集有关基础设施发展和共享不断演进的数据。这些信息可从国际电联基础设施发展门户网站上获取⁸。

估算新业务的需求是更大的挑战。新业务与新的使用相关，并由新设备和新技术支持。虽然，原则上，新电信业务预测与其他领域并无不同，但是预测未开辟的市场的挑战还是使大部分学术预测人士避开这一领域。

对于新业务，无论是在推出之前还是推出之后，必须解决两个关键预测问题：估算业务不同时代的市场潜力和同样重要的，扩散路径—也就是说，新产品被采用的速度和时间，这反过来又会带来逐期销售⁹。对于许多应用来说还需要估算新技术的使用率。在推出之前，市场潜力和新来者是决定成功的关键因素，但随着时间推移，流失率（用来描述技术和竞争者之间的行为的变化）、退出率和使用率变得更加重要。

用于估算新业务的需求的主要元素是所谓的意愿调查、业务功能评估、选择模型、试点市场和/或者与其他产品类比图，甚至与其他国家的类比图。

⁶ 世界银行公开数据网站见<https://data.worldbank.org/data-catalog>

⁷ 国际电联信息通信技术之眼见<http://www.itu.int/net4/itu-d/icteye/Default.aspx>

⁸ 国际电联基础设施发展门户网站<https://www.itu.int/en/ITU-D/Regulatory-Market/Pages/InfrastructurePortal.aspx>

⁹ Fildes和Kumar（2002年）。

用于估算新业务的需求的数据通过调查或者（有时候）试验的方式收集。可以考虑一系列替代业务，也可以简单地询问受访者是否打算购买某项业务。也可以向一组专家提交一份调查问卷，就新业务征求一定程度的专业判断。在后一种情况下，可考虑使用的一个有效方法是德尔菲法¹⁰。

大部分电信业务都是通用的，因此新一代技术既提供现有服务，又扩大了可能的使用范围，比如4G LTE移动技术提供与3G技术同样的服务。在这种情况下，新的技术替代了3G提供的语音业务，同时通过支持更先进的数据应用拓展了使用范围。因此，可以通过将问题看作是先前市场和获得的新市场的结合，这是扩大了使用范围的结果，来评估市场潜力。经济计量模型可被用于估算对于业务的总需求，而德尔菲法可被用于根据每代技术的吸引力来分解这一需求。

重要的是要注意到不正确的假定并非来自于缺乏预测技术。所有人都可以使用回归分析、历史趋势平整法、德尔菲法/专家判断、特征评估、试点市场和其他方法。大部分不正确的需求评估都错误地假设在过去推动需求的复杂关系将持续不变。政策制定者应始终牢记，随着新技术的崛起、消费者偏好发生变化、行业不断发展以及监管制度的演进，历史并非总是可靠的指南。

2.1 采用经济计量方法估算需求

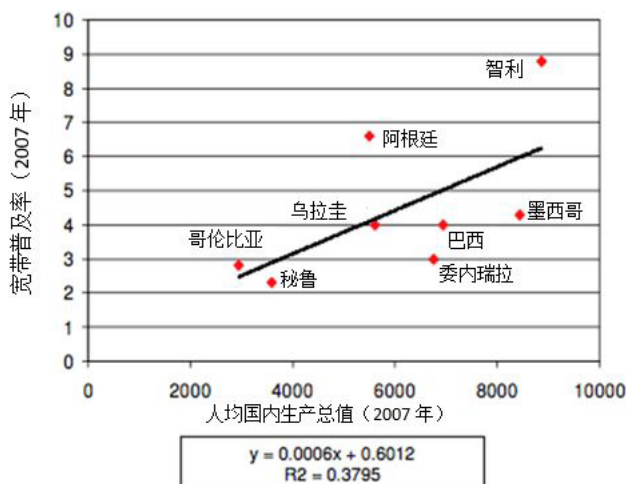
为估算某一地区的宽带需求，可根据经济规模建立一个简单回归模型（类似于原先的电话密度模型）。这一简单回归模型使用一组国家的当前宽带普及率水平和每个国家的国内生产总值（GDP）。

卡茨（Katz，2009年）¹¹曾使用这一模型来评估拉丁美洲的宽带需求。根据这一模型，GDP和宽带普及率之间存在正相关关系，因为人均富裕的国家订购互联网服务的人口占总人口的比重更大，这是可以预期的。

¹⁰ 德尔菲法是一种估算方法，该方法将一份关于未来事件的问卷向一组专家征询，反复进行直到达成共识 – 完整讨论见第29页。欲了解更多详情，见Okoli, C., & Pawlowski, S. D. (2004年)。德尔菲法作为研究工具：例子、设计考虑因素和应用，信息和管理的第42卷第1期，15-29页。

¹¹ Katz, Raul L. (2009年)。估算宽带需求及其对于拉丁美洲的经济影响，第3届ACORN-REDECOM会议文献，墨西哥城。

图2：回归曲线（互联网普及率x人均国内生产总值）¹²



来源：国际电联

另一个便于使用的方法由经济合作与发展组织开发，于2008年发布¹³。这一方法基于跨部门模型，使用经济合作与发展组织国家数据。经济合作与发展组织的工作发现，估算宽带需求的最佳模型是基于普及率、价格、人均GDP（GDPPC）和商用数字用户线（DSL）业务推出年数的对数值。

这一模型的一个有用特征是对数（价格）和对数（GDPPC）的系数可被解释为弹性：

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

经济合作与发展组织模型认为：

- a) 需求的长期价格弹性处于非弹性范围。系数-0.43表示，长期来看，价格每下降1个百分点将导致需求上升0.43个百分点。需求似乎并不一定受到价格的强烈影响。不过，这一弹性是在发达国家电话线租赁和本地和长途电话的需求的典型价格弹性的接近高端位置中发现的。
- b) 由人均GDP衡量的需求的长期收入弹性有所增强。还是从长期来看，财富每增长1个百分点可带来需求增加0.78个百分点。这也与关于需求的收入弹性的其他研究相符。这些研究认为更高收入国家的系数会少于1。
- c) YLS和YLS2上的系数表明，对于宽带需求的增长是非线性的，并处于强劲增长阶段。正如所预想的，YLS2的系数是负值。

跨部门模型可被用于估算一个国家的业务普及率，甚至可以被用于估算基于与目标国家拥有共同点（例如社会经济或地理指标）的特定区域或国家的特点的新模型。

¹² Katz（2009年）。

¹³ Cadman, R.和Dineen, C.（2008年）。宽带订购需求的价格与收入弹性：经济合作与发展组织国家跨部门模型，SPC网络 19，03-08。

虽然上述模型是开发用于估算固定宽带业务需求，但也可以被用于估算移动宽带业务需求，只要将固定宽带普及率和固定订购价格替换为移动普及率和移动订购价格即可。

可接入相关数据的监管者还可以通过面板数据模型来估算业务需求。Hausman和Ros（2013年）¹⁴使用与墨西哥类似国家—根据收入水平（人均GDP）选择类似国家样本—的面板数据来估算移动和固定电信业务的需求。虽然Hausman和Ros的研究在排名中使用了市场汇率，但如果使用的是购买力平价指数的话，对等国家的样本就不需要变更。选取了人均GDP排名仅高于和略低于墨西哥的国家作为样本。选择标准是与墨西哥的人均GDP水平类似并且移动定价数据可用的国家。

移动需求和移动定价的经济计量模式估算了17个国家样本的移动业务需求方程，以确定墨西哥移动业务的需求价格弹性和需求的人均GDP弹性。在这些需求方程中，移动普及率是左侧的因变量（即，当其他变量（例如收入和价格）变化时，研究人员测量移动普及率如何变化）。

固定效应估算方法被用来排除有偏差的和不一致的估算值。大约 0.50的估算的需求价格弹性和大约0.45的估算的需求的人均GDP弹性都是准确的估算（即，具有统计学意义），并发现经济变量对于移动订购存在重要影响。

结果模型显示，价格和人均GDP都是移动需求的重要决定因素。

2.2 通过德尔菲模型来进行需求估算

德尔菲法包括一种估算方法，这种方法将一份关于未来事件的问卷向一组专家征询，反复进行直到达成共识。这一方法的使用历史超过50年，被认为是进行长期预测的最佳工具之一，在许多国家广泛用于公共政策的制定中。

在第一轮中，问题被发送给遴选出的一组电信行业的专家。这些专家是从国家运营商、设备供应商、学术机构、研究中心、专门的行业媒体、行业协会和监管当局中广泛挑选出。

第一轮的回答随后便被汇总和分析。答案具有最大差异（在得到的答案的平均值和中位数之间）的问题被选出进行第二轮征询。在这一轮中，中位数和第一轮中给出的答案被展示给每位专家，专家被问及是否要维持原始答案或对修改答案。

在第二轮过后结果被汇总，对于每个问题，选择了在需求预测中使用的集中趋势指标：平均数或中位数。对于每个问题，所选择的指数、选择标准和获得的结果都详细说明。如果结果继续出现分歧，可进行新一轮征询。目标是减少回复的范围，达成某种接近专家共识的结果。

调查问卷可探讨诸如电信密度、新业务或技术的使用和消费，以及新一代技术的预期演进等问题。在调查问卷中，可每五或十年估算一次值，例如2020年、2025年、2030年、2040年和2050年。

¹⁴ Hausman, J. A.和Ros, A. J., (2013年)。使用面板数据对墨西哥电信价格和消费者盈余进行经济计量评估，监管经济学杂志，第43卷第3期。

表2：德尔菲法调查问卷的问题例子。

问题	观测值				预测值			
	2014	2015	2016	2017	2020	2025	2030	2050
1.每100个居民蜂窝移动订购率	44%	50%	55%	65%				
2.每100个居民机对机（M2M）接入率			0.02	0.03				
3. 每个移动用户使用业务分钟数（MoU）	82	91	86	109	115			
4. 每个移动宽带用户移动数据使用			15	35	59			
5. 移动技术的代际演进	99% 1% 0% 0%	94% 6% 0% 0%	90% 10% 0% 0%					
6. 每100个居民固定（有线）宽带订购率								
7. 光纤占住宅固定接入全部技术比例	< 1%	< 1%	< 1%	< 1%				
8. 光纤占非住宅固定接入全部技术比例	< 1%	< 1%	< 1%	< 1%				
9. 每次宽带接入的平均速度（用Mbps表示）			170%	180%				

来源：国际电联

根据每个估算年份的合并结果，可以使用线性插值或s曲线来对剩余年份进行估算。

这一方法尝试在长期预测中有效使用知情的直观判断，对于估算长期需求和对于新业务和技术的需求十分理想。

2.3 将需求分解为不同部分

在估算总需求之后，下一步是将总需求分解为其主要组成部分，用于单独分析。德尔菲法的结果亦可用于帮助进行分解。

在选择细分市场时要记住两个标准：每个类别都要足够小和同质化，从而使需求的驱动因素在其各个要素之间一致适用；然而每个类别都又要大到足以进行分析。在此，有必要行使自身判断。

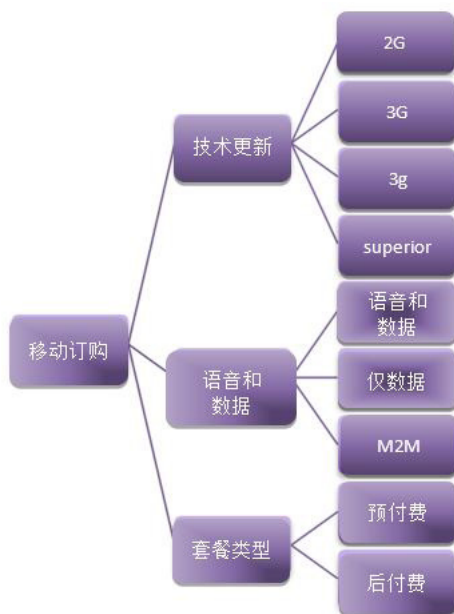
很有用的做法是，在做出这一决定时设想替换性细分—例如，基于终端用户组（比如居民或非居民）或购买类型（例如预付费或后付费套餐）。下一步是假设每个细分类别的关键需求驱动因素，决定需要多少详细信息以获得实际情况。随着评估的继续，可以对这一阶段进行再回顾和重新检查，看看最初的决定是否仍然站得住脚。

在思考需要细分的程度时，有必要决定是否使用关于细分规模的现有数据或进行新的研究以获得独立估算值。可通过国际电联信息通信技术之眼（ICT-Eye）¹⁵数据库获得许多国家按类别划分的历史需求水平的大量公共信息。一些国家的监管者亦提供也可被使用的关于其电信部门的大量数据和指标。

即便获得良好的数据来源，可用的信息可能还是没有被按照最佳类别来细分以支持深入分析。在这种情况下，决定是基于可用的历史数据还是进行新一轮可能耗时且昂贵的专家判断来进行预测就很重要。

举例来说，移动总需求的分解可按照图3提供的结构进行。

图3：移动宽带需求分解示例

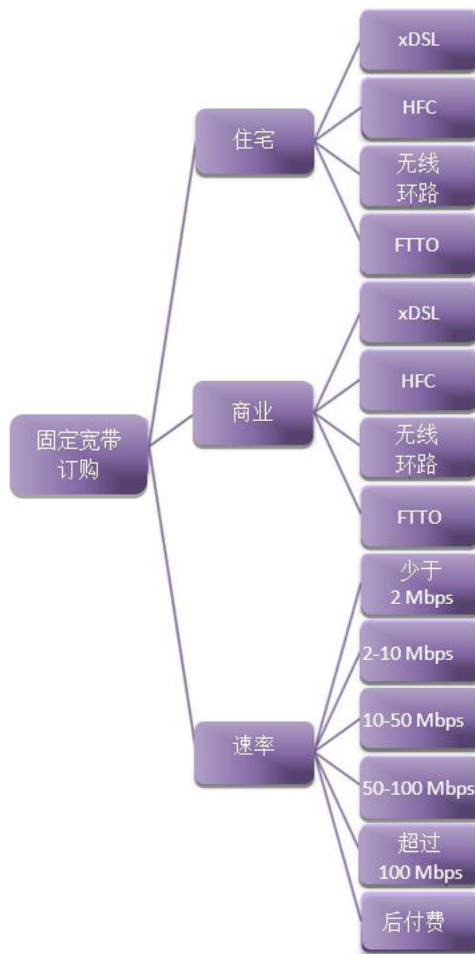


来源：根据Fields和Kumar（2002年）进行详细阐释

固定宽带总需求的分解可按照图4所示的结构进行。

¹⁵ 国际电联信息通信技术之眼：<https://www.itu.int/ITU-D/icteye/>

图4：固定宽带需求分解示例



来源：根据Fields和Kumar（2002年）进行详细阐释

在分解总需求时，很重要的一点是，政策制定者牢记其所要实现的公共政策目标，从而在考虑数据可用性的条件下，为业务规划做出最佳规定。

2.4 估算潜在新运营商的市场份额

一旦确定了业务需求，下一步就是模拟市场如何对潜在的新加入者或者在当前竞争性环境中将要执行公共政策目标的知名公司进行划分。

市场建模应始终将现有的授权服务、频谱封顶、射频频段信道开通和当前市场行为的监管规则 and 标准纳入考虑。

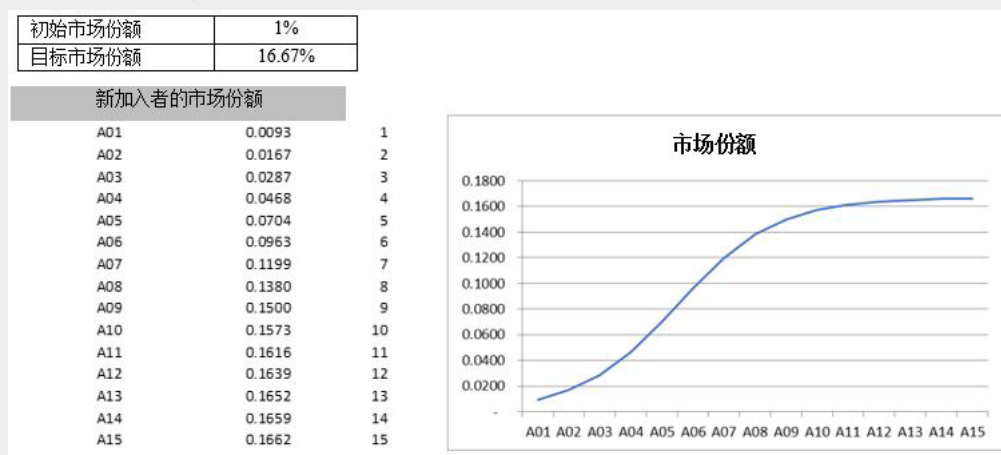
在估算潜在固定宽带运营商的市场份额时，我们应首先考虑当前市场参与者的现状并确定是否有任何现成的、适合推动可在中期对当前竞争性环境造成影响的竞争的监管规定。如果很可能保持现状，在项目结束之前仅复制知名运营商的当前市场份额并进行微小改动是可以的。

相反地，如果长期来看竞争境况可能发生变化，我们须预计知名运营商的市场份额将随着时间发生变化，新加入者可能获得市场份额。那么，模型中可采用S曲线来预测市场份额在项目结束前会如何发生变化。

在预测潜在移动宽带运营商的市场份额时，除了要将上述因素考虑在内之外，还需考虑及频谱封顶规定，以及任何管辖移动虚拟网络运营商或无线电接入网共享的监管规定。了解了这些信息之后，就可以模拟竞争境况在项目期内的演进情况，并估算即将采取措施的运营商的市场份额，再次采用S曲线模型¹⁶。

估算潜在新运营商的市场份额

场景：一个新加入者采用一个为期十五年的固定宽带项目。在这一领域，电信监管当局正在推广若干以竞争为导向的措施，旨在实现使运营商以接近公平的方式瓜分市场的长远目标。固定宽带市场已经有五家运营商；新加入者将是第六家，其市场份额曲线开始时近乎为零，但在项目过程中，市场份额开始拓展，直到实现监管者计划的市场份额水平。S曲线可被用于为这一新加入者在项目期间的行为建立模型。



来源：国际电联

注：使用的值仅作说明之用。

3 估算宽带业务提供的收入

这一步涉及估算与预测的需求相关的收入。最简单的估算净收入的方法是计算根据业务规划将要提供的业务或细分业务计算每用户平均收入（ARPU）。

获取了ARPU之后，将其与估算的需求相乘，从而得到如图5所示的净收入。

¹⁶ S曲线模型可被电信/信息通信技术部门用于描述新业务在市场中的表现。S曲线模型的特点是起始点较低，只有早期采用者和利基市场使用这一业务。之后，随着新业务的快速增长以及开始在市场上占据主导地位，曲线急剧上升。在这一高速增长阶段之后，业务维持高性能水平但几乎不增长，常常预示着市场成熟但已饱和。

图5：净收入估算方案



来源：国际电联

然而，获取即将推出的具体业务的ARPU并非始终可能，因此可能需要做出一些调整，比如使用类似业务的ARPU。此外，ARPU在整个项目期内保持不变并不常见，因此有必要做出一些假设，以便预测ARPU在项目期内将如何发展。

以下介绍了可用于估算宽带项目收入的一些选项，以及一些建议的用于估算收入在项目期内将如何发展的方法。

3.1 估算移动宽带项目的收入

首先应注意的是，虽然要实施的项目是一个移动宽带接入网络，但从终端用户的角度来看，该项目实际上提供的是移动通信，即移动语音服务和移动数据服务。因此，建议基于将要推出的移动业务的ARPU来估算项目的ARPU。

此外，分析揭示，虽然移动技术（2G、3G、4G LTE）不断演进，与新一代技术相关的ARPU却没有发生重大变化。总的来说，终端用户业务方案的价值实际上基本维持不变；即，虽然服务从数据量和质量上进行了升级，用户支付的价值并未发生重大变化。简而言之，多年以来，用户以同样的价格享受到了更多的通话和信息量以及以更快的速度提供的更多的数据使用，甚至额外的增值业务。对于建模来说，这意味着历史移动业务的ARPU数据可被用于估算较新的移动宽带业务收入。

如果数据可用，并且对需求进行细分是可能的，那么将ARPU细分为预付费和后付费订购可使推测更加准确。

3.2 估算固定宽带项目的收入

要估算固定宽带项目收入，建议使用固定宽带业务的ARPU。总的来说，固定宽带市场的服务提供商提供至少两种主要套餐资料：低速资料和高速资料。如今，低速资料即最多20-25 Mbit/s的方案，而高速资料覆盖大约25 Mbit/s及以上的方案。

再次指出，如果数据可用，并且可以对需求进行细分，那么将ARPU细分为低速和高速方案往往可以使推测更加准确。

估算固定宽带项目收入

假设将在W国实施一个为期十年的固定宽带项目。W国的运营商通常会建议低速和高速两种类型的宽带报价。

W国的ARPU为：

- 低速报价：22美元；
- 高速报价：48美元。

在过去的五年间，ARPU以每年0.5个百分点的速度稳定下降。假定这一趋势将在十年项目期内持续。一旦估算出各项目年份的年度总ARPU，就可以通过将一年的总ARPU乘以同一年的需求来估算总收入。

注意，在运营的第一年，建议仅考虑6个月的收入，因为需要给网络部署和业务商用之间留出时间。

固定宽带 ARPU 的演进			
		低速报价	高速报价
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

固定宽带预测需求		
	低速报价	高速报价
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

总收入				
		低速报价	高速报价	总收入
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

注 - 使用的值仅作说明之用。

3.3 估算传输网项目收入

只要传输网项目与批发电信业务高度相关，要估算此类项目的净收入，就建议使用传统运营商（或具备举足轻重的市场力量的服务提供商）的公共专线业务报价作为参考。

若该国没有与此类批发业务相关的任何公共报价，一个替代方法是可以查询其他监管机构的网站，以获得可靠的基线参考，用于与专线和连通性相关的业务。这之后要受购买力平价指数制约，以排除任何汇率之间的价格水平差异。用作参考的价格必须不含税和通胀备付金。

3.4 整个项目期内的收入行为

项目的初始ARPU值须反映最近计算的值。可基于最近的ARPU演进来估算ARPU在业务规划过程中的演进。若无法获得ARPU信息，可从其他国家的一些电信监管机构或投资银行的网站上获取这一信息（使用社会经济状况类似的国家的ARPU作为近似值）。

另一个良好战略是使用国际电联信息技术价格指数（IPB）¹⁷来估算净收入。这一综合性的数据库提供了大约165个国家的固定、移动和宽带细分指数。重要的是要记住在净收入估算中减去税收效应。在分析ARPU的历史趋势时，也必须从估算中剔除通货膨胀响应，以确保业务规划在所有情况下都具备实际价值。

在估算ARPU预期并且估算了预期需求之后，预期的每年收入可根据与即将推出的网络相关的具体业务获得。

注意，在运营的第一年，只要考虑6个月的收入，因为网络部署和业务商用之间需要留出时间。

4 估算宽带网络投资（CAPEX）

政府为了将经济上可持续的、推动宽带网络扩展方面的投资的公共政策落实到位，所面临的最大挑战之一是正确估算满足某个国家网络基础设施缺口所需的CAPEX。

所需的投资水平方面的信息对于推动政策制定者制定出有助于对所设想的、未获得服务的地理区域内的电信运营的长期吸引力和可持续性做出评估的连贯、可信和可靠的方案十分重要。

CAPEX估算的主要输入信息为：

- 对于移动和固定宽带业务的预期需求，以及当前基础设施鸿沟方面的详细信息—例如，无光纤传输网络覆盖的市镇清单；
- 预期的未来几年各市镇的移动和固定宽带网络需求（以用户数、流量或Mbit/s表示）；这些信息对于网络设计决策和投资预测均十分重要。

¹⁷ 国际电联信息技术价格指数见<http://www.itu.int/ITU-D/ict/ipb/>

基于这些输入信息，为应对确定的网络设施的缺口所需的CAPEX本质上取决于所选择的服务和技术。例如，希望尽快解决某一地区宽带提供的缺口的政策制定者可能会选择以成本效益高、部署迅速的移动宽带接入网络的部署（3G、4G LTE等）为模型进行部署，而做出更长期规划的政策制定者可能更倾向于为光纤到户（FTTH）接入网的部署建模。即便对于骨干/回程传输网络，选择以标准公用微波网络还是新一代光纤网络建模取决于公共政策目的和每个市镇或地区的预计流量需求，会对需要的投资水平产生直接影响。

为了就如何估算应对宽带基础设施需要所需的CAPEX提供有用指南，虑及任何决策分析中都无法避免的信息不对称，本工具包的以下各节将提供为试图建立4G LTE移动网络、固定宽带光纤到户网络和宽带微波以及光纤传输网络部署（这些是当前最常选择的宽带网络扩展技术）的政府所允许的可行的方法案例。

4.1 移动宽带接入网络

本模型的目的是估算满足尚未被服务覆盖的市镇或区域潜在4G LTE移动宽带用户覆盖和容量需求（Mbit/s）所需的网络基础设施，从而评估投资的经济可行性。

为执行这计算而建议了一个模型运营商。该运营商为只有一个射频块用于传统4G LTEe-NodeB（以下简称为“宏小区”），并在容量需求超过宏小区的提供能力的市镇采用比较便宜的、能够更好地满足日益增长的数字传输容量需求的小基站解决方案。

这一简化的小基站解决方案由一个扇面天线系统和一个WiFi热点构成，用于将流量直接分流到固定传输网。图6介绍了设想的移动宽带接入网络拓扑。

图6: LTE异构网络



有意思的是，从这一方法中获得的容量相当可观，减少了对于仅仅由容量需求驱动的未来网络扩展的需求，即，运营商可能减少在短时间内的投资需求，更好地从基础设施中变现。确实，为宏小区+小基站+WiFi热点构成的混合基础设施的部署建模的解决方案是4G LTE无线宽带异构网络的世界趋势，由减少为满足对于移动宽带的爆发性需求所需的CAPEX来推动¹⁸。这一混合战略提供了三重优势：满足覆盖需求、支持用户移动性和回应容量需求，还提供了随着运营年份逐渐增长的、分配更合理的投资。

¹⁸ 来源：思科可视化网络指数全球移动数据流量更新，2016-2021年：<https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/mobile-white-paper-c11-520862.html>.

对覆盖站点（宏小区）部署的投资的计算

欲计算覆盖每个未获得服务市镇所需的宏小区的数量，按照如下方程式，将待覆盖的目标区域除以一个典型e-NodeB覆盖的最大区域数量：

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

其中：

$N_{macrocells}$ 是待估算的宏小区数量

A_t 是用km²表示的待覆盖的目标区域总面积

$A_{eNb_{avg}}$ 是一个典型e-NodeB覆盖的最大区域。

对于 $A_{eNb_{avg}}$ 的估算，可采用已经使用相同频谱部署了4G LTE网络的市镇的4G LTE无线宽带网络站点的平均覆盖半径作为参考。也可以使用从其他国家4G LTE无线宽带网络部署获得的国际参考。

一旦计算出需要的覆盖站点的数量，有必要获得每个站点的单位成本，从而使估算所需的投资成为可能。不同国家之间的单位成本差异巨大，因此，为了准确起见，这一成本必须从知名的本地移动宽带运营商和本地网络供应商处获取。

最后，成本效益高的4G部署必须利用可共享的无源基础设施（铁塔等），因为共享可以显著减少宏小区的部署成本。

宏小区

以下例子介绍了宏小区部署所需的无源和有源基础设施元素数量的估算。

4G 宏小区估算

城市：示例1 共享铁塔= 7（2G、3G等）

$A_t = 137 \text{ Km}^2$

$A_{eNb_{avg}} = 7.5 \text{ Km}^2$

$N_{macrocells} = 19$

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

无源基础设施（铁塔等）= 19 - 7 = 12

有源基础设施（e-NodeBs等）= 19

来源：国际电联

注：使用的值仅作说明之用。

小基站和WiFi热点部署投资的计算

一旦确定了覆盖站点所需的基础设施（宏小区），就需要评估最佳战略，以应对建立具备足够容量（Mbit/s）以满足4G LTE无线网络流量需求并尽可能优化CAPEX的网络挑战。

第一步是基于各类4G LTE无线网络用户的需求情况（例如预付费或后付费语音和数据用户、仅产生数据流量的调制解调器用户等）预测每个市镇未来几年¹⁹的预期流量需求。

为了将用户需求以对网络规划最有力的方式转化为所需的峰值流量能力（Mbit/s），考虑到商用LTE网络常见的频谱效率（bit/s/Hz）会逐步增加，有必要为每个用户类别制定速度矩阵，为随年份发展而发生的演变做好准备。

基于这一方法，加上每个市镇按照用户资料类型估算的4G LTE无线网络用户需求和估算的4G LTE无线网络数据方案提供的速度矩阵，可得到需要待部署在每个服务覆盖市镇²⁰的4G LTE无线接入网支持的估算流量能力。

了解了这一流量需求（Mbit/s），并确定了每个运营年份的增量需求，就可以计算每年需要部署的、用于满足超过宏小区已提供的容量的需求的小基站和WiFi热点的数量。每个市镇在每个业务提供年所需的小基站的数量可使用以下方程式计算：

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

其中：

D_{T_A} 是给定年份A中市镇所有用户的流量需求（Mbit/s）

F_s 是网络共享因子，通常被称为争夺比例

$C_{macrocell}$ 和 $C_{smallcell}$ 是每个宏小区（带有3个扇区的传统e-NodeBs）或小基站（只有1个扇区）提供的容量（以Mbit/s表示）。这一容量的计算是将市镇在A (B_A)年可用的4G LTE网络的频谱数量（MHz）乘以商用4G LTE网络在A (η_A)年的频谱效率（bit/s / Hz）和每个4G LTE网络站点的扇区的数量（S）。

$F_{off-load}$ 是WiFi网络上的4G LTE网络流量的分流因子，即分流至WiFi热点的小基站流量的比例。

一旦提供了用于计算给定年份要在每个市镇安装的小基站+ WiFi热点的数量的方程式，我们就要讨论用于定义组成方程式的每个变量的值的假设。

正如前文所述， D_{T_A} 是A年的需求，即，某一市镇在A年的流量需求（Mbit/s）。以下关于小基站的部分说明了这个公式的应用。

¹⁹ 年数取决于为净现值（NPV）计算定义的时间表。例如，巴西在固定宽带项目净现值（NPV）计算中采用10年期的需求预测。

分流因子 $F_{\text{off-load}}$ 的使用是基于这一前提：考虑到流量随着4G LTE移动网络终端人数的增长而快速增长，世界范围内存在使用WiFi网络来分流部分流量的趋势²⁰，尤其是在高度密集的城市区域。此外，分流因子表示寻求在网络部署方面的效率，因为某些高需求集中度的区域（比如城市微中心、商场、机场等）的容量很大程度上要依靠WiFi热点来满足。

根据最新估计²¹，高达63%的移动宽带流量通过WiFi网络流动，因此，在为使用许可频率的移动网络进行设备配置时需要将减少需求的要求考虑在内。此外，这一前提使CAPEX的大幅度优化成为可能。

网络共享因子 F_s （在电信生态系统也被称为争夺比例）是一个在包交换网络（例如4G LTE无线数据网络）中被经常考虑到的参数。在网络设备配置方程式中，这一参数被用于为在大多数情况下，用户在不同时间需要网络资源（发送和接收数据包）做准备。由于用户并不会在完全相同的时间内利用网络移动能力，让网络支持预测的最大数据流量并不高效，因为这种情况不会发生。作为代替，网络共享因子（争夺比例）被用于表示网络必须能够同时支持的用户数。每个国家的因子可能不同，有时由国家服务质量监管框架规定。在宽带网络（固定或移动）设备配置时考虑的典型值为1:20（5%），即，对于每20 Mbit/s的约定容量，网络仅需要提供1 Mbit/s，因为在正常情况下，只有5%的用户会在同一时间使用网络²²。

用bit/s/Hz表示的商用LTE网络在A年的频谱效率 η_A 可从本地运营商和网络供应商处获得。通常来说，4 bit/s/Hz是使用256 QAM调制的网络的参考点。此外，可通过分析移动网络中的数据传输技术的频谱效率增长曲线的历史行为预测频谱效率的演进，从第三代技术（WCDMA、HSPA等）开始，直到LTE网络的兴起以及随后3GPP论坛的升级（发布）。基于此，可预测未来几年日益增长的频谱效率曲线，直到LTE网络成熟，更先进的移动网络技术（例如5G）的商用推出为止。

最后一个变量 B_A 是每个市镇的LTE网络在A年可用的频谱数量（MHz）。该变量与国家相关，通常监管者知道该值。

通过了解用于计算每个A年所需的、用于满足每个市镇的数据流量需求的小基站数量的所有变量，可以得到需要部署的基础设施的数量，不仅仅用于解决覆盖问题，而且用于确保具备足够容量来充分支持移动宽带需求。

²⁰ 见：<http://docplayer.net/13989507-Smartphone-use-transforming-with-the-rise-of-4g-and-wi-fi.html>。智能手机使用伴随4G和Wi-Fi发生变化，Informa UK Ltd，2014年。

²¹ 来源：思科可视化网络指数全球移动数据流量更新，2016-2021年：<https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/mobile-white-paper-c11-520862.html>。

²² 见：<http://businessdocbox.com/Logistics/66514074-Lte-network-design-from-a-techno-economic-perspective.html>。从科技经济角度看LTE网络设计。

小基站

下表介绍了一个按年估算的给定4G LTE部署所需的小基站的数量，考虑到以下场景：

- i) 需要19个宏小区用于覆盖；
- ii) 总需求预测范围从第一年的100 Gbit/s到运营第10年的520 Gbit/s；
- iii) WiFi分流67%；
- iv) 争夺比例为5%；
- v) 4G LTE网络的频谱效率恒定在每个小基站3 bit/s/Hz。

4G 小基站估算											
待网络提供的能力				宏基站提供的能力							
年	D_{T1}	$(1 - F_{off-load})$	F_2	$[D_{T2} \cdot (1 - F_{off-load}) \cdot F_2]$	年	$N_{macrocell}$	B_A	η_A	S	$C_{macrocell}$	$N_{macrocell} \cdot C_{macrocell}$
1	100 Gbps	37%	5%	1.85 Gbps	1	19	20 MHz	3 bps/Hz	3	0.18 Gbps	3.42 Gbps
2	120 Gbps	37%	5%	2.22 Gbps	2	19	20 MHz	3 bps/Hz	3	0.18 Gbps	3.42 Gbps
3	150 Gbps	37%	5%	2.78 Gbps	3	19	20 MHz	3 bps/Hz	3	0.18 Gbps	3.42 Gbps
4	175 Gbps	37%	5%	3.24 Gbps	4	19	20 MHz	3 bps/Hz	3	0.18 Gbps	3.42 Gbps
5	210 Gbps	37%	5%	3.89 Gbps	5	19	20 MHz	3 bps/Hz	3	0.18 Gbps	3.42 Gbps
6	250 Gbps	37%	5%	4.65 Gbps	6	19	20 MHz	3 bps/Hz	3	0.18 Gbps	3.42 Gbps
7	300 Gbps	37%	5%	5.55 Gbps	7	19	20 MHz	3 bps/Hz	3	0.18 Gbps	3.42 Gbps
8	360 Gbps	37%	5%	6.66 Gbps	8	19	20 MHz	3 bps/Hz	3	0.18 Gbps	3.42 Gbps
9	450 Gbps	37%	5%	7.95 Gbps	9	19	20 MHz	3 bps/Hz	3	0.18 Gbps	3.42 Gbps
10	520 Gbps	37%	5%	9.62 Gbps	10	19	20 MHz	3 bps/Hz	3	0.18 Gbps	3.42 Gbps
待小基站提供的能力				小基站能力							
年	$\max\{D_{T2} \cdot (1 - F_{off-load}) \cdot F_2 - (N_{macrocell} \cdot C_{macrocell}), 0\}$			年	B_A	η_A	S	$C_{smallcell}$			
1	0			1	20 MHz	3 bps/Hz	1	0.06 Gbps			
2	0			2	20 MHz	3 bps/Hz	1	0.06 Gbps			
3	0			3	20 MHz	3 bps/Hz	1	0.06 Gbps			
4	0			4	20 MHz	3 bps/Hz	1	0.06 Gbps			
5	0.47 Gbps			5	20 MHz	3 bps/Hz	1	0.06 Gbps			
6	1.21 Gbps			6	20 MHz	3 bps/Hz	1	0.06 Gbps			
7	2.15 Gbps			7	20 MHz	3 bps/Hz	1	0.06 Gbps			
8	3.24 Gbps			8	20 MHz	3 bps/Hz	1	0.06 Gbps			
9	4.54 Gbps			9	20 MHz	3 bps/Hz	1	0.06 Gbps			
10	6.2 Gbps			10	20 MHz	3 bps/Hz	1	0.06 Gbps			
小基站数量											
年	$\frac{\max\{D_{T2} \cdot (1 - F_{off-load}) \cdot F_2 - (N_{macrocell} \cdot C_{macrocell}), 0\}}{C_{smallcell}}$										
1	0										
2	0										
3	0										
4	0										
5	8										
6	21										
7	36										
8	54										
9	76										
10	104										

在这个方案中，只需要在第五年为无线网络提供更大容量即可。在项目结束时，总共部署104个小基站。

来源：国际电联

注：使用的值仅作说明之用。

基础设施单位成本

在确定了待部署的4G LTE无线宽带网络站点数量之后，CAPEX估算的下一步就是获得部署每个站点所需的单位成本。

为了更好地理解宏小区的定价方式，网络单元被分成三个类别：

- i) 无源基础设施（铁塔等），其成本负担可通过共享已安装的结构来减少（有时候相当可观）；
- ii) 由一整套设备（控制器、发射机和无线电系统）构成的LTE e-NodeBs；
- iii) 由LTE站点至运营商网络的传输单元（通常是光纤）构成的上游数据传输网。每个网络单元的单位成本可从本地运营商和网络提供商处获得。

一旦获得宏小区的价格，这些值可被用作估算小基站成本方式的参考。市场研究²³估计，一个典型的小基站+ WiFi热点站点的成本为宏小区成本的21%。虽然这一比例可作为便利指南，但真正规划时须始终使用从本地运营商和网络供应商处获得的当前定价信息。

CAPEX估算的结果

一旦估算出每个待服务的市镇每年要安装的4G LTE无线宽带网络站点（宏小区和小基站+ WiFi热点）的总数，并获得接入网基础设施单元的单位成本，就可以计算每年的总投资（CAPEX）²⁴。

这一CAPEX矩阵将定义4G LTE无线宽带网络业务的净现值，是评估将服务提供不充分地区纳入旨在鼓励移动宽带基础设施建设的公共政策中的决定性因数之一。

4.2 固定宽带接入网络

监管者使用的用于估算建设光纤到户网络的必要投资的模型可以以国际认可的、与网络架构和设备技术以及光纤估算相关的参考为基础。一旦确定了设备数量，并计算了所需的布线及其单位成本，就可以获得部署网络的总CAPEX。

第一步是用作网络设备配置参考的光纤到户网络技术的选择。在评估了市场上的各类技术之后，GPON（吉比特无源光网络，ITU-T G.984.1-G.984.6系列建议书）技术被选择用于这一演示，因为该技术在全世界范围内广为部署。

根据ITU-T G.984.1建议书²⁵，GPON系统用光线路终端系统和光网络终端表述其特性，而无源光分配网络通过连接光线路终端和光网络终端分路器形成。

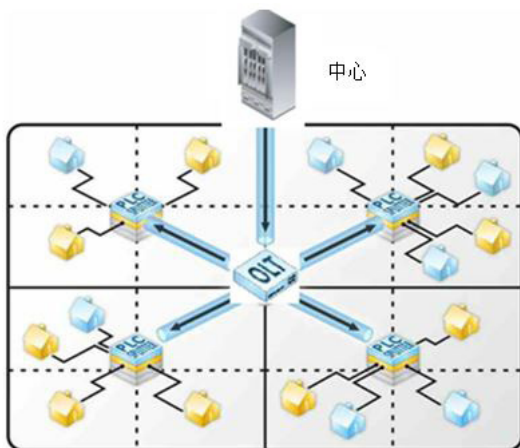
²³ 来源：Paolini, M.（2012年），小基站和Wi-Fi分流经济学，Senza Fili Consulting，第2页。

²⁴ 在此不对4G LTE无线网络核心设备的投资需要进行估算，因为根据假设，作为模型的运营模式已在该国更具经济吸引力的地区开展了4G LTE运营，因此这一设备已被拥有。

²⁵ <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1/en>

就我们的目的，最直接的方式是使用最常规的光纤到户网络拓扑，星形拓扑为网络基础设施建设建模。因此，在这一演示中，网络设备配置假设每个市镇都有一个本地光纤到户中心局，根据每个市镇的“覆盖家庭”的理想数目安装光纤线路终端和分路器。图7描述了建议的网络拓扑。

图7：光纤到户网络拓扑



来源：国际电联

基于这一拓扑结构，下一个挑战是估算光线路终端、分路器、光网络终端的数量，以及实施光纤到户和提供超宽带服务所需的聚合层²⁶和接入层²⁷光缆的千米数。

光线路终端（OLTs）

对于设备配置所需的光线路终端数量，考虑ITU-T G.984.1建议书“吉比特无源光网络（GPON）：一般特性”很重要。该建议书将1:128作为最大光分路率参考。这意味着多达128名用户可以被连接至一个光线路终端（OLT）的每个光纤端口。关于OLT容量（用端口数来表示）的决定是一个设计选择，因为市场上已有现成的典型16端口的OLT。考虑到最大光分路率和最大OLT容量，每个OLT最多可以连接2048名用户。因此，总的来说，光纤到户网络需要安装的OLT数量可按照如下公式计算：

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

其中：

N_{OLT-p} 是基于需要的端口数量来估算的OLT数量

N_{hp} 是理想的覆盖家庭数量

K_{OLT} 是选择的OLT端口数量

S_R 是使用的分光率

²⁶ 汇聚层由本地光纤到户中心局和街道级别分路器之间的网络构成。

²⁷ 接入层由街道级别分路器和用户家庭之间的网络构成。

然而，考虑到OLT的典型集总流量容量通常限制在10 Gbit/s，端口数越多（由此造成连接至同一光线路终端的用户数也越多），提供更高速率的宽带连接的可能性越低。

例如，一个连接了最大连接用户数的OLT、一个10 Gbit/s的集总流量容量和5%（1:20）的典型网络共享因子可为终端用户提供（大约）最大为100 Mbit/s的速率。然而，为提高提供的速率，有必要增加OLT的数量，以满足相同数量用户的需求。以下方程表示在考虑了提供的连接速度的条件下计算OLT数目的公式：

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

其中：

N_{OLT_s} 是基于向用户提供的连接速度估算的OLT数量

N_{hp} 是理想的覆盖家庭数量

Tx_u 是提供给一个典型光纤到户用户的连接速度（用Mbit/s表示）

F_s 是网络共享因子

C_{OLT} 是用Mbit/s表示的一个OLT的数据传输能力。

同之前一样，计算中的网络共享因子 F_s （争夺比例）是一个通常会在设计包交换网络（例如固定宽带网络）中考虑的参数。正如在此以及之前第6节概述的那样，这一元素将一个事实引入网络设备配置方程式，即用户不会都在同一时间接入互联网，因此可以通过消除容量的过度提供来提高效率。同之前讨论的移动宽带网络一样，固定宽带网络的典型值为1:20（ $F_s = 5\%$ ）。

光线路终端

考虑到两种计算待部署的光纤到户所需光线路终端（OLT）数量的方法，第一种方法基于连接所有覆盖家庭所需的物理端口的数量，第二种基于向用户提供的速率，OLT数量的最终计算是采用两种方法得出的较大值，如以下例子所示。

OLT 估算

$N_{OLT_p} = \frac{N_{hp}}{K_{OLT} \cdot S_R}$ <p>$N_{hp} = 50,000$ 覆盖家庭 $K_{OLT} = 16$ 个端口 $S_R = 128$</p> $N_{OLT_p} = 25$	$N_{OLT_s} = \frac{N_{hp} \cdot T_{Xu} \cdot F_S}{C_{OLT}}$ <p>$N_{hp} = 50,000$ 覆盖家庭 $T_{Xu} = 80$ Mbit/s $F_S = 5\%$ $C_{OLT} = 10,000$ Mbit/s</p> $N_{OLT_s} = 20$
<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 5px;"> $N_{OLT} = \max(N_{OLT_p}; N_{OLT_s}) = 25$ </div>	

来源：国际电联

注：使用的值仅作说明之用。

分路器

为每个市镇配置需要安装的、以满足需要的覆盖家庭的分路器的数量在很大程度上是设计选择，取决于待服务的城市区域的特点和预期用户的需求。考虑到一个典型OLT的每个端口最多连接128名用户，有若干种分路器配置可供选择，例如1:2、1:4、1:8、1:16等。如果我们考虑1:16分路器只有一层的部署，使128名用户连接至每个OLT端口需要8个分路器。一般来说，计算只有一层分路器的网络所需的分路器数量的公式是：

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

其中：

$N_{splitter}$ 是网络所需的分路器数量

N_{hp} 是需要覆盖的家庭数量

$K_{splitter}$ 是根据所选择的分路器类型（即，每个分路器的最大用户数）可用的端口数量。

光纤计算（分路器层）

以下例子描述了在一个光纤到户部署中需要的分路器数量的估算：

分路器估算

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

$$N_{hp} = 50,000 \text{ 覆盖家庭}$$

$$K_{splitter} = 16 \text{ 个端口}$$

$$N_{splitter} = 3,125 \text{ 个分路器}$$

来源：国际电联

注：使用的值仅作说明之用。

光缆设备配置的数学建模

计算出满足期望的覆盖家庭数目所需的分路器和OLT数量之后，投资需要的建模的下一步就是计算连接星形层次结构中所有单元到光纤到户中心局所需的光纤千米数。在评估了最常使用的实现光纤到户网络所需的光纤千米数的估算方法之后，两种方式 – 空间方式和几何方式 – 脱颖而出。

空间方式的基础是已获得待提供服务的城市区域的地理共建数据，以及关于住户、道路网络、现有电信单元的地理位置等的分布信息。根据这些详细信息，就可以以最佳方式定义本地光纤到户中心局、分路器和OLT的地理位置，以容纳所需的覆盖家庭数目，同时尽可能缩短所需的设备互连所要求的光缆千米数。虽然这个模型很精确，但是不利之处恰恰是需要全面的地理空间信息，但这些信息在大多数情况下根本无法获得。

另一个选择是**几何方式**，采用数学模型，根据地理空间条件、地理地貌、路网和房屋分布的化简来计算所需的光纤数量。虽然精确度不如空间方法，但这种方法可以在即便缺乏地理空间信息的情况下也能很好地预测所需的光纤数量，是一种快速、合理、准确的网络设备配置方式。

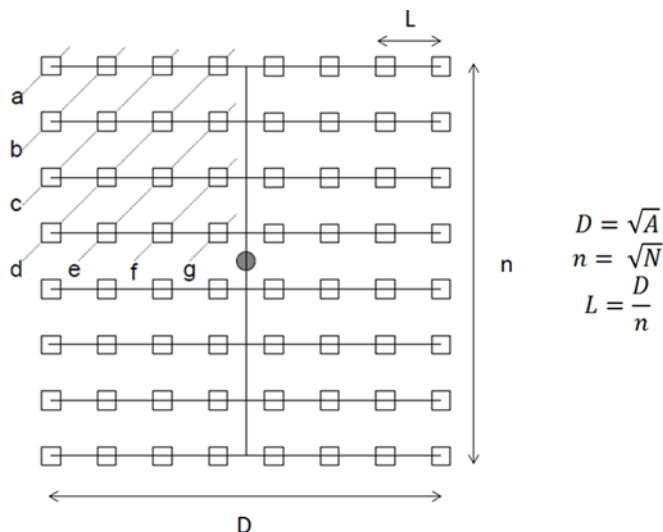
《光纤到户部署评估的几何与地理模型对比》²⁸对空间计算模型和两种几何计算模型 – 三角模型（TM）和简化街道长度模型（SSL） – 进行了综合分析。这一综合分析的结果显示，SSL几何模型的结果比三角模型更加精确，但还是远不如空间模型的结果精确。此外，文章认为，几何模型和空间模型的误差很大程度是源自未捕捉到完整的地理地貌和房屋空间部署信息。建议在几何模型的结果中采用校正因子，以提高精确性。

有鉴于此，在由于待提供服务的市镇的地理空间数据不可用而排除了空间模型的使用的情况下，建议使用引用的论文中概述的经过校正的SSL几何模型来计算连接不同光纤网络元素所需的光缆数量。

²⁸ IEEE于2013年发表的一篇学术论文：<https://biblio.ugent.be/publication/4402261>

SSL模型采用的基本前提是，在一个方形区域内，要连接的光纤元素均匀分布，而其他元素都需要与之互连的上层元素位于这一方形的中心，如图8所示的模式。

图8: SSL几何模型



来源：国际电联

其中：

- A是方形区域，用 km^2 表示
- D是方形的一条边的长度，用千米表示
- L是每个网元之间的距离，用千米表示
- N是方形中包含的网元数量
- n是位于方形的一条边上的网元数量。

在这一场景下，考虑到在沿现有街道和路径（SSL模型中按水平线和垂直线排列）铺设光缆的常见限制，计算每个网元到方形区域中央的距离构成了挑战。该距离本质上取决于平均分布的网元之间的距离和方形区域中的网元数目。此外，在计算中应纳入考虑的另一个因素是堆叠在同一位置的两个或者更多个元素。这一效应被变量 K 捕获。该变量是在被研究的方形的同一位置的元素的平均数量。

在这一几何表示法中观察到的重要一点是，如果我们将研究的方形分成同样大小的四个象限，将一个象限中同一对角线上的元素归类，则同一类别的所有元素距离原始方形的中心的距离相等。比如，如上述图8所示，如果我们将元素按照从a到g归类，那么每个元素到方形中心的距离为 $a = (n-1) \cdot L$; $b = (n-2) \cdot L$; $c = (n-3) \cdot L$; ...; $g = L$ 。

采用这种方式，将每个类别的一个典型元素的距离乘以该类别的元素个数，可以得到每个类别所有元素距离更大的方形的中心的总距离。将所有类别的总距离相加，可得到一个象限中的所有元素到更大的方形中心的距离。要从这一结果计算该方形区域内所有元素的总距离，只要将每个象限相加的距离乘以四（因为有四个象限）即可。最后将这一值乘以因子 K ，因为每个元素都必须由一个光纤来将其与方形中心互连，即便该元素与另一个元素重叠。

以下公式总结了计算将所有元素连接至方形中心所需的光纤数量 (L_{fo})。

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

完成这一步之后，下一步是为每个市镇和每个网络层定义变量K、L和n的值。下面将对此进行讨论。

光纤计算

为使用SSL几何模型计算光纤的千米数，有必要定义网元和模型变量A、D、LN、n和K的值。考虑到每个市镇都需要使用光纤将本地光纤到户中心局、OLT、分路器和住户连接起来，需要通过一系列步骤来进行这一计算。

第一步是计算连接每个市镇的OLT至本地光纤到户中心局所需的光纤数量。在这一步中，要覆盖的城市区域的值被赋给变量A，要安装的OLT的数量被赋给变量N。从这两个变量中可以计算n、D和L的值。考虑到K=1（OLT在覆盖的城市区域平均分布），可使用SSL几何模型估算连接所有OLT至本地光纤到户中心局所需的光纤数量。

在使用SSL几何模型计算了每个市镇连接OLT至本地光纤到户中心局所需的光纤的千米数之后，将结果除以上文提到的55.5%的修正因子，以补偿任何SSL几何模型造成的任何低估。

第二步，计算将第一层分路器连接至OLT所需的光纤的千米数。对每一个OLT及其分路器进行计算，之后将结果乘以待安装的分路器的数量。

在第二步中，在第一步中考虑的相同城市区域的值被赋给变量A，但除以OLT的数量，以适用于仅对应一个OLT的城市区域。每个OLT待安装的分路器的数量被赋予变量N。从这两个变量可以推导出n、D和L，考虑到K=1（OLT在覆盖的城市区域平均分布），可通过采用SSL模型公式来估算将所有分离器连接至对应OLT所需的光纤数量，将结果除以55.5%的修正因子。如果预计OLT和用户之间存在多于一层的分路器，可对模型分路器的另一层重复同样的计算。

最后，必须计算每个市镇将用户与分路器连接的光纤的千米数。为此，先为单独分路器及其对应用户进行计算，然后将结果乘以将要安装的分路器数量。

在第一步研究的相同城市区域的值除以要安装的分路器的数量之后被赋给变量A。每个分路器覆盖的家庭数量被赋予变量N。通过这两个变量可以推导出变量n、D和L，考虑到K=1（每个分路器覆盖的城市区域的住户平均分布²⁹），所有连接覆盖家庭到对应的分路器之间管线的数量可以通过使用SSL模型公式并将结果除以校正因子（这次为67%³⁰，用于纠正使用简化几何模型造成的低估）的方式来计算。

到目前为止一切顺利。然而，并非所有可被覆盖的家庭都可以转化成联网家庭。因此，联网家庭数介于0到可被覆盖的家庭数之间，只有联网家庭数才被计入光纤计算之

²⁹ 用这一化简是由于家庭垂直化水平的信息通常无法获取。

³⁰ 在密集区域接入层低估的平均百分比；见“光纤到户部署评估的几何与地理模型对比”，电信系统，第54卷，第21页。

内。为了将这一因素考虑在内，要记住尚不知道哪些覆盖家庭后续会转化为联网家庭（例如，那些距离分路器最近或最远的家庭）。因此，合理的近似值是计算连接每个市镇中一个覆盖家庭至相应的分路器的光纤的平均千米数，将这一值乘以估算的每年新增联网家庭总数。这一计算可揭示每年每个市镇连接所有联网家庭所需的光纤总数。

在计算连接家庭总数时，还应被纳入考虑的重要一点是用户群的流失效应。流失率是衡量运营用户基数替换率的衡量标准；在实际操作中，流失率表示在一定时期内取消订购某项服务的客户所占的百分比。

流失效应的结果是，每年执行的新安装的数量要高于运营用户数量的净变化量。即，如果某运营用户的用户基数为1 000，在第二年用户数增长至1 100，流失效应意味着在这期间新用户数量多于100。原因解释起来很简单：如果当年的流失率为5%，那么在1 000名初始用户中，有50名用户会取消合约，而有150名新用户签约，使得新的用户总数达到1 100。

这一用户数量的渐进更新效应会严重影响光纤到户网络项目的CAPEX。每年，安装需求的净变化，加上用户流失的百分比乘以上一年年底的总用户数的需要须被考虑在内。这意味着需要更多的光缆和更多的终端用户路由器（CPE）套装，该套装包含需要安装在用户家中的终端用户路由器（CPE）和光纤网络终端（ONT）。当然，取消合约的用户之前已在家中安装的CPE和ONT中的大部分能够—并且应当（如果可以的话）重新被用于新用户家中—不过重新使用的比例取决于物流储存和交通问题。

计算连接可连接家庭至对应分路器所需的光缆千米数，以及计算所需的CPE套装数量的公式如下：

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

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

其中：

$Fiber_HC_{total_t}$ 是需要在给定年份t内安装的、连接联网家庭至对应分路器的总光纤数（用千米表示）

$Fiber_HC_{avg}$ 是连接一个覆盖家庭至对应分路器所需的平均光缆总数（用千米表示）

N_{hct} 是给定年份t的用户（联网家庭）数量

N_{hct-1} 给定年份t-1的用户（联网家庭）数量

$churn$ 是在t年流失的t-1年的用户的百分比；

$N_{Pct_CPE_t}$ 是在给定年份t中要安装的CPE套装的数量；

F_r 是重新使用在t年取消合约的用户家中拆除的ONT的百分比。

注意：各国的CPE和ONT的流失使用率差异显著，因此高度建议监管者从本地运营商处获得准确数据。不过，如果无法获得此类信息，在网络设备配置中，每年5%的流失率和80%的重新使用因子通常被认为是合理的。

光纤计算（覆盖家庭）

第一步：

光纤计算—OLT层

$A = 100 \text{ km}^2$	$K = 1$	$L_{fo} = 4 \cdot K \cdot L \cdot \sum_{i=1}^{n-1} [\min(i, n-i) \cdot (n-i)]$
$N = 25 \text{ OLTs}$	$n = \sqrt{N} = 5$	$L_{fo} = 4 \cdot 1 \cdot 2 \cdot \sum_{i=1}^4 [\min(i, 5-i) \cdot (5-i)]$
$D = \sqrt{A} = 10 \text{ km}$	$L = \frac{D}{n} = 2 \text{ km}$	$L_{fo} = 4 \cdot 1 \cdot 2 \cdot [(1 \cdot 4) + (2 \cdot 3) + (2 \cdot 3) + (1 \cdot 1)]$
		$L_{fo} = 136 \text{ km}$
		$L_{fo_corrected} = \frac{136}{0.555} \cong 245 \text{ km}$

第二步，考虑一层分路器：

光纤计算—分路器层

$A = \frac{100 \text{ km}^2}{25 \text{ OLTs}} = 4 \text{ km}^2/\text{OLT}$		$L_{fo} = 4 \cdot K \cdot L \cdot \sum_{i=1}^{n-1} [\min(i, n-i) \cdot (n-i)]$
$N = \frac{3,125 \text{ Splitters}}{25 \text{ OLTs}} = 125 \text{ Splitters/OLT}$		$L_{fo} = 4 \cdot 1 \cdot 0.18 \cdot \sum_{i=1}^{10} [\min(i, 11-i) \cdot (11-i)]$
$n = \sqrt{N} \cong 11$	$K = 1$	L_{fo}
$D = \sqrt{A} = 2 \text{ km}$	$L = \frac{D}{n} \cong 0.18 \text{ km}$	$= 4 \cdot 1 \cdot 0.18 \cdot [10 + 18 + 24 + 28 + 30 + 25]$
		$L_{fo} = 118.8 \text{ km per OLT}$
		$L_{fo_corrected} = \frac{118.8}{0.555} \cong 214 \text{ km per OLT}$

某一城市在t=1年待安装的将联网家庭连接至各自分路器所需的光纤总数（用千米表示）和在同一年需安装的CPE套装总数的计算。

光纤计算 – 覆盖家庭 (HP) 层

$A = \frac{4 \text{ km}^2 / \text{OLT}}{125 \text{ Splitters} / \text{OLTs}} = 0,032 \text{ km}^2 / \text{Splitter}$ $N = \frac{50,000 \text{ HP}}{3,125 \text{ Splitters}} = 16 \text{ HP} / \text{Splitter}$ $n = \sqrt{N} \cong 4$ $D = \sqrt{A} \cong 0.18 \text{ km}$	$L_{fo} = 4 \cdot K \cdot L \cdot \sum_{i=1}^{n-1} [\min(i, n-i) \cdot (n-i)]$ $L_{fo} = 4 \cdot 1 \cdot 0.045 \cdot \sum_{i=1}^3 [\min(i, 4-i) \cdot (4-i)]$ $L_{fo} = 4 \cdot 1 \cdot 0.045 \cdot [(1 \cdot 3) + (2 \cdot 2) + (1 \cdot 1)]$ $L_{fo} = 1.44 \text{ km per Splitter}$
$L_{fo, corrected} = \frac{1.44}{0.67} \cong 2.15 \text{ km per Splitter}$	
$Fiber_HC_{avg} = \frac{2.15 \text{ km} / \text{Splitter}}{16 \text{ HP} / \text{Splitter}} = 0.135 \text{ km} / \text{HP}$	
<p>虑及:</p> $N_{hc_1} = 10,000 \quad N_{hc_0} = 1,000 \quad churn = 5\% \quad F_r = 80\%$	
<p>以及:</p> $Fiber_HC_{total,t} = Fiber_HC_{avg} \cdot [N_{hc_t} - N_{hc_{t-1}} \cdot (1 - churn)]$ $N_{Pct_CPE,t} = N_{hc_t} - N_{hc_{t-1}} \cdot [1 - churn \cdot (1 - F_r)]$	
<p>得出:</p> $Fiber_HC_{total,1} = 0.135 \cdot (10,000 - 1,000 \cdot (1 - 0.05)) = 0.135 \cdot 9,050 \cong 1,222 \text{ km}$ $N_{Pct_CPE,1} = 10,000 - 1,000 \cdot [1 - 0.05 \cdot (1 - 0.8)] = 10,000 - 990 = 9,010 \text{ Pct_CPE}$	

来源：国际电联
注：使用的值仅作说明之用。

光纤到户网络单位成本

目前提供的光纤到户网络模型由本地光纤到户中心局（路由本地流量至运营商骨干网）、OLT、分路器和光缆以及CPE套装构成。值得注意的是，更小容量（更低成本）的光缆可被用于连接分路器和联网家庭，而更大容量（更贵）的光纤可被留作连接分路器、OLT和本地光纤到户中心局。

同之前一样，每个网元的单位成本应直接从本地运营商和网络供应商处获取。

CAPEX估算的结果

计算出每个市镇的光纤到户网络部署所需的本地光纤到户中心局、OLT、分路器、CPE套装数量和光缆千米数，以及这一设备的单位成本，就可以获得每年所需的总投资（CAPEX）³¹。

此时，很重要的是要强调，投资估算对于模拟运营的现金流的影响将取决于为基础设施安装的期限—通常是运营的头几年。对于之后的几年，只产生与连接新用户至分路器所需的光缆铺设相关的CAPEX和用户购买和分发CPE套装的成本—基础设施需求根据光纤到户用户需求的逐年演进而不同。

³¹ 并未考虑将数据流量从市政当局（光纤到户本地交换光纤到户中心局的上游）中传送出去所需的CAPEX，因为假设先前已存在的互联所有市政当局的国家骨干网将被纳入光纤到户项目中。

4.3 传输网

由于超宽带接入网需求的不断增长，许多国家缺乏能够路由所有市镇或区域和运营商骨干网络之间的出站和入站数据流量的传输网基础设施。

如今，政策制定者们常常面临通过为吸引私人投资以弥合这一基础设施鸿沟提供有利条件的公共政策来应对推动光传输网部署面临的挑战。在这种情况下，为光纤传输网络的部署估算CAPEX对于开发或评估经济可持续的基础设施部署项目常常十分有用。

为了简化项目和CAPEX估算，在本演示中，一个光纤传输网络可被视为一套终端配有同步数字系列（SDH）发射机和放大器的光纤链路，由地下光缆连接，一些光纤中继器沿着电缆放置。此外，还需要基于密集波分复用的可重构光分插复用器（DWDM ROADM）和光配线架（ODF）等网络元素，从而将数据流量整合进国家骨干网中。

所需的网络元素的数量及其容量在很大程度上均取决于所需的最小吞吐量要求（市镇或区域集总流量需求）和市镇或区域与最近的运营商骨干分路之间的距离。在了解所有传输链路所需的这两个重要的信息之后，就可以估算总CAPEX。

对于终端网络设备（尤其是发射机），所需的元素数量基于每个市镇的需求。即，虑及具备特定数据传输能力（Mbit/s），并基于数据需求来估算需要的设备数量。

不过，骨干设备是支持具体市镇需求所需的可能网络调整。将一个新市镇连接至骨干网确实可能需要扩充某些网络元素的容量。在这种情况下，有必要让每个市镇对改善骨干网元的工作进行量化。

最后一组网元与网络总长度相关。在一个光纤网络中，光纤的数量以及所需的管道和电缆沟的数量直接取决于网络长度—要根据范围，按照规定距离插入中继器。光纤中继器的范围各不相同，取决于网络供应商，并预计将随着时间而演化。不过，作为一般规则，每隔70千米放置一个中继器是比较规范的光纤传输网设计。

为计算这套网元的成本，有必要对需要建设的每个网络链路的长度做出规定。可采用要连接的市镇和国家光纤骨干网络之间的最低路距作为参考，因为沿着市镇间高速公路和道路铺设通常可以降低成本和减少部署时间。

注意，本计算策略的基础是在一个星形拓扑（没有优化的点到点连接）网络中进行部署。然而，由于国家骨干网络的同一个点可以被连接至超过一个市镇，须评估在网络的一部分实施环形拓扑的可能性。在环形拓扑中，市镇相互连接，拥有一个连接至国家骨干网的流量共同点。这一混合方法极大降低了所需的光纤千米数，但是需要监管者首先确定待部署网络的物理拓扑。

最后，在计算了需要的设备和光缆的数量之后，将结果乘以每个设备的单位成本（最好从已经在相关国家运营的设备商和提供商处直接获取）。最后，根据所有这些计算的结果得出项目估算的总CAPEX。

5 估算提供宽带业务的运营费用（OPEX）

本节探讨对宽带项目的成本和运营费用（OPEX）的估算，以便正确地为制定业务规划估算现金流。我们将考虑估算OPEX的三种主要方法：

- 使用成本模型；
- 使用以前的成本和费用；
- 使用基准数。

对于政策制定者来说，采用哪种方法取决于数据的可用性。

5.1 使用成本模型来估算OPEX

在计算项目NPV时，费用值的预测可以从电信监管机构为规范批发电价—这是其监管职责—对成本模型进行会计分离和表示时构筑的成本模型中提取的信息中导出。

虽然此类监管义务与估算批发产品成本相关，与此成本计算相关的数据提供了有价值的输入信息，可被用于估算宽带项目的OPEX。

一个有意思方法是使用全部分配成本（FAC）数据，这是一个自上而下的评估与宽带业务提供相关的运营成本的方式³²。在这一方法中，运营商提供的业务的总成本由企业在提供该业务期间产生的所有会计成本构成，包括资本成本在内。因此，产品的总成本可由以下方程式表示：

$$\text{产品总成本 (TC)} = \text{费用} + \text{资本成本}$$

$$\text{资本成本 (CC)} = \text{用于产品的资本} \times \text{WACC}$$

其中：

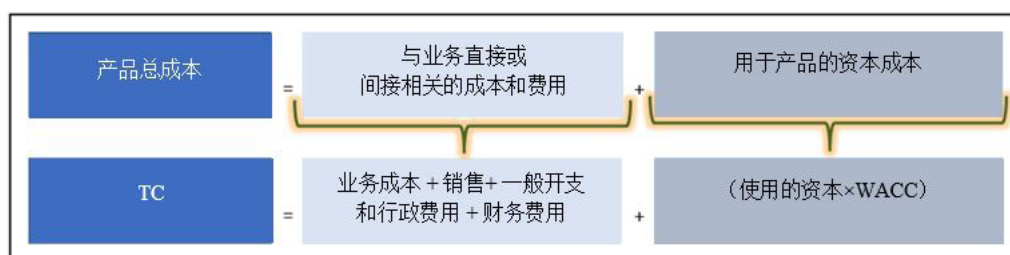
费用指与产品生产直接或间接相关的服务成本、销售、一般开支和行政费用，以及财务费用的合计；

资本成本（CC）是供应商应获得的、用于维持资本对其资产进行投资的假设报酬；

WACC是加权平均资本成本。

³² 在这一方法中，计算从运营商的实际会计信息出发，以特定方式分配到各业务。

图9：总成本构成



来源：国际电联

还须注意：运营商提供的不同电信业务本身会使用内部产生的其他业务，因此，如果存在这种情况，产品总成本必须涵盖与此类内部转移相关的费用。

内部转移可以采用两种方式衡量：

- i) 如果产品在外部商品化，则内部转移价格必须与向其他电信业务提供商收取的价格相同；
- ii) 如果产品没有外部商品化，内部转移价格基于产品的总成本，根据产品总成本（TC）的图9所示方程进行计算。

基于提供商在其会计分离规定以及监管机构根据自上而下成本模型制定的方法提供的信息，我们可以确定提供的每项业务的总成本构成。

计算宽带项目净现值所需的OPEX的预测可以基于一个提供商或提供商集团提供的一组业务中产生的费用合计的方程式，以及同一组业务的净营业收入的合计。

图10：费用/净收入比例



来源：国际电联

得出的总成本和费用/净收入的比例须被应用于业务规划中按年估算收入，得到部分OPEX的估算。

当分析构成“业务成本”类别的支出分配组时，可将这些成本分成两个不同的子类别（基于各自特性）：(a)运营和维护成本；和(b)向其他债权人支付的报酬（例如互连、网络租赁和其他此类开支）。

至此，只剩下估算与运营和维护费用有关的支出部分（OPEX和运营和维护）。这一部分被排除在业务成本计算之外，因为其实质取决于项目CAPEX。为估算这一部分OPEX，可对网络建设所需的每个网元使用年度单位OPEX信息。

表3：运营和维护成本

网元	CAPEX	OPEX
网元1	X	% 的 X
网元2	Z	% 的 Z
网元3	Y	% 的 Y
...
		OPEX O&M

由于运营和维护成本的计算与要执行的CAPEX严格相关，与这一费用子类别相关的成本可使用CAPEX预测的百分比方法来计算，而不是使用从服务提供商的历史数据中得出的平均值。

表4：总OPEX

	第1年	第2年	第3年	第4年	...
净收入	X	Z	Y	W	...
费用/净收入比例	r%	r%	r%	r%	r%
Opex 1	X . r%	Z . r%	Y . r%	W . r%	...
Opex O&M	Opex O&M	Opex O&M	Opex O&M	Opex O&M	
总运营费用	(X . r%) + Opex O&M	(Z . r%) + Opex O&M	(Y . r%) + Opex O&M	(W . r%) + Opex O&M	

使用模型来估算OPEX

附加移动业务总成本和收入

营业收入	255,432,605
成本和费用+使用的资本成本	127,568,537
服务成本	43,845,975
商业费用	51,119,948
行政和一般费用	32,602,613

(费用/收入)比 0.50

	总收入	(费用/收入)比	OPEX 1	金额	OPEX 2 总数	总 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

网元	CAPEX	% OPEX	OPEX 2 单元
网元 1	\$ 23,750	11%	\$ 2,613
网元 2	\$ 222,500	7%	\$ 15,575
网元 3	\$ 142,500	3%	\$ 4,275
网元 4	\$ 3,500	1%	\$ 35
总计			\$ 22,498

场景：一个移动运营商即将推出一个4G LTE无线宽带网络项目。为了估算新项目的OPEX，可能的方式之一是使用监管者为其他移动业务开发/应用的成本模型。

来源：国际电联

注：使用的值仅作说明之用。

5.2 使用以前的成本和费用来估算OPEX

在缺少足够成熟的用来估算即将推出的产品的OPEX的成本模型的情况下，一个替换方法是使用在该国已经推出与业务方案中建议的业务相同（或十分类似）业务的知名公司的资产负债表数据。

建议的方法是评估运营费用作为净收入的函数表现的历史趋势。一旦确定了这两个变量之间的稳定关系，这一比例可被用于估算OPEX。

图11：历史费用/净收入比例



来源：国际电联

如果无法确定收入和费用之间的稳定关系，最好的策略是审查分析性账户并移除可能的偏差，从而使一个稳定的估算可以始终被用于现金流。

在估算了运营费用（包括业务成本、销售、一般开支和行政费用）与净收入之间的比例之后，该比例须被应用于在现金流中估算的年度总收入。结果提供了每年的OPEX。

表5：总OPEX

	第1年	第2年	第3年	第4年	...
净收入	X	Z	Y	W	...
费用/净收入比例	r%	r%	r%	r%	r%
总运营费用	X . r%	Z . r%	Y . r%	W . r%	...

来源：国际电联

5.3 使用基准数来估算OPEX

当业务相对较新，在该国没有足够的成熟商业运营提供作为依据的真实资产负债表数据来估算OPEX，则使用基准数据是一个合理的替代方案。

用于为业务规划总费用建立模型的参考点可以很容易地在专门的文献中找到，包括评估提供了创新（和可能之前从未尝试过的）业务的公司的行为。分布最广泛的基准之一来自通过涉及新技术的项目的CAPEX/TCO³³比例与CAPEX和OPEX之间的联系。至少应选择三个不同的市场参考，通过这些参考可定义一个可被应用于业务规划的基准值。

通过这一方式，可根据与总CAPEX的直接关系估算总OPEX，如图12所示。

图12：CAPEX/OPEX比例



来源：国际电联

然而，由于日常成本和费用通常与网络中的活跃用户数量密切相关，为了估算年度OPEX，我们建议将作为总CAPEX的一个函数进行估算的总OPEX除以业务规划的每一年中的用户总数，之后将这一数字乘以每年预期的总用户数，从而根据用户需求来制定OPEX的年度演进。

³³ TCO（总拥有成本）= CAPEX + OPEX

图13: 单位OPEX



来源: 国际电联

表6: 总OPEX

	第1年	第2年	...	第n年	总计
需求	X	Z	...	W	总需求
单位Opex	u	u	u	u	U
Opex	X . u	Z . u	Y . u	W . u	总Opex

来源: 国际电联

使用以前的成本和费用来估算OPEX

场景: 一个固定宽带运营商将在一个国家推出一个光纤到户项目。该国已经有其他运营商提供该业务。为了估算新项目的OPEX, 一个可行的方法是使用提供与即将推出的服务相同(或十分类似)服务的该国知名公司的资产负债表数据。

这一案例展示了一个知名的运营商的说明性资产负债表。为了估算费用/收入比例, 有必要排除折旧和摊销成本, 因为将直接从CAPEX中计算这一比例。估算的比例将被应用于估算收入, 从而估算OPEX。

	A03	A04	A05
营业收入	297,912,913	325,137,496	340,544,845
营业成本和费用	262,441,526	286,267,393	307,163,411
销售和服务成本	151,754,644	159,353,526	165,445,249
行政、商业和一般费用	67,120,319	76,033,705	80,211,477
其他费用	1,661,652	1,371,521	8,115,038
折旧及摊销	41,904,912	49,508,640	53,391,647
(费用 /收入) 比	0.74	0.73	0.75

	总收入	(费用/收入) 比	总 OPEX
A01	\$ 3,774,600	0.74	\$ 2,785,209
A02	\$ 14,098,752	0.74	\$ 10,403,215
A03	\$ 32,616,176	0.74	\$ 24,066,887
A04	\$ 53,052,192	0.74	\$ 39,146,256
A05	\$ 81,791,516	0.74	\$ 60,352,483
A06	\$ 110,553,418	0.74	\$ 81,575,373
A07	\$ 138,700,777	0.74	\$ 102,344,801
A08	\$ 177,186,170	0.74	\$ 130,742,478
A09	\$ 225,332,475	0.74	\$ 166,268,767
A10	\$ 295,886,060	0.74	\$ 218,328,985

来源：国际电联

注：使用的值仅作说明之用。

6 估算加权平均资本成本 (WACC)

确定加权平均资本成本 (WACC) 是电信行业定价过程中的关键步骤，对电信拍卖模式和频谱定价模式具有重大影响。如果WACC的价值被定得太低，会使新投资不屑一顾，致使价格低于有效成本。反过来，如果定得太高，则会导致过度投资，致使价格飞涨。

一般来讲，一个WACC相当于提供商长期固定融资来源的机会成本的加权平均的比率。这些计算参数由如下定义的资本资产定价模型 (CAPM) 的公式提供。

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

其中，

K_d 是债务成本

τ 是税率

$(D/D + E)$ 是债务占资本的比例

K_e^j 是权益成本

$(E/D + E)$ 是权益占资本的比例

注意到，在某些国家，电信服务提供商的实际负债率差别十分巨大，特别是国家电信服务提供商与总部设在海外的电信服务提供商之间的差别，因为后者可以通过集团外部的资本化和内部注资获益。

由于潜在负债率分布十分广泛，监管机构可选择根据全球投资银行、监管机构采用的平均负债水平以及全球企业的平均水平来决定负债率水平。

债务成本估算

根据以下公式估算债务成本：

$$K_d = rd_f^T (1 + Spread)$$

其中：

rd_f^T 是无风险债券。

$Spread$ 是信用风险率，作为该市场所有电信服务提供商所支付的平均利率差幅。

权益成本估算

根据以下公式估算权益成本：

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

其中：

re_f^T 是无风险利率，基于到期收益率至少为5年的资产计算的债券回报率的一般概念。

β_j 是权益风险系数。可根据电信服务提供商股价相对于整个股票市场的价格来计算，或者也可以使用国际基准。任何一种方式都必须使用以根据本地电信运营商的资本结构定义的最优资本结构作为杠杆的剔除财务杠杆风险系数。

CRP是国家风险溢价

当根据全球方法估算权益成本时，有必要在 K_e^j 方程中输入CRP和本地通胀与美国通胀之间的差值

MRP 是市场风险溢价。

市场风险溢价 (MRP) 估算

根据下列公式估算市场风险溢价：

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

其中：

re_f^{T-h} 是无风险利率

r_m^{T-h} 是市场指数回报

用于估算市场风险溢价的历史数据时标不得少于五年。另外，市场异常期须忽略不计。

本地CAPM或全球CAPM

有两种估算权益成本的主要方式：全球资本资产定价模型（CAPM）或者本地CAPM。全球CAPM通常被银行使用，而本地CAPM更多地被监管机构（例如巴西交通监管机构ANTT、ARCEP（法国）、CMT（西班牙）、ComReg（爱尔兰）、Ofcom（英国）和PTS（瑞典））使用。可以使用本地参数估算CAPM，取决于稳定数据的可用性。但是，这两种方法各有利弊，建议在数据可用时使用本地CAPM，因为更透明，并且更适合反映本地市场的情形。

全球CAPM试图使用国际数据反映一国的真实情况。当国内市场和/或在该国国内上市的电信资产的信息可用性有限时，推荐采用这种方法。

捕获未计算风险的另一种方法是在全球CAPM中增加可表示政治、监管和其他风险的其他因素—但这种模型目前仍在实验当中。在互联网上搜索一下，可很快找到各种各样可帮助计算CAPM的数据³⁴，其中的一些如表7所示。

表7：本地和全球CAPM利弊之处对比

	本地CAPM	全球CAPM
优点	<ul style="list-style-type: none"> - 透明。 - 反映本地市场前景。 	<ul style="list-style-type: none"> - 不取决于本地数据库。使用基准数值。 - 使用更加成熟的经济数据。
缺点	<ul style="list-style-type: none"> - 取决于数据库可用性。 - 需要宏观经济状况稳定。 	<ul style="list-style-type: none"> - 基准可比较性。 - 使用国家风险，有很大变异性。 - 各国的加杠杆和去杠杆流程不准确。

来源：国际电联

本地CAPM使用内部数据。使用本地CAPM的主要优势是透明度，这是由这一方法被学术界和市场所广泛接受，以及这一方法对本地市场提供的准确看法所带来的。反过来，此方法的缺点包括缺少可用的数据库和/或者国内宏观经济状况不稳定。

在长期经济状况稳定、可获得长期经济指数和稳定资产的国家，建议采用本地CAPM方法。

³⁴ 在此提供了有用建议：http://people.stern.nyu.edu/adamodar/New_Home_Page/home.htm

将名义WACC转变为实际WACC

在估算出WACC的名义值之后，相关时期的通胀值应予以折现，使用所谓的费雪方程式，以得出扣除物价因素的实值指标：

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

其中：

$WACC_{Real}$ 是实际WACC

$WACC_{Nominal}$ 是名义WACC

π 是通胀率

只从名义WACC中减去通货膨胀值不会得到正确的结果，倾向于高估实际比率—虽然在利率和通胀率相对较低的情况下，误差会很小。

建议使用前瞻性的通胀率估计；最理想的是，估算期限应等于无风险债券的到期日，虽然在实际操作中并不总是可能，因为通胀预测的时间范围有限。

通过全球CAPM方式估算WACC

股本成本 (Ke)	
国家风险溢价:	2.63%
无风险收益率:	2.66%
贝塔系数 (Beta):	0.99
市场风险溢价 (MRP):	8.49%
股本成本估计 (Ke)	13.92%

债务成本 (Kd)	
无风险债券	6.40%
价差	6.89%
债务成本估计	6.84%
企业税率	34%
“税后” 债务成本估计	4.51%

D/(D+E)	
D/(D+E):	30%
E/(D+E):	70%
总计:	100%

通货膨胀率	
美国通货膨胀目标	2.0%
本地通货膨胀目标	4.0%

WACC	
加权股本成本	9.74%
加权债务成本	1.35%
票面 WACC	11.10%
实际 WACC	6.82%

国家风险溢价 国家风险溢价 2.63%，出自达莫达兰 (Damodaran)

无风险收益率 美国十年期国债回报率

贝塔系数

	E/(D+E)	D/(D+E)	总计	税率	去杠杆贝塔	杠杆贝塔
	70%	30%	100%	34.0%	0.768	0.985

去杠杆贝塔：贝塔，去杠杆贝塔和其他风险措施—新兴市场，出自达莫达兰 (Damodaran)

市场风险溢价 (MRP)

历史市场风险溢价

	S&P500	美国十年期	MRP
15年 (2004-2018)	8.52%	0.97%	8.49%

无风险债券 6.40%是无风险国家债券在具体某一天的回报率。

2019年1月28日的价差

债券	体量	价值	单独价差	差价
运营商 A	151,500	10,000	4.3%	6.89%
运营商 B	110,000	10,000	4.0%	
运营商 C	523,525	1,000	13.4%	
运营商 D	100,000	10,000	3.2%	
运营商 A	1,500,000	1,000	2.9%	
运营商 B	100,000	10,000	3.9%	
运营商 C	2,000	10,000	40.0%	
运营商 D	150,000	1,000	11.5%	
运营商 A	200,000	10,000	8.3%	
运营商 B	2,720	234,700	26.1%	

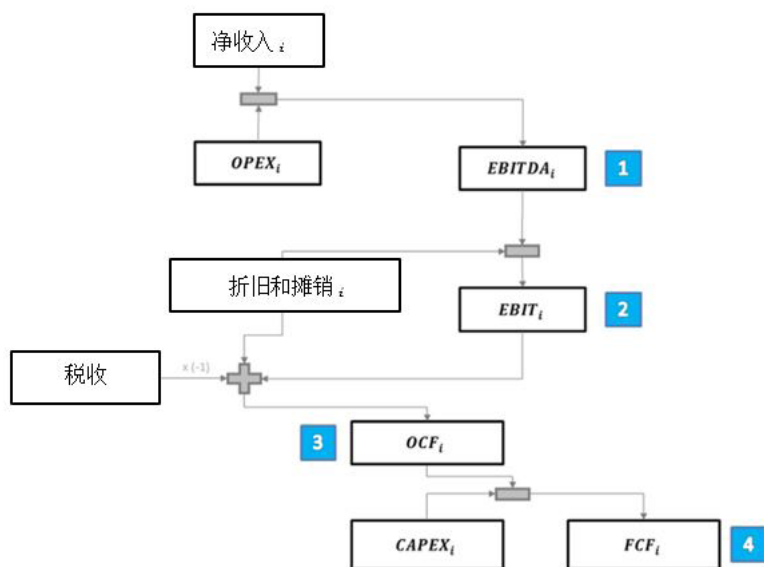
来源：国际电联
注：使用的值仅作说明之用。

估算宽带基础设施项目的净现值 (NPV)

正如“业务规划原则”一节详细说明的那样，计算净现值是监管者和政策制定者在业务规划流程方面最重要的输出成果。这是将网络部署和业务提供年份的CAPEX、OPEX、收入和现金流估算整合进一个经济方程中。该方程被设计用于帮助准确估算基础设施项目的经济可持续性和吸引力，并帮助量化国家宽带基础设施的缺乏情况。

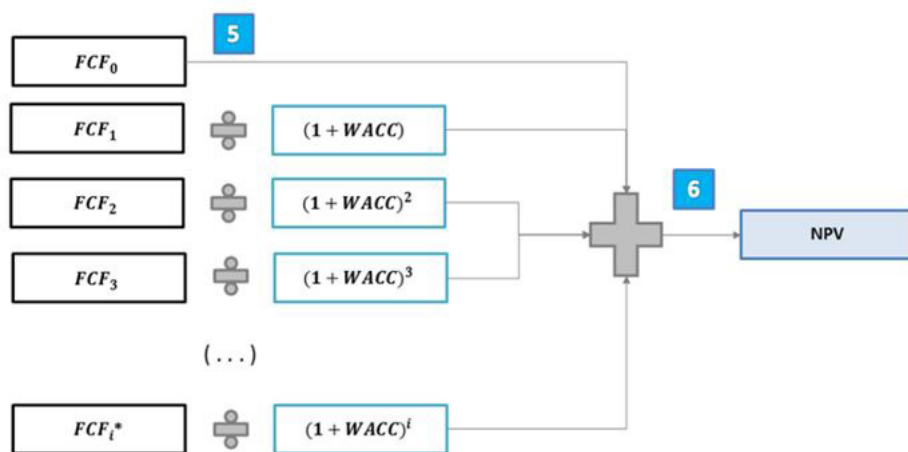
为了更好地理解如何计算基础设施项目的NPV，图14和15将计算分解成6个步骤，下一节将更加详细地解释。

图14: NPV计算的步骤1-4



来源: 国际电联

图15: NPV计算的第五和第六步



* 使用剩余价值计算, 非折旧

来源: 国际电源

基础设施项目NPV计算的第一步是估算每年运营的未计利息、税项、折旧及摊销前的利润 (EBITDA)。可以根据本工具包已介绍的方法, 通过计算逐年净收入与运营成本之间的差额简单地计算得出。

第二步是计算息税前利润 (EBIT), 需要从EBITDA中减去估算的折旧和摊销 (DA)³⁵。运营第*i*年的DA可以使用以下公式计算:

³⁵ 每个国家的折旧/摊销比例和期限可能不同。

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

其中：

DA_i 是运营第*i*年的折旧和摊销

$CAPEX_k$ 是为给定营运年份*k*估算的CAPEX

*t*是资产（CAPEX）的平均使用期限（年份）或本地会计规则规定的折旧年限

*i*是一个给定运营年份，例如第1、2、3年等。

NPV计算的第三步是估算每年的营运现金流，取EBIT为正的每年EBITDA与估算税收总和之间的差额。可使用以下公式计算每年税收总额：

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

其中：

T_i 是给定年份*i*的FCF中要考虑的税收总额

$EBIT_i$ 是给定年份*i*的息税前利润

TR_{local} 是对运营商利润征收的地方税率。该运营商的规划正在被评估。

基础设施项目NPV计算的第四步是获得每个运营年度的自由现金流（FCF），只要简单地计算给定年份*i*的营运现金流（OCF）和投资的总CAPEX之间的差额即可。

在获得了每个运营年度的FCF结果之后，第五步和第六步是计算每个运营年FCF结果的NPV，最后将这些结果相加，以获得基础设施项目的总NPV。最后这两步可使用以下公式计算：

$$NPV = \sum_1^z \frac{FCF_i}{(1+WACC)^i}$$

其中：

NPV是基础设施项目的总净现值

FCF_i 是给定年份*i*的自由现金流结果³⁶

WACC是加权平均资本成本

³⁶ 未计提折旧的资产的剩余部分，必须加上运营最后一年的自由现金流；这可以简单地通过CAPEX与运营全年计算的折旧和摊销总额之间的差额来计算。

z是在基础设施项目评估中考虑的总运营年数。

净现值 (NPV) 计算

以下示例介绍了一个基础设施项目的净现值计算。

年份	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
净收入	\$ 90,958	\$ 1,320,680	\$ 4,347,379	\$ 7,672,031	\$ 9,387,107	\$ 10,152,234	\$ 10,807,641	\$ 11,537,279	\$ 12,356,841	\$ 13,264,945
OPEX	\$ 556,799	\$ 1,265,662	\$ 3,026,254	\$ 4,956,718	\$ 5,948,765	\$ 6,388,380	\$ 6,764,155	\$ 7,182,756	\$ 7,653,129	\$ 8,174,287
CAPEX	\$ 13,626,755	\$ 991,972	\$ 2,640,051	\$ 2,977,650	\$ 1,688,348	\$ 936,385	\$ 867,603	\$ 948,811	\$ 1,044,085	\$ 1,139,274
EBITDA	\$ -465,841	\$ 55,018	\$ 1,321,125	\$ 2,715,314	\$ 3,438,343	\$ 3,763,854	\$ 4,043,486	\$ 4,354,523	\$ 4,703,712	\$ 5,090,658
折旧 (例如, 5年)	\$ 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	\$ 987,232
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	\$ 4,103,426
预收 (例如 EBIT 的 25%)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 479,243	\$ 555,370	\$ 717,691	\$ 901,666	\$ 1,025,857
OCF	\$ -465,841	\$ 55,018	\$ 1,321,125	\$ 2,715,314	\$ 3,438,343	\$ 3,284,611	\$ 3,488,116	\$ 3,636,832	\$ 3,802,046	\$ 4,064,801
FCF	\$ -14,092,596	\$ -936,954	\$ -1,318,926	\$ -262,336	\$ 1,749,995	\$ 2,348,226	\$ 2,620,513	\$ 2,688,021	\$ 2,757,961	\$ 2,925,527
净现值 (eg, 5% 的 WACC)	\$ -14,092,596	\$ -892,337	\$ -1,196,305	\$ -226,616	\$ 1,439,725	\$ 1,839,896	\$ 1,955,467	\$ 1,910,326	\$ 1,866,696	\$ 1,885,821
总 NPV	(5,509,921)									

来源: 国际电联

注: 使用的值仅作说明之用。

7 用于推动宽带基础设施项目的融资机制

宽带基础设施项目本质上是高度资本密集型, 涉及大量项目开发和许可证发放、网络部署和行政以及运营成本。希望推进这些项目的政策制定者须对政府可以 (或者应该) 提供的资金筹措方案、项目在国内市场上可获得的私人信贷, 以及可提高项目对外国资本的经济吸引力的必要条件进行深入研究。

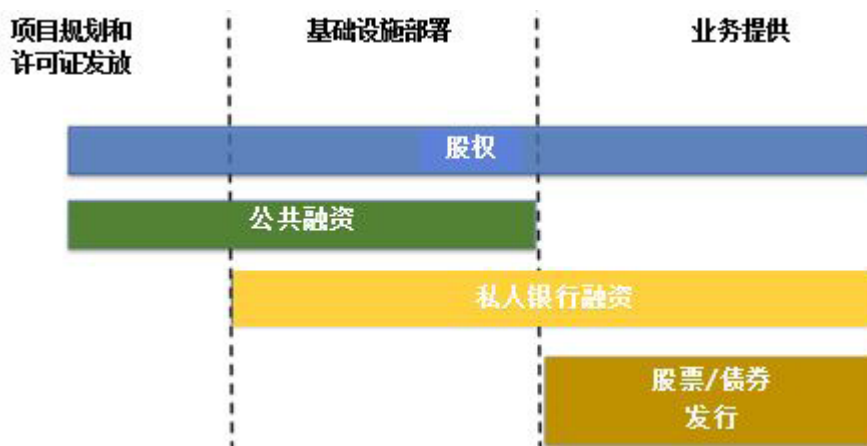
尤其是, 在已经被政府列为优先发展电信基础设施投资的区域, 在基础设施项目的估算NPV显示对于网络部署和业务提供的吸引力较低的情况下, 提供清晰的资金筹措方案是评估公共政策潜在成败的关键。

为了更好地理解与大型宽带基础设施项目相关的融资机制, 并确定主要参与者和必要的投资条件, 将一个典型的电信项目分成三个成本计算阶段是很有用的:

- i) 项目规划和许可证发放;
- ii) 基础设施部署;
- iii) 业务提供。

我们现在为每个阶段的一些典型的基础设施项目考虑一些融资机制, 主要是股权、公共和私人融资, 以及股票和债券的发行。

图16：典型基础设施项目融资机制的分配



来源：国际电联

7.1 项目和许可证发放融资机制

从公司角度来看，宽带基础设施项目的首个成本计算阶段包括全面的市场研究、业务规划、网络设计和设备配置，并取得运营所需的政府许可证。取决于项目，该许可证可能涉及参与公开拍卖以获得成本高昂的执照（以便接入和使用授权频谱，仅试举一例）。

在这一成本计算阶段—没有生成任何现金流，甚至没有部署任何网络基础设施—通常由股权或者公共融资提供资金，因为考虑到涉及的风险程度较高，通过一般融资渠道获得信贷比较困难。有兴趣在公共政策举措的目标区域提供宽带的潜在运营商可进行市场研究，从而就政府提供的基础设施项目的经济可持续性做出知情决定。确实，政府本身甚至能够进行市场研究并发布结果，以激发兴趣，吸引尽可能多的潜在运营商。

在很多市场可以看到，4G LTE无线宽带网络频谱许可证的获取通常需要花费数百万甚至数十亿美元。通常使用股权来支付这些许可证费用—但为了避免消耗可被用于为网络基础设施投资提供资金的股权，许可证费用的公共融资（以较低的利率在运营年度逐年支付）提供了一种替代方法，不仅可吸引已经在国家层面立足的大型运营商，也可以吸引寻求进入移动宽带市场的小企业。

这类公共融资的可获得性意味着较低的准入门槛，提高了电信基础设施项目的经济吸引力。此外，安排每年支付一次涵盖一整年运营的费用，可以使有兴趣的公司腾出现金，更集中地投资于网络部署。

最后，虽然首个成本计算期的信贷成本通常较高，但已经在本地电信市场立足、与私人银行市场有牢固关系的运营商可能可以以合理利率在这一成本计算期获得信贷。

7.2 基础设施部署融资机制

宽带项目的网络基础设施部署成本计算期更具资本密集性。正因为如此，可使用混合融资机制支持在作为公共政策目标的市镇开展有源和无源基础设施安装的项目。

在这一成本计算期，使用股权当然是选项之一，但与其他融资机制相比，这一方式可能令人意外地并不太常用。这通常是因为与针对基础设施项目投资的公共和私人借贷融资的利率相比，股权的成本更高。比如，大部分政府为投资信贷提供税收激励，使私人银行市场能够以较低的利率提供投资信贷。政府自身甚至通过开发银行（其目的是鼓励建设国家基础设施），以贴息利率来提供投资信贷。

由于这些原因，由公共和私人银行提供的投资信贷是用于支持网络部署成本计算期的最重要的融资机制，虽然这类融资机制不可避免地更有利于经济上长期可持续的基础设施建设项目。确实，进入私人投资信贷市场通常需要全面、严谨，并且能够证明待融资的基础设施项目的经济可行性的业务规划。

然而，纳入公共政策举措中的许多基础设施项目从本质上来说在经济方面毫无吸引力，否则纳入这些项目会产生不需要的挤出效应，即通过使用公共投资来取代私人投资，从而妨碍私人投资。对于此类缺乏经济吸引力的基础设施项目，政府补贴可能是最重要的融资机制。此类补贴可以直接或间接应用于本地电信市场，从而提高项目吸引力。

可通过专门用于促进电信发展的普遍服务责任基金来提供直接补贴，或者甚至为参与项目的运营商提供专门的免税政策。间接补贴，试举几例：可采用减少频谱许可证费用来换取在缺乏吸引力的地区部署和提供业务，或者将运营商的积压罚款转变为为缺乏吸引力的区域部署和提供宽带业务的义务。

最后，一些运营商可利用新宽带项目来提高市场预期，从而从股票和债券的发行中获得融资，但这一融资机制在业务提供成本计算阶段更加常见，原因见第7.3节。

7.3 业务提供融资机制

宽带项目的最后和最长的成本计算期始于网络运营和业务提供。这一阶段的特征是密集的现金生成和对于流动资本的需要，以支持行政、运营和维护成本，以及继续投资于网络扩张和现代化。

考虑到在信贷市场，流动资本通常都十分昂贵，将股权用于此目的是非常普遍的。另一方面，分配股权以支持长期运营的现金流的机会成本倾向于快速增长，使得其他融资机制，例如发行股票和债券等成为更好的长期融资选择。

事实上，一个产生稳健和不断增长的收入的良好运营可吸引那些希望从债务债券中获得公平的长期回报的投资者。因此，营运现金流越健康，公司通过发行股票和债券获得稳定融资的吸引力就越大，因为运营的经济可持续性将反映在更高的股票估值和对债务债券征收较低的利率上。

虽然确保私人银行融资以支持这一阶段所需的流动资本通常十分昂贵，但一些跨国运营商可以进入国际信贷市场，并获得较低的业务提供融资利率，这是事实。不过在

多数情况下，为宽带部署吸引国际资本将被证明是一个挑战，因为考虑到这将涉及许多风险 – 例如融资成本增加的风险、需求落空的风险和汇率波动风险。

对于希望推动在服务不足地区部署宽带网络的政府来说，提供一些减少需求风险的机制是可取的 – 例如，为运营商提供财务担保，从而在出现无过错需求量下跌时为收入减少提供支撑，或将收取的许可证年费金额与运营商的年度盈利能力挂钩。

在获得融资（无论是运营商股权或者是第三方股权）的货币与支付企业成本的货币不同的情况下会产生汇率波动风险。政府常用的一个降低风险的机制是建立外汇对冲合约，从而在汇率大幅波动、对运营商业方案造成影响时提供缓冲。

在项目期间，增加的融资成本风险是由经济利率的巨大变化给签订的国内融资协议的利率产生影响造成的。政府可采用的一种降低该风险的方法是进行利率互换，这具有提高企业对外资的经济吸引力的作用。

8 结论

信息通信技术基础设施是当今数字经济的基础，为推动实现联合国可持续发展目标和从根本上改善人们的生活提供了巨大潜力。

设计出一个旨在将信息通信技术网络带到服务提供不足、偏远和农村地区的业务方案对政策制定者来说是一个相当大的挑战。他们需要考虑到国家和跨境基础设施的安装、运营、迁移和进一步开发，以及与网络安全安装和部署相关的成本，和为必要投资提供融资的最佳战略。

本信息通信技术基础工具包力图应对规划，成本、需求和收入估算以及评估融资选项方面的每一个关键问题，并提供最佳实践机制，特别关注服务于缺乏经济吸引力的地区的项目。本工具包的目标大众是希望在为了扩大网络覆盖和确保不间断的可持续性而制定可信、连贯和有充分依据的业务方案方面获得指导的国际电联成员国。

有了这些指南，政策制定者和监管者就能够通过计算项目的净现值（NPV）来准确判定该项目的经济不可行程度。

力图推进宽带基础设施项目（通常都是高资本密集型项目）的实施的政策制定者必须对政府可以提供的潜在资金筹措方案，以及国内市场私人信贷的可用性进行深入研究，从而明确了解可增加项目对于外国资本的经济吸引力的必要条件。当估算的项目净现值指出：在政府列为增加电信基础设施投资的优先领域，网络部署和服务提供不具吸引力时，这一点尤为重要。

最后，让我们再次强调对于所有公共政策业务规划的四个基本原则：

- 尽可能多地使用公开数据；
- 使用被认可的、具备国际可信度的来源所做的研究；
- 使用可审计工具；
- 做估算时要保守。

这些建议对于整个流程的可信性至关重要。

考虑到在许多国家—即便是一些世界上最发达的国家—仍然存在巨大的信息通信技术基础设施的缺口，作者希望本工具包能够在帮助所有人用上宽带方面发挥重要作用，并为实现联合国可持续发展目标做出贡献。

首字母缩略词清单

ARPU	每用户平均收入
CAPM	资本资产定价模型
CAPEX	资本支出
CPE	客户驻地设备
CRP	国家风险溢价
DWDM	密集波分复用
DSL	数字用户线
EBIT	息税前利润
EBITDA	未计利息、税项、折旧及摊销前利润
FTTH	光纤到户
FTTO	光纤到办公室
4G	第四代标准
FCF	自由现金流
FAC	完全归属成本法
GDP	国内生产总值
GDPPC	人均国内生产总值
HC	联网家庭
HP	覆盖家庭
HSPA	高速封包存取
HFC	混合光纤同轴电缆
ICT	信息通信技术
IEEE	电气和电子工程师学会
IRR	内部收益率
LTE	长期演进
MOU	使用业务分钟数
MRP	市场风险溢价
NPV	净现值
OCF	营运现金流
OPEX	运营费用
ODN	光分配网
OLT	光线路终端
ONT	光网络终端
OECD	经济合作与发展组织
PPP	公私合营伙伴关系
QAM	正交调幅

RAN	无线电接入网
R&D	研究与开发
ROI	投资回报
RPM	每分钟收入
SDH	同步数字系列
3G	第三代标准
TCO	运营总成本
USF	普遍服务基金
WACC	加权平均资本成本
WCDMA	宽带码分多址

参考书目

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 n^o 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.

国际电联宽带地图（2019年）见：<https://www.itu.int/en/ITU-D/Technology/Pages/InteractiveTransmissionMaps.aspx>.

国际电联信息通信技术之眼数据库，见<http://www.itu.int/net4/itu-d/icteye/Default.aspx>.

国际电联基础设施发展门户网站，见<https://www.itu.int/en/ITU-D/Regulatory-Market/Pages/InfrastructurePortal.aspx>.

国际电联2005-2018年关键信息通信技术数据，见https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/statistics/2018/ITU_Key_2005-2018_ICT_data_with%20LDCs_rev27Nov2018.xls.

ITU-T G系列建议书：传输系统和媒质、数字系统和网络，见<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.

国际电信联盟 (ITU)

电信发展局 (BDT)

主任办公室

Place des Nations

CH-1211 Geneva 20 – Switzerland

电子邮件: bdtdirector@itu.int

电话: +41 22 730 5035/5435

传真: +41 22 730 5484

副主任

兼行政和运营协调部负责人 (DDR)

电子邮件: bdtdeputydir@itu.int

电话: +41 22 730 5784

传真: +41 22 730 5484

基础设施、环境建设和

电子应用部 (IEE)

电子邮件: bdtiee@itu.int

电话: +41 22 730 5421

传真: +41 22 730 5484

创新和

合作伙伴部 (IP)

电子邮件: bdtip@itu.int

电话: +41 22 730 5900

传真: +41 22 730 5484

项目和

知识管理部 (PKM)

电子邮件: bdtipkm@itu.int

电话: +41 22 730 5447

传真: +41 22 730 5484

非洲

埃塞俄比亚

国际电联

区域代表处

P.O. Box 60 005

Gambia Rd., Leghar ETC Building

3rd floor

Addis Ababa – Ethiopia

电子邮件: ituaddis@itu.int

电话: +251 11 551 4977

电话: +251 11 551 4855

电话: +251 11 551 8328

传真: +251 11 551 7299

喀麦隆

国际电联

地区办事处

Immeuble CAMPOST, 3^e étage

Boulevard du 20 mai

Boîte postale 11017

Yaoundé – Cameroon

电子邮件: itu-yaounde@itu.int

电话: +237 22 22 9292

电话: +237 22 22 9291

传真: +237 22 22 9297

塞内加尔

国际电联

地区办事处

8, Route du Méridien

Immeuble Rokhaya

B.P. 29471 Dakar-YoffDakar –

Sénégal

电子邮件: itu-dakar@itu.int

电话: +221 33 859 7010

电话: +221 33 859 7021

传真: +221 33 868 6386

津巴布韦

国际电联

地区办事处

TelOne Centre for Learning

Corner Samora Machel and

Hampton Road

P.O. Box BE 792 Belvedere

Harare – Zimbabwe

电子邮件: itu-harare@itu.int

电话: +263 4 77 5939

电话: +263 4 77 5941

传真: +263 4 77 1257

美洲

巴西

国际电联

区域代表处

SAUS Quadra 06, Bloco "E"

10^o andar, Ala Sul

Ed. Luis Eduardo Magalhães (Anatel)

70070-940 Brasília, DF – Brazil

电子邮件: itubrasilia@itu.int

电话: +55 61 2312 2730-1

电话: +55 61 2312 2733-5

传真: +55 61 2312 2738

巴巴多斯

国际电联

地区办事处

United Nations House

Marine Gardens

Hastings, Christ Church

P.O. Box 1047

Bridgetown – Barbados

电子邮件: itubridgetown@itu.int

电话: +1 246 431 0343/4

传真: +1 246 437 7403

智利

国际电联

地区办事处

Merced 753, Piso 4

Casilla 50484, Plaza de Armas

Santiago de Chile – Chile

电子邮件: itusantiago@itu.int

电话: +56 2 632 6134/6147

传真: +56 2 632 6154

洪都拉斯

国际电联

地区办事处

Colonia Palmira, Avenida Brasil

Ed. COMTELCA/UIT, 4.º piso

P.O. Box 976

Tegucigalpa – Honduras

电子邮件: itutegucigalpa@itu.int

电话: +504 22 201 074

传真: +504 22 201 075

阿拉伯国家

埃及

国际电联

区域代表处

Smart Village, Building B 147, 3rd floor

Km 28 Cairo – Alexandria Desert Road

Giza Governorate

Cairo – Egypt

电子邮件: itu-ro-arabstates@itu.int

电话: +202 3537 1777

传真: +202 3537 1888

亚太

泰国

国际电联

区域代表处

Thailand Post Training Center, 5th

floor,

111 Chaengwattana Road, Laksi

Bangkok 10210 – Thailand

邮寄地址:

P.O. Box 178, Laksi Post Office

Laksi, Bangkok 10210 – Thailand

电子邮件: itubangkok@itu.int

电话: +66 2 575 0055

传真: +66 2 575 3507

印度尼西亚

国际电联

地区办事处

Sapta Pesona Building, 13th floor

Jl. Merdan Merdeka Barat No. 17

Jakarta 10110 – Indonesia

邮寄地址:

c/o UNDP – P.O. Box 2338

Jakarta 10110 – Indonesia

电子邮件: itujakarta@itu.int

电话: +62 21 381 3572

电话: +62 21 380 2322/2324

传真: +62 21 389 05521

独联体国家

俄罗斯联邦

国际电联

地区办事处

4, Building 1

Sergiy Radonezhsky Str.

Moscow 105120

Russian Federation

邮寄地址:

P.O. Box 47 – Moscow 105120

Russian Federation

电子邮件: itumoskow@itu.int

电话: +7 495 926 6070

传真: +7 495 926 6073

欧洲

瑞士

国际电联

电信发展局 (BDT) 地区办事处

Place des Nations

CH-1211 Geneva 20 – Switzerland

Switzerland

电子邮件: euregion@itu.int

电话: +41 22 730 6065

国际电信联盟
电信发展局
Place des Nations
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

ISBN: 978-92-61-28885-3



瑞士出版
2019年, 日内瓦

图片鸣谢: Shutterstock