

# 信息通信技术基础设施业务规划 工具包

## 5G网络



# 信息技术基础设施 业务规划工具包

5G网络

2023



## 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以及国际电联电信发展局（BDT）的专家共同编写。

## 免责声明

本出版物中采用的名称和展示的资料并不意味着国际电联和国际电联秘书处对任何国家、领土、城市、地区或其当局的法律地位或者其边界划定表达任何观点。

提及特定公司或某些制造商的产品，并不意味着它们得到了国际电联的认可或推荐，认为它们优于其他未提及的类似性质的公司或产品。除了错误和遗漏，专有产品的名称以大写字母开头，以示区别。

国际电联已采取一切合理的预防措施来核实本出版物中包含的信息。然而，已公开资料的发行无任何明示或默示担保。解释和使用资料的责任由读者自负。

本出版物中的意见、调查结果和结论不一定反映国际电联或其成员的观点。

## ISBN

978-92-61-36515-8（电子版）

978-92-61-36525-7（EPUB版）

978-92-61-36535-6（MOBI版）



打印本报告之前，请考虑到环境影响

© ITU 2023

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：

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

# 前言



在大城镇和城市部署宽带互联网几乎是自然而然的事，而在农村和偏远地区部署这类网络则显然更具挑战性。由于经济、地理和/或人口因素阻碍，许多人仍然与数字世界脱节。

国际电联统计数据表明，互联网用户占全球人口的三分之二。虽然这一数字令人鼓舞，但我们必须牢记，不应该让任何人被隔离于互联网服务之外。

制定适当的技术和经济安排以及可持续的业务规划，促进基础设施部署，尤其是农村和偏远地区的基础设施部署，对于促进普遍获得快速、可靠和负担得起的数字服务至关重要。

2019年，国际电联首次发布信息通信技术基础设施业务规划工具包，旨在应对移动4G和光纤网络的业务规划挑战。目前，该工具包还在持续提供清晰实用的方法，用以对宽带基础设施安装和部署计划开展准确的经济评估。

本修订版增加了网络设计内容，旨在支持推出可持续的5G技术。5G网络具有扩大高速连接的潜力，但对许多发展中国家来说，采用5G网络仍然面临挑战。本工具包提出了评估5G项目可持续性的几种机制。

本工具包中的方法已在非洲和欧洲的国际电联学术成员培训活动中得到有效应用。根据工具包用户、培训学员和有关专家的反馈，当务之急是开展能力和技能建设，以规划国家5G网络部署，特别是关注服务于经济上无吸引力的区域的项目。

本工具包加上专业培训，提供了专家指导，有助于制定可靠、连贯和可持续的业务计划，可适应广泛的宽带基础设施部署项目。

我希望新版业务规划工具包能继续发挥重要作用，成为世界各地信通技术政策制定者、监管者和利益攸关方向所有人开展宽带网络建设和接入工作的宝贵手册。

国际电信联盟（ITU）  
电信发展局主任  
科斯马斯·勒克森·扎瓦扎瓦

# 目录

致谢 .....	ii
前言 .....	iii
<b>1 宽带业务规划 .....</b>	<b>1</b>
1.1 定义一项业务计划 .....	5
1.2 制定业务计划的挑战 .....	8
1.3 作为公共政策工具的业务规划 .....	9
<b>2 估算宽带服务需求 .....</b>	<b>11</b>
2.1 采用计量经济学方法估算需求 .....	13
2.2 采用德尔菲法估算需求 .....	15
2.3 将需求分解为不同部分 .....	16
2.4 估算5G服务需求 .....	19
2.5 估算潜在新运营商的市场份额 .....	20
<b>3 估算提供宽带服务的收入 .....</b>	<b>22</b>
3.1 估算移动宽带项目的收入 .....	22
3.2 估算固定宽带项目的收入 .....	23
3.3 估算5G相关新业务（URLLC和mMTC）的收入 .....	24
3.4 估算传输网项目的收入 .....	25
3.5 整个项目期内的收入行为 .....	26
<b>4 估算宽带网络的投资：资本支出（capex） .....</b>	<b>27</b>
4.1 4G移动宽带接入网络 .....	27
4.2 5G移动和固定宽带接入网络 .....	33
4.2.1 5G核心网络capex .....	34
4.2.2 5G接入网络capex .....	34
4.2.3 与为利基市场提供5G专业服务相关的资本支出 .....	36
4.3 固定宽带接入网络 .....	36
4.4 传输网 .....	46

<b>5</b>	<b>估算提供宽带服务的运营支出（opex）</b>	<b>47</b>
5.1	使用成本模型估算运营支出	47
5.2	使用既往成本和支出估算运营支出	50
5.3	使用基准估算运营支出	51
<b>6</b>	<b>估算加权平均资本成本（WACC）</b>	<b>54</b>
<b>7</b>	<b>实现宽带基础设施项目的融资机制</b>	<b>64</b>
7.1	项目和许可融资机制	64
7.2	基础设施部署融资机制	65
7.3	服务提供融资机制	66
<b>8</b>	<b>结论</b>	<b>67</b>
	<b>首字母缩略词清单</b>	<b>68</b>
	<b>参考书目</b>	<b>70</b>

## 图、框和表目录

### 图目录

图1:	国际电联宽带地图：地面信息高速公路（2022年12月）	2
图2:	回归曲线（宽带普及率x人均GDP）	14
图3:	移动宽带需求分解示例	17
图4:	固定宽带需求分解示例	18
图5:	IMT-2020场景	19
图6:	估算净收入	22
图7:	2020年至2030年5G移动运营商收入预测	25
图8:	LTE异构网络	28
图9:	FTTH网络拓扑	37
图10:	SSL几何模型	41
图11:	总成本构成	48
图12:	支出/净收入比	48
图13:	历史支出/净收入比	50
图14:	资本支出/运营支出比	51
图15:	单位运营支出	52
图16:	计算净现值的第一至第四步	59
图17:	计算净现值的第五和第六步	59
图18:	净现值1示例和可能的解读	62

图19: 净现值2示例和可能的解读.....	62
图20: 净现值3示例和可能的解读.....	63
图21: 净现值4示例和可能的解读.....	63
图22: 典型基础设施项目融资机制的分布情况.....	64

## 框目录

估算潜在新运营商的市场份额.....	21
估算固定宽带项目的收入.....	23
宏小区.....	29
小基站.....	32
光线路终端.....	39
光纤计算（分路器层）.....	40
光纤计算（覆盖家庭）.....	44
使用成本模型估算运营支出.....	50
使用既往成本和支出估算运营支出.....	52
使用全球资本资产定价模型方法估算加权平均资本成本.....	57
净现值（NPV）计算.....	61

## 表目录

表1: 2021年宽带普及率和光纤连通范围内的人口的比较.....	2
表2: 德尔菲法调查问卷的问题例子.....	16
表3: 运营和维护成本.....	49
表4: 使用成本模型估算运营总支出.....	49
表5: 使用既往成本和支出估算运营总支出.....	51
表6: 使用基准估算运营总支出.....	52
表7: 本地与全球资本资产定价模型的优缺点.....	56



## 1 宽带业务规划

### 引言

扩大宽带互联网接入范围，涵盖未获服务和/或服务不足的人群，从而加快推进普遍连接和实现联合国可持续发展目标进程，这是国际电联及其成员的核心支柱之一。工具包修订目标是更新工具包内容，为5G网络的可持续推出提供支持。

宽带网络的发展和部署需要巨额的投资。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 – 旨在使信通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，架设基础设施几乎是自然而然的事，因为市场力量会发挥作用满足需求。然而，在经济、地理和/或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，因此，大量人口仍然被隔绝在数字世界之外。

本工具包的目标受众是寻求就如何制定可靠、连贯和有充分依据的业务计划、以扩大宽带网络覆盖范围并确保长期可持续性的国际电联成员国。

政策制定者和监管者已尝试通过各种战略（例如，公共基金、普遍服务基金、公私合作伙伴关系、降低射电频谱保留价格）及其他补贴机制来拓展宽带网络接入机制。此类目标通常侧重于缺乏经济吸引力的地区的网络建设和提供，在这些地区，如果不提供某种类型的补贴来鼓励投资，仅凭市场力量是无法提供服务的。

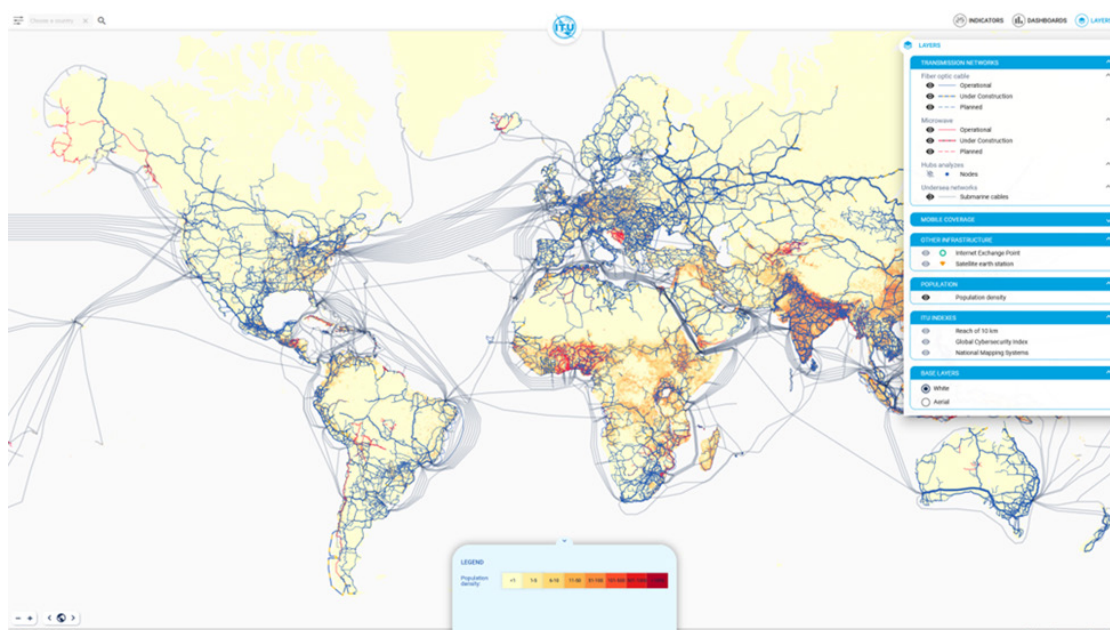
### 数字鸿沟

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新兴技术，但要连接世界上另一半人口仍然困难重重，面临一些根本性的潜在挑战：国际电联2022年宽带地图<sup>1</sup>说明了世界上大部分地区缺乏高速骨干网。

<sup>1</sup> 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://bbmaps.itu.int/app>。



图1：国际电联宽带地图：地面信息高速公路（2022年12月）<sup>2</sup>



来源：国际电联

此外，通过比较宽带普及率和光纤连通范围内的人口可以发现，仍有数十亿人口生活在尚未接入全球地面传输网络的国家和地区。

表1：2021年宽带普及率和光纤连通范围内的人口的比较

	非洲	美洲	阿拉伯国家	亚太	独联体	欧洲
固定电话签约量	49.2	91.5	69.6	96.2	90.9	98.7
国际带宽	59.7	216.0	172.0	154.4	101.1	340.2
在家上网的家庭*	22.7	75.9	62.4	64.1	81.7	87.6
使用互联网的个人	32.8	81.4	66.3	60.6	82.3	87.2

\*2021年数据

来源：国际电联2021年信通技术关键数据（<https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/stat/default.aspx>）

通过对地面传输网络的研究，国际电联计算得出，在全球大约79亿人口中<sup>3</sup>，有23亿人（29.3%）生活在距离运营中的光纤节点10公里的范围内，有45亿人（57.9%）生活在距离运营中的光纤节点25公里的范围内，有60亿人（77.4%）生活在距离运营中的光纤节点50公里的范围内，有71亿人（90.5%）生活在距离运营中的光纤节点100公里的范围内。

宽带网络接入方面的公共政策不应只关注确定基础设施差距和强制提供服务，最重要的是，必须关注找出可能资金来源的更好方式以及鼓励和促进服务提供的更有效战略。

<sup>2</sup> 来源：国际电联：<https://itu.int/go/Maps>。

<sup>3</sup> 2021年12月数据。

虽然围绕这一问题已经有了很多讨论，包括进行了许多研究，并提出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，最佳战略始终离不开对于每个具体项目的深入理解。例如，为特定农村人口提供宽带服务的最佳途径是什么？是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，以便根据可靠的技术参数评估某项公共政策。但在许多国家，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，反而依靠对此类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。

## 5G技术

5G技术的兴起为电信环境带来了各种可能的深远变化，同时创造了一个有望彻底改变社会与技术的结合方式的新生态系统。

第三代合作伙伴项目（3GPP）<sup>4</sup>为宽带网络制定了新的全球无线标准。第五代移动网络标准（5G）实现了一种新的网络，它旨在通过虚拟手段将所有人（包括机器、物体和设备）连接在一起。

国际电联无线电通信部门制定了涵盖其他宽带技术的IMT-2020 (5G)规范<sup>5</sup>，包括增强原有的移动宽带场景并将5G技术的应用扩展到涉及高可靠性和低时延通信和大规模机器类通信的使用案例，正如ITU-R M.2083-0建议书中的“IMT愿景”（载有2020年及之后IMT未来发展总体目标）<sup>6</sup>所述。

IMT-2020 (5G)是移动宽带网络的一次演变发展，将带来独一无二的新网络和服务能力。它将确保用户在各种富有挑战性的情况下（例如，在高移动性情况下（比如在火车上）、在人口非常稠密或稀少的地区以及出行时途经异构技术覆盖地区时）也可以保持连续的使用体验。此外，IMT-2020 (5G)提供了一个平台以连接大量传感器，将会成为物联网（IoT）的关键推动因素。

5G旨在成为一种可持续和可扩展的技术。电信/信通技术行业将在使用量显著增长与能耗大幅降低和能量收集增加之间取得平衡。此外，由于人工任务自动化和硬件优化降低了成本，信通技术利益攸关方将能够建立可持续的业务模式。

因此，必须了解如何确定和量化与5G网络有关的安装和部署项目，因为这些项目将是驱动未来公共电信/信通技术政策和监管的主要力量。

## 业务规划工具包

本工具包为监管者和政策制定者提供了对拟议宽带项目进行准确经济评估的方法。作为一种实用工具，它旨在促进对基础设施安装和部署计划进行全面评估。

<sup>4</sup> <https://www.3gpp.org/>。

<sup>5</sup> IMT（国际移动通信）包括IMT-2000、IMT-Advanced和IMT-2020。国际电联无线电通信部门（ITU-R）负责制定国际规则和全球标准，通过这些规则和标准在全球范围内的应用，协调和实施3G、4G和5G宽带移动网络。

<sup>6</sup> ITU-R M.2083-0建议书（09/2015）“IMT愿景 – 2020年及之后IMT未来发展的框架和总体目标”，见<https://www.itu.int/rec/R-REC-M.2083>。如欲了解更多信息，请访问ITU-R 5D工作组（WP 5D）– IMT系统网页：<https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/Pages/default.aspx>。

本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（NPV）的实用指南构成。更具体地说，本工具包研究了确定项目需求、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据可查的；因此，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和评估潜在运营商的业务计划：

- 1) 使用什么类型的数据？
- 2) 如何评估需求、投资和运营成本之类的变量？
- 3) 如何估算不同项目元素的资本成本？

为了促进更具体的理解，工具包以一般项目为例，例如，光纤骨干网络建设、无线宽带网络（包括5G）以及光纤到户（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) 估算宽带服务需求。
- 3) 估算提供宽带服务的收入。
- 4) 估算宽带网络投资需求 – 资本支出（capex）。
- 5) 估算提供宽带服务的运营支出（opex）。
- 6) 估算加权平均资本成本（WACC）。
- 7) 实现宽带基础设施项目的融资机制。
- 8) 结论。

第一节概述了估算一个项目净现值的理论原则和方法。这是提供宽带服务的所有业务计划的基础。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：政策制定者如何估算对某一服务的需求？这一需求随着时间推移会如何变化？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，因为它决定了在基础设施项目中何时以及如何投入。本节举例说明了如何估算收入、如何将收入与预估需求进行匹配，以及收入如何随时间推移而变化。

第四节探讨了资本支出建模。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、理论依据和关于各种类型项目随时间推移而变化的投资建模的实用建议都会涉及。

第五节探讨了运营费用。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、为项目的运营成本建模的最佳方式是什么？

第六节探讨加权平均资本成本，代表着待分析项目的贴现率。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了指导，讨论了融资机制，研究了可采用的各类可行的替代方案。第八节，也就是最后一节介绍了工具包的结论。

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，本工具包可作为一本宝贵的实用手册。信通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、连贯的业务计划。

## 1.1 定义一项业务计划

业务计划以有组织的方式列出了建立和经营企业的主要变量。起草业务计划并没有单一、严格和具体的结构。然而，一份好的业务计划应包括对有关活动的的所有基本要素的分析。

指导实施宽带安装和部署业务计划的目标应包含对构成该业务的关键变量的准确评估。因此，（除了各国相关法律文书中定义的税收比例等要素之外），需求、收入、投资、支出和资本成本等业务变量可以并且应当以最终结果反映有关项目的价值的方式进行研究和估算。

此外，不应忽略对企业经营的竞争环境进行分析的重要性，因为这对于项目需求和收入分配之类的问题具有重要影响。

最经常使用的评估电信资产的经济价值的方法是从现金流的角度进行评估。根据这一观点，资产（例如射频）的价格应当与业务在预先确定的一段时间内使用该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）是用于评估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用于计算某一个组织机构或其中某项业务的价值，无论是为了内部目的、投资分析，还是并购。

在这种方法中，给定业务的价值由反映投资相关风险的贴现现金流率来确定。净现值模型包括建立最优投资决策准则的三个基本原则：

- i) 投资的估值根据经营现金流计算；
- ii) 投资的经济评估纳入风险因素，尊重投资者在风险收益冲突方面的偏好；
- iii) 计算结果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获得的超过投资成本的金额，而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了折现。<sup>7</sup>

净现值计算考虑到了整个项目期间该业务每年所有收入和支出的估算值，以及服务实施所需的总投资。

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

$$EBIT^8 = \text{收入} - \text{opex}$$

其中：

De = 折旧

Am = 摊销

tax rate (税率) = 涉及的税率

capex = 资本支出

<sup>7</sup> 从财务角度来看，还有其他一些令人感兴趣的评估公司和业务的方法。例如，投资回报、内部收益率 (IRR) 或投资回报率 (ROI) 等指标也被寻求对项目进行评估的公司使用。从本工具包 (作为监管者和政策制定者实用指南) 的角度来看，重要的是要把这个方法理解为一个足以比较宽带基础设施项目的基本概念。

<sup>8</sup> EBIT: 息税前利润。



opex = 运营支出

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。

## 需求

需求变量在任何业务计划中都发挥着极为重要的作用，因为这一数据界定了拟议业务的市场维度。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，必须强调，需求行为评估是在构成项目时间框架的分隔段时间内进行的。因此，监管者不仅需要掌握针对所需服务提供的业务的精确概念，还需要了解该服务的潜在用户数量以及该数量如何随着时间推移而演变发展。

因此，关于收入、消费倾向和业务针对的目标大众的社会经济状况的统计数据对于构建准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来源；毫无疑问，建模越准确，最终评估结果就越牢靠。

## 收入

在计算潜在业务收入时，熟悉当前的服务提供情况是至关重要的。要想实现准确分析，就必须注意其他市场的基准以及将替代产品（即，将与拟议的新业务的产品直接竞争的产品）的存在考虑在内。

对于收入的最终估算应包括完整的产品组合，例如数据服务、语音等。在这一点上，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，尤其是当项目拟议的服务是已经提供过的服务时。任何分析都必须与有关地区的社会经济条件相符，因此最好是考虑到与支出相关的既有的人口统计研究。

## 运营支出（opex）

这一变量对应建模业务的所有经营支出，统称为运营支出（opex）。对于监管者来说，计算这一变量有难度，因为一般来说没有可用来支持计算这一变量的公开可得的数据。

在缺少数据的情况下，监管者需要求助于该业务的具体研究，注意可用于实施规划中的基础设施的主要技术，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处获取的会计数据来完成对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。由于拟议的业务在理论上尚未开始运营，该研究将涉及一个新提供商，一开始需求很小，然后逐年增长。因此，支出曲线将呈现出与估算需求成比例的走势。

然而，营销支出等因素的变动往往与投资曲线一致，原因是这些因素与给定地点的业务可用性有关。

## 投资（capex）

投资是任何项目业务计划的主要支柱之一。这一变量通常被称为capex（资本支出），主要覆盖对提供服务所需的所有网络和系统基础设施的投资。因此，监管者必须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，从而模拟能够满足业务计划中概述的预期需求的假想网络的建设。

最后，对于建模而言，应注意，拟议的基础设施必须满足随时间推移而变化的预估需求，因此需要考虑再投资和技术替代等方面。

### 1.2 制定业务计划的挑战

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计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，还是由于对某一业务的未来状况不确定，进行一项准确估算这些变量的研究都非易事。

涉及的变量的数量以及这些变量随时间推移而变化的表现，会使建模变得十分复杂；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/或计量经济学预测方法来对每个变量做出粗略估算。

这带来一个根本性问题：一项基于预测并旨在确定公共政策是否可行的研究，其可信度如何？答案是，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，可以采用三种不同战略：

- i) 对为监管者所知的公司账户（例如，ARPU、使用业务分钟数（MOU）、每分钟收入（RPM））和公司基本账户进行比较或交叉校检；
- 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) 公布项目（例如在公共磋商中），使每个人都能够为公共机构拟议的、基于预测的模型做出贡献。

监管者的一项任务是实施审慎的方法评估，以减少项目业务计划所依据的研究所包含的前提之间的任何不对称。

另一个根本性问题是必须具有可审计性。监管者和政策制定者一直处于各主管部门、消费者机构和媒体的监督之下。为确保透明度和可审计性，每项计划都需要提供具有足够说服力的公开数据和理论模型，以避免被认为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。在制定一项计划时，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，而无需确保涉及的某些变量的可靠性或可审计性达到某一程度。



另一方面，在对给定业务的现金流进行估算时，除了在项目估算上有信息不对称性以外，公共机构还必须具有足够的中立性和可审计性，以确保达到流程所需要的可靠性和透明度。

此外，基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，在某些情况下是司法系统）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计划必须足够稳健，不仅能够通过批准，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。进行研究的监管者/政策制定者需要：

- **定义清晰的业务案例：**每项业务计划都以某个具体的业务案例为基础。业务案例的定义对于项目的成功至关重要。确定业务如何开展（包括收入的类型和形式）是业务规划的基础。
- **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。
- **以获得认可的来源为基础进行研究：**每项业务计划离不开资料来源。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信息、数据和分析可以赋予计划更大的稳健性。
- **使用可审计工具：**构成业务计划的所有变量之间的一套相互关系规模庞大。因此，必须以可追溯的方式建立模型，以便改正一切错误。未能正确标记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：**每项业务计划都有一定程度的不确定性。无论是由于信息不对称还是由于必需大量的长远预测，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

当一个项目有积极的经济回报（即，回报为正净现值）时，就可以合理预期这个项目将在某个时间点执行，而不需要政府采取行动或干预（比如，提供补贴）。然而，政策制定者和监管者可以评估政府是否有必要采取激励措施以促进在某个缺乏服务的地区进行网络部署和服务提供。

此类评估的前提是，政策制定者或监管者应在经济回报为零的情况下刺激服务提供，以反映公司的投资资本需要获得相较平均市场资本成本而言公平的回报。

通常采用两种战略来实现这种最大化：促进竞争和监管定价。在竞争性市场中，价格自然会向经济效率靠拢。如果不存在竞争，定价方面的一些监管干预措施可重现竞争性环境的结果。

另一方面，经济回报为负的项目一开始就不具有经济可行性，如果政策制定者认为项目有必要实施，则公共政策行动的必要性和范围通常由不可行的程度决定。

私营机构通常根据经济回报承诺来选择其项目。它们根据对拟议的业务计划的分析结果，战略性地对项目进行优先排序，通常不会执行净现值为负的项目，因为这些项目

会给业务整体带来损失。因此，负净现值项目通常不被执行，而与这些项目有关的地理区域（例如，农村和孤立的社区）往往由于经济上的不可行性和无盈利性而被忽略。

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）的事的倡议，那么决定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，意味着已经将这一项目视为公益项目。由此，确定项目不可行性的程度成了一个关键问题，因为其答案可能定义甚至阻止项目的最终实施。

在这一点上，许多监管者和政策制定者容易产生技术上的误解，需要予以纠正。例如，通常假设给定项目投资的可行性应仅以对项目涉及的投资成本和资本支出（capex）的估算为基础。例如，如果通过接入4G LTE和5G无线基础设施的方式为某一地区提供网络覆盖需要1000万美元的资本支出，那么通常认为这1000万美元是需要由政策支持者资助的确切金额。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) 没有从时间发展角度来看待业务。

要对投资可行性进行真实和准确的评估，必须研究给定项目的所有变量。例如，一个项目也许在经济上不可行，其原因并不只是投资成本高昂，还有预期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在一起使该项目缺乏经济可行性。

出于这一考虑，衡量经济可行性的最佳机制是分析项目的净现值，因为这一做法准确地衡量了业务的所有变量，评估随时间推移的变化情况，并显示了经济回报的差距，从而使监管者全面了解项目在经济上不可行的原因。

要对宽带基础设施公共政策项目进行精确评估，就必须在制定业务计划时为业务发展及其行为评估留出足够的时间。

本工具包的以下各节将对每个业务变量进行深入探讨。

## 2 估算宽带服务需求

业务计划的一个关键部分是估算对于将要提供的服务的需求。未能使用可靠需求估算工具意味着政策制定者推出的公共政策有可能无法满足人口的实际需求。例如，政府可能决定在一个市镇投资建设一个光传输网络，以满足其感知到的人们对超宽带接入网络的日益增长的需求。然而，由于社会经济因素，该市镇的需求可能没有达到需要建设光纤传输网络的程度。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该市镇需求的项目。

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，而估算长期需求则是一个较大的挑战，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，尤其是在快速演变发展的电信领域。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。这些见解有时能够证明成功项目与失败项目之间的差异。

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定就可能要依靠隐藏的、无意识的假设，而这些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，并增加了制定能够最好地满足不断增长的人口之需的公共政策的机会。

可采用多种技术进行需求估算。历史数据、计量经济学方法、采访和试验测试都是估算对一项服务的潜在需求的常用方法。

在稳定的市场，通常可以采用计量经济学模型来估算需求，重点关注价格弹性估算。某项特定电信服务的稳定市场可以认为是已经经营该服务多年的市场。

许多学术出版物谈到了固定和移动电信服务的需求估算。一般来说，它们采用基于时间序列数据或横截面数据的模型来估算对一项服务的总需求。用于估算需求的主要驱动因素为：

- 电信服务的价格；
- 收入，以国内生产总值（GDP）或人均GDP表示；
- 购买力平价（PPP）；
- 电信密度（每百名居民的签约用户数）；
- 家庭人口结构，指以统计学方式表示的社会经济信息，例如，就业情况、教育、收入。

估算业务接入和使用服务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，只要代入有关国家的独立变量数据即可。估算价格弹性可能需要取决于一国的收入、贸易类型和不同文化方面。因此，估算的价格弹性总是具有国别性。

国家概况、世界发展指标、GDP、购买力平价和人口估算值数据库可在世界银行公开数据网站<sup>9</sup>上查阅。信息通信技术（ICT）的指标和统计数据可在国际电联DataHub<sup>10</sup>查阅。国际电联DataHub是一个包含电信/信通技术指标和统计数据、监管和政策信息、国家关税政策和成本核算方法的一站式平台。此外，国际电联正在开展技术、经济、政策和监管方面的研究，收集有关基础设施发展演变的数据并在全世界范围内共享。这些信息可在国际电联基础设施发展门户网站<sup>11</sup>获取。

估算对新服务的需求是更大的挑战。新服务与新的使用有关，并由新设备和新技术支持。虽然在原则上，新电信服务预测与其他领域的预测并无不同，但是预测未开发市场的挑战还是使大部分学术预测人士避开了这一领域。

就新服务而言，无论是在推出之前还是推出之后，都必须解决两个关键性的预测问题：估算各代服务的市场潜力，以及扩散路径—也就是采用新产品的速度和时间，这反过来又会带来逐期销售<sup>12</sup>，后者同样重要。对许多应用来说，还需要估算新技术的使用率。在推出之前，市场潜力和新进入者是决定成功与否的关键因素，但随着时间推移，流失率（用来描述在技术和竞争者之间的行为变化）、退订率和使用率变得更为重要。

用于估算新服务需求的主要因素是所谓的意愿调查、服务功能评估、选择模型、试点市场和/或与其他产品甚至其他国家的类比图。

用于估算新服务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服务，也可以直接询问受访者是否打算购买某项服务。此外，还可以向一组专家提交一份调查问卷，就新服务征求一定程度的专业判断。在后一种情况下，可使用的有效方法是德尔菲法<sup>13</sup>。

大部分电信服务都是通用的，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提供的语音服务，同时通过支持更先进的数据应用拓展了使用范围。

5G技术的推出打破了这一规则，形成了一个重要例外。与前几代移动通信技术相比，5G技术呈现出高度进化的状态和颠覆性的技术特征。

从服务提供的角度来看，主要区别在于是否有可能使用同样的网络基础设施。基于这一特征，预计5G技术将提供可以替代传统移动和固定宽带服务的服务。除了可以通过“端到端”解决方案提供连接、通信和网络共享以外，5G还可以提供利基产品，支持农业企业、运输、采矿、物流和工业等多个经济部门的数字化转型。

<sup>9</sup> 世界银行公开数据网站见<https://data.worldbank.org/data-catalog>。

<sup>10</sup> 国际电联DataHub见<https://datahub.itu.int/>。

<sup>11</sup> 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>。

<sup>12</sup> Fildes和Kumar（2002年）。

<sup>13</sup> 德尔菲法是一种估算方法，它使用一份调查问卷，反复向一组专家征询关于某个未来事件的想法，直至达成共识—完整讨论见第29页。欲了解更多内容，见Okoli, C.和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》，第42卷第1期，第15-29页。

因此，与提供3G和4G服务不同，涉及5G技术的业务模型将以开发四条服务线为前提：被称为“增强型移动宽带（eMBB）”的移动宽带服务；通过固定无线接入（FWA）技术提供的固定宽带服务；涉及利用高可靠性和低时延通信（URLLC）的新业务线（企业对企业（B2B）或企业对消费者（B2C）应用）；以及大规模机器类通信（mMTC）。

因此，估算市场潜力可以认为就是估算先前市场和因使用范围扩大而获得的新市场两者结合后的潜力。计量经济学模型可用于估算对服务的总需求，而德尔菲法可用于根据每代技术的吸引力对总需求进行分解。

必须注意，不准确的假设并非源于缺乏预测技术。所有人都可以使用回归分析、历史趋势平滑法、德尔菲法/专家判断、特征评估、试点市场和其他方法。大部分不准确的需求预测都错误地假设过去推动需求的复杂关系将维持不变。政策制定者应始终牢记，由于新技术兴起、消费者偏好变化、行业不断发展以及监管制度演变，历史并非总是可靠的指南。

## 2.1 采用计量经济学方法估算需求

要估算某一区域的宽带需求，可根据经济规模建立一个简单回归模型（类似于原先的电信密度模型）。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）。

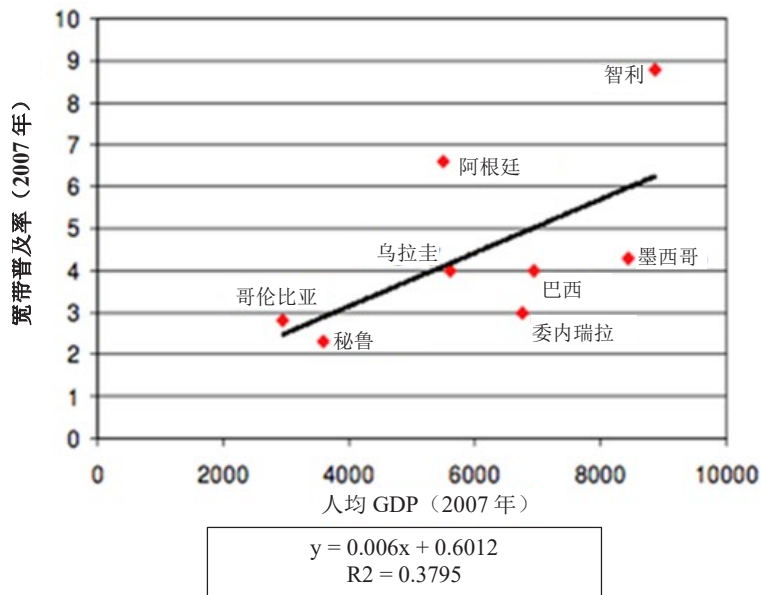
卡茨（Katz，2009年）<sup>14</sup>曾使用这一模型估算拉丁美洲的宽带需求。根据这一模型，GDP和宽带普及率之间存在正相关关系，因为预计人均富裕的国家宽带服务签约人口占总人口的比重更大。

---

<sup>14</sup> Katz、Raul L.（2009年）。《估算拉丁美洲的宽带需求及其经济影响》，第三届ACORN-REDECOM会议文献，墨西哥城。



图2：回归曲线（宽带普及率x人均GDP）<sup>15</sup>



来源：国际电联

另一个便于使用的方法由经合组织开发，于2008年发布<sup>16</sup>。这一方法基于横截面模型，使用经合组织国家的数据。经合组织通过研究发现，估算宽带需求的最佳模型需要以普及率、价格、人均GDP（GDPPC）和商用数字用户线（DSL）服务推出年数的对数值为基础。

这一模型的一个有用特征是价格的对数和人均GDP的对数的系数值可以被解释为弹性：

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

经合组织模型认为：

- a) 需求的长期价格弹性处于非弹性区间。系数-0.43表示，长期来看，价格每下降1%将导致需求上升0.43%。需求似乎并未受到价格的强烈影响。不过，这一弹性接近发达国家电话线租用和本地及长途电话需求的典型价格弹性的高端。
- b) 由人均GDP衡量的需求的长期收入弹性有所增强。例如，财富每增长1%，需求就会上升0.78%。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，较高收入国家的系数小于1。
- c) YSL和YSL2的系数表明，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，YSL2的系数是负值。

<sup>15</sup> Katz（2009年）。

<sup>16</sup> Cadman, R.和Dineen, C.（2008年）。《宽带签约需求的价格和收入弹性：经合组织国家横截面模型》，SPC网络19，03-08。

这一横截面模型可用于估算一个国家的服务普及率，甚至可以基于特定区域国家或与目标国家有一些相似之处的国家的特征（例如，社会经济或地理指标）来估算一个新模型。

虽然开发上述模型是为了估算固定宽带服务需求，但它们也可以用于估算移动宽带服务需求，只要将固定宽带普及率和固定签约价格替换为移动普及率和移动签约价格即可。

可获得相关数据的监管者还可以通过面板数据模型来估算服务需求。Hausman和Ros（2013年）<sup>17</sup>使用与墨西哥类似的国家的的面板数据（根据收入水平（人均GDP）选择了一个可比国家样本）估算了移动和固定电信服务的需求模型。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，对等国家的样本就保持不变。所选取的样本国家人均GDP排名略高于或略低于墨西哥。选择标准是人均GDP水平与墨西哥类似并且移动定价数据可用的国家。因此，利用17个国家样本建立的移动需求和移动服务定价的计量经济学模型确定了墨西哥移动服务需求的价格弹性和人均GDP弹性。

固定效应估算方法被用来排除有偏差和不一致的估算值。估算得出的需求价格弹性大约为  $-0.50$ ，需求的人均GDP弹性大约为 $0.45$ ，两个数值都是精确的估算（即，具有统计学意义），并发现经济变量对移动签约情况存在重要影响。

所得出的模型表明，价格和人均GDP都是移动需求的重要决定因素。

## 2.2 采用德尔菲法估算需求

德尔菲法是一种估算方法，它使用一份调查问卷，反复向一组专家征询关于某个未来事件的看法，直至达成共识。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。

在第一轮中，将问题发送给遴选出的一组电信行业的专家。这些专家广泛来自国家运营商、设备供应商、学术机构、研究中心、专业的行业媒体、行业协会和监管当局。

随后对第一轮的回答进行汇总和分析。选出观察到答案差异最大（在得到的答案的平均值和中位数之间）的问题以进行第二轮征询。在这一轮中，向每位专家展示平均数、中位数和第一轮中给出的答案，并询问他们是维持原始答案还是进行修改。

在第二轮过后汇总结果，并针对每个问题选出将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，详细说明所选择的指标、选择标准和获得的结果。如果结果继续出现分歧，可进行新一轮征询。目标是减小回复的范围，达成某种接近专家共识的结果。

问卷可提出关于电信密度、新服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，可每五年或十年进行一次估算，例如，2020年、2025年、2030年、2040年和2050年。

<sup>17</sup> Hausman, J. A. 和Ros, A. J.（2013年）。“使用面板数据对墨西哥的电信价格和消费者盈余进行计量经济学评估”，《监管经济学杂志》，第43卷第3期。



**表2：德尔非法调查问卷的问题例子**

问题	观测值				预测值			
	2014年	2015年	2016年	2017年	2020年	2025年	2030年	2050年
1.每百名居民的蜂窝移动签约率	44%	50%	55%	65%				
2.每百名居民的物联网（IoT）/机对机（M2M）接入率			0.02	0.03				
3.每名移动用户的使用业务分钟数（MoU）	82	91	86	109	115			
4.每名移动宽带用户的移动数据使用			15	35	59			
5.移动技术的代际演进：	2G	99%	94%	90%				
	3G	1%	6%	10%				
	4G	0%	0%	0%				
	5G	0%	0%	0%				
6.每百名居民的固定（有线）宽带签约率								
7.光纤占全部住宅固定接入技术的比例	< 1%	< 1%	< 1%	< 1%				
8.光纤占全部非住宅固定接入技术的比例	< 1%	< 1%	< 1%	< 1%				
9.每次宽带接入的平均速度（以Mbit/s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，是用于估算长期需求和对新服务和技术的需求的理想方法。

### 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几个主要组成部分以便进行单独分析。德尔菲法的结果也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足够同质化，从而使需求的驱动因素在其各个要素中一致适用；然而每个类别又要足够大，从而值得花费精力进行分析。

在作出这一决定时，很有用的做法是设想其他的细分方式，例如，基于终端用户组（比如住宅或非住宅）或购买类型（比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才能了解实际情况。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成立。

在思考需求细分的程度时，有必要决定是使用关于细分规模的现有数据还是进行新的研究以获得独立估算值。通过国际电联DataHub<sup>18</sup>可获得许多国家按细分类别划分的历

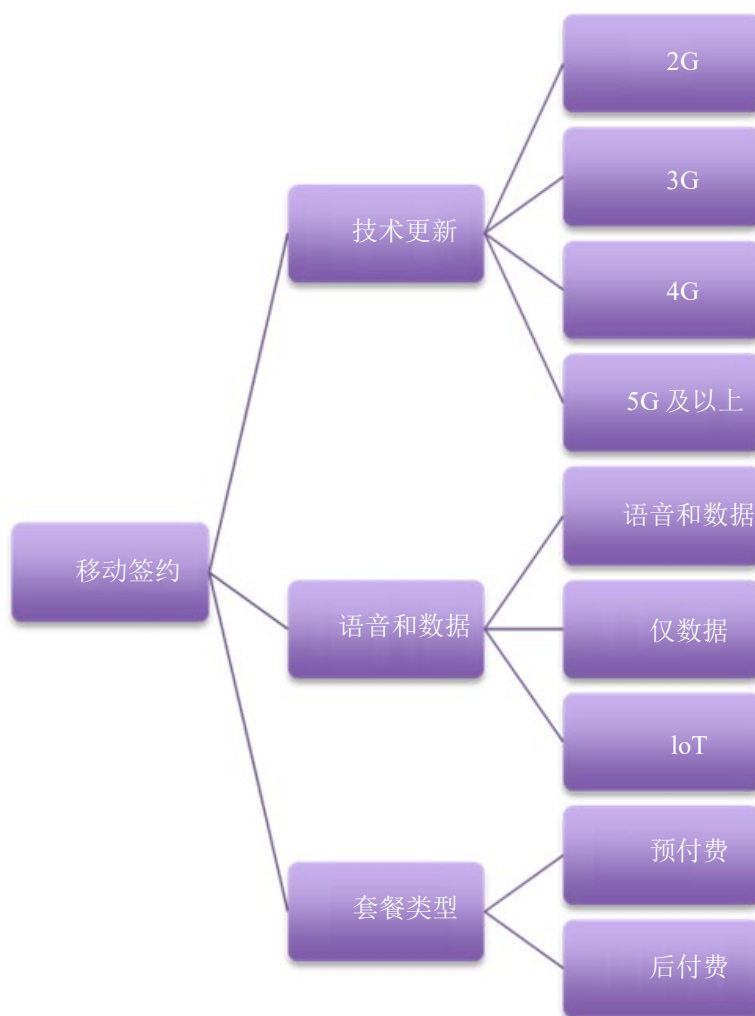
<sup>18</sup> 国际电联DataHub见：<https://datahub.itu.int/>。

史需求水平的大量公开信息。一些国家监管者也提供了关于其电信部门的大量统计数据和指标，可以加以利用。

即使获得良好的数据来源，可用信息也可能没有按照最佳类别来细分以支持深入分析。在这种情况下，必须决定是基于可用的历史数据还是进行新一轮可能既耗时又昂贵的专家判断来进行预测。

举例来说，移动总需求的分解可按照图3所示结构进行。

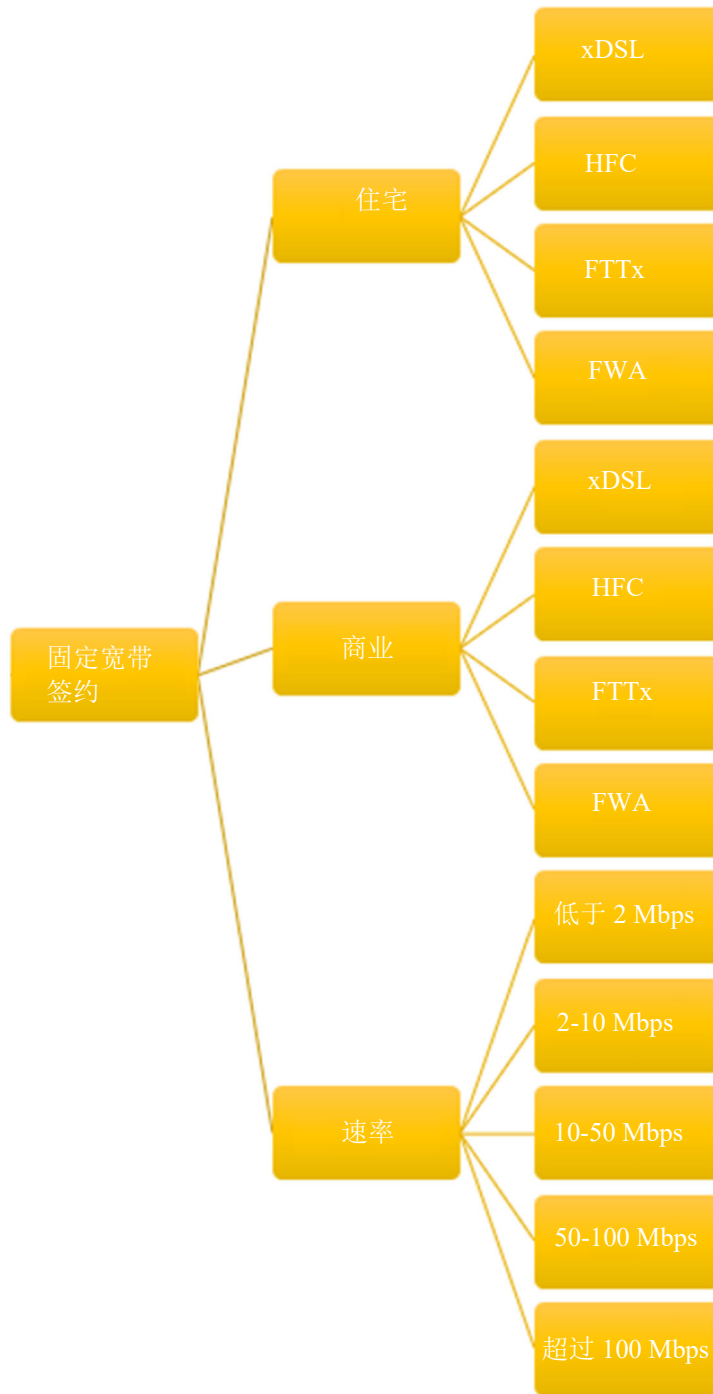
**图3：移动宽带需求分解示例**



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所示结构进行。

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。

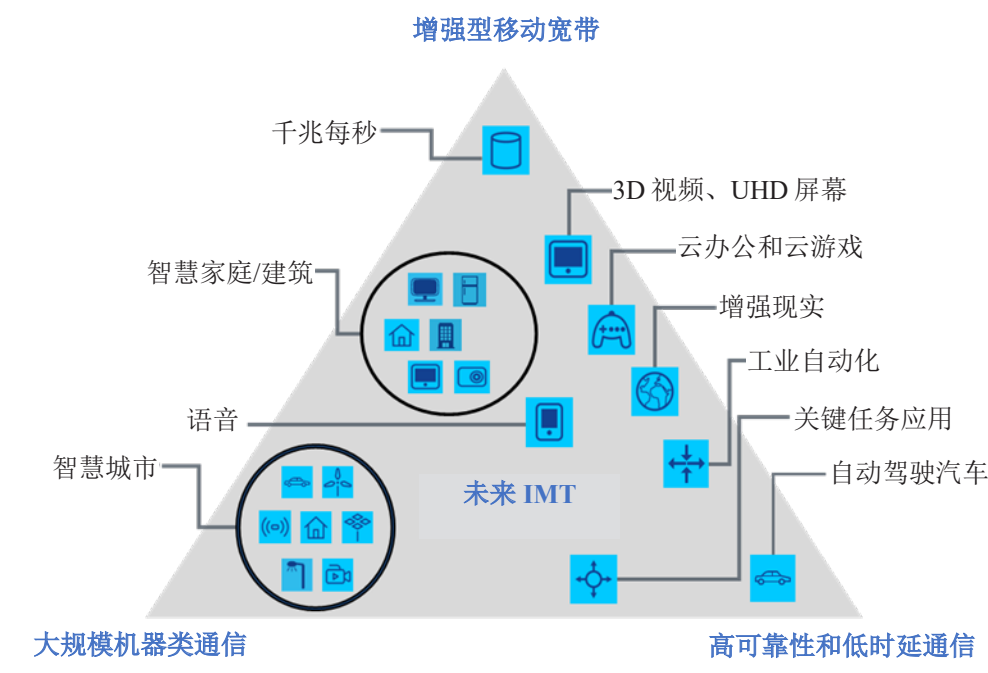
在分解总需求时，政策制定者必须牢记所要实现的公共政策目标，从而在数据可用性的条件下，为业务计划做出最佳设定。

## 2.4 估算5G服务需求

图5显示，IMT-2020 (5G)网络将给传统电信业务模型带来重大颠覆，因为它将实现三种场景下的服务：

- a) 增强型移动宽带（eMBB）；
- b) 高可靠性和低时延通信（URLLC）；
- c) 大规模机器类通信（mMTC）。

图5：IMT-2020场景



来源：ITU-R M.2083建议书，“IMT愿景 – 2020年及之后IMT未来发展的框架和总体目标”<sup>19</sup>

与提供增强型移动宽带（eMBB）服务有关的需求估算应遵循用于估算移动服务需求的原则。随着5G技术的推出，服务提供商将提供电话、移动宽带服务和应用，并在速度、带宽和时延方面取得更佳表现。

此外，针对每个市场，可以观察到不同技术的增长和衰变曲线（曲线的斜率）以及采用时间框架，以建立每种技术的预测曲线。在每个市场中，都必须估算5G技术需求周期，假设5G周期遵循与以前的移动技术相关的需求曲线，则有必要对每个市场适用类似的增长曲线。另外，必须注意，在采用新技术的最初几年，签约百分比会超过以前技术的曲线。这一时期被称为“技术采用时间”。这一趋势也表明，每次增长之后，新技术的签约百分比将会趋于稳定，直到新技术推出之时。

使用固定无线接入（FWA）的固定宽带服务是通过5G网络提供的第二类服务。这类服务需要有可用的移动网络资源来提供eMBB服务。也可以考虑一种同时启用eMBB和

<sup>19</sup> ITU-R M.2083建议书<https://www.itu.int/rec/R-REC-M.2083>。

FWA的模型。除了5G的多业务能力以外，考虑到不需要投资接入网络（光纤）来连接用户，新技术的典型高速率证明了这一前提的合理性。

要估算与提供FWA服务有关的需求，必须对固定宽带市场进行研究。由于FWA服务与固定宽带服务有相似特征，因此FWA需求将成为固定宽带服务总估算需求的一部分。

移动服务提供商最近才开始探索这一方式，因此，电信行业进行的研究和前瞻性评估直接估算了5G业务收入，而不是估算这一细分领域的需求（见第3.3节）。

总之，预计新一代移动通信基础设施将提供三条不同业务线（移动服务、固定宽带服务和基于URLLC和mMTC的应用），这将推动需求，进而促进投资以推出5G业务。

## 2.5 估算潜在新运营商的市场份额

一旦确定了服务需求，下一步就是模拟如何针对潜在的新进入者或者在当前的竞争环境中准备落实公共政策目标的成熟公司进行市场划分。

市场建模应始终将授权服务、频谱上限、射频频段信道开通和当前市场行为的现有监管规则 and 标准纳入考虑。

估算潜在固定宽带运营商的市场份额时，应考虑当前市场参与者的现状以及是否已制定旨在促进竞争、可能在中期内影响当前竞争场景的监管规定。如果很可能保持现状，那么可以仅复制成熟运营商的当前市场份额并略作改动，直至项目结束。

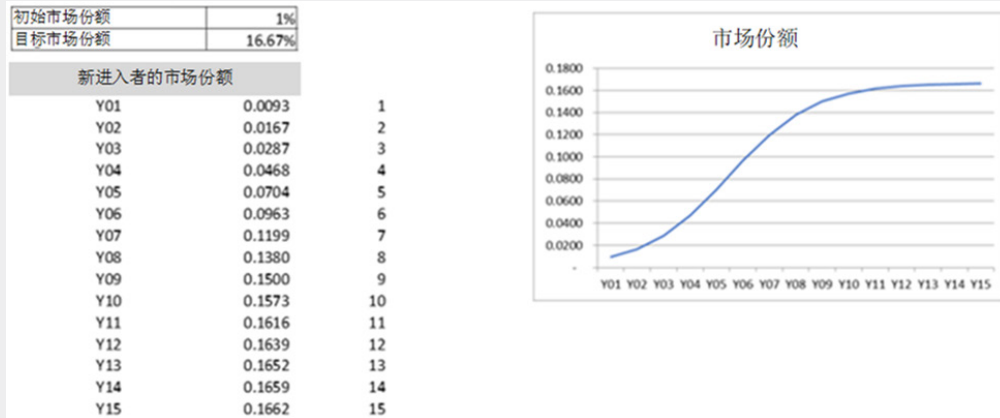
相反，如果从长远来看，竞争场景有望改善，那么应当预计成熟运营商的市场份额会随时间推移而变化，新进入者可能获得市场份额。这样，就可以使用S曲线建模来预测市场份额在项目结束前会如何发生变化。

在估算潜在移动宽带运营商的市场份额时，除了考虑上述因素以外，还必须虑及频谱上限规则以及管辖移动虚拟网络运营商或无线电接入网共享的所有监管规定。了解了这些信息之后，就可以同样采用S曲线模型<sup>20</sup>模拟竞争场景在项目期内的演变情况，并估算即将实施项目的运营商的市场份额。

<sup>20</sup> S曲线模型可被电信/信通技术部门用于描述新服务在市场中的表现。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服务。之后，随着新服务快速增长并在市场上取得主导地位，曲线急剧上升。经过这一高增长阶段之后，服务维持高绩效水平但几乎不增长，常常预示着市场成熟但已饱和。

### 估算潜在新运营商的市场份额

场景：一个新进入者将部署一项为期15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，旨在达到一种长远竞争水平，在这种情况下，运营商几乎是平等地划分市场。固定宽带市场已经有五家运营商；新进入者将是第六家，其市场份额曲线开始时接近于零，但在项目期间，其市场份额将不断扩大，直至达到监管者计划的市场份额水平。S曲线可用于模拟这一新进入者在项目期间的行为。



来源：国际电联

注：使用的值仅作说明之用。

### 3 估算提供宽带服务的收入

这一步涉及估算与预测的需求相关的收入。估算净收入的最简单方法是计算根据业务计划将要提供的服务或细分服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6所示的净收入。

图6：估算净收入



来源：国际电联

然而，即将推出的具体服务的ARPU并非始终可得，因此可能需要作出一些调整，例如使用类似服务的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在项目期内将如何演变发展。

以下介绍了可用于估算宽带项目收入的一些选项，以及用于估算收入在项目期内可能如何变化的一些建议方法。

#### 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，该项目实际上是提供移动通信，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服务的ARPU来估算项目的ARPU。

此外，分析显示，虽然移动技术（2G、3G、4G、5G）不断演进，但是与这些新一代技术相关的ARPU发生重大变化。总的来说，终端用户服务计划的价值实际上基本保持不变；即，虽然服务在数据量和质量上进行了升级，但是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更多的数据使用，速度更快，甚至还有额外的增值服务。对于建模来说，这意味着移动服务ARPU的历史数据可用于估算较新的移动宽带服务收入。

如果数据可用，并且能够对需求进行细分，那么将ARPU细分为预付费和后付费签约可使预测更加精确。



### 3.2 估算固定宽带项目的收入

要估算固定宽带项目的收入，建议使用固定宽带服务的ARPU。总的来说，固定宽带市场的服务提供商会提供至少两种主要的套餐配置：低速配置和高速配置。如今，低速配置即最高20-25 Mbit/s的套餐，而高速配置则包含大约25 Mbit/s及以上的套餐。

同样，如果数据可用，并且可以对需求进行细分，那么将ARPU细分为低速套餐和高速套餐往往可以使预测更加精确。

#### 估算固定宽带项目的收入

假设将在W国部署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主要类型的宽带报价。

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%的速度稳步下降。据推测，这一趋势将在十年项目期内持续。一旦估算出项目各个年份的ARPU总值，就可以通过将一年的需求乘以同一年的ARPU总值来估算总收入。

注意，在运营的第一年，建议仅考虑6个月的收入，因为需要在网络部署和服务商业化之间留出时间。

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	
固定宽带需求估算				
	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5G相关新业务（URLLC和mMTC）的收入

5G网络带来的前所未有的新业务机会给收入预测建模带来了最大挑战，在已经推出5G技术的国家缺乏有效的稳定案例。

对于在垂直业务线<sup>21</sup>中利用5G技术所提供资源的需求，似乎很少或根本没有达成共识。鉴于垂直行业的潜力，人们认为它们是B2B和B2C类型的“端到端”解决方案，以5G基础设施和5G性能作为支撑，但又突破了传统电信市场模型的限制。由于部署5G的网络运营商将会提供超越电信服务概念的服务，这个新业务线可以归类为与提供基础设施和连接相关的企业服务。

作为衡量收入的一种方式，人们往往试图量化垂直行业在电信市场上的影响，将5G移动通信收入在较为成熟的细分领域（即，eMBB和FWA业务线）中所占百分比作为参

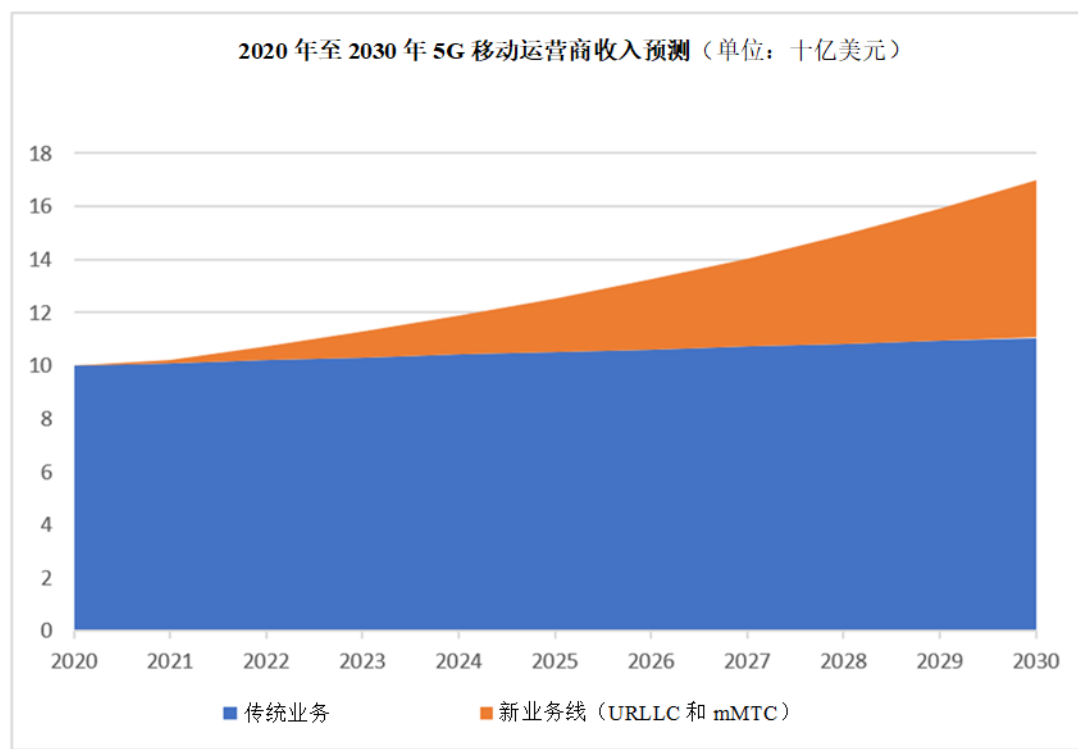
<sup>21</sup> 受益于信通技术产业的垂直行业包括农业企业、采矿、运输和物流，以及制造业。

考。例如，爱立信公司（2019年）指出，“如果能够抓住这些机会，到2030年，服务提供商就能在当前业务范围的基础上释放高达35%的额外收入流”。华为公司（2019年）公布的一份报告表明，到2030年，5G解决方案估计能为全球GDP贡献约1.4万亿美元。此外，GSMA（2018年）暗示，5G领域的新增量收入机会将来自企业/行业细分部门，其他许多报告也认同这一趋势。

为了估算这一新业务线的相关收入，必须评估垂直行业在5G业务模型中的影响，以及本地市场的主要特征，从而估算出URLLC和mMTC业务线在5G业务总量中所占百分比的曲线。

图7应用了爱立信公司（2019年）的预测，表明到2030年，35%的移动网络运营商总收入将来自与5G技术相关的新业务线（URLLC和mMTC）。

**图7：2020年至2030年5G移动运营商收入预测**



来源：爱立信公司（2019年）参考

注：使用的值仅作说明之用。

### 3.4 估算传输网项目的收入

只要传输网络项目与批发电信业务高度相关，要估算此类项目的净收入，最好是以成熟运营商（或具有显著市场影响力（SMP）的服务提供商）的公共租用线路服务报价作为参考。

如果相关国家没有与此类批发业务相关的任何公开报价，一种替代方法是查询其他监管机构的网站，以获得可靠的基线参考，以便用于与租用线路和连通性相关的业务。

然后，这可能会受购买力平价指数制约，以消除货币汇率之间的任何价格水平差异。用作参考的价格不得包含税收和通胀备付金。

### 3.5 整个项目期内的收入行为

项目的初始ARPU值应反映最近计算的值。可基于最近的ARPU演进来估算ARPU在业务计划过程中的演进。如果无法获得ARPU信息，也可以使用社会经济状况类似的国家ARPU作为近似值。例如，可以从其他国家电信监管机构或投资银行的网站上获取这一信息。

另一项良好战略是使用国际电联信通技术综合价格指数（IPB）<sup>22</sup>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。必须记住要在净收入估算中减去税收效应。在分析ARPU的历史趋势时，还应从估算中剔除通货膨胀效应，以确保业务计划在所有情况下都涉及实际价值。

在估算ARPU预期并且估算了预期需求之后，就可以根据与即将推出的网络相关的具体服务获得每年的预期收入。

注意，在运营的第一年，只能考虑6个月的收入，因为需要在网络部署和服务商业化之间留出时间。

---

<sup>22</sup> 信通技术综合价格指数见国际电联DataHub（可负担性 – 信通技术价格：<https://datahub.itu.int/indicators/>）。

## 4 估算宽带网络的投资：资本支出（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，所面临的重大挑战之一是正确估算填补某个特定国家网络基础设施缺口所需的资本支出（capex）水平。

所需的投资水平方面的信息对于推动政策制定者制定出一个连贯、可信和可靠的方案、用以评估未获得服务的地理区域的假设性电信运营的长期吸引力和可持续性十分重要。

此外，在5G网络的环境下，支持自动驾驶汽车、无人机、工业厂房自动化等超低时延应用的用例种类越来越多，加大了capex要求的不确定性。

capex估算的主要输入信息为：

- 对于移动和固定宽带服务的预期需求，以及当前基础设施缺口方面的详细信息，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、通信量或Mbit/s表示）；这些信息对于网络设计决策和投资估算均十分重要。

基于这些输入信息，为应对确定的基础设施的缺口所需的capex取决于所选择的服务和技术。例如，希望尽快解决某一特定地区缺乏宽带服务问题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（3G、4G、5G、5G FWA等）的部署为模型，而着眼于更长期规划的政策制定者可能更倾向于模拟光纤到户（FTTH）接入网的部署。即使是骨干/回程传输网络的部署，选择以标准公用微波网络还是新一代光纤网络建模，取决于公共政策目标和每个市镇或地区的预计通信量需求，会对所需的投资水平产生直接影响。

为了就如何估算满足宽带基础设施需求的必要capex提供有用指南，并顾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例子说明可信的方法，这些方法可供希望促进4G和5G无线宽带网络、固定宽带FTTH网络以及宽带微波和光纤传输网络部署（这些是当前最常选择的宽带网络扩展技术）的政府采用。

### 4.1 4G移动宽带接入网络

本模型的目的是估算满足未获得服务市镇或区域潜在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。

为了执行这一计算而建议了一个模拟运营商，该运营商只有一个射频块用于传统4G LTE e-NodeB（以下简称为“宏小区”），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区天线系统和一个WiFi热点构成，用于将通信量直接分流到固定传输网。图8介绍了设想的移动宽带接入网络拓扑。

图8: 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，运营商可能会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，其驱动力来自对于减少满足爆炸性移动宽带需求所需的capex的需求<sup>23</sup>。这一混合战略具有三重优势：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。

### 覆盖站点（宏小区）部署投资的计算

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

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

其中：

$N_{macrocells}$  是待估算的宏小区数量

$A_t$  是待覆盖的目标区域总面积（以平方公里为单位）

$A_{eNb_{avg}}$  是一个典型e-NodeB覆盖的最大区域面积。

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，就有必要获得每个站点的单位成本，以便估算所需的投资。不同国家的单位成本可能差异巨大，因此，为了准确起见，这一成本应当从成熟的本地移动宽带运营商和本地网络提供商处获取。

<sup>23</sup> 来源：思科可视化网络指数全球移动数据流量预测更新，2016-2021年：<https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/mobile-white-paper-c11-520862.html>。



最后，具有成本效益的4G部署必须利用可共享的无源基础设施（塔台等），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                      共享塔台 = 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（塔台等）= 19 - 7 = 12  
有源基础设施（e-NodeB 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（宏小区）所需的基础设施需求，就需要评估最佳战略，以应对建立一个具备足够容量（Mbit/s）、能够以最优化的capex满足4G LTE无线网络通信量需求的网络这个挑战。

第一步是基于各类4G LTE无线网络用户的需求情况（例如预付费和后付费语音和数据用户、金蝉声数据通信量的调制解调器用户等）预测每个市镇未来几年<sup>24</sup>的预期通信量需求。

为了以对网络规划最有益的方式将用户需求转化为所需的峰值通信量容量（Mbit/s），考虑到商用LTE网络的频谱效率（bit/s/Hz）的常见增量增长，有必要为每个用户配置制定一个速度矩阵，为随年份推移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配置类型估算的4G LTE无线网络用户需求，以及估算的4G LTE无线网络数据计划提供的速度矩阵，可能会获得需要部署在每个服务覆盖市镇的4G LTE无线接入网支持的估算通信量容量。

<sup>24</sup> 年份数取决于为净现值（NPV）计算定义的时间框架。例如，巴西在固定宽带项目净现值（NPV）计算中采用十年期的需求预测。



一旦了解了这一通信量需求 (Mbit/s)，并确定了每个运营年份的增量需求，就可以计算出每年需要部署的小基站和WiFi热点的数量，以满足超出宏小区已提供的容量的需求。每个市镇在每个服务提供年份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中市镇所有用户的通信量需求 (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-NodeB) 或小基站 (只有1个扇区) 提供的容量 (以Mbit/s为单位)。这一容量的计算方法是将市镇在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 ( $\eta_A$ ) 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网络通信量的分流因子，即分流至WiFi热点的小基站通信量的百分比。

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该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，给定市镇在A年的通信量需求 (Mbit/s)。以下关于小基站的部分说明了这个公式的应用。

使用分流因子  $F_{off-load}$  是基于这一前提：考虑到通信量随着4G LTE移动网络终端的普及而快速增长，使用WiFi网络来分流部分通信量成为了全球趋势<sup>25</sup>，尤其是在人口高度密集的城市地区。此外，分流因子表示寻求网络部署方面的效率，因为在某些需求高度集中的区域 (例如，城市微中心、商场、机场等)，容量在很大程度上可能要依靠WiFi热点来提供。

根据最新估算<sup>26</sup>，高达63%的移动宽带通信量通过WiFi网络流动，因此，减少了在为使用许可频率的移动网络进行设备配置时需要考虑的需求要求。此外，这一前提在很大程度上实现了capex的优化。

<sup>25</sup> 见：<http://docplayer.net/13989507-Smartphone-use-transforming-with-the-rise-of-4g-and-wi-fi.html>。《随着4G和Wi-Fi的兴起，智能手机使用正在发生变化》，Informa UK Ltd，2014年。

<sup>26</sup> 来源：思科可视化网络指数全球移动数据流量预测更新，2016-2021年：<https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/mobile-white-paper-c11-520862.html>。

网络共享因子 $F_s$ （在电信生态系统也被称为争夺比例）是一个在设计分组交换网络（例如4G LTE无线数据网络）时经常考虑的一个参数。在网络设备配置方程式中，这一参数被用于为用户在大多数情况下在不同时间需要的网络资源（发送和接收数据包）做准备。用户并不会在完全相同的时间利用网络移动容量，因此，让网络支持预测的最大数据总体通信量并不高效，因为这种情况永远不会发生。相反，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）设备配置时考虑的一个典型值为1:20（5%），即，针对每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。<sup>27</sup>

商用LTE网络在A年的频谱效率 $\eta_A$ （以bit/s/Hz为单位）可从本地运营商和网络提供商处获得。通常来说，使用256 QAM调制的网络的参考点是4 bit/s/Hz。此外，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，可以预测频谱效率的演进，从第三代技术（WCDMA – 宽带码分多址、HSPA – 高速分组接入，等）开始，直到LTE网络的兴起以及随后经由3GPP论坛完成的升级（发布）。在此基础上，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。

最后一个变量是每个市镇的LTE网络 $B_A$ 在给定年份A可用的频谱数量（MHz）。该变量因国家而异，通常为监管机构所知。

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通信量需求的小基站数量的所有变量，有可能得到需要部署的基础设施的数量，不仅仅可以解决覆盖问题，而且还能确保以足够容量来充分支持移动宽带需求。

<sup>27</sup> 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

下表介绍了在考虑以下场景的情况下，如何按年估算给定4G LTE部署所需的小基站的数量：

- i) 需要19个宏小区实现覆盖；
- ii) 总需求预测范围从运营第一年的100 Gbit/s到第十年的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						
<b>待网络提供的容量</b>						
Year	$D_{LTE}$	$(1 - F_{off-load})$	$F_B$	$[D_{LTE}(1 - F_{off-load}) \cdot F_B]$		
1	100 Gbps	37%	9%	1.85 Gbps		
2	120 Gbps	37%	9%	2.22 Gbps		
3	150 Gbps	37%	9%	2.78 Gbps		
4	175 Gbps	37%	9%	3.24 Gbps		
5	210 Gbps	37%	9%	3.89 Gbps		
6	250 Gbps	37%	9%	4.63 Gbps		
7	300 Gbps	37%	9%	5.55 Gbps		
8	360 Gbps	37%	9%	6.66 Gbps		
9	420 Gbps	37%	9%	7.96 Gbps		
10	520 Gbps	37%	9%	9.62 Gbps		
<b>宏小区提供的容量</b>						
Year	$N_{macrocell}$	$B_A$	$\eta_A$	$S$	$C_{macrocell}$	$N_{macrocell} \cdot C_{macrocell}$
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
<b>待小基站提供的容量</b>						
Year	$\max([D_{LTE}(1 - F_{off-load}) \cdot F_B] - (N_{macrocell} \cdot C_{macrocell}); 0)$					
1	0					
2	0					
3	0					
4	0					
5	0.47 Gbps					
6	1.21 Gbps					
7	2.13 Gbps					
8	3.24 Gbps					
9	4.54 Gbps					
10	6.2 Gbps					
<b>小基站容量</b>						
Year	$B_B$	$\eta_B$	$S$	$C_{smallcell}$		
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		
<b>小基站数量</b>						
Year	$\frac{\max([D_{LTE}(1 - F_{off-load}) \cdot F_B] - (N_{macrocell} \cdot C_{macrocell}); 0)}{C_{smallcell}}$					
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，总共需部署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，网络元素分成三个类别：

- i) 无源基础设施（塔台等），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-NodeB；
- iii) 由LTE站点至运营商网络的传输元素（通常是光纤）构成的上游数据传输网。每个网络元素的单位成本都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，这些值就可被用作估算小基站方法成本的参考。市场研究<sup>28</sup>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，但真正规划时应始终使用从本地运营商和网络提供商的当前定价信息用于实际规划目的。

### capex估算的结果

一旦估算出每个需要提供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，并获得接入网络基础设施元素的单位成本，就可以计算每年所需的总投资（capex）。<sup>29</sup>

这一capex矩阵将定义4G LTE无线宽带网络业务的净现值，并将成为评估将服务不足地区纳入旨在鼓励移动宽带基础设施建设的公共政策的情况的决定性因素之一。

## 4.2 5G移动和固定宽带接入网络

5G技术有六种部署选项，涵盖了从4G到5G移动网络的迁移方案，并考虑到与当前网络并行部署5G的可能性，分别称为非独立（NSA）和独立（SA）网络。SA选项的优势是直接融入了5G优于其他NSA方案的新特性，例如，低时延和服务质量（QoS）控制。本节进行的capex估算考虑了SA战略，因为对于新运营商来说，在城市地区提供高容量和低时延服务、在郊区或农村地区提供固定无线接入（FWA）是非常合理的。由于假设有待建模的运营商刚刚进入市场，不应拥有4G LTE网络，因此不适用从4G LTE迁移到5G的方案。

根据这一假设，新运营商必须向用户群体（智能手机）提供高速移动宽带，并为利基市场（例如汽车产业、工业厂房、精准农业）提供专业服务，才能具有竞争力。

网络投资可分为两种类型：核心网络和接入网络。核心网络承担多项网络功能，例如：控制移动性和用户会话；在无线电接入网与5G网络和其他外部网络的接口点之间传输数据通信量；确保服务质量（QoS）；存储和管理用户配置；以及验证和计费。无线电接入网（RAN），简称“接入网络”，是5G capex中最大的一部分，其承担的功能包括信号的调制和解调、接入方式（无线电频谱）的控制、用户资源网络的分配以及移动性。

因此，要建设一个5G宽带网络，新运营商必须投资于核心网络和接入元素。

<sup>28</sup> 来源：Paolini, M.（2012年），《小基站和Wi-Fi分流经济学》，Senza Fili Consulting，第2页。

<sup>29</sup> 在此不对4G LTE无线网络核心设备的投资需求进行估算，因为根据假设，所模拟的运营已在该国更具经济吸引力的地区开展了4G LTE业务，因此已经拥有这种设备。

### 4.2.1 5G核心网络capex

核心网络capex的估算比接入网络capex的估算更复杂，因为所需的网络元素差异很大，除了网络应当支持的用户和用例数量以外，还取决于每个运营商为其网络选择的设计要求和特性。此外，在5G情形下，出现的趋势是一些核心元素被带到更加接近接入网络基站的地方，用以提供非常低时延的通信（在5G宽带中约为1至4毫秒）。

在2G、3G和4G网络中，核心的地理分布通常很集中。一些运营商会部署区域网络核心，并创建冗余以优化网络管理成本。在5G中，尽管这种可能性仍然存在，但是运营商将被迫以不同方式组织其核心网络架构，这种架构可能因运营商而异，取决于它们的战略决策和服务组合。

然而，从建模的角度来看，进入核心网络规范是不可行的，因为每个制造商的核心实施配置不同，这意味着capex数字不同。更可行的方法包括基于一个接入网络capex（平均占capex总额的10%）的代理指标来估算核心网络capex。<sup>30</sup>此外，即使考虑到不同的植入配置，与核心网络基础设施相关的成本估计也占capex总额的10%左右。<sup>31</sup>

因此，接入基础设施成本按核心网络投资成本的百分比定价，后者已包括运营、数据传输和网络设备无线电成本。一旦计算出核心网络capex，就可以使用以下方程式计算接入网络capex：

$$\text{CAPEX Core} = [\text{CAPEX Access} / (1-p)] \times p$$

其中：

CAPEX Core = 核心网络的capex。

CAPEX Access = 接入网络的capex。

p = 占核心网络capex总额的百分比，估计为10%。

### 4.2.2 5G接入网络capex

5G接入网络采用一种包括宏小区和小基站的异构基础设施，与4G移动网络使用的方法（见第4.1节）非常相似。业界认为，这种异构方法对于5G网络的实施至关重要，因为在5G情形下，有必要缩减用以满足数百万台设备对容量和连通性的爆炸性需求的过高的必要capex。

此外，5G部署所用的频段通常传播有限（例如，3.5 GHz和数个毫米波），因此宏小区提供的覆盖范围有可能被阴影区域破坏，特别是在人口密集的城市中心和无线电波必须超越混凝土建筑物的地区，所以小基站的实施对于填补这些空白区域至关重要。这样一来，为了满足覆盖需求以支持用户移动性以及为了满足容量需求，寻求通过异构战略来获得更大的增量以及更优化的投资分配（从capex的角度来看，步幅较小）。

<sup>30</sup> 见Zahid Ghadialy，“了解移动网络的总体拥有成本（TCO）”：<https://blog.3g4g.co.uk/2020/10/understanding-tco-of-mobile-network.html>。

<sup>31</sup> GSMA的一份近期报告证实了这个基准。“5G时代移动网络成本演变研究”：[https://www.gsma.com.translate.goog/futurenetworks/wiki/5g-era-mobile-network-cost-evolution/?\\_x\\_tr\\_sl=pt&\\_x\\_tr\\_tl=en&\\_x\\_tr\\_hl=pt-BR&\\_x\\_tr\\_pto=nui](https://www.gsma.com.translate.goog/futurenetworks/wiki/5g-era-mobile-network-cost-evolution/?_x_tr_sl=pt&_x_tr_tl=en&_x_tr_hl=pt-BR&_x_tr_pto=nui)。



在这种方法中，5G接入网络由两种主要类型的网络元素组成，必须进行设备配置，以估算满足覆盖和需求两方面要求的必要capex：

- 宏小区：它们是以高功率传播电磁波的大型无线电基站，通常用于满足覆盖和通信量需求要求，特别是在人口稀少的地区。
- 小/毫微微小基站：它们是在用户通信量大但覆盖情况差的高度拥堵环境（有时是室内位置）中运行的无线电基站。小基站的功率发射水平明显低于宏小区，可以满足对数据通信量的需求，并增强特定区域（例如，人口密集的城市地区、购物中心、公交总站、办公室和医院）的连接。<sup>32</sup>

在这一方案中，为了满足与5G网络部署相关的覆盖和通信量需求的要求，应当实施以下战略。

首先，通过将区域划分为若干典型的5G宏小区，计算实现覆盖所需的5G宏小区总数，这与4G宏小区使用的战略（见第4.1节）相似。在已普及4G网络的国家，可以采取渐进式方法。首先覆盖人口密集的城市地区，然后再覆盖郊区、农村和高速公路。政策制定者应使用不同的覆盖扩展方案（例如，快速、合理和缓慢扩展的方案），并评估每种方案对项目每年的capex和总NPV的影响。

在人口密集的城市地区，5G宏小区范围通常不超过1公里，具体取决于所使用的频段。由于使用以覆盖为导向的低频段（700 MHz、3.5 GHz等）的5G部署才刚刚实施，政策制定者应从该地区部署的5G网络获取最新数据，以界定5G宏小区范围的合理方案。

然后，在项目的每个年份，政策制定者都应基于覆盖要求，检查宏小区的预计通信量容量能否满足终端用户的通信量需求。小/毫微微小基站可用来解决无宏小区服务的通信量需求。在这一分析中，总通信量需求可采用4G网络下的计算方式，但应包含5G移动网络、智能手机用户和5G-FWA固定宽带用户的通信量需求。

应当根据来自其他5G网络基准信息的不同使用配置（例如，移动数据计划和固定数据计划）或使用5G方案修正系数的4G网络的历史趋势，将预测的网络用户数量转换为通信量需求（Mbit/s）。<sup>33</sup>

最后一步是计算满足通信量需求所需的站点数量，这与4G网络下使用的方法类似，尽管还有其他方法，但其他方法通常需要有关当前通信量地理和时间分布的更多信息。<sup>34</sup> 为了计算每个5G微基站和小基站提供的通信量容量，需要使用以下典型技术参数：

- a) 每个宏小区站点三个扇区，每个小基站站点两个扇区；
- b) 无线电资源比通常为3:1，下行链路为75%，上行链路为25%；
- c) 频谱效率为4 bit/s/Hz，逐年上升。

一旦得知站点总数，就可以将这些预计数量乘以典型5G站点（微基站或小/毫微微小基站）的单位成本，得出与5G接入网络相关的capex总额。

<sup>32</sup> 关于小基站的特点及其在5G网络部署中的应用的更多细节，见“5G网络骨干：小基站技术指南”。

<sup>33</sup> OpenSignal发表的一篇文章显示，2020年9月，5G用户的平均消费的通信量是4G用户的2.7倍。

<sup>34</sup> 替代方法的示例见白皮书“使用HSPA和LTE的移动宽带 - 容量和成本”，可查阅<https://docplayer.net/11419069-White-paper-mobile-broadband-with-hspa-and-lte-capacity-and-cost-aspects.html>。



### 4.2.3 与为利基市场提供5G专业服务相关的资本支出

5G技术有望使为利基市场（例如，汽车产业、工业厂房、精准农业）提供专业服务成为可能。然而，在已推出5G技术的国家，5G网络运营商的这些新业务线还不稳定。

此外，从探索这一业务线所需的capex的角度来看，根据用于核心网络和接入网络的工程方法来估计其capex之举并不合理。这是因为对专业服务的需求具有一个本质上是针对该应用定制的特征（无论是从地理角度，还是从设备和服务质量要求角度来说），它不一定是由覆盖和通信量容量要求驱动的，也可能是由时延、抖动和隐私驱动的。

因此，有必要通过一种财务方法来估算探索这种类型的活动需要的capex，并以这些专业服务的收入估算为基础。例如，一种合理方法需要计算5G运营的capex/收入之比，而不用考虑提供专业服务所产生的收入，并将该比率应用于提供专业服务的估算收入。另一方面，未来几年应当会有更多的实际实施案例参考，供政策制定者和监管机构用于制定5G网络业务计划。

## 4.3 固定宽带接入网络

监管机构用于估算建设FTTH网络的必要投资的建模工作可以国际认可的、与网络架构以及设备和光纤估算技术相关的参考为基础。一旦计算出所需设备和布线的数量，并确定了其单位成本，就可以获得部署网络的capex总额。

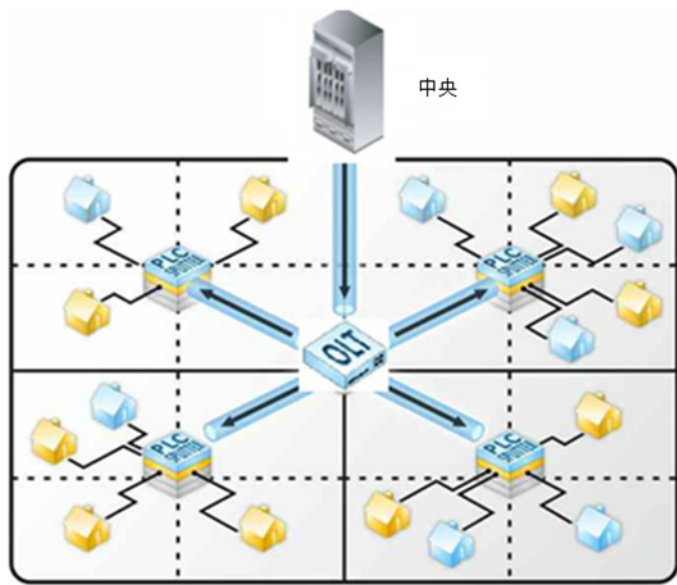
第一步是选择用作网络设备配置参考的FTTH网络技术。在评估了市场上的各类技术之后，GPON（吉比特无源光网络，ITU-T G.984.1-G.984.6系列建议书）技术由于在全世界范围内广为部署，被选择用于这一演示。

根据ITU-T G.984.1建议书<sup>35</sup>，GPON网络的特色在于光线路终端系统和光网络终端，而无源光分配网络由连接光线路终端和光网络终端的分路器形成。

对我们的目的来说，最直接的方法是使用最常规的FTTH网络拓扑（星形拓扑）来模拟网络基础设施建设。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FTTH中心局，根据每个市镇的“覆盖家庭”的期望数量安装光线路终端和分路器。图9描述了拟议的网络拓扑。

<sup>35</sup> <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1/en>。

图9: FTTH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FTTH和提供超宽带服务所需的聚合层<sup>36</sup>和接入层<sup>37</sup>光纤电缆的公里数。

### 光线路终端（OLT）

关于所需OLT数量的设备配置，必须考虑ITU-T G.984.1建议书“吉比特无源光网络（GPON）：一般特性”，该建议书将1:128作为最大光分路率参考。这意味着一个OLT的每个光纤端口可以连接的用户数多达128名。关于OLT容量（用端口数来表示）的决定是一个设计选择，因为市场上通常已有现成的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2 048名用户。因此，总的来说，FTTH网络需要安装的OLT数量可使用下列方程式计算：

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

其中：

$N_{OLT-p}$  是根据需要的端口数量来估算的OLT数量

$N_{hp}$  是期望的覆盖家庭数量

$K_{OLT}$  是选择的OLT端口数量

$S_R$  是使用的分光率

<sup>36</sup> 聚合层由本地FTTH中心局和街道级别分路器之间的网络构成。

<sup>37</sup> 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的典型集总通信流量容量通常限制在10 Gbit/s，端口数越多（因此，连接至同一OLT的用户数也越多），提供更高速的宽带连接的可能性越低。

例如，一个具有最大连接用户数、集总通信量容量为10 Gbit/s和典型网络共享因子为5%（1:20）的OLT可以为终端用户提供（大约）最大为100 Mbit/s的速度。然而，要在此基础上提高所提供的速度，有必要增加OLT的数量，以满足相同数量用户的需求。以下方程式给出了在连接速度一定的情况下计算OLT数量的公式：

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

其中：

$N_{OLT\_s}$  是基于向签约用户提供的连接速度估算的OLT数量

$N_{hp}$  是期望的覆盖家庭数量

$Tx_u$  是提供给典型FTTH用户的连接速度（以Mbit/s为单位）

$F_s$  是网络共享因子

$C_{OLT}$  是OLT的数据传输容量（以Mbit/s为单位）。

同之前一样，计算中的网络共享因子 $F_s$ （争夺比例）是在设计分组交换网络（例如固定宽带网络）时通常会考虑的一个参数。正如本节以及第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，这个事实就是：签约用户不会都在同一时间接入互联网，因此可以通过过度提供容量来提高效率。与之前讨论的移动宽带网络一样，固定宽带网络的典型值是1:20（ $F_s=5\%$ ）。

## 光线路终端

考虑到有两种方法计算待部署的FTTH网络所需光线路终端（OLT）的数量，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，第二种方法基于向用户提供的速度，OLT数量的最终计算是采用这两种方法得出的较大值，示例如下。

### OLT 估算

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

来源：国际电联

注：使用的值仅作说明之用。

## 分路器

为每个市镇配置有待安装的、用以覆盖期望的覆盖家庭数量的分路器数量，在很大程度上是一种设计选择，取决于待服务的城市地区的特点和预期用户的需求。考虑到典型的OLT的每个端口最多需要连接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。如果我们考虑只部署一层的1:16分路器，则需要8个分路器才能使每个OLT端口连接128名用户。一般来说，计算只有一层分路器的网络所需分路器数量的公式是：

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

其中：

$N_{splitter}$  是整个网络所需的分路器数量

$N_{hp}$  是期望的覆盖家庭数量

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

### 光纤计算（分路器层）

以下例子描述了在一个给定的FTTH部署中需要的分路器数量的估算。

**分路器估算**

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

$N_{\text{hp}} = 50\,000$  个覆盖家庭

$K_{\text{splitter}} = 16$  个端口

$N_{\text{splitter}} = 3\,125$  个分路器

来源：国际电联

注：使用的值仅作说明之用。

### 光纤电缆设备配置的数学建模

计算出满足期望的覆盖家庭数量所需的分路器和OLT数量之后，对所需投资进行建模的下一步就是计算将星形层次结构中所有元素连接到FTTH中心局所需的光纤公里数。在评估了用于估算实现FTTH网络所需的光纤公里数的最常用方法之后，有两种方法—空间法和几何法—脱颖而出。

**空间法**的基础是待服务城市地区的现有地理空间数据，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概况。根据这些详细信息，就可以以最佳方式定义本地FTTH中心局、分路器和OLT的地理位置，以容纳所需的覆盖家庭数量，同时尽可能缩短连接必要设备所需的光缆公里数。虽然这个模型很精确，但其缺点恰恰是需要全面的地理空间信息，而在大多数情况下，这些信息根本无法获得。

另一个选择是**几何法**，采用数学模型，根据地理空间条件、地形、路网和房屋分布的简化，计算所需的光纤数量。虽然精确度不如空间法，但这种方法即使在缺乏地理空间信息的情况下，也能很好地估算所需的光纤数量，是一种快速、合理、准确的网络设备配置方法。

“用于估算FTTH部署的几何与地理模型对比”<sup>38</sup> 对一个空间计算模型和两个几何计算模型（三角模型（TM）和简化街道长度模型（SSL））进行了比较分析。这一比较分析的结果表明，SSL几何模型得出的结果比三角模型更加精确，但还是远不如空间模型得出的结果精确。此外，文章认为，几何模型相较空间模型的不准确性很大程度是源自

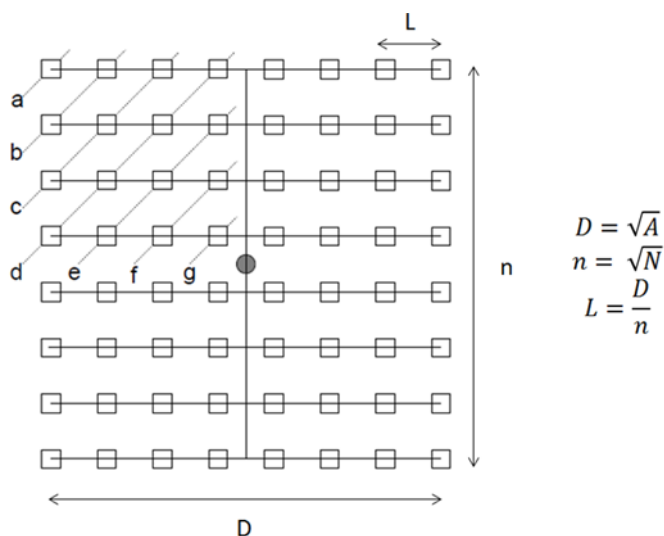
<sup>38</sup> IEEE于2013年发表的一篇学术论文：<https://biblio.ugent.be/publication/4402261>。

未捕捉到地理地形和房屋空间分布的缺陷。为了提高精确性，建议在几何模型的结果中采用修正系数。

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导致空间模型无法使用的情况下，建议使用所引用的论文中概述的经过修正的SSL几何模型来计算连接不同光网络元素所需的光纤电缆数量。

SSL模型采用的基本前提是，需要通过光纤连接的元素均匀分布在一个正方形区域内，而上层元素（所有其他元素都与之互连）位于这个方形区域的中心，如图10所示的模式。

图10: SSL几何模型



来源：国际电联

其中：

$A$ 是该方形区域（以平方公里为单位）

$D$ 是方形区域的一条边的长度（以公里为单位）

$L$ 是每个元素之间的距离（以公里为单位）

$N$ 是方形区域中包含的元素数量

$n$ 是位于方形区域一条边上的元素数量。

在此方案中，考虑到沿现有街道和路径（在SSL模型中按水平线和垂直线排列）铺设光纤的常见限制，难点在于计算从每个元素到方形区域中心的距离，这个距离本质上取决于均匀分布的元素之间的距离以及方形区域中这些元素的数量。此外，在计算中应考虑的另一个因素是同一位置堆叠两个或者更多个元素。这一效应由变量 $K$ 体现，该变量是所研究的方形区域的同一位置的元素的平均数量。

在这种几何表示法中需要注意的重要一点是，如果我们将所研究的方形区域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



元素距离原始方形区域的中心的距离相等。例如，如果我们将元素按照从a到g归类，如上述图10所示，那么每个元素到方形区域中心的距离为 $a=(n-1).L$ ； $b=(n-2).L$ ； $c=(n-3).L$ ；...； $g=L$ 。

这样一来，将每个类别的一个典型元素的距离乘以该类别的元素数量，可以得出每个类别的所有元素到更大的方形区域中心的总距离。将所有类别的总距离相加，可以得出一个象限中的所有元素到更大的方形区域中心的总相加距离。由此计算该方形区域内所有元素的总距离，只要将一个象限的相加距离乘以4（因为有四个象限），最后将这一值乘以系数K，因为每个元素都必须由一根光纤将其连接到方形区域的中心，即使该元素与另一个元素堆叠。

以下公式总结了将所有元素连接至方形区域中心所需的光纤数量（ $L_{fo}$ ）的计算方式。

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

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

为了运用SSL几何模型计算光纤的公里数，有必要定义网络元素和模型变量A、D、L、N、n和K的值。考虑到每个市镇都需要使用光纤将本地FTTH中心局、OLT、分路器以及住户连接起来，我们需要通过一系列步骤来进行这一计算。

第一步是计算将每个市镇的OLT连接到本地FTTH中心局所需的光纤数量。在这一步中，要覆盖的城市地区的值被赋予变量A，要安装的OLT的数量被赋予变量N。根据这两个变量可以计算n、D和L的值。考虑到 $K=1$ （OLT在覆盖的城市地区均匀分布），可使用SSL几何模型公式估算出将所有OLT连接到本地FTTH中心局所需的光纤数量。

在使用SSL模型计算出每个市镇将OLT连接到本地FTTH中心局所需的光纤电缆公里数之后，将结果除以上文提到的修正系数55.5%，以补偿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所需的光纤的公里数。为此，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OLT的数量。

在第二步中，将第一步中考虑的相同城市地区的值赋予变量A，但要除以OLT的数量，以适用于仅对应一个OLT的城市地区。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的值，考虑到 $K=1$ （OLT分路器在覆盖的城市地区均匀分布），可通过运用SSL模型方程式并将结果除以相同的修正系数55.5%来估算将所有分路器连接到对应OLT所需的光纤数量。如果预计OLT和签约用户之间存在多于一层的分路器，可对模拟分路器的其他层重复执行相同的计算。

最后，必须计算每个市镇将签约用户与分路器连接所需的光纤公里数。为此，先针对单个分路器及其对应签约用户进行计算，然后将结果乘以将要安装的分路器数量。

将第一步研究的相同城市地区的值除以要安装的分路器的数量之后赋予变量 $\Lambda$ 。将每个分路器的覆盖家庭数量赋予变量 $N$ 。通过这两个变量可以推导出 $n$ 、 $D$ 和 $L$ 的值，考虑到 $K=1$ （每个分路器覆盖的整个城市地区的住户均匀分布<sup>39</sup>），可以通过运用SSL模型方程式并将结果除以修正系数（这次为67%<sup>40</sup>，用于纠正使用简化几何模型造成的低估）的方式来计算将所有覆盖家庭连接到各自分路器所需的光纤数量。

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内。为了将这一因素考虑在内，鉴于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），一个公允近似值是计算在每个市镇中将某个覆盖家庭连接到相应的分路器的光纤的平均公里数，并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电缆总数。

在计算连接住宅总数时，还应考虑一个重要因素，即，对签约用户基数的流失效应。流失率是衡量运营商签约用户基数替换率的衡量标准；在实践中，流失率表示在一定时期内取消签约某项服务的客户所占的百分比。

流失效应造成的影响是，每年执行的新安装的数量都高于运营商签约用户基数的净变化量。也就是说，如果一个给定运营商的签约用户基数为1 000，在第二年签约用户基数增长到1 100，流失效应意味着在此期间签约的新服务超过了100。原因很简单：如果当年测得的流失率为5%，那么在1 000名初始签约用户中，有50名将取消合约，而有150名新用户将签约，使新用户基数总数达到1 100。

这一签约用户基数渐进更新效应会严重影响FTTH网络项目的capex。每年都须考虑安装需求净变化加上用户流失百分比与上年末签约用户总数的乘积。这意味着需要更多的光纤电缆和更多的CPE套装，该套装包含需要安装在签约用户家中的终端用户路由器（CPE）和光网络终端（ONT）。当然，取消合约的签约用户家中此前已安装的大部分CPE和ONT可以并应当（如果可以的话）重新被用于新签约用户家中 – 不过重新使用的比例取决于物流储存和交通问题。

计算将联网家庭连接到各自分路器所需光纤电缆公里数和所需CPE套装数量的方程式如下：

$$Fiber\_HC_{total\_t} = Fiber\_HC_{avg} \cdot [N_{ht} - N_{ht-1} \cdot (1 - churn)]$$

$$N_{Pct\_CPE\_t} = N_{ht} - N_{ht-1} \cdot [1 - churn \cdot (1 - F_r)]$$

其中：

$Fiber\_HC_{total\_t}$  是需要在给定年份 $t$ 安装的、将联网家庭与对应分路器连接起来的光纤总数（以公里为单位）

$Fiber\_HC_{avg}$  是将一个覆盖家庭连接到对应分路器所需的平均光纤总数（以公里为单位）；

<sup>39</sup> 由于家庭垂直化水平的信息通常无法获取，因此采用了这种简化。

<sup>40</sup> 在密集地区接入层低估的平均百分比；见“用于估算FTTH部署的几何与地理模型对比”，《电信系统》第54卷，第21页。

$N_{hct}$  是给定年份t的签约用户（联网家庭）数量；

$N_{hct-1}$  是给定年份t-1的签约用户（联网家庭）数量；

$churn$  是年份t-1的签约用户中在年份t退出签约用户群的签约用户的百分比；

$N_{Pct\_CPE\_t}$  是在给定年份t要安装的CPE套装的数量；

$F_r$ 是重新使用在年份t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的流失率和重用率百分比可能差异显著，因此强烈建议监管机构从本地运营商处获得准确数字。不过，如果无法获得此类信息，在网络设备配置中，通常认为每年5%的流失率和80%的重新使用因子是合理的。

### 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，考虑一个分路器层：

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

计算某一城市在给定年份  $t = 1$  待安装的将联网家庭连接至各自对应分路器所需的光纤总数（以公里为单位），以及在同一年份需要安装的CPE套装总数。

**光纤计算 – 覆盖家庭 (HP) 层**

$A = \frac{4 \text{ km}^2 / \text{OLT}}{125 \text{ Splitters} / \text{OLTs}} = 0,032 \text{ km}^2 / \text{Splitter}$ $N = \frac{50,000 \text{ HP}}{3,125 \text{ Splitters}} = 16 \text{ HP} / \text{Splitter}$ $n = \sqrt{N} \cong 4$ $D = \sqrt{A} \cong 0,18 \text{ km}$	$L_{fo} = 4 \cdot K \cdot L \cdot \sum_{i=1}^{n-1} [\min(i, n-i) \cdot (n-i)]$ $L_{fo} = 4 \cdot 1 \cdot 0,045 \cdot \sum_{i=1}^3 [\min(i, 4-i) \cdot (4-i)]$ $L_{fo} = 4 \cdot 1 \cdot 0,045 \cdot [(1 \cdot 3) + (2 \cdot 2) + (1 \cdot 1)]$ $L_{fo} = 1,44 \text{ km per Splitter}$
$K = 1$ $L = \frac{D}{n} \cong 0,045 \text{ km}$	

---

$$L_{fo\_corrected} = \frac{1,44}{0,67} \cong 2,15 \text{ km per Splitter}$$

$$Fiber\_HC_{avg} = \frac{2,15 \text{ km} / \text{Splitter}}{16 \text{ HP} / \text{Splitter}} = 0,135 \text{ km} / \text{HP}$$

虑及:

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

以及:

$$Fiber\_HC_{total,t} = Fiber\_HC_{avg} \cdot [N_{hc_t} - N_{hc_{t-1}} \cdot (1 - churn)]$$

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

得出:

$$Fiber\_HC_{total,1} = 0,135 \cdot (10,000 - 1,000 \cdot (1 - 0,05)) = 0,135 \cdot 9,050 \cong 1,222 \text{ km}$$

$$N_{pct\_CPE,1} = 10,000 - 1,000 \cdot [1 - 0,05 \cdot (1 - 0,8)] = 10,000 - 990 = 9,010 \text{ Pct\_CPE}$$

来源：国际电联

注：使用的值仅作说明之用。

### FTTH网络单位成本

到目前为止，所提出的FTTH网络模型由本地FTTH中心局（将本地通信量路由至运营商骨干网）、OLT、分路器以及光纤电缆和CPE套装。值得注意的是，容量较小（成本较低）的光纤电缆可用于连接分路器和联网家庭，而容量较大（成本较高）的光纤可予保留，用于连接分路器、OLT和本地FTTH中心局。

同之前一样，每个网络元素的单位成本应直接从本地运营商和网络提供商处获取。

### capex估算的结果

一旦计算出每个市镇FTTH网络部署所需的本地FTTH中心局、OLT、分路器、CPE套装的数量和光纤公里数，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）。<sup>41</sup>

此时，必须强调，投资估算对于模拟运营的现金流的影响将取决于安装基础设施的规定期限 – 通常是运营的头几年。之后的几年只产生与将新签约用户连接至分路器所需的光纤电缆铺设相关的capex，以及购买CPE套装并将其分发给签约用户的成本 – 基础设施需求将因FTTH签约用户需求的逐年演进而不同。

<sup>41</sup> 因为假设已有一个国家骨干网络将有待纳入FTTH项目的所有市镇连接起来，所以没有考虑将数据通信量从市镇（本地交换FTTH中心的上游）路由出去所需的capex。

## 4.4 传输网

由于对超宽带接入网络的需求不断增长，许多国家缺乏能够在市镇或区域与运营商骨干网络之间路由所有入站和出站数据通信量的传输网基础设施。

如今，政策制定者面临的挑战往往在于制定可以提供有利条件以吸引私人投资、弥补这一基础设施缺口的公共政策，从而推动光传输网的部署。在这种情况下，估算光纤传输网络部署的capex对于开发或评估经济上可持续的基础设施部署项目通常很有用。

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组光纤链路，在其终端处设置同步数字系列（SDH）发射机和放大器，由地下光纤电缆连接，沿电缆放置一些光纤中继器。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，将数据通信量整合进国家骨干网中。

所需的网络元素数量及其容量在很大程度上取决于所需的最小吞吐量（市镇或区域集总通信量需求），以及市镇或区域与最近的运营商骨干网络分路之间的距离。一旦得知所有需要的传输链路的这两条重要信息，就可以估算capex总额。

对于终端网络设备（特别是发射机），所需的元素数量取决于每个市镇的需求。也就是说，考虑使用具有特定数据传输能力（Mbit/s）的设备，并根据数据需求估算所需设备的数量。

然而，骨干网络设备代表了支持特定市镇需求所需的可能网络调整。将一个新市镇连接到骨干网络确实可能需要扩充某些网络元素的容量。在这种情况下，每个市镇都有必要对改善骨干网络元素的工作进行量化。

最后一组网络元素与网络总长度相关。在一个光纤网络中，光纤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。光纤中继器的范围因网络提供商而异，可能随着时间推移而变化；然而，作为一般规则，每隔70公里插入一个中继器是比较标准的光纤传输网络设计。

要计算这组网络元素的成本，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与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光纤通常可以降低成本，缩短部署时间。

注意，本计算策略是基于星形拓扑（没有优化的点对点连接）的网络部署。然而，由于国家骨干网络上同一个点可以连接多个市镇，应评估在环形拓扑中实施部分网络的可能性。在环形拓扑中，市镇相互连接，并拥有一个连接至国家骨干网络的共同通信流量点。这种混合方法大幅减少了所需的光纤公里数，但需要监管机构首先确定待部署网络的物理拓扑。

最后，在计算出所需设备和光缆的数量之后，将结果乘以此类设备的单位成本（最好从已经在相关国家运营的制造商和供应商处直接获取）。根据所有这些计算的最终结果得出项目估算的capex总额。



## 5 估算提供宽带服务的运营支出（opex）

本节涉及估算宽带项目的成本和当期支出（运营支出），以便准确估算拟定业务计划所需的现金流。我们将考虑用于估算运营支出三种主要方法：

- 使用成本模型；
- 使用既往成本和支出；
- 使用基准。

对于决策制定者而言，采用哪种方法取决于有哪些数据可用。

### 5.1 使用成本模型估算运营支出

在计算项目净现值时，可以通过从成本模型中提取到的信息，推导得出支出的预测值；此类模型是电信监管机构为履行其监管义务而监管批发电价时，进行独立核算和列报的成本模型。

虽然此类监管义务与估算批发产品的成本相关，但与此类成本核算相关的数据提供了宝贵的输入信息，可用于估算宽带项目的运营支出。

一个有趣的方法是使用完全成本分摊（FAC）数据，这是一种自上而下的方法<sup>42</sup>，用来估算与提供宽带服务相关的运营成本。按照这种方法计算，运营商所提供服务的总成本包含公司在提供该服务期间产生的所有核算成本（包括资本成本）。因此，产品总成本可通过以下方程式表示：

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

$$\text{资本成本 (CC)} = \text{产品中使用的资本} \times \text{加权平均资本成本}$$

其中：

支出指与产品生产直接或间接相关的服务成本、销售成本、一般和行政支出以及财务支出之和；

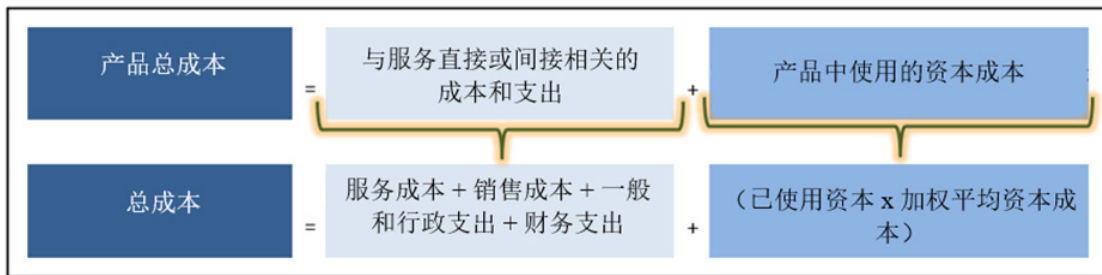
资本成本（CC）是提供商为维持投入到其资产中的资本，而应获得的设想报酬；

加权平均资本成本，WACC。

<sup>42</sup> 按照这一方法，首先要计算运营商的实际核算信息，并以特定方式计算每项服务的相关信息。



图11：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服务，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支出。

内部转移的价值可通过两种方式进行估算：

- i) 产品实现对外商业化的，内部转移价格必须与向其他电信服务提供商收取的价格相同；
- ii) 如果产品没有实现对外商业化，则内部转移价格基于产品总成本，按照产品总成本的方程式（图12）计算。

根据提供商在其独立核算规定中列示的信息，以及监管机构根据自上而下的成本模型拟定的方法，我们可以确定所提供各项服务的总成本的构成。

要计算宽带项目净现值，须对运营支出进行预测，这可以基于由某一提供商或某一组提供商提供的一组服务所产生的费用总和与同一组服务的净运营收入总和的商来计算得出。

图12：支出/净收入比



来源：国际电联

由此产生的总成本和支出/净收入比须被应用于业务计划中的逐年估计收入，从而估算部分运营支出。

在分析构成“服务成本”类的各项支出分配时，可以（根据各自特点）将这些支出分为两个不同的子类别：(a) 运营和维护成本；以及(b) 支付给其他贷方的报酬（例如，互连费用、网络租赁费用和其他此类支出）。

至此，只剩下估算与运营和维护成本（运营支出以及运维费用）相关的支出部分；该部分本质上取决于项目的资本支出，因此被排除在服务成本计算之外。为了估算这部分运营支出，可使用年度单位运营支出信息，估算网络建设所需的各个网元。

**表3：运营和维护成本**

网络要素	资本支出	运营支出
网元1	X	占X的%
网元2	Z	占Z的%
网元3	Y	占Y的%
		运营和维护（OAM）

由于计算运营和维护成本与将要执行的资本支出紧密相关，因此可以使用资本支出预测的百分比，计算与该子类别支出相关的成本，而不是使用从服务提供商的历史数据得出的平均值。

**表4：使用成本模型估算运营总支出**

	第1年	第2年	第3年	第4年	……
净收入	X	Z	Y	W	……
支出/ 收入比	r%	r%	r%	r%	r%
运营支出1	X . r%	Z . r%	Y . r%	X . r%	…
运营和 维护	运营和 维护支出	运营和 维护支出	运营和 维护支出	运营和 维护支出	
运营总 支出	(X . r%) + 运营和 维护支出	(Z . r%) + 运营和 维护支出	(Y . r%) + 运营和 维护支出	(Y . r%) + 运营和 维护支出	

## 使用成本模型估算运营支出

情景：某移动运营商将推出一个4G LTE无线宽带网络项目。为了估算新项目的运营成本，其中可能采取的一种方法是使用监管机构业已为其他移动服务开发/应用的成本模型。

### 成本模型

移动服务相关产品的总成本和收入

运营收入	255,432,605
成本和支出+所用资本成本	127,568,537
服务成本	43,845,976
商业性支出	51,119,948
一般和行政支出	32,602,613

(支出/收入)比 0.50

	总收入	(支出/收入)比	运营支出1	数量	运营支出2 总计	运营支出总计
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	资本成本	运营支出 (%)	单位运营支出2
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

来源：国际电联

注：使用的值作说明之用。

## 5.2 使用既往成本和支出估算运营支出

如果缺乏足够成熟的成本模型，无法估算即将推出的产品的运营支出，可采用一种替代方法，也就是使用其他企业的资产负债表数据，此类企业须为该国知名企业，并一直在提供业务计划建议服务的同等（或非常相似的）服务。

所建议的方法可用于评估运营支出作为净收入函数的历史趋势。一旦确定了这两个变量之间的稳定关系，就可以使用该比率来估算运营支出。

图13: 历史支出/净收入比



来源：国际电联

如果无法确定收入和支出之间的稳定关系，可采取的最佳策略是审查分析性账户并消除可能出现的偏差，以便在整个现金流中使用稳定的估计值。

在估算运营支出（包括服务成本、销售成本、一般和行政支出）与净收入之间的比率之后，应将该比率应用于现金流中估算的年度总收入，得到的结果即为每年的运营支出。

**表5：使用既往成本和支出估算运营总支出**

	第1年	第2年	第3年	第4年	……
净收入	X	Z	Y	W	…
支出/收入比	r%	r%	r%	r%	r%
运营总支出	X . r%	Z . r%	Y . r%	X . r%	…

来源：国际电联

### 5.3 使用基准估算运营支出

如果一项服务相对较新，并且在相关国家没有实现充分成熟的商业性运营，使得无法根据实际资产负债表数据估算运营支出，那么使用基准进行估算是一项合理的替代方案。

在专门文献中，很容易就能找到商业计划总支出建模的参比点，包括评估提供创新（也许是未曾尝试过的）服务的公司行为。使用最广泛的一项基准是通过涉及新技术的项目的资本支出/运营总成本<sup>43</sup>比率，来确定资本支出和运营支出之间的关系。至少应选择三个不同的市场参考，并通过这些参考确定一个基准值，将之应用于业务计划。

通过这种方法，可根据与总资本支出的直接关系估计得出运营总支出，如图14所示。

**图14：资本支出/运营支出比**



来源：国际电联

<sup>43</sup> 运营总成本（TCO）= 资本支出 + 运营支出。

然而，由于当前成本和支出通常与网络中的活跃用户数量密切相关，要估算年度运营支出，我们建议将运营总支出（估计为资本总支出的函数）除以业务计划中每年的用户总数，然后将得到的数字乘以每年的预期用户总数，从而根据用户需求确定运营支出的年度变化情况。

图15：单位运营支出



来源：国际电联

表6：使用基准估算运营总支出

	第1年	第2年	...	第n年	总计
需求	X	Z	...	W	总需求
单位运营支出	u	u	u	u	U
运营支出	X . u	Z . u	Y . u	W . u	运营总支出

来源：国际电联

### 使用既往成本和支出估算运营支出

情景：一家固定宽带运营商将在某国推出一个光纤到户项目，该国已有其他运营商提供该服务。为了估算新项目的运营支出，可采取一种方法，也就是使用提供同等（或非常相似的）服务的该国知名运营商公司的资产负债表数据。

这一案例以图示展示了一家已发展成熟的运营商的资产负债表。由于支出/收入比是直接根据资本支出计算的，因此在估算该比率时，需要排除折旧和摊销成本。估计比率将应用于估计收入，以便估算运营支出。

资产负债表

	Y03	Y04	Y05
运营收入	297,912,913	325,137,496	340,544,845
运营成本和支出	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
商业性、行政和一般支出	67,120,319	76,033,705	80,211,477
其他支出	1,661,652	1,371,521	8,115,038
折旧和摊销	41,904,912	49,508,640	53,391,647
(支出/收入) 比	0.74	0.73	0.75

	总收入	(支出/ 收入) 比	运营总支出
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

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是电信部门定价过程的关键步骤，而且对电信拍卖模式和频谱定价模式具有重大影响。如果加权平均资本成本值设定得太低，可能会阻碍新的投资，导致价格低于有效成本；反之，如果设置得太高，又会导致投资过热，价格高企。

广义上讲，加权平均资本成本是一个百分比，相当于提供商长期融资来源机会成本的加权平均数。这些计算数值的参数可从资本资产定价模型 (CAPM) 导出的公式推导得出，定义如下：

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

其中：

$K_d$  是债务成本

$\tau$  是税率

$(D|D+E)$  是债务占资本的百分比

$K_e^j$  是股本成本

$(E|D+E)$  是股本占资本的百分比

要注意的是，在一些国家，电信服务提供商的实际负债情况可能千差万别，本土提供商和总部位于海外的提供商之间差别尤为显著，因为后者能够从集团外部的资本化和内部融资中获益。

鉴于潜在负债情况差异很大，监管机构可选择根据投资全球银行和监管机构采用的平均负债水平以及全球企业平均水平来设定负债水平。

### 债务成本估算

债务成本的估算方程式如下：

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

其中：

$rd_f^T$  是无风险债券

$Spread$  是信贷风险利率，作为该市场中所有电信提供商支付的平均利差

### 股本成本估算

股本成本的估算方程式如下：

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

其中：

$re_f^T$  是无风险利率，这是基于债券收益的一般性概念，该债券基于至少五年到期收益率的资产；

$\beta_j$  是权益贝塔系数。可以根据电信提供商股价相对于股票市场整体的价格来计算，或者也可以使用国际基准来计算。任何一种方法都应使用无杠杆贝塔系数，并根据由本地电信运营商的资本结构确定的最佳资本结构，对该系数进行调节；

CRP 是国家风险溢价；

如果根据全球方法估算股本成本，必须在  $K_e^j$  方程式中加入国家风险溢价以及当地通货膨胀率与美国通货膨胀率的差值；

$MRP$  是市场风险溢价。

### 市场风险溢价估计 (MRP)

市场风险溢价的估算方程式如下：

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

其中：

$re_f^{T-h}$  是无风险利率

$r_m^{T-h}$  是市场指数的回归

用于估算市场风险溢价的历史数据时间跨度不应少于五年。此外，应忽略反映市场异常情况的时期。

### 本地资本资产定价模型或全球资本资产定价模型

估算股本成本的方法主要有两种：全球资本资产定价模型或本地资本资产定价模型。银行通常使用全球资本资产定价模型，而监管机构（例如，巴西运输监管机构 ANTT、ARCEP（法国）、CMT（西班牙）、ComReg（爱尔兰）、Ofcom（英国），以及 PTS（瑞典））更常使用本地资本资产定价模型。如果有可用的稳定数据，可以使用本地参数估算资本资产定价模型。这两种方法各有利弊，但建议在有数据可用时使用本地资本资产定价模型，因为它更透明，往往更能反映当地市场情况。

全球资本资产定价模型试图利用国际数据反映一个国家的真实情况。如果国内市场信息有限，而且（或者）在有关国家证券交易所上市的电信资产信息也有限，则建议使用全球资本资产定价模型。

捕捉未计算风险的另一种方法是在全球资本资产定价模型中加入其他可体现政治、监管和其他风险的因素，但目前这些模型仍处于试行阶段。通过互联网检索，可以很快找到各种各样的数据，这些数据可以帮助计算资本资产定价模型，如表7所示。<sup>44</sup>

**表7：本地与全球资本资产定价模型的优缺点**

	本地资本资产定价模型	全球资本资产定价模型
优点	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 透明。</li> <li>- 反映本地市场视角。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 使用基准，不依赖于本地数据库。</li> <li>- 使用更成熟的经济数据。</li> </ul>
缺点	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 依赖数据库的可用性。</li> <li>- 要求稳定的宏观经济环境。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 基准可比性。</li> <li>- 采用国别风险，变异性大。</li> <li>- 各国之间的杠杆化和去杠杆化过程不准确。</li> </ul>

来源：国际电联

本地资本资产定价模型使用内部数据。使用本地资本资产定价模型的主要优点是透明，学术界和市场广泛认可这种方法，而且这种方法对本地市场的看法非常准确。相反，缺点可能包括缺乏可用的数据库和/或缺乏稳定的国内宏观经济前景。

在经济长期稳定、财务指标长期稳定和资产稳定的国家，建议采用本地资本资产定价模型方法。

### 将名义加权平均资本成本转换为实际加权平均资本成本

一旦以名义价值估算了加权平均资本成本，就应使用所谓的费希尔公式，对相关时期的通货膨胀值进行折算，以得出实际指标：

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

其中：

$WACC_{Real}$  是实际加权平均资本成本

$WACC_{Nominal}$  是名义加权平均资本成本

$\pi$  是通货膨胀率

如果简单地从名义加权平均资本成本中减去通胀值，则得不到正确结果，实际比率往往会被高估（不过在利率和通货膨胀相对较低的情况下，误差会很小）。

建议使用前瞻性通货膨胀估计数；理想的情况是，估算期限应等于无风险债券的到期日，但在实践中，由于通货膨胀预测的时间范围有限，并不总是能做到这一点。

<sup>44</sup> 实用建议见：[http://people.stern.nyu.edu/adamodar/New\\_Home\\_Page/home.htm](http://people.stern.nyu.edu/adamodar/New_Home_Page/home.htm)。

### 使用全球资本资产定价模型方法估算加权平均资本成本

股本成本 (Ke)	
国家风险溢价:	2.63%
无风险利率:	2.66%
贝塔系数:	0.99
市场风险溢价:	8.49%
估计股本成本 (Ke):	13.92%
债务成本 (Kd)	
无风险债券	6.40%
利差	6.89%
估计债务成本:	6.84%
公司税率	34%
“税后”估计债务成本:	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%
加权平均资本成本	
股本加权成本:	9.74%
债务加权成本:	1.35%
名义加权平均资本成本	11.10%
实际加权平均资本成本:	6.82%

国家风险溢价: 达摩达兰 (Damodaran) 提出的国家风险溢价 - 2.63%

无风险利率: 即美国十年期国债回报率

贝塔系数:

	E/(D+E)	D/(D+E)	总计	税	剔除财务杠杆风险系数	未剔除财务杠杆风险系数
	70%	30%	100%	34.0%	0.768	0.985

剔除财务杠杆风险系数: 贝塔系数、剔除财务杠杆风险系数和其他风险措施 - 达摩达兰提出的新兴市场

市场风险溢价:

历史市场风险溢价

	标普 500	美国十年期	市场风险溢价
15年 (2004 - 2018年)	8.52%	0.97%	8.49%

无风险债券: 6.40%指某一具体日期无风险国债的收益率

2019年1月28日利差

债券	数量	价值	单独利差	利差
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

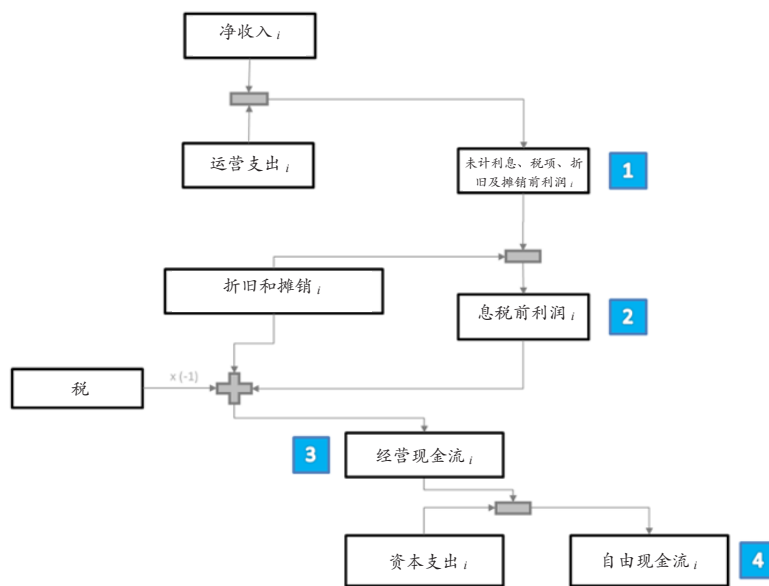
注: 使用的值仅作说明之用。

### 估算宽带基础设施项目的净现值 (NPV)

业务规划原则一节中详细提到, 净现值计算是监管机构和政策制定者在业务规划过程中最重要的产出。它将多年来网络部署和服务提供过程中的资本支出、运营支出、收入和现金流估算纳入一个经济方程式中, 旨在帮助准确评估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程度。

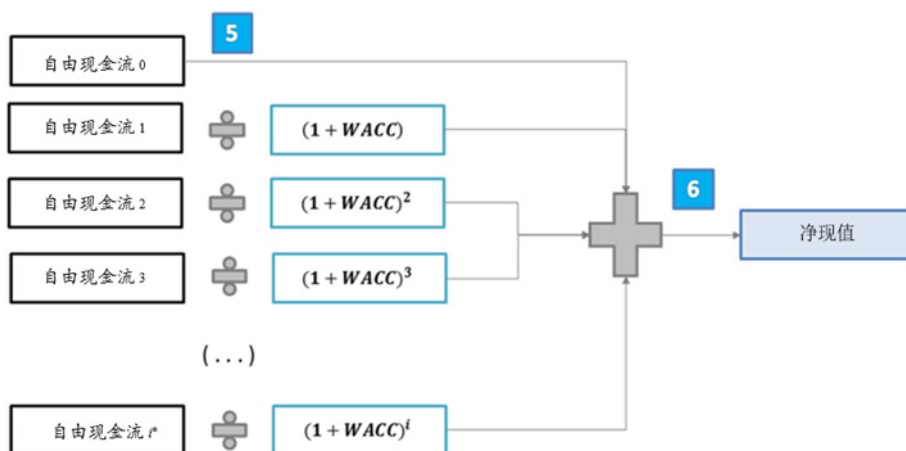
为了推动更好地理解基础设施项目净现值的计算方法, 图16和图17所示图表将计算过程分解为六个步骤。

图16：计算净现值的第一至第四步



来源：国际电联

图17：计算净现值的第五和第六步



\*根据残值计算，未折旧

来源：国际电联

计算基础设施项目净现值的第一步是估算每个运营年度的未计利息、税项、折旧及摊销前利润（EBITDA）。根据本工具包中已经列示的方法，这可以简单地通过逐年估算的净收入和运营支出之差来计算得出。



第二步是计算息税前利润（EBIT），这需要从未计利息、税项、折旧及摊销前利润<sup>45</sup>中减去估计的折旧和摊销（DA）。可使用以下公式计算给定运营年份*i*的折旧和摊销：

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

其中：

$DA_i$  是给定运营年份*i*的折旧和摊销

$CAPEX_k$  是给定运营年份*k*的估计资本支出

$t$ 是资产（资本支出）的平均寿命（以年为单位）或当地会计规则规定的折旧年数

$i$ 是给定的运营年份，例如，第1年、第2年、第3年等。

计算净现值的第三步是估算每年的运营现金流，取未计利息、税项、折旧及摊销前利润与息税前利润为正数的各年估计税额总和之间的差额。可使用以下公式，按年计算税款总额：

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

其中：

$T_i$  是在给定年份*i*的自由现金流中考虑的税收总额

$EBIT_i$  是给定年份*i*的息税前利润

$TR_{local}$  是地方对正在接受计划评估的运营商的利润征收的税率。

基础设施项目净现值计算的第四步是通过简单计算经营现金流（OCF）与给定年份*i*投入的总资本支出之间的差额，得出各运营年份的自由现金流（FCF）。

得到各运营年份的自由现金流之后，第五步和第六步是计算各运营年份自由现金流的净现值，最后将这些结果相加，得出基础设施项目的总净现值。最后两个步骤可以使用以下公式来进行：

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

其中：

<sup>45</sup> 每个国家的折旧/摊销百分比和期限可能有所不同。

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<sup>46</sup>

WACC 是加权平均资本成本

*z* 是基础设施项目评价中考虑的运营年份总数。

### 净现值 (NPV) 计算

以下示例说明了给定基础设施项目净现值的计算。

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
运营支出	\$ 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
资本支出	\$ 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
未计利息、税项、折旧及摊销前利润	\$ -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 (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
息税前利润	\$ -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
税 (如息税前利润的 25%)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 479,243	\$ 555,370	\$ 717,691	\$ 901,666	\$ 1,025,857
经营现金流	\$ -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
自由现金流	\$ -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 (如加权平均资本成本的 7%)	\$ -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
<b>净现值总计</b>	<b>(5,509,921)</b>									

来源：国际电联

注：使用的值仅作说明之用。

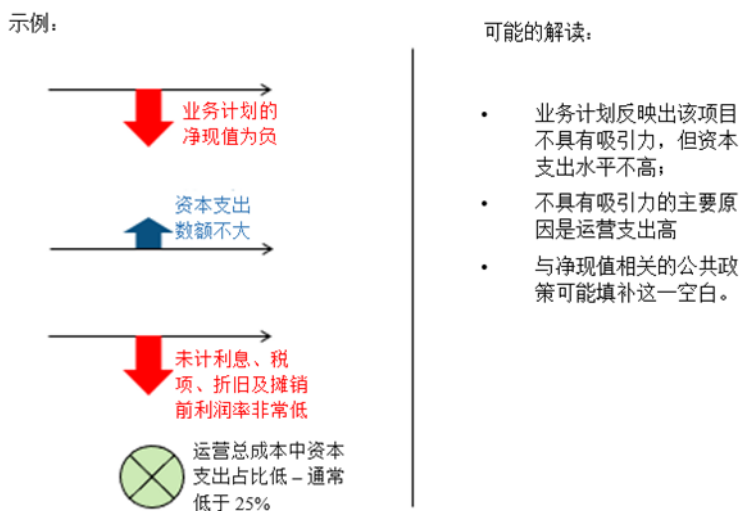
在执行业务计划后，必须知道该如何解读这些结果。此过程有一些关键变量：

- 净现值信号：净现值是否为正；
- 未计利息、税项、折旧及摊销前利润率：通常反映项目的利润率；
- 运营总成本 (TCO)：资本支出和运营支出之和；
- 运营支出、资本支出和净现值之间的比较；
- 可采用的其他指标，例如投资回报率 (ROI) 和已投资本回报率 (ROIC)。

能否进行良好的解读，取决于所有变量的输出表现如何。例如，在资本支出水平低的情况下，净现值为负，未计利息、税项、折旧及摊销前利润率也为负 (图18)。总的来说，这个结果意味着缺乏吸引力的主要原因是运营支出高。为了纠正这种不平衡问题，与净现值相关的公共政策可以填补与该项目相关的空白。

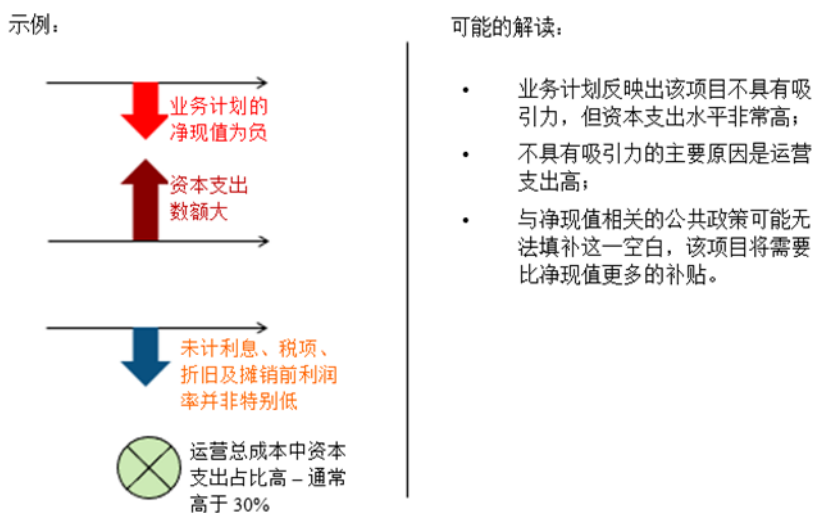
<sup>46</sup> 必须将未折旧资产的剩余残值加入到最后运营年份的自由现金流中；这可以简单地通过计算资本支出总额与整个运营年份计算的折旧和摊销总额之间的差额来得出。

图18：净现值1示例和可能的解读



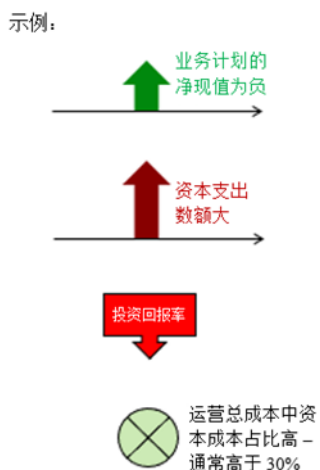
另一个例子是，当发现资本支出水平较高时，净现值为负，其中未计利息、税项、折旧及摊销前利润率为负（图19）。总的来说，这意味着不具有吸引力的主要原因是运营支出高。与净现值相关的公共政策可能无法填补这一空白，该项目将需要比净现值更多的补贴。

图19：净现值2示例和可能的解读



第三个相关示例涉及业务计划反映净现值为负（图20提供了说明）、资本支出水平非常高、投资回报率水平低的情况。该业务计划显示，该项目具有吸引力，但市场力量可能不足以填补空白，因为一般来说，私营部门会根据投资回报率来确定投资。在这种情况下，税收优惠等简单的刺激措施可以解决此问题。

图20：净现值3示例和可能的解读

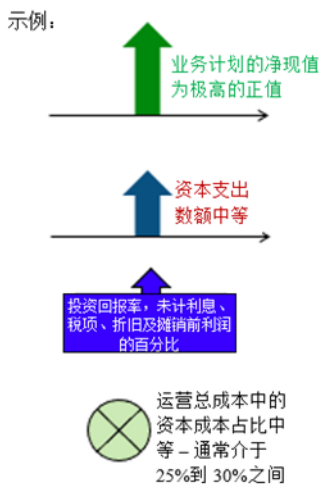


可能的解读：

- 业务计划反映出该项目具有吸引力，但资本支出水平非常高；
- 投资回报率等其他指标反映出吸引力水平低。
- 市场力量可能不足以填补这一空白。
- 税收等简单的激励措施可解决此问题。

最后一个例子展示了一个最佳情景（见图21），其中净现值、未计利息、税项、折旧及摊销前利润和投资回报率等所有变量均为正值。当资本支出达到合理水平，市场力量足以填补空白时，就会出现这种情况。对吸引力较低的项目而言，此项目的业务计划可用于任何公共政策中。

图21：净现值4示例和可能的解读



可能的解读：

- 业务计划反映出该项目具有吸引力；
- 不需要具体的公共政策；
- 可将此项目用于针对一些吸引力较低的项目的公共政策。

## 7 实现宽带基础设施项目的融资机制

宽带基础设施项目涉及大量项目开发、许可证发放、网络部署以及行政及运营成本。希望推进这些项目的政策制定者应深入研究政府提供的融资方案、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。

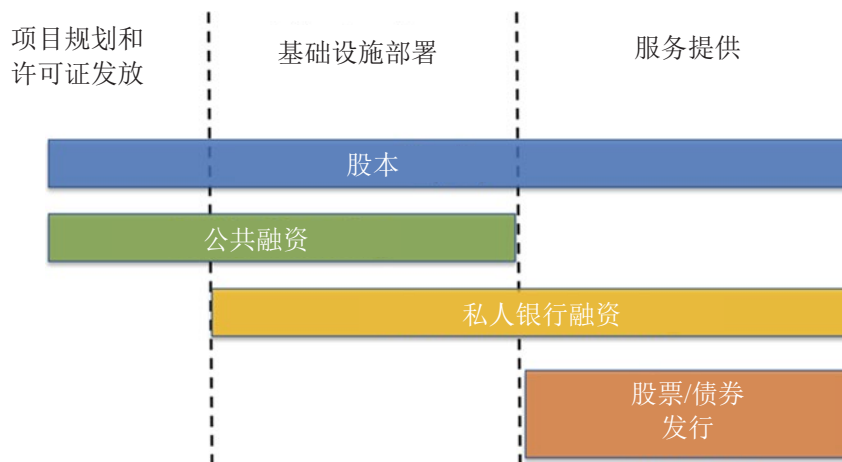
清晰把握可用的融资方案，是评估公共政策潜在成败的关键，如果是在已经被政府列为优先发展电信基础设施投资的区域，基础设施项目估计净现值削弱了网络部署和服务提供的吸引力，在这种情况下，则更应该明确了解可用方案。

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为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) 服务提供。

对于其中每一个阶段，将考虑典型的基础设施项目融资机制，包括股本、公共和私人融资以及股票和债券发行。

图22：典型基础设施项目融资机制的分布情况



来源：国际电联

### 7.1 项目和许可融资机制

从公司的角度来看，宽带基础设施项目的第一个成本计算阶段需要进行全面市场研究、业务规划、网络设计和规模确定，并取得运营所需的政府许可，后者视项目而定，可能涉及参与公开拍卖，以获得成本高昂的执照（例如，接入和使用授权频谱）。

在这一成本计算阶段，没有产生现金流，甚至没有部署任何网络基础设施，通常由股本或公共融资提供资金，这是因为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服务的潜在运营商可以进行市场

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。事实上，政府甚至可以承包这些研究并公布结果，以激发兴趣，尽量吸引更多的潜在运营商。

在很多市场可以看到的，获取用于无线宽带网络的频谱许可证通常需要花费数百万甚至数十亿美元。这些许可证费用过去是通过股本支付的，但为了避免消耗可用于向网络基础设施提供资金的股本，对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，不仅可以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。

这种公共资金的提供降低了准入门槛，提高了电信基础设施项目的经济吸引力。此外，安排一年支付一次全年运营的许可费，可以使有兴趣的企业腾出现金，更集中地投资于网络部署。

最后，虽然第一个成本计算阶段的信贷成本通常较高，但已经在本地电信市场站稳脚跟、且与私人银行市场关系牢固的运营商可能能够以合理的利率在这一阶段获得信贷。

## 7.2 基础设施部署融资机制

在宽带项目中，网络基础设施部署成本计算阶段是资本密集型阶段。为此，可同时运用各种融资机制，支持在公共政策着眼的城市推广无源和有源部署基础设施。

在这一成本计算阶段，使用股本当然是一种选择，但与其他融资机制相比，这种做法可能并不太常用，这是很令人意外的。这通常是因为与面向基础设施项目投资的公共和私人信贷融资的利率相比，股本的成本更高。比如，大部分政府对投资信贷给予税收优惠，允许私人银行市场以较低的利率提供投资信贷。政府自身甚至通过开发银行，以补贴利率提供投资信贷，旨在鼓励建设国家基础设施。

由于这些原因，对于成本高昂的网络部署阶段，由公共和私人银行市场提供的投资信贷是支持该阶段的最重要的融资机制，尽管这种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项目。实际上，要进入私人投资信贷市场，通常需要进行全面和严格的业务规划，证明待融资的基础设施项目在经济上具有可行性。

然而，纳入公共政策举措的许多基础设施项目就其性质而言毫无经济吸引力，否则，纳入这些项目会产生不必要的挤出效应，即它们通过使用公共投资取代私人投资，从而阻碍私人投资。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，以提高项目的吸引力。

例如，可通过专门为促进电信发展而设立的普遍服务义务基金来提供直接补贴，甚至为参与项目的运营商提供专门的免税政策。至于间接补贴，可以降低频谱许可费来换取在缺乏吸引力的地区部署和提供服务的承诺，或者将运营商积压罚款转化为在缺乏吸引力的地区部署和提供宽带服务的义务。

最后，一些运营商可利用参与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，但这一融资机制在服务提供成本计算阶段更为常见，原因见第7.3节。



### 7.3 服务提供融资机制

宽带项目的最后和最长的成本计算阶段始于网络运营和服务提供。这一阶段的特征是会产生大量现金，需要流动资本来支持行政、运营和维护成本，并会对网络扩张和现代化持续投资。

考虑到在信贷市场上，流动资本通常十分昂贵，为此目的使用股本是相当普遍的。另一方面，分配股本以支持长期运营所需现金流的机会成本往往会迅速增长，这使得股票和债券发行等其他融资机制成为更好的长期融资选择。

事实上，健康运营往往会带来不断稳健增长的收入，可吸引希望从债务债券中获得公平的长期回报的投资者。因此，运营现金流越健康，公司的吸引力就越大，可通过发行股票和债券获得稳定融资，因为运营的经济可持续性将反映为股票估值较高，且债务债券利率较低。

虽然获得私人银行融资以支持这一阶段所需的流动资本的成本通常很高，但一些跨国运营商确实可以进入国际信贷市场，以较低的利率为提供的服务融资。但在大多数情况下，为宽带部署吸引国际资本将面临挑战，这是因为其中涉及诸多风险，例如财务成本增加的风险、需求落空的风险和汇率波动风险。

事实上，对于希望在服务不足地区推动宽带网络部署的政府来说，最好提供某种机制来减轻需求风险，例如在需求无过错下降的情况下，向运营商提供财务担保，从而提振收入不断下降的局面，或将每年收取的许可费与运营商的年创收能力挂钩。

在获得融资（无论是运营商股本还是第三方股本）的货币与支付企业费用的货币不同的情况下，会产生汇率波动风险。政府常用的一个风险降低机制是签订外汇套期保值合同，从而在汇率大幅波动，对运营商业务计划造成影响时提供缓冲。

在项目期间，如果经济体的利率发生巨大变化，影响到国内签订的融资合同的利率，就会出现财务成本增加的风险。政府可采用的一种风险降低方法是签订利率互换合同，这可以提高风险企业对外国资本的经济吸引力。

## 8 结论

此次修订的信息通信技术基础设施工具包增加了从国际电联学院在不同地区举办的系列培训活动中汲取的5G技术考虑因素。<sup>47</sup>各地区培训参与者的需求凸显出，迫切需要在国家网络5G部署规划方面开展能力建设。

为应对5G及任何其他无线或固定网络的各个关键考虑因素，业务规划工具包涉及提供规划的最佳实践机制；估算成本、需求和收入；以及评估融资方案，尤其侧重于为缺乏经济吸引力的地区服务的项目。

如今，必须了解如何确定和量化与5G网络相关的项目安装和部署，因为这些项目往往是未来几年公共电信/信通技术政策的主要驱动力。

制定一项旨在将信通技术网络带到服务不足、偏远和农村地区的业务计划，对于政策制定者而言至关重要，因为其需要考虑国家和跨境基础设施的安装、运营、迁移和可持续性，与网络安装和部署相关的相对成本，以及为必要投资进行融资的最佳战略。

有了这个工具包，政策制定者和监管机构将能够找到最先进的技术，通过计算项目净现值来准确判定该项目的经济可行性程度。

如工具包所详述的，旨在推进宽带基础设施项目（通常是资本密集型项目）的信通技术网络设计者应深入研究政府可提供的潜在融资方案，以及在国内市场上可获得的私人信贷，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。如果估算的项目净现值表明，在被政府列为增加电信基础设施投资的优先地区，网络部署和服务提供不具吸引力，这一点则尤为重要。

总而言之，所有公共政策业务计划都应遵循以下四个原则：

- 1) 支持尽量生产、维护和使用开放数据。
- 2) 使用来自公认的国际可靠来源的研究。
- 3) 使用可审计的工具。
- 4) 做估算时要保守。

这些建议对于整个业务规划过程的可信度和准确性至关重要。

考虑到许多国家在信通技术基础设施方面存在巨大差距，国际电联将持续提供支持，使所有人实现连通，并通过提供高效工具和培训，为网络部署设计最佳信通技术基础设施业务计划，特别是为农村和偏远地区设计此类计划，从而促进联合国可持续发展目标的实现。

<sup>47</sup> 国际电联学院关于信通技术基础设施发展业务规划的培训活动：

- 全球（2020年10月至11月）：国际电联信通技术基础设施发展业务规划培训；
- 欧洲（2021年3月至5月）：国际电联学院为欧洲举办的基础设施发展业务规划培训；
- 非洲（英语）（2021年5月至6月）：国际电联学院为非洲举办的信通技术基础设施发展业务规划培训；
- 非洲（法语）（2021年10月至12月）：国际电联学院为非洲法语国家举办的信通技术基础设施发展业务规划培训。

## 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	用户驻地设备
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
EMBB	增强型移动宽带
FTTH	光纤到户
FTTO	光纤到办公室
FWA	固定无线接入
4G	第四代标准
5G	第五代标准
FCF	自由现金流
FAC	完全成本分摊
FWA	固定无线接入
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	高速分组接入
HFC	混合光纤同轴电缆
ICT	信息通信技术
IEEE	电气和电子工程师协会
IoT	物联网
IPB	国际电联通信技术综合价格指数
IMT	国际移动通信
IRR	内部收益率

(续)

LTE	长期演进
MOU	使用业务分钟数
MRP	市场风险溢价
mMTC	大规模机器类通信
M2M	机器对机器
NA	独立
NPV	净现值
NSA	非独立
OCF	经营现金流
Opex	运营支出
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	投资回报率
RPM	每分钟收入
SDH	同步数字系列
SMP	显著市场影响力
3G	第三代标准
TCO	运营总成本
URLLC	高可靠性和低时延通信
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](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*, (2<sup>nd</sup> 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<sup>o</sup> 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.
- Ericsson (2019) 5G for business a 2030 market compass, <https://www.ericsson.com/en/5g/5g-for-business/5g-for-business-a-2030-market-compass>.
- 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.

GSMA (2018) Network Slicing Use Case Requirements, <https://www.gsma.com/futurenetworks/wp-content/uploads/2018/07/Network-Slicing-Use-Case-Requirements-fixed.pdf>.

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

ITU DataHub is available at <https://datahub.itu.int/>.

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](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>.

ITU Recommendation ITU-R M.2083-0 (09/2015) IMT Vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond, available at [https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2083-0-201509-!!PDF-E.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2083-0-201509-!!PDF-E.pdf).

Mitscenkov, 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.

Huawei (2019) \$1.4tn of benefits in 2030: 5G's impact on industry verticals, <https://carrier.huawei.com/~media/CNBGV2/download/program/Industries-5G/5G-Impact-on-Industry-Verticals.pdf>.

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](mailto:bdtdirector@itu.int)  
电话: +41 22 730 5035/5435  
传真: +41 22 730 5484

#### 数字网络和社会部 (DNS)

电子邮件: [bdt-dns@itu.int](mailto:bdt-dns@itu.int)  
电话: +41 22 730 5421  
传真: +41 22 730 5484

#### 非洲

##### 埃塞俄比亚

国际电联  
区域代表处  
Gambia Road  
Leghar Ethio Telecom Bldg. 3<sup>rd</sup> floor  
P.O. Box 60 005  
Addis Ababa  
Ethiopia

电子邮件: [itu-ro-africa@itu.int](mailto:itu-ro-africa@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

#### 美洲

##### 巴西

国际电联  
区域代表处  
SAUS Quadra 6 Ed. Luis Eduardo  
Magalhães,  
Bloco "E", 10<sup>o</sup> andar, Ala Sul  
(Anatel)  
CEP 70070-940 Brasilia - DF  
Brazil

电子邮件: [itubrasilia@itu.int](mailto:itubrasilia@itu.int)  
电话: +55 61 2312 2730-1  
电话: +55 61 2312 2733-5  
传真: +55 61 2312 2738

#### 阿拉伯国家

##### 埃及

国际电联  
区域代表处  
Smart Village, Building B 147,  
3<sup>rd</sup> floor  
Km 28 Cairo  
Alexandria Desert Road  
Giza Governorate  
Cairo  
Egypt

电子邮件: [itu-ro-arabstates@itu.int](mailto:itu-ro-arabstates@itu.int)  
电话: +202 3537 1777  
传真: +202 3537 1888

#### 独联体国家

##### 俄罗斯联邦

国际电联  
区域代表处  
4, Building 1  
Sergiy Radonezhsky Str.  
Moscow 105120  
Russian Federation

电子邮件: [itumoscow@itu.int](mailto:itumoscow@itu.int)  
电话: +7 495 926 6070

副主任兼行政和运营  
协调部负责人 (DDR)  
Place des Nations  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

电子邮件: [bdtdeputydir@itu.int](mailto:bdtdeputydir@itu.int)  
电话: +41 22 730 5131  
传真: +41 22 730 5484

#### 数字知识中心部 (DKH)

电子邮件: [bdt-dkh@itu.int](mailto:bdt-dkh@itu.int)  
电话: +41 22 730 5900  
传真: +41 22 730 5484

##### 喀麦隆

国际电联  
地区办事处  
Immeuble CAMPOST, 3<sup>e</sup> étage  
Boulevard du 20 mai  
Boîte postale 11017  
Yaoundé  
Cameroon

电子邮件: [itu-yaounde@itu.int](mailto:itu-yaounde@itu.int)  
电话: +237 22 22 9292  
电话: +237 22 22 9291  
传真: +237 22 22 9297

##### 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](mailto:itubridgetown@itu.int)  
电话: +1 246 431 0343  
传真: +1 246 437 7403

#### 亚太

##### 泰国

国际电联  
区域代表处  
4<sup>th</sup> floor NBTC Region 1 Building  
101 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: [itu-ro-asiapacific@itu.int](mailto:itu-ro-asiapacific@itu.int)  
电话: +66 2 574 9326 - 8  
+66 2 575 0055

#### 欧洲

##### 瑞士

国际电联  
欧洲处  
Place des Nations  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

电子邮件: [euregion@itu.int](mailto:euregion@itu.int)  
电话: +41 22 730 5467  
传真: +41 22 730 5484

#### 数字化发展合作伙伴部 (PDD)

电子邮件: [bdt-pdd@itu.int](mailto:bdt-pdd@itu.int)  
电话: +41 22 730 5447  
传真: +41 22 730 5484

##### 塞内加尔

国际电联  
地区办事处  
8, Route du Méridien Président  
Immeuble Rokhaya, 3<sup>e</sup> étage  
Boîte postale 29471  
Dakar - Yoff  
Senegal

电子邮件: [itu-dakar@itu.int](mailto:itu-dakar@itu.int)  
电话: +221 33 859 7010  
电话: +221 33 859 7021  
传真: +221 33 868 6386

##### 智利

国际电联  
地区办事处  
Merced 753, Piso 4  
Santiago de Chile  
Chile

电子邮件: [itusantiago@itu.int](mailto:itusantiago@itu.int)  
电话: +56 2 632 6134/6147  
传真: +56 2 632 6154

##### 印度尼西亚

国际电联  
地区办事处  
Sapta Pesona Building  
13<sup>th</sup> floor  
Jl. Merdan Merdeka Barat No. 17  
Jakarta 10110  
Indonesia

电子邮件: [itu-ro-asiapacific@itu.int](mailto:itu-ro-asiapacific@itu.int)  
电话: +62 21 381 3572  
电话: +62 21 380 2322/2324  
传真: +62 21 389 5521

##### 津巴布韦

国际电联  
地区办事处  
USAF POTRAZ Building  
877 Endeavour Crescent  
Mount Pleasant Business Park  
Harare  
Zimbabwe

电子邮件: [itu-harare@itu.int](mailto:itu-harare@itu.int)  
电话: +263 242 369015  
电话: +263 242 369016

##### 洪都拉斯

国际电联  
地区办事处  
Colonia Altos de Miramontes  
Calle principal, Edificio No. 1583  
Frente a Santos y Cía  
Apartado Postal 976  
Tegucigalpa  
Honduras

电子邮件: [itutegucigalpa@itu.int](mailto:itutegucigalpa@itu.int)  
电话: +504 2235 5470  
传真: +504 2235 5471

##### 印度

国际电联  
地区办事处和  
创新中心  
C-DOT Campus  
Mandi Road  
Chhatrapur, Mehrauli  
New Delhi 110030  
India

电子邮件: [itu-ro-southasia@itu.int](mailto:itu-ro-southasia@itu.int)

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

ISBN: 978-92-61-36515-8



瑞士出版  
日内瓦，2023

Photo credits: Adobe Stock