D医疗保健领域缓解失败需求的决策支持框架

Katariina Timonen、Mariia Kozlova、Roman Stepanov 和 Julian Scott Yeomans

医疗保健领域缓解失败需求的决策支持框架

Abstract

医疗保健领域的失败需求研究本质上是由社会科学家开展的观察性实地研究。从历史上看，这些研究实践忽视了后续由经济学家、数据分析师或数学家开展的分析。本文认为，只有结合全面的不确定性—敏感性分析开展分析性成本效益建模，才能有效应对失败需求的缓解问题。我们以一项现有的失败需求实地研究为起点，展示如何开展此类后续分析，并构建一个务实的决策支持方法框架，以便在广泛的医疗保健领域向研究人员和从业者推广。该框架源自经典的成本效益建模，随后结合蒙特卡罗模拟与开创性的仿真分解（SimDec）方法加以完善。SimDec 的结果揭示了对决策至关重要、而其他现有技术难以轻易发现的更多见解。尽管使用各种开源计算机代码包即可轻松实现 SimDec 方法框架，本文仍展示了非技术背景的医疗保健从业者如何通过免费使用的网页仪表板界面或可下载的电子表格模板，轻松开展完全一致的分析。

1. 引言ntroduction

建模在众多学科和行业中对决策制定发挥着至关重要的支持作用。Kozlova & Yeomans（2024年）最近分析了广泛的应用领域，涵盖从极小规模的个人决策制定，到中等规模的环境和财务问题，乃至超导磁体设计所需的大规模数据分析。同样，Walzer 等人（2024a；2024b）考察了建筑施工中的 3D打印建模，Kozlova等（2024a）则阐述了复杂计算环境中建模的基本要求。Brandeau（2008年）此前特别强调了采用此类建模分析医疗保健应用的绝对必要性。然而，一个重要的附带注意事项是，任何仅采用单值估计的模型，都不足以全面呈现潜在决策制定过程的有效整体图景（Savage & Markowitz，2009）。Saltelli、Bammer 等人（2019）、Savage & Markowitz（2009）和 Hubbard（2020）强调，在任何分析中直接纳入所有系统不确定性的共同影响，至关重要。

任何前瞻性评估都会受到未来不确定性、流程中现有变异（例如季节性变化）以及当前决策可选方案的影响。不同

干预措施设计可能对应截然不同的风险特征，在特定情形下，任何具体措施都可能导致截然不同的经济可行性。此外，决策制定中的各种因素可能相互作用，产生完全出乎意料、难以预见的协同效应（Kozlova 等，2024b）。现有的确定性建模单值估算技术，基本上无法捕捉这种内在复杂性。因此，计算模型分析和决策支持领域一直在开发各种新方法，以弥补这一复杂性缺口。长期采用的单因素方法（有时称为“局部”）敏感性分析和情景分析，因已被证实无法在可行域内全面探索所有潜在的解决方案，理所当然地受到了广泛批评（Saltelli 等，2019；Pianosi，2016）。

为克服这一缺陷，全局敏感性分析领域从试验设计中发展出多种统计方法，并形成了一套综合方法，用于在模型中的所有因素同时变化时确定因素重要性（Tarantola等，2024年）。然而，主流做法仅专注于量化各因素或其组合的影响，却完全未考察底层输入输出关系的相对形态（Kozlova等，2024b）。模拟分解（SimDec）是全局敏感性分析领域近期的一项发展，它通过识别哪些因素最重要、重要程度有多大，以及它们实际上如何影响输出，提供更全面的决策支持（Kozlova等，2024b）。Kozlova & Yeomans（2024年）表明，将SimDec方法应用于众多“现实世界”情境时，能够揭示以往被忽视的战略洞见。因此，本文后续的医疗保健分析将以SimDec作为核心决策支持框架。

Seddon 与 Brand（2008年）将< 场景 id='1'>失败需求定义为一种需求，它源于未能正确满足客户的某项需求。当客户获得不满意或不完整的服务时，可能会再次寻求同一项服务，从而导致系统内对该服务的需求增加。从决策支持的角度来看，医疗保健系统中的失败需求几乎未受到关注。 传统上，医疗保健领域对失败需求的研究完全依赖实地研究，所作决策主要基于观察到的失败需求频率（Morris & Walley，2022年；Wilson，2013年；Jackson 等，2008年）。在这类研究中，不仅完全缺乏分析和不确定性考量，也没有将盈利能力影响纳入任何实际的决策模型。尽管观察到的高频失败需求未必会带来最严重的金钱影响，但由失败需求产生的任何成本和收入都很少得到评估。因此，大多数医疗保健研究并未认真尝试解决如何缓解失败需求的问题。

为弥补这些不足，本文构建了一套复杂但易于实施的决策框架，以全面支持医疗保健应用中的失败需求缓解。为实现这一目标，我们建立了一个现金流模型，用于评估干预措施的经济可行性，随后展示如何开展蒙特卡罗分析及相应的SimDec分析。整个流程通过在芬兰开展的两个失败需求缓解项目加以说明（Timonen，2024a）。

该新方法框架被证明能够以较低的执行成本提供全面的决策支持，同时采用了非常便于用户使用的分析界面，适合非技术型医疗保健用户。研究将表明，所获得洞见的价值显著超过了早期仅基于频率的决策支持方法以及所有关于经济可行性的确定性评估所产生的结果。

2. DECISION 公共医疗保健中失败需求缓解的支持

失败需求缓解通常基于需求分析开展，通过观察需求的类型和频率来进行（Morris 等人，2022年；Wilson，2013年；Jackson 等人，2008年）。需求分析可以采用先锋方法，遵循“检查—计划—执行”的主要步骤，以便（i）了解客户需求的当前状况；（ii）根据客户需求确定所需的变更；以及（iii）在运营中实施所需的变更（Jackson 等人，2008年）。在 Wilson（2013年）的案例研究中，先锋方法被用于一个为学习障碍人士提供支持的组织。案例组织开展了访谈，并要求工作人员在纸质表格上记录不同类型的需求，从而使组织能够全面了解客户的需求并改善服务交付（Wilson，2013年）。此外，先锋方法还被用于研究儿童服务需求（Gibson 和 O’Donovan，2014年）以及增强组织韧性（Jaaron 和 Backhouse，2014年）。Morris 等人（2022年）介绍了一项需求分析应用，通过分析一组警察部门事件样本，包括录音电话、关联事件日志、电子邮件和犯罪日志，来评估需求的性质和频率。在凯努乌福祉服务县（2022年），研究人员对客户在两年期间发送的消息进行了分析，以了解服务渠道中失败需求的规模和类型。完成初步需求分析后，应持续观察失败需求，以改进服务，Morris 等人（2022年）的研究便是一个例证。可以定期抽样需求并观察反馈，以追踪失败需求缓解举措的影响并找出新的改进领域。同样，Wilson（2013年）的研究指出，组织在初步研究后继续定期收集和分析需求，以解决与失败需求相关的新出现问题，从而持续改进服务。

要对失败需求的经济影响进行高质量估算，必须了解客户在医疗保健提供者服务中的完整流程，并分析失败需求出现的位置及其相关成本。由于这类分析涉及面广且耗时，这或许可以解释为何关于失败需求成本的研究数量有限。Vanguard Consulting Ltd. & Locality（2014年）通过英国公共部门的四个客户案例，评估了某组织整个流程中的失败需求成本。James 等人（2024年）的一项研究指出，治疗等待时间过长会增加成本。但该研究未评估可能采取的干预措施。多项研究表明，失败需求缓解项目能够提高效率，并节省相关服务的成本（Vegting 等人，2012年；Piercy & Rich，2009；Jackson 等人，2008年）。然而，针对不同类型失败需求的缓解干预项目，其经济评估仍然有限。

失败需求研究中一直完全缺乏不确定性分析。然而，不确定性分析已应用于许多其他医疗保健评估领域，以深入了解相关参数、模型和方法的不确定性（Jain 等人，2011年）。在对手术室资源分配进行评估（Antognini 等人，2015年）以及对预防医学应用进行建模时评估参数不确定性（Wei 等人，2024年）方面，研究者均使用蒙特卡罗模拟处理建模不确定性。其他研究则采用贝叶斯方法进行成本效果建模（Spiegelhalter & Best，2003年），采用单因素敏感性分析估算成本和治疗效果的差异（Rasmussen 等人，2024年），并在医疗保健经济学评价中使用不同的敏感性分析，例如单因素敏感性分析、多因素敏感性分析、莫里斯方法和实验设计（Duintjer Tebbens 等人，2008年）。

3. FIELD 研究

Timonen（2024a）最近开展了一项实地研究，以收集与医疗保健服务提供机构中失败需求相关的数据。本节介绍该研究的详细情况及其结果。

3.1. 方法论

实地研究能够对特定群体或社会情境进行观察，以记录其日常活动相关的数据（Allen，2010）。这种方法论路径使我们能够在自然情境中研究失败需求，提供有关失败需求数量的定量数据，并对失败需求在健康中心造成的问题进行定性分析。研究选择了实地研究设计，以观察健康中心接待处的日常工作（Timonen，2024a；Timonen，2024b））。在实地研究中，对五个不同健康中心在2024年6月3日至2024年6月14日期间、为期两周的监测期内所接听的电话进行了考察。在监测期内，各健康中心照常接听来电并向客户拨打回拨电话。通话结束后，专业人员在数据收集表上记录来电主题是否属于失败需求（Timonen，2024b）。数据收集表基于既有研究（Walley 等，2019年；凯努乌福祉服务县，2022年；Hartmann 等，2021年；Masters，2010年；Piercy 等，2009年）以及案例组织的数据[1]编制而成。该表还在与健康中心的合作下进一步完善；在监测期开始前，健康中心提供了关于既定失败需求类型的先验知识。数据收集表针对以下类别规定了不同的失败需求类型：预约、其他、咨询、服务指导、处方事宜、来电请求、技术问题、咨询事项、联系以及其他原因 （由各部门指定）。

这项实地研究在芬兰的一个 Wellbeing 服务县开展，该县为辖区居民提供社会服务、医疗保健、救援服务和环境卫生服务（Timonen，2024a）。芬兰共有 21 个 Wellbeing 服务县，该县是其中之一；这些服务县是社会服务和医疗保健服务的主要提供者（社会事务与卫生部，2023）。案例组织认定其五个初级保健服务卫生中心存在失败需求，因此需要

[1] 可通过以下网址访问该表单：https://github.com/KatariinaTimonen/Failure-demand-analysis

对其现状进行分析。 此外，这些健康中心分布在案例组织所在地区的各处。各健康中心在客户群、位置、规模和运营实践方面的差异，可能会影响其所经历的失败需求类型和性质。因此，为了更准确地呈现整个组织初级保健服务中失败需求的现状，让整个 Wellbeing 服务县的各个地区都有代表参与，证明是有益的。

3.2. 实地研究结果

实地研究发现，各健康中心的失败需求比例介于 18% 至 63% 之间。所有电话中的失败需求平均比例为 42%。图 1 展示了各健康中心接听的电话分布情况。

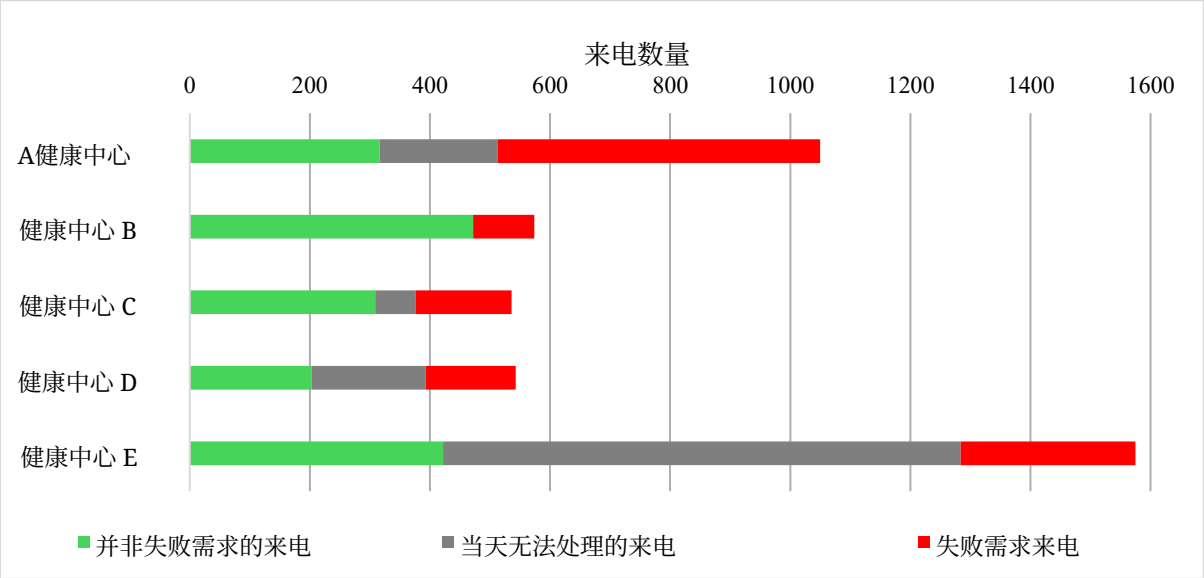


图 1。各健康中心的电话分布。

根据健康中心的资源情况，白天无法处理的电话意味着医疗服务提供者必须在来电当天之后再致电客户。当实际观察到的失败需求存在差异时，这些差异可能是由各健康中心采用不同的运营管理方式造成的。

失败需求电话涵盖了多种类型，其中大多数与咨询（30%）、预约（19%）和联系（15%）类别有关。各类别的相对分布如图2所示。

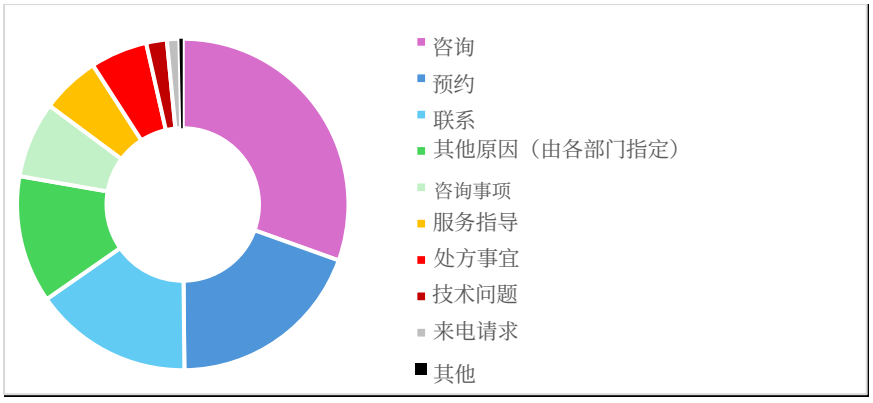


图2。 所有健康中心的失败需求类别。

咨询面临的主要挑战之一，是客户需要获取更多信息和指导来解决问题。预约类别凸显了客户对紧急和非紧急预约的高需求；由于无法预约，客户会再次来电，询问稍后能否预约。这不仅增加了电话服务的需求，还可能延误客户问题的解决。联系是占比第三高的类别，其中包括客户同时使用不同服务渠道来解决同一问题、客户再次来电，以及因专业人员尚未联系客户而由客户致电专业人员的情况。其他原因（由各部门指定）类别涵盖了所有不明显属于其他现有类别、且由健康中心在监测期内指定的失败需求类型。这些情况包括客户未接听专业人员的回拨、向客户提供错误指示，以及尽管已被要求使用数字服务渠道来解决来电问题，机构员工仍然打电话。

图3显示了报告最多的失败需求类型。

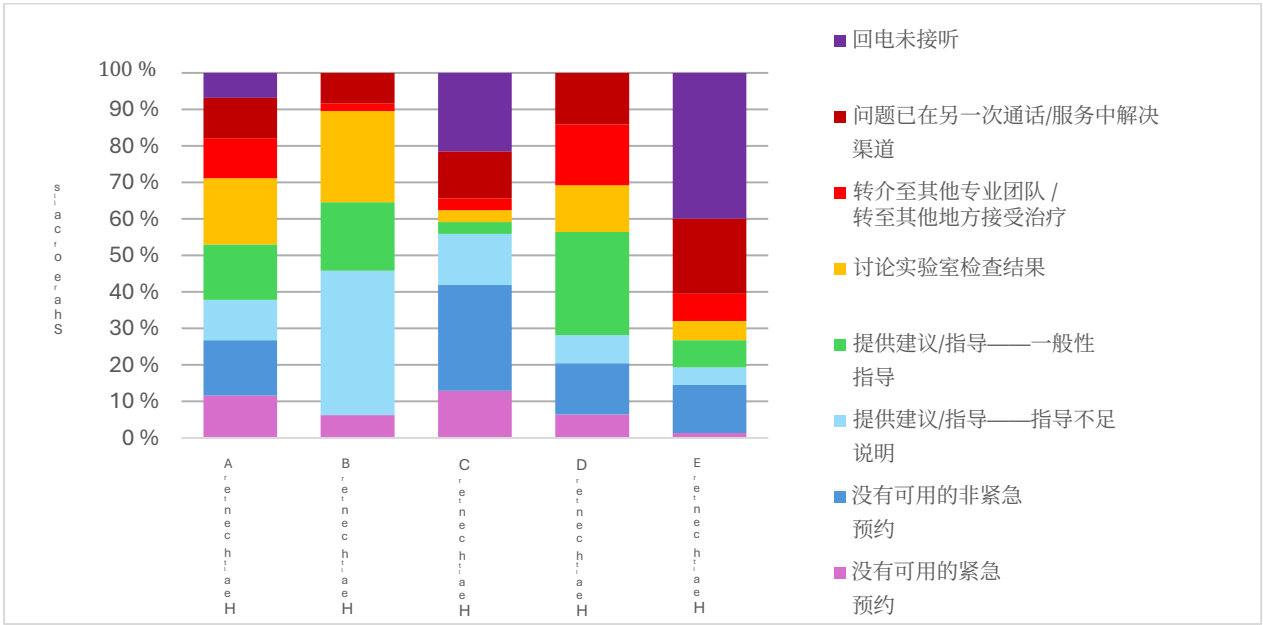


图3。 类别　每个健康中心的失败需求。

报告最多的失败需求类型是：回拨未接听，导致客户再次致电医疗服务提供者，以重新开始排队流程。以下失败需求类型凸显了医疗服务提供者资源有限的问题：没有可用的非紧急预约时间以及没有可用的紧急预约时间。在每个健康中心都观察到，客户会同时使用多个服务渠道来解决单个问题。这种系统性的问题已在另一次通话/服务渠道中解决可能导致医疗专业人员耗费不必要的时间和精力，跟进那些已经不再需要服务的客户。

一年中仅用于处理失败需求来电的时间如表1所示。

表1。 基于为期两周的监测窗口估算每年用于处理失败需求电话的时间（来源：案例组织）。

健康中心	所有已接听的电话和回拨，小时	用于故障的时间需求电话，小时	故障占比需求
A	8 377	5 274	63 %
B	7 750	1 377	18 %
C	7 891	2 692	34 %
D	9 179	3 901	42 %
E	13 116	5 353	41 %
总计	**46 313**	**18 596**	**40 %**

表1中的估算仅包括用于电话通话或回拨的时间。其他非通话类失败需求任务涉及撰写客户案例，以及就客户案例咨询其他医疗专业人员等事项。这些时间估算凸显了缓解失败需求的明确必要性，因为呼叫服务中本就有限的资源，可能有超过60%的时间被用于处理实际上并未服务客户的电话（A健康中心的情况便是如此）。

4. 失败需求缓解的经济可行性

然而，仅凭不同失败需求类型出现的频率，并不足以判断缓解这些需求是否具有经济可行性。不同类型的失败需求会产生不同程度的成本。此外，出现频率最高的失败需求类型可能难以缓解且成本高昂，因此着手处理它可能导致资源分配效率低下。因此，为全面支持关于实施哪些措施的决策，必须量化所有潜在成本和收益，以及可能存在的偏差和不确定性。

我们提出的决策制定框架包含一种经典的投资评估技术，并将现金流建模与 SimDec 集成，以开展后续的不确定性—敏感性分析。本节介绍该决策框架的方法学细节、所考虑的投资案例及其数值假设，随后展示将该框架应用于这些投资案例的结果。

4.1. 拟议决策支持框架

成本效益分析是所有金融学科中普遍教授的内容，并被视为一种主要的评估技术（Brealey et al., 2011）。成本效益分析已用于评估多种应用，例如投资盈利能力分析（Haka, 2006；Kozlova, 2017）、政策干预的经济可行性估算（Kozlova & Yeomans, 2019；Pellegrino 等人, 2024年）、新技术的技术经济评估（Thomassen 等人, 2019；Karjunen 等人, 2024年），以及医疗保健改进中的经济考量（Colombo, 等人 2006；McIntosh, 2010）。同样，成本效益分析也被视为卫生经济学中的基础分析工具（Feldstein & Feldstein, 1988；Morris 等人, 2012年）。任何成本效益分析的核心技术都是现金流建模。从最基本的意义上说，该方法将所考虑项目中彼此不同的成本与收益结合起来，同时通过贴现将预计的未来现金流转换为当前等值，从而考虑货币时间价值。本节将结合失败需求界定成本与收益，进一步详细介绍现金流建模技术，并说明蒙特卡罗模拟和 SimDec 如何支持决策者估算项目可行性。

4.1.1. 现金流建模

不同于将流入视为收入、将流出视为成本的新项目，组织流程的改进赋予流入和流出以不同的性质。原则上，流入代表节省，或所使用资源数量的减少（例如效率提高）

$$Inflow = Unit\ cost * Volume\ reduction,$$

例如，单位可以是呼叫接线员的工作小时数，也可以是云服务器上的流量。单位成本降低本身也可以视为节省的来源。例如，如果将一项任务从医生重新分配给护士，那么

$$Inflow = Unit\ cost\ reduction * Volume.$$

干预措施的流出只是由新引入的措施产生的运营费用（注意，现有的运营成本即使有所降低，也不计入 $Inflow$ 不$Outflow$）。上述简单示例完全不包括流出。然而，如果引入了新的措施，就可能产生流出。例如，如果将来电登记改为网上登记，那么服务器成本就会成为流出

$$Outflow = Unit\ cost\ of\ a\ newly\ introduced\ measure/process * Volume。$$

总体而言，干预措施产生的定期现金流将由$Inflow$ 和$Outflow$构成

$$Cash\ flow_i = Inflow_i - Outflow_i$$

其中，i 为期间索引。

除运营节省和费用外，还需要进行初始投资，才能启动流程更新，$Investment\ cost$。干预措施的总体盈利能力可通过所有这些现金流的总和（净现值

值或 NPV ）在规划期内的总和， t 并考虑货币时间价值（按d的利率进行贴现）

$$NPV = -Investment\ cost_0 + \sum_{i=1}^{t} \frac{Cash\ flow_i}{(1+d)^i}$$

除了计划干预的各种具体特征外，现金流还应考虑服务量的任何增长以及单位成本的通货膨胀（如果采用名义贴现率；有关名义现金流与实际现金流的更多详情，请参见 Stepanov et al., 2024）。

4.1.2. 蒙特卡罗模拟

现金流模型可以描述为一组输入，这些输入被输入模型后，模型将以确定性净现值的形式生成输出（Brealey et al., 2011）。然而，这种确定性方法（单次模型评估）可能会产生严重误导，因为大多数数值假设都具有不确定性（Saltelli et al., 2020）。因此，需要多次重新计算现金流模型，以检验净现值如何响应输入变量的可能变化。改变输入变量的最佳方式是同时改变所有变量，从而捕捉不同因素之间的任何交互作用（Saltelli et al., 2004）。这种程序称为蒙特卡罗模拟。

蒙特卡罗模拟包括以下几个步骤:

1) 确定未来哪些输入变量会受到不确定性或变异性的影响。2) 在概率分布中确定这些变量的数值范围或参数范围。3) 从相应的分布中随机抽取输入变量的值，并反复评估模型。

传统的模拟实践只记录输出值，而我们的方法框架中的分析流程还要求同时记录相应的输入值。由此得到的输入输出数据随后可使用 SimDec算法进行更深入的敏感性分析。

4.1.3. 仿真分解（SimDec）

本质上，SimDec通过分解蒙特卡洛分布，揭示影响力最大的输入变量之间关系的形态。第一步，计算敏感性指数，以识别影响力最大的输入变量。第二步，分解流程将第一步中这些重要输入变量的相关影响投射到输出上（Kozlova et al., 2024）。整个算法可概括为以下步骤:

1) 计算每个输入变量的全局敏感性指数。2) 对输入变量进行排序，并选择重要性累积达到阈值（即敏感性指数之和）的输入变量。3) 将所选输入变量的数值范围分解为固定数量的状态。4) 列出所有状态组合，并为其分配情景索引。

5) 将模拟中的每个输出值与其对应的情景索引进行匹配。6) 按情景对直方图进行颜色编码，从而将分解结果可视化。

为便于非技术从业者使用，整个 SimDec 流程已实现完全自动化，并部署在无需编码的网页仪表板中；该仪表板仅需以 CSV文件形式输入模拟数据（Roy & Kozlova，2024年）。

4.2. 数值假设

本文采用两个反映不同类型失败需求缓解的投资案例来说明决策支持框架。有关这两个模型的完整详情，均可通过 Timonen（2024b）自由获取。

4.2.1. 投资案例1：为客户提供完整说明

投资案例1旨在减少咨询类别中的失败需求，具体解决向客户重复提供说明、说明不充分或完全没有说明的问题。哪些说明不充分，是通过实地研究确定的。通过一开始就提供清晰、全面的说明，预计重复咨询量将减少30%。修改后的说明将发布在组织网站上，并持续维护常见问题和说明。该投资案例的实施成本包括收集数据、起草、审核和编辑说明；每个健康中心均由一名护士参与该项目。此外，实施成本还包括改版网站，预计需要一名市场与传播设计师投入三周时间。预计数据收集和撰写过程需要六周，审核则需额外两周。运营成本按每月由一名护士花一周时间更新网站内容估算。节省额来自失败需求来电的减少。对于案例组织，每次电话通话的成本（包括可能进行的服务需求评估）为50,00 €。由于该成本包含不会因电话减少而受影响的固定成本，因此假设取消一次电话通话只能节省人员支出。人员支出约占电话通话总成本的一半，因此每减少一次电话通话，预计可节省25,00 €。表2列出了投资案例1的蒙特卡罗模拟计算所用成本变量及其分布。

表2。投资案例1中用于蒙特卡罗模拟的变量及范围。

变量	数值	Min	Max	来源
数量 *of* 咨询类别电话（每年）	9 828	7 862	13 759	实地研究
百分比 *of* 移除失败需求（%）	30 %	21 %	39 %	估算
护士使用的时间（周）	8	5,6	10,4	估算

护士 薪资 成本 *for* 雇主（每月）		4 353 €	3 482 €	6 094 欧元	芬兰地方政府和福利区雇主协会 KT，2024年；芬兰地方政府和福利区雇主协会 KT, 2022
从事该工作的护士人数		5	-	-	估算
项目 *Used time by*（周）	设计师	3	2	4	估算
营销 传播 雇主薪资成本	*and* 设计师	4 247 €	3 398 €	5 946 €	芬兰地方政府和福利区雇主协会 芬兰地方政府和，2024a；芬兰地方政府和福利区雇主协会 KT，2024b
（每月）					
节省 生成 减少的电话通话	*from*	25 €	17,5 欧元	32,5 欧元	案例组织

对咨询类别电话数量进行蒙特卡罗模拟时，取值范围基于 -20% 至+40% 的变化，以估算芬兰经济事务与就业部预测的芬兰医疗需求加速情况（Tevameri，2022年）。护士和设计师的薪资预测均采用 -20% 至 +40% 的范围，以反映年度薪资调整导致员工成本预期上涨的情况。其他变量则采用30%的变化幅度，以计入不确定性。

4.2.2. 投资案例2：移除未接听回拨

如果医疗专业人员未接听客户的电话，客户可以请求回拨。回拨仅尝试一次；如果客户错过或无法接听电话，客户将再次呼叫系统并重新排队等待回拨。投资案例2通过使用自动化，在专业人员回拨前2至3小时发送通知，告知客户医疗服务提供者将与其联系，从而减少未接听回拨的数量。实施成本包括设置自动化。运营成本包括自动化维护成本、发送通知的信息系统每月成本，以及发送通知的成本。预计成本节省基于移除未接听回拨计算。未接听回拨的成本通过将电话通话成本除以平均通话时长，再乘以平均回拨耗时计算得出。对于案例组织而言，一次未接听回拨的成本为15.02欧元，每移除一次未接听回拨预计可节省7.51欧元。表3列出了投资案例2的蒙特卡罗模拟计算中所使用的成本变量及其分布。未接听回拨的蒙特卡罗模拟范围基于-20%和 +40%的变化计算，该范围用于模拟投资案例1中所述的需求增长不确定性。其余变量均采用预计30%的变化，以反映预测中的不确定性。

表3。投资案例2变量及蒙特卡罗模拟范围

变量	值	Min	Max	来源
一年内未接回拨	23 228	18 582	32 519	案例组织
消除的失败需求百分比（%）	30 %	21 %	39 %	估算
发送短信的成本	1 €	0,7 €	1,3 €	估算
自动化实施成本（*RPA* 自动化）	11 550 €	8 085 €	15 015 €	Klubnikin，2022年
自动化开发者许可证	420 €	294 €	546 €	Klubnikin，2022年
无人值守自动化	1 380 €	966 €	1 794 €	Klubnikin，2022年
自动化团队	1 930 €	1 351 €	2 509 €	Klubnikin，2022年
通过一个自动化短信成本	69 €	48 €	90 €	Textedly，2024年
信息系统（成本 *for 2400* 每月消息数）				
节省生成 *from* 移除未接来电	7,51 €	5,26 €	9,76 €	估算

4.3. 结果

4.3.1. 投资案例1结果：为客户提供完整说明

当对投资案例1的成本效益模型进行蒙特卡罗模拟所得到的数据集（参见表2中的数值假设）在SimDec仪表板上处理后，将计算出以下敏感性指数（参见表4）。

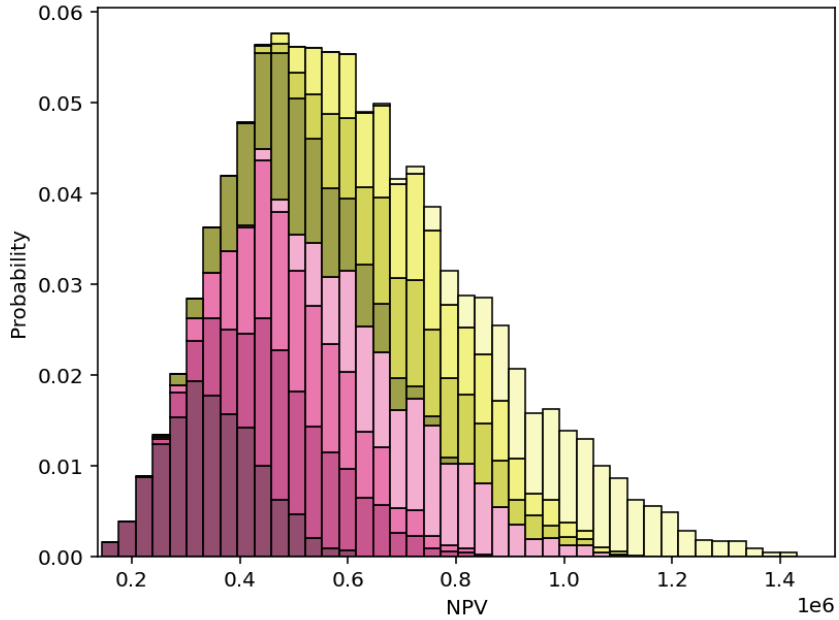
表4。投资案例1的敏感性指数。

输入变量	指数
消除的失败需求量	**36 %**
由电话呼叫成本产生的收益	**35 %**
一年内建议类别电话的数量	**29 %**
雇主的护士薪资（每月）	1 %
所用时间（护士，周）	0 %
所用时间（市场与传播设计师，周）	0 %
雇主的设计师薪资成本（每月）	0 %
指数总和	101 %

这些指数表明，三个具有重要影响的输入变量各自贡献大致相等，分别是：(i) 消除的失败需求量、(ii) 由电话呼叫成本产生的收益，以及 (iii) 建议类别电话的数量在一年内。其余四个变量对该干预措施盈利能力的影响可以忽略不计。指数之和表明，净现值的全部变异性均已得到解释。

图4展示了使用上述确定的三个最具影响力变量对盈利能力分布进行的分解。所有关键因素都会通过单调增加净现值来影响盈利能力。然而，最引人注目的结果是，整个分布始终处于正净现值范围内。这意味着，即使所有考量变量均取其可能的最低值，对为客户提供完整说明的整体投资仍将保持

盈利。因此，基于经济考量，强烈建议采取这一用于缓解失败需求的干预措施。



颜色	数量 已移除故障需求	生成收益于成本电话通话	数量 咨询类别电话	净现值, € min	mean	max
	low	low	low	144 669	347 490	613 162
			high	236 060	493 988	823 632
		high	low	248 081	510 454	847 979
			high	398 788	714 661	1 126 648
	high	low	low	256 931	506 622	801 152
			high	427 138	714 570	1 072 989
		high	low	404 110	734 427	1 112 847
			high	640 181	1 010 475	1 430 862

图4。 投资案例1的 SimDec 结果。按最具影响力的三个输入变量进行分解，每个变量约解释净现值方差的三分之一。输入变量的数值范围被划分为相等的区间，以生成低和高状态。

4.3.2. 投资案例2结果：移除未接回拨

投资案例2的敏感性指数与投资案例1相比呈现出截然不同的情况（见表5）。

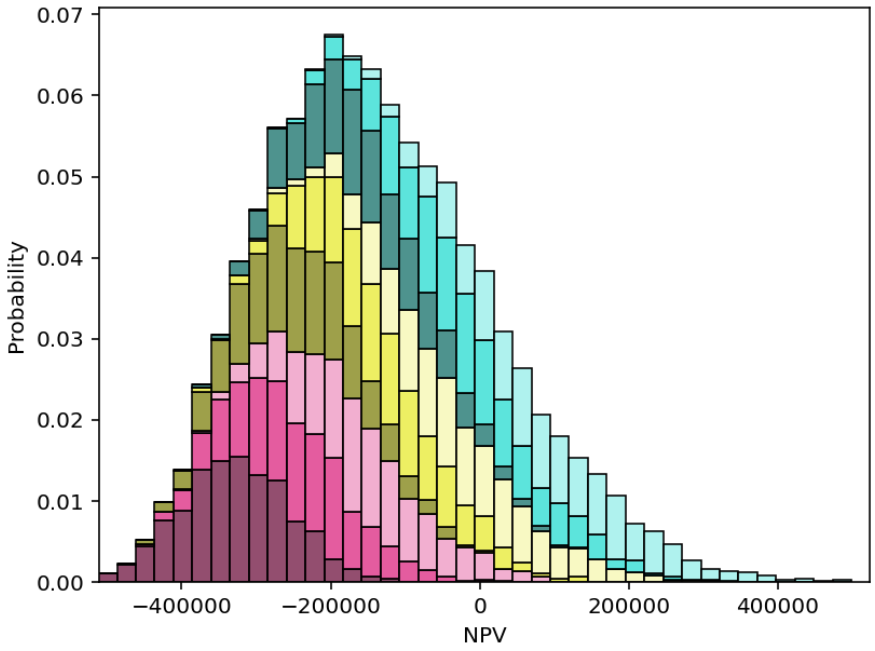
表5。 投资案例2的敏感性指数。

输入变量	指数
未接听回拨产生的收益	**38 %**
消除的失败需求量	**36 %**
未接听的回访电话（*2023*年）	10 %

发送短信的成本	9 %
自动化团队	6 %
无人值守自动化	3 %
自动化开发者许可证	1 %
自动化短信每月成本（每月*2400*条短信）	0 %
投资*2*实施成本（*RPA*自动化）	0 %
指数总和	102 %

与之前一样，消除的失败需求量和未接听回拨产生的收益变量发挥着关键作用。这两个变量的影响力最大，其敏感性指数均超过35%。相反，该案例中的其余变量也可以看出发挥着一定程度的作用。其中三个变量的敏感性指数超过5%，而另外四个指数低于5%的变量仅表现出可忽略不计的影响。这意味着，尽管通过这两个关键影响变量可以对该干预措施的盈利能力产生最大影响，但该案例还包含其他可替代的杠杆，通过调整这些杠杆，可以有意义地改善整体失败需求状况。

图5展示了按两个最具影响力的输入变量对盈利能力分布进行的分解。在本案例中，超过一半的分布低于零，这意味着失败需求缓解带来的收益不会超过实施该干预措施所需的成本。此外，可以观察到，分布中负值部分的主要来源是未接听回拨产生的收益变量处于低水平（红色阴影）和中等水平（黄色阴影）。未接听回拨产生的收益为高水平且消除的失败需求量为高水平时，其组合产生的子分布大多落在正值范围内（浅蓝色）。然而，这并不能保证盈利能力，因为其中仍有一小部分为负值。因此，除非组织能够确保未接听回拨产生的收益和消除的失败需求量均处于高水平，同时也有足够的意愿和能力承担一定风险，否则不建议采取这一失败需求缓解干预措施。因此，或许还需要进一步细化数值假设，以提高这一投资方式实现盈利的可能性，并且需要重复进行SimDec分析，以便更清晰地确定未来的最佳路径。



颜色	生成收益来自未接听回拨	数量已删除故障需求	净现值, € min	净现值, € mean	净现值, € max
	low	low	-537 199	-328 821	-122 965
		中等	-461 591	-247 716	22 364
		high	-395 625	-157 925	89 135
	中等	low	-458 715	-242 986	16 768
		中等	-419 280	-135 555	137 593
		high	-294 679	-27 932	338 058
	high	low	-396 428	-154 248	129 023
		中等	-290 292	-25 528	303 944
		high	-217 553	95 307	498 978

图5。投资案例2的 SimDec 结果。按影响最大的两个输入变量进行分解，每个变量均解释了约三分之一的净现值方差。输入变量的数值范围被等分为低、中等，和高状态。

5. 讨论与结论

本研究展示了如何将医疗保健领域的失败需求研究拓展到远超实地研究的范围，从而设计和分析失败需求缓解举措。不同于早期仅采用不同失败需求类型的简单频数统计方法，我们（i）评估了失败需求给组织带来的成本；（ii）设计了说明性缓解措施，并评估其潜在节省；（iii）构建了现金流模型，以估算节省是否超过成本；以及（iv）运用SimDec开展全面的不确定性—敏感性分析，为整个投资决策提供指导。

研究表明，这两个缓解案例具有截然不同的可行性程度。无论不断变化的不确定性如何演变，第一种情况下子分布的盈利能力始终为正；而在第二种情况下，该盈利能力则始终趋于负值。注意

将同一缓解措施扩展至不同的组织/单位，将产生与上述示例完全不同的不确定性特征、数值假设以及由此带来的结果。仅这一观察就清楚地表明，此类缓解举措可能存在多大差异，也进一步凸显了在实地开展此类建模练习的重要性，以及数据收集的重要性。基于失败需求发生次数，或基于对某些故障重要性的感知而进行的决策制定，可能会产生极大的误导，并且成本极其高昂。

本研究考察的两个案例都采用相对直接的方式进行建模，而 SimDec 结果也证实了其相对正态形状的直方图和线性输入输出关系所体现的简单逻辑。然而，即使对于这类简单模型，与单独使用不确定性分析或全局敏感性分析相比，SimDec 也揭示了更多对决策制定至关重要的见解。不确定性分析只能展示输出直方图分布（以单一颜色显示），从而揭示第一个案例完全具有盈利能力，而第二个案例则存在重大风险。全局敏感性分析可以显示不同因素的定量重要性（由此提示哪些方面需要重点关注以提升盈利能力），但无法准确说明如何做到。相比之下，SimDec 明确指出，只要同时将两个影响最大的因素推至较高范围，第二个案例就能实现盈利，同时还表明其他所有因素都可以放心忽略。通过这种独特的方式，SimDec 清楚展现了其无可替代的价值，能够为可执行的决策支持提供助力。

Kozlova等（2024年）表明，对于更复杂的模型（具有多种调节可能性或包含多种不同情景的模型），SimDec分析能够揭示异质性效应，因此可以带来显著收益。未来研究将探讨成本效益模型复杂性对缓解医疗保健失败需求的决策制定能力的影响，并进一步研究高级敏感性—不确定性分析工具在改善各类医疗保健组织其他流程方面的能力。

致谢CKNOWLEDGMENTS

本研究部分经费来自自然科学与工程研究委员会的资助（编号 OGP0155871），以及 OP基金会的资助（编号 #20240151）。

参考文献EFERENCES

Allen, D.（2010）。田野工作与参与式观察。载于：Bourgeault, I., Dingwall, R. 与 De Vries。《SAGE健康研究定性方法手册》。伦敦：SAGE Publications Ltd.，第353–372页。

Antognini, J. M. O., Antognini, J. F., & Khatri, V. (2015). 管理非择期手术病例需要多少间手术室？一项蒙特卡罗模拟研究。*BMC*卫生服务研究，*15*(1), 487–487。
https://doi.org/10.1186/s12913-015-1148-x

Brandeau, M. L.（2008年12月）。公共卫生中的建模与仿真：一点帮助就能带来很大改变。载于 *2008*年 *Winter Simulation Conference*（第1-1页）。IEEE。

Brealey, R. A., Myers, S. C., & Allen, F. (2011). 公司金融原理. McGraw-Hill Education.

Colombo, G. L., Ferro, A., Vinci, M., Zordan, M., & Serra, G. (2006). 公共医疗机构流感疫苗接种的成本效益分析。*Therapeutics and Clinical Risk Management*，*2*(2), 219-226。https://doi.org/10.2147/tcrm.2006.2.2.219

Duintjer Tebbens, R. J., Thompson, K. M., Hunink, M. G. M., Mazzuchi, T. A., Lewandowski, D., Kurowicka, D., & Cooke, R. M. (2008). 疫苗接种项目动态经济评价模型的不确定性与敏感性分析。*Medical Decision Making*，*28*(2), 182–200。https://doi.org/10.1177/0272989X07311752

Feldstein, P. J. & Feldstein, P. J.（1988年）。卫生保健经济学（第339-340页）。纽约：Wiley。

Gibson, J. & O'Donovan, B.（2014年）。先锋方法在英格兰和威尔士儿童服务部门设计与管理中的应用。*Systemic Practice andAction Research*，*27*（1），39–55。https://doi.org/10.1007/s11213-013-9281-0

Haka, S. F.（2006年）。关于资本预算与投资评估文献的综述：过去、现在与未来思考。*Handbooks of Management Accounting Research*，*2*，697-728。https

Hartmann, D.、Bicheno, J.、Emwanu, B. 与 Hattingh, T. S.（2021年）。理解卫生保健中的系统失效：需求管理的心智模型。*South African Journal of IndustrialEngineering*，32（2），17-36。https://doi.org/10.7166/32-2-2344

Hubbard, D. W.（2020年）。《风险管理的失败：为何它存在缺陷以及如何修复》。John Wiley & Sons。

Jaaron, A. A. M., & Backhouse, C. J.（2014年）。通过应用系统思维的先锋方法增强服务组织韧性：案例研究方法。*InternationalJournal of Production Research*，*52*(7), 2026–2041。https://doi.org/10.1080/00207543.2013.847291

Jackson, M. C., Johnston, N., & Seddon, J.（2008年）。住房领域系统思维的评估。运筹学会期刊，*59*(2)，186–197。https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2602521

James, C., Denholm, R., & Wood, R. (2024年). 让患者等待的成本：回顾性治疗对照研究，考察英国等待择期治疗患者的额外医疗服务利用。*BMC*卫生服务研究，*24*(1)，556–556。https://doi.org/10.1186/s12913-024-10931-2

Jain, R., Grabner, M., & Onukwugha, E. (2011). 成本-效用研究中的敏感性分析：从指南到实践。*PharmacoEconomics*，*29*(4), 297–314。https://doi.org/10.2165/11584630-000000000-00000

Karjunen, H.、Kinnunen, S. K.、Laari, A.、Tervonen, A.、Laaksonen, P.、Kozlova, M. 和 Yeomans, J. S.（2024年）。使用 SimDec 升级技术经济评估工具箱：电转X案例。载于 商业、技术与政策制定的敏感性分析（第 228–253 页）。Routledge，伦敦。https://doi.org/10.4324/9781003453789-13

Klubnikin A.（2022年）。机器人流程自动化的成本是多少？可访问：https://itrexgroup.com/blog/robotic-process-automation-cost/（访问日期：2024年8月12日）。

Kozlova, M.（2017）。可再生能源文献中的实物期权估值：研究重点、趋势与设计。*Renewable and Sustainable Energy Reviews*，*80*，180–196。https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.166获取权利和内容

Kozlova, M. 和 Yeomans, J. S.（2019年）。环境规划中的多变量模拟分解：碳捕集与封存的应用。*Journal of Environmental InformaticsLetters*，*1*（1），20-26。https://doi:10.3808/jeil.201900003

Kozlova, M.、Ahola, A.、Roy, P. 和 Yeomans, J. S.（2024a）。用于复杂计算模型全面敏感性分析的简单分箱算法与SimDec可视化。arXiv:2310.13446 [stat.ME]。

Kozlova, M.、Moss, R. J.、Yeomans, J. S. 和 Caers, J.（2024b）。揭示用于可持续决策制定的计算模型中的异质性效应。*Environmental Modelling & Software*，*171*，105898。https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2023.105898

Kozlova, M. 和 Yeomans, J. S.（2024年）。商业、技术与政策制定的敏感性分析：利用仿真分解（*SimDec*）轻松实现。Routledgehttps://doi.org/10.4324/9781003453789

芬兰地方政府和福利区雇主协会 KT。（2024年）。人员成本。可访问：https://www.kt.fi/tilastot-ja-julkaisut/henkilostokulut（访问日期：2024年7月25日）。

芬兰地方政府和福利区雇主协会 KT。（2022年）。工资统计。可访问：

https://www.kt.fi/tilastot-ja-julkaisut/palkkatilastot（访问日期：2024年7月25日）。

Masters, K. I. A.（2010年）。从新公共管理到精益思维：理解和管理“潜在可避免失败诱发的需求”。萨塞克斯大学。https://hdl.handle.net/10779/uos.23314142.v1

McIntosh, E.（编）。（2010）。卫生保健成本效益分析的应用方法。牛津大学出版社。

社会事务与卫生部。（2023年）。医疗保健和社会福利体系及职责。可访问：https://stm.fi/en/social-and-health-services/responsible-agencies（访问日期：2024年10月7日）。

Morris, G. 与 Walley, P.（2022年）。将失败需求削减作为需求管理策略的一部分加以实施。*Public Money & Management*，*42*（1），22–31。https://doi.org/10.1080/09540962.2021.1978163

Morris, S., Devlin, N., Parkin, D. 和 Spencer, A.（2012年）。医疗保健中的经济分析。John Wiley & Sons。

Pellegrino, R., Kozlova, M., Brandao, L. 和 Yeomans, J. S.（2024年）。解析情境因素在公众支持减轻公私–私营合作项目收入风险中的作用。载于商业、技术与政策制定的敏感性分析（第93–115页）。Routledge，伦敦。https://doi.org/10.4324/9781003453789-7

Pianosi, F., Beven, K., Freer, J., Hall, J. W., Rougier, J., Stephenson, D. B. 和 Wagener, T.（2016年）。环境模型的敏感性分析：一项结合实用工作流程的系统综述。*Environmental Modelling & Software*，*79*，214–232。https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2016.02.008

Piercy, N., & Rich, N. (2009). 高质量与低成本：精益服务中心。 *EuropeanJournal of Marketing*， *43*(11/12), 1477–1497。 https://doi.org/10.1108/03090560910989993

Rasmussen, P. W., Hoffman, R. M., Phiri, S., Makwaya, A., Kominski, G. F., Bastani, R., Moses, A., & Moucheraud, C. (2024年). 马拉维宫颈癌筛查方法的成本效益：筛查频率、病灶治疗技术和风险分层方法的比较。 *BMC*卫生服务研究， 24(1), 792–13。https://doi.org/10.1186/s12913-024-11226-2

Roy, P. T., & Kozlova, M. (2024年). Python中的模拟分解。 *Journal of Open SourceSoftware*， *9*(98), 6713。 https://doi.org/10.21105/joss.06713

Saltelli, A., Bammer, G., Bruno, I., Charters, E., Di Fiore, M., Didier, E., Nelson Espeland, W., Kay, J., Lo Piano, S., Mayo, D., Pielke Jr, R., Portaluri, T., Porter, T.M., Puy, A., Rafols, I., Ravetz, J.R., Reinert, E., Sarewitz, D., Stark, P.B., Stirling, A., van der Sluijs, J., & Vineis, P. (2020). 确保模型服务社会的五种方法：宣言。 《自然》． 582(7813), 482-484.https://doi.org/10.1038/d41586-020-01812-9

Saltelli, A., Tarantola, S., Campolongo, F., & Ratto, M. (2004). 实践中的敏感性分析：评估科学模型指南 (Vol. 1). 纽约：Wiley。https://www.andreasaltelli.eu/file/repository/SALTELLI_2004_敏感性_分析_中的_实践。pdf

Saltelli, A., Aleksankina, K., Becker, W., Fennell, P., Ferretti, F., Holst, N., Li, S., & Wu, Q.（2019年）。为什么如此多已发表的敏感性分析是错误的：敏感性分析实践的系统综述。*Environmental Modelling & Software*，*114*，29-39。https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.01.012

Savage, S. L. 与 Markowitz, H. M.（2009年）。《平均数的缺陷：我们为何在面对不确定性时低估风险》。John Wiley & Sons。

Seddon, J. 与 Brand, C. （2008年）。辩论：系统思维与公共部门绩效。《公共资金与管理》期刊。28(1)，7–9。https://doi.org/10.1111/j.1467-9302.2008.00611.x

Spiegelhalter, D. J., & Best, N. G. (2003). 贝叶斯方法：复杂成本效果建模中多源证据与不确定性的处理。《医学统计》期刊，*22*(23), 3687–3709。 https://doi.org/10.1002/sim.1586

Stepanov, R., Kozlova, M., & Yeomans, J. S. (2024年). 通过模拟分解提升财务建模的可行动性。载于 M. Kozlova & J. S. Yeomans (编)， 商业、技术与政策制定的敏感性分析。通过模拟分解（*SimDec*）轻松实现(第 77–92 页)。Routledge。 https://doi.org/10.4324/9781003453789-6

Tarantola, S., Ferretti, F., Piano, S. L., Kozlova, M., Lachi, A., Rosati, R., Puy, A., Roy, P., ecka，M. & Saltelli, A. (2024年). 敏感性分析注释时间线。*Environmental Modelling & Software*，*174*，105977。https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2024.105977

Tevameri T. 2022年。《社会与卫生服务行业的劳动力与企业格局》。TEM 行业报告 2022年:2。可在以下网址获取： https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/163908 （访问日期：2024年10月17日）。

Textedly。（2024年）。为扩展规模而打造的短信营销定价方案。可在以下网址获取：https://www.textedly.com/pricing/ （访问日期：2024年8月12日）。

Thomassen, G., Van Dael, M., Van Passel, S., & You, F.（2019年）。如何评估新兴绿色技术的潜力？迈向前瞻性的环境与技术经济评估框架。《绿色化学》期刊，*21*（18），4868-4886。https://doi.org/10.1039/C9GC02223F

Timonen, K.（2024a）。芬兰福祉服务县的失败需求及其成本影响。硕士论文。LUT 大学，芬兰。

Timonen, K.（2024b）。失败需求分析的数据收集表和投资分析模板。GitHub。网址：https://github.com/KatariinaTimonen/Failure-demand-analysis（访问日期：2024年9月15日）。

Vanguard Consulting Ltd. 与 Locality。（2014）。通过做正确的事来节省资金：为什么“Localby Default”必须取代“规模不经济”。Vanguard Consulting Ltd.，网址：https://beyondcommandandcontrol.com/2014/11/12/saving-money-by-doing-the-right-thing-new-report-launch-2/（访问日期：2024年10月10日）。

Vegting, I. L.、van Beneden, M.、Kramer, M. H. H.、Thijs, A.、Kostense, P. J. 和 Nanayakkara, P. W. B.（2012年）。如何通过减少不必要的检查来节省成本：临床实践中的精益思维。《欧洲内科学杂志》，*23*（1），70–75。https://doi.org/10.1016/j.ejim.2011.07.003

Walley, P.、Found, P. 和 Williams, S.（2019年）。失败需求：英国初级保健中的概念评估。《国际医疗质量保证杂志》，32(1)，21-33。https://doi.org/10.1108/IJHCQA-08-2017-0159

Walzer, A.、Kozlova 和 Yeomans, J.S.（2024a）。打印住宅：建筑增材制造的单位成本估算。载于 M. Kozlova 和 J. S. Yeomans（编），商业、技术与政策制定的敏感性分析。借助仿真分解（*SimDec*）轻松实现（第 77–92 页）。Routledge。https://doi.org/10.4324/9781003453789-8

Walzer, A.、Kozlova, M.、Mohite, A.、Yeomans, J.S. 和 Hall, D.（2024b）。采用随机决策支持框架提升3D混凝土打印的竞争力。http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4946905

Wei, X.、Cai, J.、Lin, H.、Wu, W.、Zhuang, J. 和 Sun, H.（2024年）。阿那曲唑用于高风险绝经后女性乳腺癌预防：英国和美国的成本效益分析。*BMC*卫生服务研究。24(1), 198–198。https://doi.org/10.1186/s12913-024-10658-0

凯努乌福祉服务县。（2022年）。凯努可持续增长：最终报告，2022年8月至12月。可查阅：https://hyvinvointialue.kainuu.fi/kestavan-kasvun-kainuu（访问日期：2024 年 10 月 10 日）。

Wilson, R.（2013年）。过你选择的生活：将先锋方法引入为学习障碍人士提供支持的组织。*Systemic Practice andAction Research*，*27*(1), 57–74。https://doi.org/10.1007/s11213-012-9260-x