

应用复杂系统模型进行公共卫生干预措施经济学评价指南的解读



王子怡^{1,2,3#}, 卢存存^{4#}, 刘文迪^{1,2,3}, 梁珊珊^{1,2,3}, 崔璐^{1,2,3}, 尚文茹^{1,2,3}, 胡晓晔^{1,2,3}, 王志飞⁴, 李秀霞^{1,2,3}, 杨克虎^{2,3}

1. 兰州大学循证社会科学研究中心/卫生技术评估中心, 兰州大学公共卫生学院 (兰州 730000)
2. 兰州大学循证医学中心, 兰州大学基础医学院 (兰州 730000)
3. 甘肃省循证医学与知识转化重点实验室 (兰州 730000)
4. 中国中医科学院中医临床基础医学研究所 (北京 100700)

【摘要】 为了响应卫生经济学建模者更多地应用合适的复杂系统模型去解决公共卫生领域的复杂挑战的需求, 由 40 余位复杂系统模型和经济学评价领域的专家组成的国际团队制订、并于近期发布了应用复杂系统模型进行公共卫生干预措施经济学评价的指南。本文对该指南的制订过程和主要内容进行解读, 以期国内研究人员提供参考, 最终提高我国公共卫生研究和服务的整体质量和改善国民的健康水平。

【关键词】 复杂系统; 经济学评价; 公共卫生; 指南

Interpretation of guidance on the use of complex systems models for economic evaluations of public health interventions

WANG Ziyi^{1,2,3}, LU Cuncun⁴, LIU Wendi^{1,2,3}, LIANG Shanshan^{1,2,3}, CUI Lu^{1,2,3}, SHANG Wenru^{1,2,3}, HU Xiaoye^{1,2,3}, WANG Zhifei⁴, LI Xiuxia^{1,2,3}, YANG Kehu^{2,3}

1. Evidence Based Social Science Research Center/Health Technology Assessment Center, School of Public Health, Lanzhou University, Lanzhou 730000, P. R. China
 2. Evidence Based Medicine Center, School of Basic Medical Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, P. R. China
 3. Key Laboratory of Evidence Based Medicine and Knowledge Translation of Gansu Province, Lanzhou University, Lanzhou 730000, P. R. China
 4. Institute of Basic Research in Clinical Medicine, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, P. R. China
- Corresponding authors: LI Xiuxia, Email: lixiuxia@lzu.edu.cn; YANG Kehu, Email: yangkh-ebm@lzu.edu.cn

【Abstract】 In response to the need for health economics modelers to apply more appropriate complex systems models to address complex challenges in public health, an international team of more than 40 experts in the field of complex systems models and economic evaluation has developed and recently published a guideline on the application of complex systems models to the economic evaluation of public health interventions. This paper introduces the development process and main content of the guidelines, which can provide references to facilitate the application of the guidelines by domestic researchers, aiming to ultimately improve the overall quality of public health research and services and improve the health of the population in China.

【Key words】 Complex systems; Economic evaluation; Public health; Guideline

公共卫生领域中面临的各种挑战可以被视为复杂的系统问题, 因为其常需要权衡公众对不同结果的评价, 协同各个部门的政策成本和获益, 并且作为开放领域, 容易受到快速变化的外部环境的影响,

从而具有严重的不确定性^[1]。与此同时, 公共卫生干预措施往往也具有复杂性, 这是由于其有多个相互作用的部分、错综复杂的作用路径、实施场景的难以预测等特性^[2]。复杂系统中的各因素不是孤立的而是相互作用的, 导致我们难以通过简单的线性因果模型的研究方法去理解或者掌握其产生的效果方向和大小。此时, 基于复杂系统模型 (complex systems model, CSM) 的分析与评价方法将可能是

DOI: 10.7507/1672-2531.202305113

基金项目: 国家自然科学基金项目 (编号: 72074103)

通信作者: 李秀霞, Email: lixiuxia@lzu.edu.cn; 杨克虎, Email:

yangkh-ebm@lzu.edu.cn

#共同第一作者



最优的选择。经济学评价是公共卫生干预措施研究全生命周期中的一个核心组成部分^[3]。基于建模技术的经济学评价能够估计公共卫生投资产生的潜在价值,探索政策变化的增量效应和人口效应^[4]。卫生经济学评价通常需要基于较复杂的数学统计模型和相对完整的调查数据,因而对技术、人才、经费和时间的要求较高,这限制了其在中低收入国家中的广泛应用^[5]。近年来,对在公共卫生领域中应用CSM进行讨论的相关文献逐渐增多,且有关学者号召应该更多地使用复杂系统方法进行公共卫生决策。然而,已发表的采用CSM进行经济学评价的案例很少^[6]。为了支持研究人员更好地应用CSM规划和实施公共卫生干预措施经济学评价项目,由40余位CSM和经济学评价领域的专家组成国际团队制订并于近期发布了应用CSM进行公共卫生干预措施经济学评价的指南(以下简称“指南”)^[7]。

为了给我国公共卫生干预措施的经济学评价提供新思路和帮助国内研究人员更好地应用该指南,本文对该指南的制订过程和主要内容(即CSM的定义、应用场景、类型选择、建模的关键环节)进行解读,并结合我国实际情况探讨该指南在我国公共卫生干预措施经济学评价中的应用前景,旨在为最终提高我国公共卫生研究和服务的整体质量和改善国民的健康水平做出贡献。

1 指南的制订过程

2020年9月至2021年3月研究人员邀请44位CSM和经济学评价领域的专家参加两期研讨会以进行该指南的制订,最终42位专家出席了研讨会,36位参与了该指南的撰写。研究人员首先开展了一项更新的概况性评价,纳入了CSM的典型示例,并对建模方法进行了分类。基于该概况性评价的结果,2020年9月16日组织委员会召开了第一期研讨会,主要包括3个目的:①对CSM定义达成共识;②编写现有指南文件、案例研究和方法学指南的综合清单;③对CSM指南达成共识。第二期研讨会在2021年3月17日召开,主要包括4个目的:①确定指南的目标与用户;②确定应用CSM的场景;③对模型类型达成共识;④确定技术指南与案例研究。

2 指南的主要内容

2.1 复杂系统模型的定义

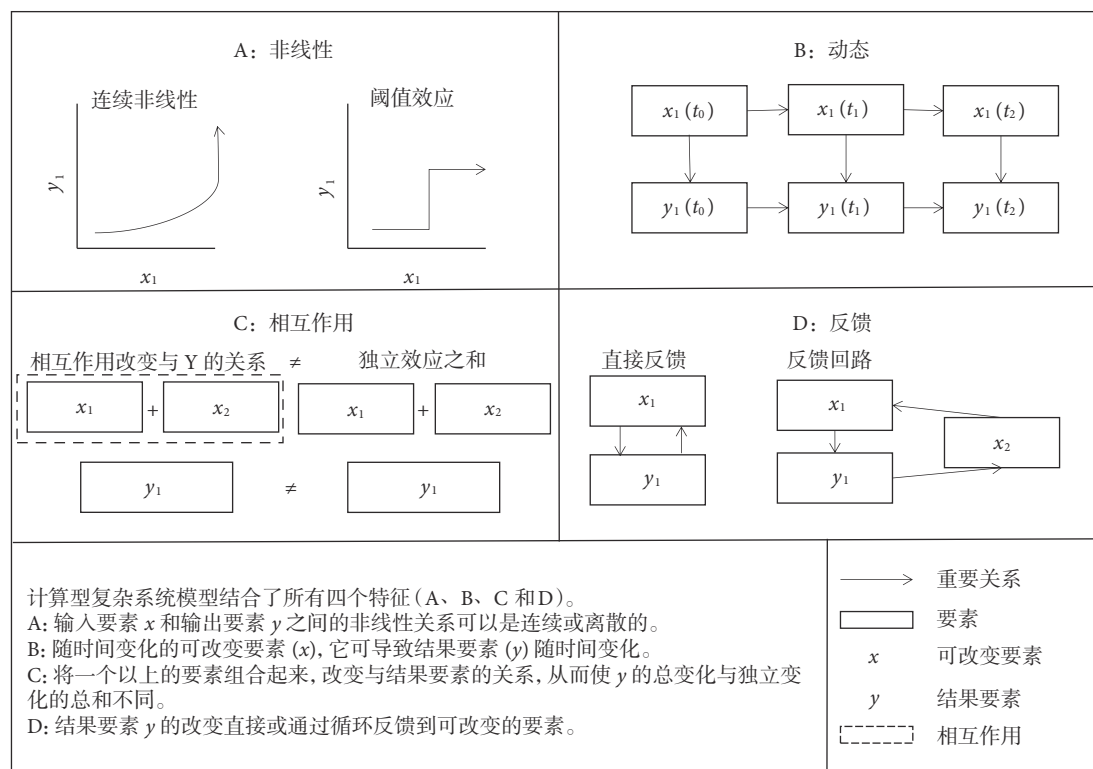
面向公共卫生的CSM是具有动态(dynamic)、

非线性(non-linearity)、反馈(feedback)和相互作用(interactions)4个相互重叠关键特征的定量模型,它的目的是及时发现紧急结果、预测健康、经济学和其他潜在结果,为公共卫生政策制定提供依据(图1)。由于上述关键特征会增加模型的复杂性,因此,为了帮助建模者更好地掌握CSM的应用,有必要明晰CSM的复杂性(complexity)和传统概念上复杂化(complicated)的区别,例如,过多的建模要素和错综复杂的干预措施可能使模型变得复杂化,但却不一定使模型具有复杂性^[8]。目前常见的公共卫生CSM主要包括偏微分方程(partial differential equations, PDEs)、离散事件模拟(discrete event simulation, DES)、主体模拟(agent-based models, ABMs)、系统动力学(systems dynamics, SD)、可计算一般均衡模型(computable general equilibrium models, CGE)和混合模型(hybrid models)等^[9-16]。

2.2 复杂系统建模的应用场景

公共卫生问题本身具有复杂性,因此复杂系统适用于解决公共卫生问题,过度简化模型会降低模型的实用性,因此建模者需要了解复杂系统的行为模式、机制和过程以及干预措施与系统之间相互作用的关系,特别是将干预措施与结果联系起来的复杂特性(图2)。CSM尤其适用于对不同要素或水平(个体/汇总)进行多种公共卫生干预措施经济学评价。然而,当可选择其他建模方式实现相似的结果时,则不一定需要应用CSM。因此,建模者在建模过程中应考虑存在的实际限制,如模型类型、可获得的数据和资源、利益相关者的偏好等,来选择合适的建模类型^[7]。

CSM很难获取到充足的试验数据来支持研究,因此需要使用一些假设来填补证据空白(即理论、数据、校准方面)。假设的合理性是至关重要的,因此研究人员理应找到科学的工具来验证提出的假设。需要注意的是,模型理论和校准参数的增加,会加大其使用外部数据进行验证的难度,导致时间的浪费、不透明度的增加和非必要风险的出现^[17]。例如,过多的校准参数可能会导致数据的过度拟合^[18]。此外,建模者还需要考虑数据缺失和复杂特性的存在可能会增加模型预测结果的不确定性。因为在这种情况下,多个输入变量之间可能存在复杂的相互关系,并且初始输入条件的微小变化也可能会导致截然不同的输出结果。因此,建模者应该关注决策者的需求,权衡模型的简化和复杂化程度,避免过于简化或复杂化导致模型不适用于决策需求^[7]。

图1 复杂系统模型中的关键复杂特性^[7]

2.3 复杂系统模型的类型选择

2.3.1 模型类型的选择 建模者在选择合适的模型类型进行公共卫生干预措施经济学评价时, 应该与是否应用CSM的决定结合起来考虑, 对决策问题、系统特征和数据进行类似的审查。虽然有一系列可用的CSM供建模者选择, 但是实际应用时应根据不同维度(即确定性/非确定性、静态/动态、离散/连续、个体/汇总和数理逻辑/代数)来确定最终的模型类型^[19]。修订版的Brennan分类方法, 见表1。

2.3.2 复杂系统模型的类型选择 建模者通常使用SD和ABMs方法来解决复杂系统中出现的问题^[20], SD采用聚合视角来整合系统中的各个部分或成分, 并预测系统随时间推移的变化。ABMs可被视为更为个体化的建模方法, 重点考虑行为、异质性和主体之间的相互作用。然而, CSM的选择范围不仅限于上述两种主流方法, 还有其他类型的CSM可被应用。

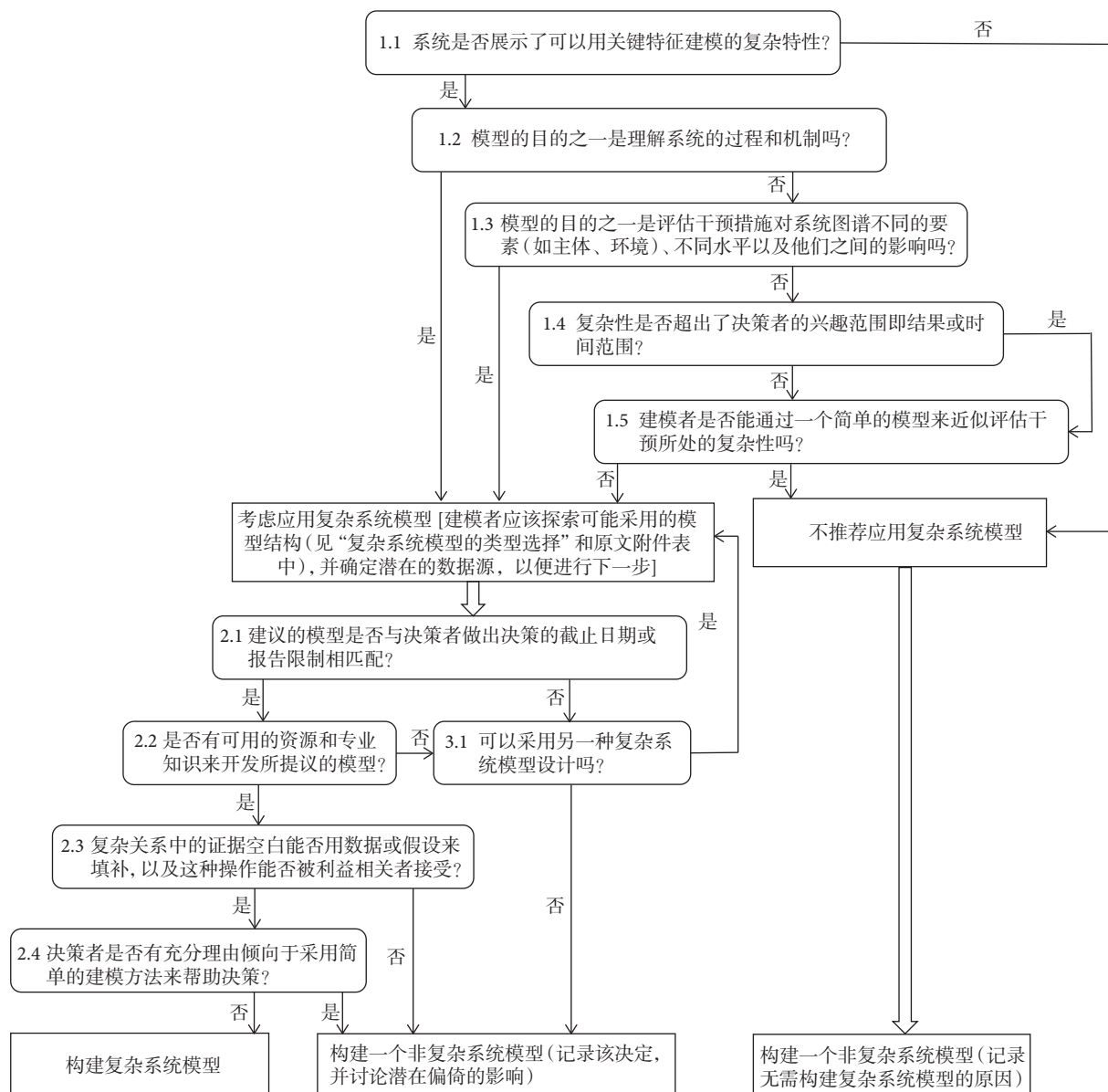
公共卫生研究人员要开放思维, 广泛探索不同学科的研究成果, 并将其融合到本领域的研究中, 以更好地理解 and 解决公共卫生问题。例如, CGE模型和PDEs模型也可被用于公共卫生问题的复杂系统建模。CGE模型通过对经济体系的各个细节参数进行建模, 来分析政策决策对经济整体的影响, 包括税收、消费、投资等关键因素^[11]。而PDEs则通

过数学方程描述传染病在人群中的传播规律, 以及病毒等病原体的扩散速度和传染率等变化^[10]。这两种模型和SD的相似之处在于, 它们都着重于分析人群或经济体系的聚合特性和动态变化。然而, 在CSM中, 可以将多种类型结合起来形成混合模型。虽然已有研究人员提出混合模型框架^[21], 但混合模型目前在公共卫生领域中应用依然很少^[22-23]。

鉴于以上建模方法在概念之间存在广泛重叠, 建模者应该根据问题的性质来选择合适的CSM, 而不是对某一公共卫生问题规定使用特定的模型类型。然而, 在实际应用过程中, 研究人员发现存在某种CSM被广泛应用的聚类现象, 这可能是由于受到研究学科、专业知识影响。例如, SD和CGE模型通常用于问题边界较广的领域, 例如影响范围超出公共服务的政策研究^[11-12]; ABMs可以帮助研究者更好地理解个体行为和社交网络因素对公共卫生领域中饮酒、吸烟、饮食和体育活动等健康行为的影响^[13-14]; DES适用于医疗资源缺乏的健康问题, 例如癌症筛查和心理健康服务^[9,16]; 个体水平模型更能够准确地估计异质性的效应, 并探讨公平性影响。

2.4 复杂系统建模的关键环节

2.4.1 利益相关者的参与 在构建CSM的全过程中, 建模者与利益相关者进行强有力的沟通至关重

图2 复杂系统模型解决决策问题的决策流程图^[7]

要,这可以确保模型输出符合预期结果^[24]。建模者不仅需要考虑到各领域利益相关者广泛和多样的观念,还需要根据利益相关者对复杂系统理解的变化实时对模型进行调整。已有研究证明了利益相关者与建模者共同参与 CSM 的构建可以提高模型的透明度、增加对建模过程的理解和对模型及其输出结果的认可度^[25]。值得注意的是,在构建和实施 CSM 模型时,除了需要利益相关者的参与,建模者还应该与公众代表进行互动和沟通^[26]。

2.4.2 理解并确定问题 在构建 CSM 之前,需要对问题进行深入的研究和分析,并将这些研究分析的结果记录下来,这对构建和验证模型结构和类型至关重要^[24]。随着时间的推移,问题的理解会随着新的证据、利益相关者的不同观点以及系统变化而

发生改变。因此,图示化复杂系统对于理解问题是非常关键的,特别是在利益相关者持有不同观点的情况下。系统图谱(systems map)可以帮助建模者和利益相关者达成共识并制定协议,在公共卫生建模中有很多不同的方法和途径可供选择,常用的方法包括:群体概念映射、因果循环图和软系统方法。这些方法可以帮助建模者和利益相关者更好地理解系统的复杂性和之间的相互作用,并找到解决问题的最佳途径^[7]。

2.4.3 设置模型边界 模型边界(model boundary)是用于规定模型中应该包括的要素和变量,它的界定容易受到建模者的专业知识和偏好的影响,因此模型边界的设定具有一定的主观性。建模者在建模过程中需要遵循透明化的原则,应该详细记录和

表 1 修订版 Brennan 模型结构分类方法^[7]

作用模式		队列汇总/汇总水平/计数		个体水平	
		预期值、连续状态、确定性的	马尔科夫式、离散状态、随机的	马尔科夫式、离散状态	非马尔科夫式、离散状态
无相互作用	不定期的	决策树剪枝 (decision tree rollback) 或比较风险评估	模拟决策树或比较风险评估	个体抽样模型: 模拟患者层面的决策树或比较风险评估	
	定期的	马尔科夫模型的决定性	模拟马尔科夫模型	个体抽样模型: 模拟患者层面的马尔科夫模型	
	离散时间	系统动力学 (有限差分方程)	离散马尔科夫链模型	离散-时间个体事件史模型	离散-时间离散事件模拟
实体与环境间的相互作用	连续时间	系统动力学 (常微分方程)	连续时间马尔科夫链模型	连续时间个体事件史模型	连续时间离散事件模拟模型
	异构实体之间和空间方面间的相互作用	-	-	-	主体模拟

-: 不涉及。

说明在理解问题时纳入和排除每个组成部分的理由^[24]。同时, 还应该详细描述系统中包含的各个要素和关键变量, 以便更好地解释模型结果和确定资源投资的优先级^[27]。

2.4.4 引入数据和证据 卫生经济模型通常是基于实证数据推导的流行病模型。然而, CSM 可以基于观察数据构建, 或基于理论或者假设进行抽象构建。应用 CSM 评估卫生经济政策时, 通常需要大量的观察数据和经验认知来构建模型, 并使用统计学技术来分析数据和评估政策的效果。因此, 研究人员需要具备专业的方法学知识和技能来处理数据和构建模型。

当个体水平和系统某些部分的数据缺乏时, 建模者需要使用数据合成技术来创建合成数据^[13]。空间微观模拟技术是将属性丰富的微观数据和代表性的宏观数据相结合, 形成一个新的数据集, 对于 CSM 建模者合成数据具有重大的借鉴意义。空间微观模拟技术是借助迭代比例拟合 (iterative proportional fitting) 和组合优化 (combinatorial optimization) 这两种方法来处理数据。迭代比例拟合用于调整样本数据的权重, 使得样本数据更好地反映人口普查或政府数据的特征。组合优化是一种合成和复制个体数据的技术, 可以用于从宏观数据中生成个体水平的数据, 从而得到更加具体和详细的微观数据^[7]。

虽然反馈回路作为 CSM 的一个关键特征, 但是回路中模型参数由于其他变量的时依性混杂往往难以测量。在这种情况下, 简单的回归方法不能确定因果效应, 因为它提供的是暴露对结果的真实效应的有偏估计^[28]。因此, 如果资源和数据可获得, 建模者可以设计专门的统计分析方法。目标试验模拟 (target trial emulation) 研究作为一种新的研究框架, 可通过模拟目标随机对照试验来帮助研究

者在观察性研究中确定暴露/干预与结果之间因果关系^[29]。近年来该框架已被越来越多的研究人员用以解决相关研究问题。同时, 国外学者开发了在线工具 CERBOT, 用以帮助研究人员开展目标试验模拟研究。

校准 (calibration) 是一种迭代过程, 即根据目前的模拟结果来调整模型参数, 从而更准确地匹配观测到的结果。模型校准包括贝叶斯校准和非贝叶斯校准两类方法。其中, 贝叶斯校准通过生成后验分布来识别不确定性, 由此进行概率敏感性分析, 但计算时需耗费大量时间^[30]。非贝叶斯校准目标则是找到一组校准参数, 使模型能够最好地复现校准目标。然而, 频率学校准方法作为一种非贝叶斯校准方法, 容易出现过度拟合的问题, 即研究人员过分相信模型参数的准确性, 而没有考虑到模型参数的不确定性^[31]。无论使用何种校准方法, 其都可能遇到参数识别性问题, 即数据不足以校准所需参数。

2.4.5 计算效率 计算效率通常是指模型的运行速度以及所需要的计算资源。它决定建模者在何种情况下和如何使用模型输出结果, 是判断 CSM 可行性和可靠性的重要因素之一。然而, 在实际运用过程中, CSM 往往会面临计算能力的问题, 尤其在微观层面的模型。校准多种要素的模型通常需要昂贵的计算成本, 这可能超出研究项目的资源上限。此时, 建模者可以对模型边界进行修改, 在减少复杂性的同时需要保持模型的可操作性。目前, 模型模拟和分布式模拟可以用来处理计算效率带来的问题^[7]。

2.4.6 模型的不确定性 敏感性分析和参数不确定性分析可让利益相关者知晓不确定性的来源。然而, 在 CSM 分析不确定性具有一定挑战。首先, 分析不确定性可能受到计算能力和时间限制的影响;

表 2 公共卫生复杂系统模型验证的挑战类型^[7]

验证类型	描述	复杂系统模型面临的挑战	对复杂系统模型的建议
表面效度	对模型结构、使用的证据和结果进行审查,确保它们都具有临床和逻辑意义	挑战1: 由于所包含的关系的复杂性,表面效度的解释可能更具挑战性,也就是说,考虑到紧急属性和反馈回路,并不总是能够知道预期的结果	① 使用情景分析和敏感度分析 ② 使用系统动力学等方法去分析模型中的因果关系和反馈机制,从而理解模型的预测结果是否合理,以及预测结果所依据的基础是否可靠 ③ 与利益相关者讨论,以评价结果是否与专家意见一致
验证(内部效度)	测试数学方程的准确性,以及模型结构和参数是否与提供给他们数据一致检查模型编码是否与模型的描述相对应	挑战2: 复杂系统计算模型往往涉及大量的编码,这可能使内部效度在所需的时间上更具挑战性	① 保持代码文档最新 ② 用可视化方法表示模型边界,使代码能够根据模型结构进行验证 ③ 模型过程结构化演练 ④ 根据其来源验证输入 ⑤ 独立的代码审查 ⑥ 双重编程
交叉验证	将模型结果与针对同一问题产生的其他模型的结果进行比较的过程	挑战3: 不太可能有其他为解决类似公共卫生问题而开发的模型来进行比较	① 采用指南中复杂系统模型的定义将有助于确定类似的建模方法 ② 需要加大对模型方案的交叉验证的投资
外部效度	将模型结果与真实世界数据进行比较	挑战4: 校准和验证的过程在需要校准时就会相互关联 挑战5: 真实世界数据可能无法满足所有变量和结果的需要	需要对校准和验证过程进行详细描述,以确保模型开发方法的透明度。应该明确验证和校准过程使用不同的数据源详细记录哪些变量和结果已经被验证,哪些没有被验证
预测效度	当真实世界的观察结果可用时,将预测的模型结果与实际观察到的事件进行比较	挑战6: 复杂系统模型的预测有效性可能难以确定。真实世界对系统的冲击,如COVID-19大流行,可能会扭曲观察结果并改变系统的机制。暴露混杂和结果之间的反馈回路可能会随着时间发生改变	随着新数据的出现,应重新审视和评估复杂系统模型的预测效度。公共卫生项目的时间安排和资助结构可能不利于此。然而,公共卫生复杂系统模型需要大量的投资,并且可以调整和更新以解决新的公共卫生问题。调整和更新模型对随着证据和对系统演变理解而发展和演变模型提供了机会

其次,建模者可能没有完全理解不确定性的来源;最后,不确定性本身也可能会影响研究人员如何应用模型输出结果^[32]。除了参数的不确定性以外,模型本身的结构也可能是不确定性,目前最新的技术是利用机器学习方法来不断地调整模型结构和参数,以适应实际需求和数据变化^[33]。此外,证据权重法提出了一种评估不同证据的方法,并根据证据的可靠性和相关性决定其在决策过程中的权重,以确保使不同观点并存^[34]。建模者应该认识到模型只是真实世界的简化,未知的变量和要素可能会影响模型的准确性和适用性,因此必须清晰地向用户报告这些模型的局限性^[7]。

2.4.7 模型验证与确认 模型验证(verification)是检查模型编码是否正确过程。模型确认(validation)是测试模型是否能精确反映真实世界中发生的事件^[7]。这两个步骤都非常重要,因为它们可以确保模型的质量和可靠性,从而为决策者提供坚实的决策依据。建模者需要根据验证分类、建议和验证评估工具来实施验证和确认,并结合可用的资源和数据来制定潜在的解决方案^[35](表 2)。

共同参与和模型透明度是确保模型有效性和可信度的重要手段。通过与专家和利益相关者的讨论来测试表面效度和验证模型,可以帮助建立决策者对模型的信任。在模型构建和应用的各个阶段,建模者都应该进行迭代和多方面的验证^[9,12,15]。

此外,模型透明度也非常重要,必须有详细的文档记录,以便可以对其进行再现。采用“开源”模型可以进一步提高模型的可信度和可靠性,从而为决策者提供更好的决策依据^[7]。

外部验证和交叉验证是两种常见的验证方法,用于比较模型输出和实际观测到的数据,验证模型的准确性。具体来说,外部验证是将 CSM 输出与回顾性数据进行比较^[9],交叉验证是将 CSM 输出与其他模型进行比较^[16]。在公共卫生的背景下,外部验证和校准的过程可能相互交织,难以区分,特别是在可用数据有限的情况下。此外,由于反馈回路中不同要素之间的关系可能随着时间推移而发生变化,很难将 CSM 的输出结果与未用于创建模型的真实世界数据进行比较。为了应对这些挑战,建模者应该在个体水平和汇总水平进行验证。在个体水平的验证包括测试模型的每个部分是否准确地代表了真实世界,而汇总水平的验证则确认是否再现了系统结果的突发动态^[7]。

3 讨论

随着公共卫生问题日益受到人们的重视,公共卫生干预措施的经济评价也越来越重要。近年来,我国研究人员开始注重构建模型来进行经济学评价,但仍然存在一定的问题,主要体现在构建的模型过于简单而无法提供多个干预措施对比的综

合经济学评价、未能考虑关键变量的不确定性^[36]。因此,本研究对 *Health Economics* 期刊近期发布的指南进行了解读,旨在促进我国建模者应用该指南开展相关研究,提高相关卫生经济学评价研究的质量,以期最终提高我国公共卫生研究和服务的整体质量和改善国民的健康水平。

我国在系统科学理论和方法论的研究方面几乎与国外同时起步,并且开创了以社会系统为主要研究对象所形成的复杂社会系统理论。但是系统理论对复杂系统建模尚停留在对系统的组成要素、结构和功能的理解,还未上升到使用统计学和数学模型来研究和应用复杂系统,且未形成规范的整体结构^[37]。公共卫生问题在发生发展过程中常常受到多种复杂因素的影响,应用传统分析方法处理复杂系统研究问题往往存在很大的局限性,国内多数研究尚停留在单因素、短期、个体和线性的研究水平^[6]。CSM 有助于帮助研究人员更深入理解和分析复杂系统中各要素变化及相互作用。该指南建议,当有涉及动态、反馈回路、非线性和相互作用的特性时,需要应用 CSM。我们认为该指南能够为刚进入这一领域和已经参与开发此类模型的研究人员提供快速学习的路径,可以帮助相关研究人员更好地理解和应用 CSM 解决公共卫生领域中的复杂问题,进而对公共卫生系统中政策制订和决策实施产生重要影响。健康中国发展战略及行动任务突出强调要倡导多元主体的共同参与,这与 CSM 中要求利益相关者与公众代表共同参与模型构建的观点相一致,以建立起以“疾病预防”和“健康促进”为核心的公共卫生体系^[38]。因此,为了更好地解决我国公共卫生领域面临的复杂问题,应加强 CSM 在我国公共卫生领域中的应用,并结合实际探索 CSM 方法学的最佳实践,制订具有本土特色、符合我国实际情况的 CSM 方法学指南。卫生经济学评价是公共卫生干预措施评价过程中一项复杂而重要的环节,研究者应谨慎地选择评价模型,同时考虑其在真实世界中的合理性和公平性。在我国,应用 CSM 进行公共卫生干预措施的经济评价尚处于探索阶段,相关文献数量较少。目前,我国学者在进行公共卫生干预措施经济学评价时,往往选择 CSM 的单一类型且应用在公共卫生某一特定领域,往往难以应对日益复杂的公共卫生问题^[6]。根据指南中 CSM 的建议模型类型,应根据问题性质,选用混合复杂模型来解决公共卫生问题。因此,为了更好地解决我国公共卫生领域面临的复杂问题,应加强 CSM 在我国公共卫生领域中的应

用,并结合实际探索应用 CSM 开展公共卫生干预措施经济学评价的最佳方法学实践,制订具有本土特色、符合我国实际情况的 CSM 方法学应用指南。

综上所述,本文对应用 CSM 对公共卫生干预措施进行经济学评价指南的主要内容进行了解读,并结合我国实际情况探讨了该指南在我国公共卫生干预措施经济学评价中的应用前景,旨在为最终提高我国公共卫生研究和服务的整体质量和改善国民的健康水平做出贡献。考虑到我国与西方公共卫生政策体系机制不同,及实施主体和文化的差异,建议我国研究者和决策者在应用该指南时应结合我国国情,同时考虑制订具有中国特色的应用 CSM 进行公共卫生干预措施经济学评价的指南。

参考文献

- 1 Meier P, Purshouse R, Bain M, *et al*. The SIPHER Consortium: introducing the new UK hub for systems science in public health and health economic research. *Wellcome Open Res*, 2019, 4: 174.
- 2 赵燕利,李莹莹,李秋芳,等.复杂干预的开发与评价:2021年英国医学研究委员会框架更新解读. *中国循证医学杂志*, 2023, 23(2): 125-32.
- 3 Skivington K, Matthews L, Simpson SA, *et al*. A new framework for developing and evaluating complex interventions: update of Medical Research Council guidance. *BMJ*, 2021, 374: n2061.
- 4 Squires H, Boyd K. The use of modelling approaches for the economic evaluation of public health interventions. Oxford: Oxford Academic, 2019.
- 5 毕兆峰,李亚飞,卫飞雪,等.人乳头瘤病毒疫苗建模与经济学评估快速界面模型介绍及中国实例分析. *中华预防医学杂志*, 2019, 53(7): 744-751.
- 6 沈月红,郭晓君,仲亚琴.主体建模在慢性非传染性疾病及健康行为研究中的应用. *中国卫生统计*, 2021, 38(4): 628-630, 635.
- 7 Breeze PR, Squires H, Ennis K, *et al*. Guidance on the use of complex systems models for economic evaluations of public health interventions. *Health Econ*, 2023, 32(7): 1603-1625.
- 8 Shiell A, Hawe P, Gold L. Complex interventions or complex systems. Implications for health economic evaluation. *BMJ*, 2008, 336(7656): 1281-1283.
- 9 Brailsford SC, Harper PR, Sykes J. Incorporating human behaviour in simulation models of screening for breast cancer. *Eur J Oper Res*, 2012, 219(3): 491-507.
- 10 Dodd PJ, Garnett GP, Hallett TB. Examining the promise of HIV elimination by 'test and treat' in hyperendemic settings. *AIDS*, 2010, 24(5): 729-735.
- 11 Keogh-Brown MR, Jensen HT, Basu S, *et al*. Evidence on the magnitude of the economic, health and population effects of palm cooking oil consumption: an integrated modelling approach with Thailand as a case study. *Popul Health Metr*, 2019, 17(1): 12.
- 12 Occhipinti JA, Skinner A, Iorfino F, *et al*. Reducing youth suicide: systems modelling and simulation to guide targeted investments across the determinants. *BMC Med*, 2021, 19(1): 61.
- 13 Probst C, Vu TM, Epstein JM, *et al*. The normative underpinnings of population-level alcohol use: an individual-level simulation

- model. *Health Educ Behav*, 2020, 47(2): 224-234.
- 14 Stankov I, Yang Y, Langellier BA, *et al.* Depression and alcohol misuse among older adults: exploring mechanisms and policy impacts using agent-based modelling. *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol*, 2019, 54(10): 1243-1253.
 - 15 Tobias MI, Cavana RY, Bloomfield A. Application of a system dynamics model to inform investment in smoking cessation services in New Zealand. *Am J Public Health*, 2010, 100(7): 1274-1281.
 - 16 Viana J, Brailsford SC, Harindra V, *et al.* Combining discrete-event simulation and system dynamics in a healthcare setting: a composite model for Chlamydia infection. *Eur J Oper Res*, 2014, 237(1): 196-206.
 - 17 Whitty CJ. What makes an academic paper useful for health policy. *BMC Med*, 2015, 13: 301.
 - 18 Basu S, Andrews J. Complexity in mathematical models of public health policies: a guide for consumers of models. *PLoS Med*, 2013, 10(10): e1001540.
 - 19 Jin H, Robinson S, Shang W, *et al.* Overview and use of tools for selecting modelling techniques in health economic studies. *Pharmacoeconomics*, 2021, 39(7): 757-770.
 - 20 Morshed AB, Kasman M, Heuberger B, *et al.* A systematic review of system dynamics and agent-based obesity models: evaluating obesity as part of the global syndemic. *Obes Rev*, 2019, 20 (Suppl 2): 161-178.
 - 21 Mykoniatis K, Angelopoulou A. A modeling framework for the application of multi-paradigm simulation methods. *Simulation*, 2019, 96(1): 55-73.
 - 22 Brailsford SC, Eldabi T, Kunc M, *et al.* Hybrid simulation modelling in operational research: a state-of-the-art review. *Eur J Oper Res*, 2019, 278(3): 721-737.
 - 23 Freebairn L, Atkinson JA, Qin Y, *et al.* 'Turning the tide' on hyperglycemia in pregnancy: insights from multiscale dynamic simulation modeling. *BMJ Open Diabetes Res Care*, 2020, 8(1): e000975.
 - 24 Squires H, Chilcott J, Akehurst R, *et al.* A framework for developing the structure of public health economic models. *Value Health*, 2016, 19(5): 588-601.
 - 25 Freebairn L, Atkinson JA, Kelly PM, *et al.* Decision makers' experience of participatory dynamic simulation modelling: methods for public health policy. *BMC Med Inform Decis Mak*, 2018, 18(1): 131.
 - 26 Staniszewska S, Hill EM, Grant R, *et al.* Developing a framework for public involvement in mathematical and economic modelling: bringing new dynamism to vaccination policy recommendations. *Patient*, 2021, 14(4): 435-445.
 - 27 Robinson S. Conceptual modelling for simulation Part I: definition and requirements. *JORS*, 2008, 59(3): 278-290.
 - 28 McGrath S, Lin V, Zhang Z, *et al.* gfoRmula: an r package for estimating the effects of sustained treatment strategies via the parametric g-formula. *Patterns (NY)*, 2020, 1(3): 100008.
 - 29 卢存存, 陈子佳, 张强等. 基于真实世界数据的目标试验模拟研究: 现状与展望. *中国循证医学杂志*, 2023, 23(4): 492-496.
 - 30 Chrysanthopoulou SA, Rutter CM, Gatsonis CA. Bayesian versus empirical calibration of microsimulation models: a comparative analysis. *Med Decis Making*, 2021, 41(6): 714-726.
 - 31 Vanni T, Karnon J, Madan J, *et al.* Calibrating models in economic evaluation: a seven-step approach. *Pharmacoeconomics*, 2011, 29(1): 35-49.
 - 32 Rothery C, Strong M, Koffijberg HE, *et al.* Value of information analytical methods: report 2 of the ISPOR Value of Information Analysis Emerging Good Practices Task Force. *Value Health*, 2020, 23(3): 277-286.
 - 33 Vu TM, Buckley C, Bai H, *et al.* Multiobjective genetic programming can improve the explanatory capabilities of mechanism-based models of social systems. *Complexity*, 2020; 8923197.
 - 34 Dion A, Carini-Gutierrez A, Jimenez V, *et al.* Weight of evidence: participatory methods and Bayesian updating to contextualize evidence synthesis in stakeholders' knowledge. *J Mix Methods Res*, 2022, 16(3): 281-306.
 - 35 Balci O. Validation, verification, and testing techniques throughout the life cycle of a simulation study. *Ann Oper Res*, 1994, 53(1): 121-173.
 - 36 徐偈箏, 陈鸣声, 司磊. 骨质疏松症卫生经济学评价研究的现状、挑战及建议. *中华内分泌代谢杂志*, 2021, 37(9): 859-862.
 - 37 董淑英. 复杂系统的认识与系统模型. *系统仿真学报*, 2006, (z2): 5.
 - 38 李青, 谭卫华, 郑立羽. 大健康背景下公共卫生社会工作的发展. *华东理工大学学报 (社会科学版)*, 2020, 35(1): 57-69.

收稿日期: 2023-05-25 修回日期: 2023-10-08

本文编辑: 张洋

