

基于系统动力学的我国执业(助理)医师需求预测模型研究*

党媛^①, 张小芹^②, 张光鹏^③, 苏岱^④, 武宁^⑤

摘要 目的: 以我国执业(助理)医师队伍为研究对象, 对我国医师需求系统进行系统动力学预测模型构建, 并预测2023—2035年我国执业(助理)医师的需求数量, 进而提出推进执业(助理)医师合理配置的政策建议。方法: 通过整理相关领域研究成果, 总结执业(助理)医师的需求数量影响因素, 绘制因果关系图和流图, 建立模型的动态反馈结构, 利用MATLAB软件选取GM(1, 1)灰色模型法、样条插补法、曲线拟合法、移动平均预测法对模型中的需求关键因素进行参数估计。结果: 通过文献资料分析发现, 执业(助理)医师数量的影响因素主要包括经济、社会、人口、机构4大类因素。本研究构建的系统动力学模型包括1个存量、2个流量、21个辅助变量, 执业(助理)医师存量的历史性检验结果显示, 2011—2020年该指标的平均绝对百分比误差为1.911。2023—2035年我国执业(助理)医师存量将从440.025万人增长到563.073万人, 千人口执业(助理)医师数量从3.08人上升到4.02人, 执业(助理)医师需求数量将从481.532万人增长到469.109万人, 千人口执业(助理)医师需求数量从3.22人上升到4.64人。结论: 以历史数据、其他研究预测参数作为参照构建系统动力学模型进行医师需求预测精度较高, 预测结果稳定, 可以作为长效模型, 为制定卫生人力发展规划提供依据。

关键词 执业(助理)医师需求; 预测模型; 系统动力学

中图分类号 R1-9; F241 文献标志码 A 文章编号 1003-0743(2023)11-0044-06

Study on the Prediction of Demand and Policy Recommendation of Practicing (Assistant) Physicians in China Based on System Dynamics Model/Dang Yuan, Zhang Xiaoqin, Zhang Guangpeng, et al./Chinese Health Economics, 2023,42(11): 44-49

Abstract Objective: Taking the team of practicing (assistant) physicians as the research object, it aims to construct a system dynamics prediction model for the demand system of practicing (assistant) physicians in China, in order to predict the demand quantity of practicing (assistant) physicians in China from 2023 to 2035, and then propose policy recommendations to promote the rational allocation of practicing physicians. **Methods:** By summarizing the research results in relevant fields and the influencing factors of the demand quantity for practicing (assistant) physicians, a causal relationship diagram and a flow chart are drawn, and a dynamic feedback structure of the model is established. MATLAB Software is used to select the GM (1,1) grey model method, spline interpolation method, curve fitting method, and moving average prediction method to estimate the parameters of the key demand factors in the model. **Result:** Literature analysis found that the influencing factors of the number of practicing (assistant) physicians mainly include economic, social, demographic, and institutional factors. The system dynamics model constructed includes 1 stock, 2 flows, and 21 auxiliary variables. The historical test results of the stock of practicing (assistant) physicians show that this indicator's average absolute percentage error from 2011 to 2020 was 1.911%. From 2023 to 2035, the stock of practicing (assistant) physicians in China will increase from 4.40025 million to 5.63073 million, and the number of practicing (assistant) physicians per thousand population will increase from 3.08 to 4.02. The demand for practicing (assistant) physicians will increase from 4.815 32 million to 4.691 09 million, and the demand for practicing (assistant) physicians per thousand population will increase from 3.22 to 4.64. **Conclusion:** Building a system dynamics model based on historical data and other research prediction parameters for predicting physician demand has high accuracy and stable prediction results, and can serve as a long-term model to provide a basis for formulating health manpower development plans.

Keywords physician needs; practicing (assistant) physician; system dynamics

First-author's address School of Public Health, Peking University, Beijing, 100191, China

Corresponding author Wu Ning, E-mail: 18500059621@163.com

执业(助理)医师的数量决定着一个地区医疗卫

生事业的长足发展, 伴随着我国经济的高速发展、城镇化率提高、人口老龄化进程加速等社会经济因素变化, 居民的健康需求在不断提高, 部分地区卫生人力资源在总量、质量、结构及分布等方面的供需矛盾也更加突出, 不论是医师的短缺还是过剩都将导致医疗服务成本、安全风险的提高^[1]。因此, 合理配置我国执业助理医师资源是卫生健康体系整合发展的必然趋势。

本研究运用系统动力学模型, 系统分析影响执业医师需求的因素, 选取适宜的指标构建执业医师需求预测模型, 通过揭示卫生人力系统的内在结构, 详细

* 基金项目: 国家社会科学基金教育学重大(重点)项目(AIA210011)。

① 北京大学公共卫生学院全球卫生学系 北京 100191

② 江西中医药大学经济与管理学院 南昌 330004

③ 国家卫生健康委党校 北京 100024

④ 首都医科大学公共卫生学院 北京 100069

⑤ 国家中医药管理局监测统计中心 北京 100027

作者简介: 党媛(2000—), 女, 硕士在读; 研究方向: 卫生人力; 全球卫生; E-mail: dangyuanivy@163.com。

通信作者: 武宁, E-mail: 18500059621@163.com。

探讨采用系统动力学方法进行医师需求测算的可行性，以期为我国制定合适的调控政策，为推动执业（助理）医师队伍达到供需平衡的状态提供决策参考。

1 资料与方法

1.1 资料来源

在中国知网数据库、万方数据库、PubMed 和 Web of Science 等中外文献数据库采用检索词“医师资源”“需求预测”“预测方法”“卫生人力需求理论”“Human Resource for Health”“Health Workforce”“Health workers”“Labor Demand Forecast”用全文检索项目，检索年限设定为 1987—2022 年，对国内外已有针对医师需求的研究思路和方法学进行综合梳理，确定系统关键要素。

1.2 数据来源

研究使用的数据来源于统计资料和文献资料。其中，2002—2022 年的各年龄别人口数据与医师日均担负诊疗人次数分别来源于历年“中国统计年鉴”和历年“中国卫生统计年鉴”，各年龄段患病率、两周患病未就诊率和应就诊而未就诊占比数据来自历年“国家卫生服务调查分析报告”。患者就诊合理冗余系数来自相关文献资料。

1.3 分析方法

本研究的指导性方法是系统动力学，基于此进行执业（助理）医师需求系统分析、模型框架构建、模型输出和模型仿真应用。系统动力学模型^[2]是按照系统动力学理论建立起来的数学模型，通过计算机的模拟实现对真实系统的仿真从而分析系统结构、功能和行为之间的动态关系。

1.4 分析软件

本研究主要借助 Vensim PLE 建模软件绘制执业（助理）医师存量流量图，建立各变量方程，并构建执业（助理）医师需求预测模型完成参数设置和系统仿真建模^[3]。

1.5 变量选取

1.5.1 卫生服务需要。(1) 人口数：人口数量越多，对医疗卫生服务的需要量越大。此模型为使人口结构更加精确，将人口结构分为 0~14 岁、15~64 岁、65 岁以上^[4]。(2) 患病率：居民患病率越高，对医疗卫生服务的需要量也越大^[5]。

1.5.2 卫生服务需求。(1) 总诊疗人次数：包括所有诊疗工作的人群，总诊疗人次越多，对医疗卫生服务的需求量就越大。(2) 医师日均担负诊疗人次数：医师日均担负诊疗人次数越少，医师需求量就越高。(3) 门诊有效需求比：在患病人群中，由于不可抗力而导致的应就诊而未就诊的人群。根据“第五次国家卫生服务调查分析报告”分析得出，居民应就诊而未就诊的主要原因包括自感病轻、经济困难、无有效措施

施、就诊麻烦、交通不便等，大体可分为个人原因导致的不可抗因素和可通过经济发展水平、医疗保障水平、科学技术水平和医院管理水平提高而干预的不可抗因素，降低应就诊而未就诊率则将提高总诊疗人次数。本研究中不可抗力包括患者的主观未就诊原因为“自感病轻而未就诊”和“无时间而未就诊”因素。

1.5.3 外部宏观环境。(1) 政治制度：我国卫生健康事业的性质是政府实行一定福利政策的社会公益事业，政府可以通过政策制定和实施政策，影响医师的配置与发展，从而影响医师需求，如设置每千人口医师数、医护比等政策目标值^[6]。(2) 经济发展水平：社会的经济发展^[7]水平决定了卫生健康系统资源的投入水平，随着居民收入的增加，人们在健康领域的消费能力也随之提高，从而影响对医师的需求。

从人口到医师的需求，也体现了在逻辑模型中内外部因素的作用路径。人口的患病率可以通过疾病预防政策和国家行动进行控制。居民的卫生服务需要在满足愿意就诊并且在具有购买卫生服务能力的条件下，将通过就诊行为作用于卫生服务需求。内外部因素分别作用于就诊医院和购买力，从而导致居民的就诊行为存在波动性。比如说医保结算季就诊量增加，春秋季节患病率增加，医保水平越高就诊次数越多等，波动性就会带来峰值，从而导致工作量超出医师核定工作量。因此，在测算医师需求时有必要考虑医师的合理冗余需求，以备不时之需（图 1）。

2 模型构建

2.1 模型结构分析

人口数量的增长和人口结构的改变是卫生服务需求的主要来源^[8]，患病率的提升将导致医疗卫生服务需求的增加，需求是有支付能力的需要。通过历年“国家卫生服务调查分析报告”可知，居民应就诊而未就诊的主要原因包括自感病轻、经济困难、无有效措施、就诊麻烦、交通不便等，大体可分为个人原因导致的不可抗因素和可通过经济发展水平、医疗保障水平、科学技术水平、提高医院管理水平而干预的不可抗因素。应就诊而未就诊率的降低则将提高总诊疗人次数，而医师日均担负诊疗人次数越少，医师需求量就越高，进而雇佣更多的医师导致医师存量也就会越高。充足的医师人才队伍守卫人民群众的生命健康，也能够带来国家经济社会的长足发展进而提升医疗技术和与其相关的基础科学、生命科学水平以及卫生健康管理水平，从而形成关键要素之间的因果循环关系（图 2）。

2.2 模型反馈动态性复杂分析

系统逻辑结构和参数是构建系统动力学模型的 2 个重点。根据因果关系图，结合执业（助理）医师需求的影响因素、研究数据和关键要素作用路径构建形成

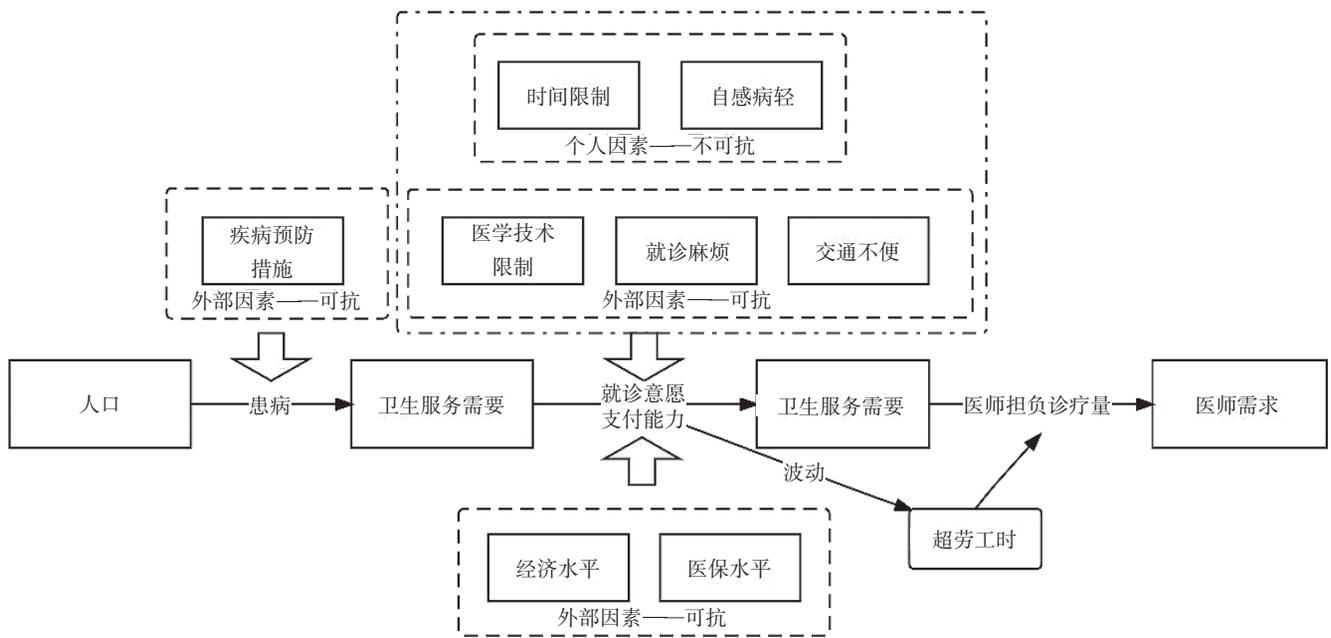


图1 执业(助理)医师需求影响因素分析框架

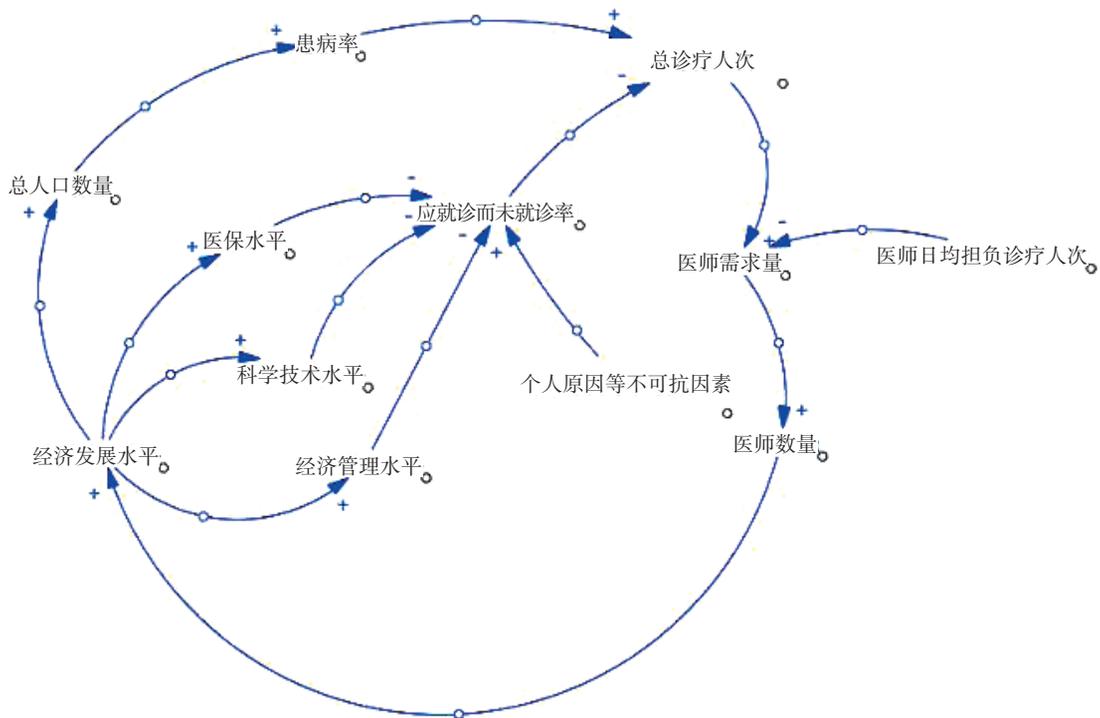


图2 执业(助理)医师需求系统动力学的因果关系

医师数量流量存量图（图3）。在这个模型中有存量、流量和辅助变量，辅助变量通过影响流量从而间接影响存量，箭头指向的变量会受到出发点变量的影响，其间关系用函数方程描写。本系统中共涉及1个存量，2个流量，21个辅助变量。分别是各年龄段（1~14岁，15~64岁，65岁及65岁以上）的人口数量、日均患病率、总诊疗人次数、就诊合理冗余系数、门诊有效需求比例、医师日均担负诊疗人次、医师需求数量、医师缺口量、雇佣调整系数、退出系数等变量（图3）。

2.3 模型参数估计

2.3.1 不随时间推移而变化的常数类。该常数类一般来自其他学者的研究、国家政策文件、时间常数、历史调查数据等。（1）患者就诊合理冗余系数：按照历史测算数据为1.32^[9]；（2）门诊有效需求比例：根据两周患病未就诊率及其未就诊原因占比推算得到“门诊有效需要比例=1-两周患病未就诊率×无法转换的应就诊而未就诊占比”；（3）医师退出系数：即临床执业医师年退出率按照历史数据测算为2.19%；（4）医师雇

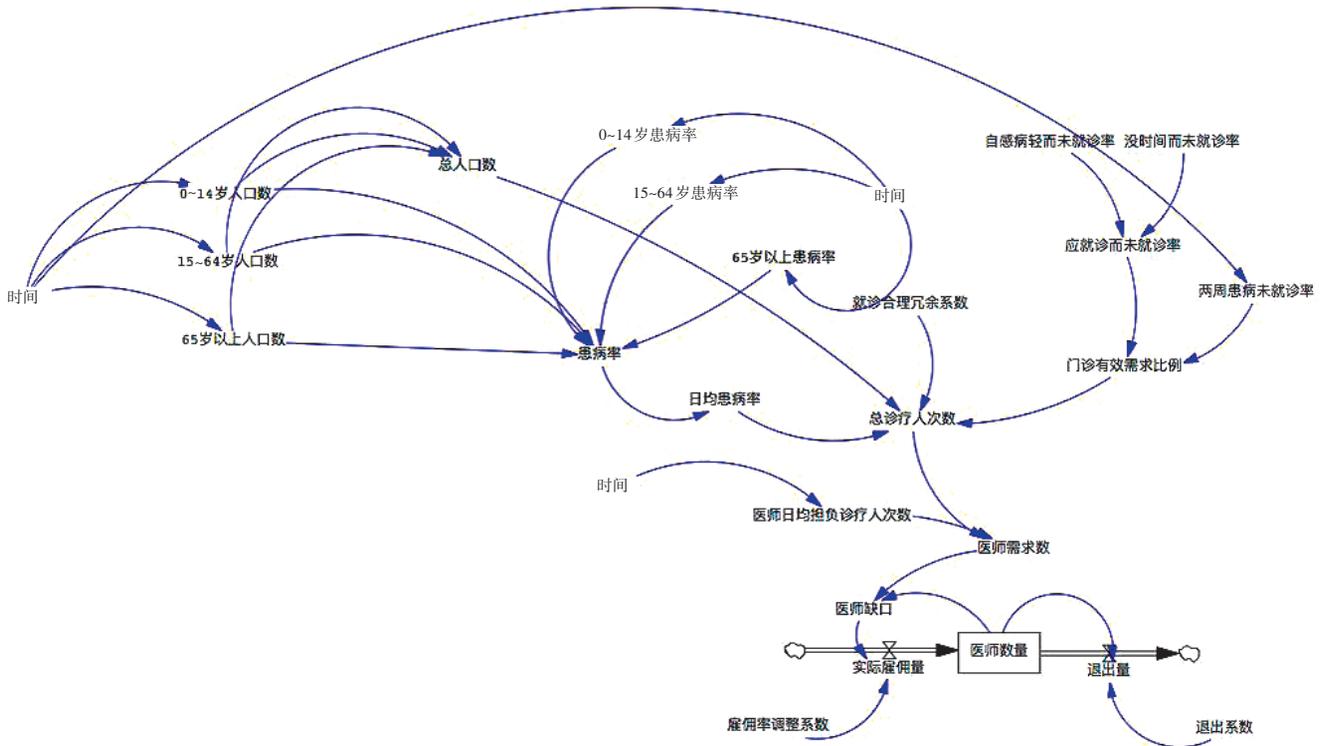


图3 执业(助理)医师需求预测系统动力学模型

佣系数：根据模型仿真得到最能反映现实情况的医师雇佣系数。由于需求是客观存在的，受限于现实供给情况和外部环境，医师雇佣必然不会完全满足需求，当雇佣率为50.00%时，平均绝对百分误差值最小为1.911%，因此选择50.00%为模型的雇佣系数最符合现实情况。

2.3.2 随时间推移而变化的参数类。本研究通过历史数据采用灰色模型预测法、傅立叶函数预测等统计学方法结合历史变化趋势进行预测^[10-12]。(1)各年龄段人口数：根据历年“中国统计年鉴”的人口数据使用GM(1, 1)灰色模型法进行预测；(2)医师日均担负诊疗人次数：根据历年“中国卫生统计年鉴数据”的历史数据运用移动平均法进行预测；(3)各年龄段患病率和两周患病未就诊率预测值采用傅立叶函数^[10]根据“国家卫生服务调查分析报告”的分年龄两周患病率和两周患病未就诊率计算得到。考虑到“国家卫生服务调查分析报告”是我国自1993年开始每5年开展一次的全国居民健康询问调查，缺失年份数据使用3次样条插补法进行插值，同时与我国实际情况、OECD国家对应数据以及国内其他学者的同类研究相应数据进行比较、研究和判断是否为适用于本研究的合理数值。

2.4 模型函数关系及参数方程

系统动力学模型由存量、流量、表函数，及常量等辅助变量组成，根据上述参数设定标准及参数估计结果。函数方程用于定义变量间的关系，参数值是模型需要输入的数据。其中，常数在模拟过程中保持不

变，如就诊合理冗余系数取1.32；表函数在模拟过程中随时间改变，如各年龄段人口数用With Lookup (Time, x)表示(表1)。

2.5 模型结果分析

2.5.1 执业（助理）医师需求数量。利用模型模拟预测执业（助理）医师需求数量，2023—2035年，我国执业（助理）医师需求数量呈上升趋势。具体来看，2025年、2030年、2035年的需求数量分别为512.598万人、572.591万人、649.109万人，对应的千人口执业（助理）医师需求数分别为3.55人、4.04人、4.64人(表2)。

2.5.2 执业（助理）医师数量仿真估算。利用模型进行迭代模拟预测执业（助理）医师数量，2023—2035年，中国执业（助理）医师数量呈上升趋势，后期增长放缓。具体来看，2025年、2030年、2035年的数量分别为426.661万人、494.478万人、563.073万人(图4)，对应的千人口执业（助理）医师数量分别为3.20人、3.39人、4.02人(表3)。

3 讨论与建议

3.1 基于需要法的医师预测结果代表胜任门诊服务的医师

本研究中医师需求量和医师数量的测算是基于门诊服务需求进行仿真估算的，因此本研究的医师内涵与执业（助理）医师的内涵稍有不同，估算结果指代能够胜任门诊服务的医师。所以，对照目前我国对执业（助理）医师的分类，本研究的医师在内涵上应为

表1 执业(助理)医师系统动力学主要函数关系及参数设定

指标	函数方程/参数值
人口总数	0~14岁人口数+15~64岁人口数+65岁及65岁以上人口数
两周患病率	(0~14岁患病率×0~14岁人口数+15~64岁患病率×15~64岁人口数+65岁以上患病率×65岁以上人口数)
日均患病率	/(0~14岁人口数+15~64岁人口数+65岁以上人口数)
就诊合理冗余系数	1.320
自感病轻而未就诊比例	0.698
没时间而未就诊比例	0.045
不可抗因素导致未就诊比例	自感病轻而未就诊比例+没时间而未就诊比例
门诊有效需求比例	1—两周患病未就诊率×无法转换的应就诊而未就诊占比
日均总诊疗人次数	总人口数×日均患病率×门诊有效需求比例×就诊合理冗余系数
医师需求量	日均总诊疗人次数/医师日均担负诊疗人次数
医师缺口	医师需求数—医师数量
雇佣率调整系数	0.500 0
退出系数	0.021 9
退出量	退出系数×医师数量
实际雇佣量	医师缺口×雇佣率调整系数
医师数量	初始值+INTEG(实际雇佣量—退出量)

表2 2023—2035 执业(助理)医师需求预测数量

年份	执业(助理)医师需求数(万人)	千人口执业(助理)医师需求数(人)
2023	481.532	3.22
2024	498.601	3.40
2025	512.598	3.55
2026	518.270	3.62
2027	528.189	3.72
2028	540.418	3.81
2029	556.579	3.93
2030	572.591	4.04
2031	583.687	4.13
2032	600.307	4.26
2033	618.973	4.40
2034	631.529	4.50
2035	649.109	4.64

临床、口腔、中医类别的执业（助理）医师及乡村医生，不包括公共卫生类别的执业（助理）医师。

3.2 合理的冗余数量有助于维护社会系统各方面的稳定性

在本研究的医师需求系统中，设置医师冗余系数意味着在进行医师配置的时候考虑到了居民就诊存在外部环境导致的时间高峰期，医师资源合理配置是医疗机构具备承载就诊患者的能力的首要条件。增加的医师数量能够满足高峰时期的医疗需求，这不仅能保证医师需求系统的稳定，也能保障医师合理的工作强度。同时，突发公共卫生事件表明，一旦出现医疗资

源挤兑，便会出现严重的社会混乱现象，卫生系统的稳定运行与社会政治经济稳定息息相关。因此，十分有必要通过引入医师合理冗余系数提高卫生人力资源供给，从而为防控突发公共卫生事件和经济发展注入更多的确定性。

3.3 运用系统动力学方法进行医师需求预测研究切实可行

本研究采用系统动力学建模的方法进行医师需求预测研究，在构建动态系统的过程中综合考虑了社会环境、经济、人口、机构因素对人民群众健康需要的影响和医师的服务效率以及各种现实原因导致的医师

表3 2023—2035年执业(助理)医师数量预测情况

年份	执业(助理)医师数量(万人)	千人口执业(助理)医师数量(人)
2023	440.025	3.08
2024	451.142	3.15
2025	464.991	3.20
2026	478.611	3.24
2027	487.959	3.29
2028	496.721	3.30
2029	503.293	3.32
2030	508.416	3.39
2031	509.602	3.49
2032	520.73	3.69
2033	534.335	3.80
2034	549.489	3.92
2035	563.073	4.02

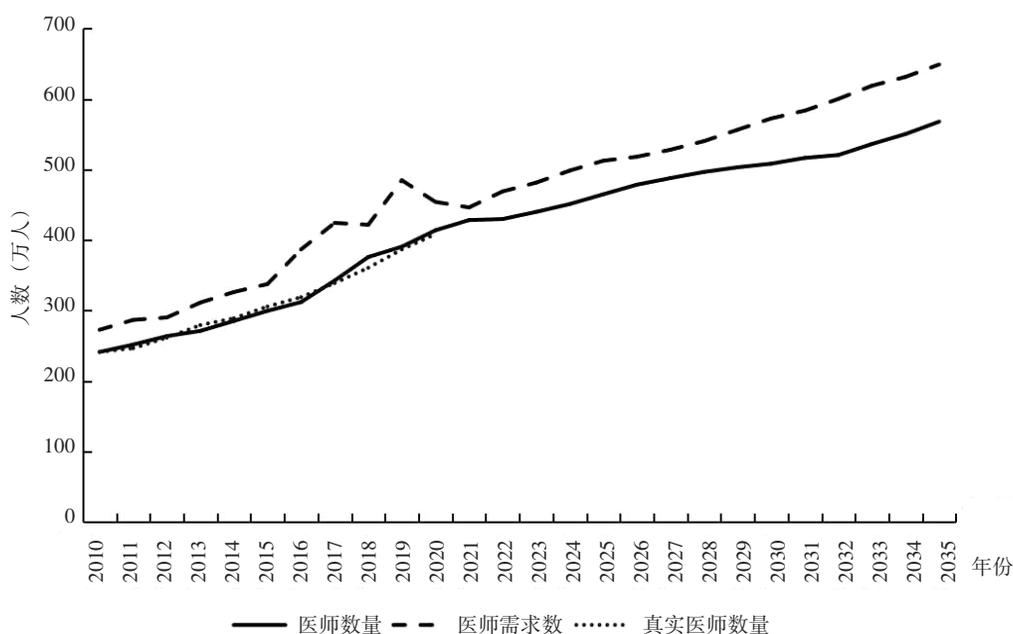


图4 执业(助理)医师数量仿真估算

退出情况,并逐步释放了由医疗保障水平提升、城乡经济发展、医学技术水平提高而带来的卫生需要。通过仿真模拟研究得到了未来年份的医师数量和医师需求量的变化,从而提出推进执业(助理)医师供需平衡的建议,模型预测结果与实际值的平均绝对百分误差值为1.911%,结果稳定,精度较高,可以为制定卫生人力资源发展规划提供依据。这不仅说明在运用卫生服务调查中的应就诊而未就诊原因数据能够部分反映外部因素对卫生服务需求的影响,也证明了运用系统动力学方法进行医师需求预测研究切实可行。

3.4 应进一步深入研究卫生人力预测方法

本研究不仅深化了对国家层面医师人才队伍建设的研究,而且也拓展了对医师队伍需求预测的方法学研究。医师需求测算的目的是合理制定人才规划方案,“以需定招”达到供需动态平衡的状态。这需要在供给侧继续深化医教协同、推进医学教育的改革,提高医学教育人才培养的质量。随着人口结构、疾病谱、医疗服务模式的改变,可以根据健康需求培养专科医学人才,以提升能级为主线,加强薄弱环节建设。需求是运用科学的方法测算出来,并通过宏观调控政策系统布局对策。为防止出现医疗资源挤兑的现象,更应前瞻性地预测社会卫生人力在数量、结构、质量和财政投入上的需求,制定合理的公共医疗资源升级投资规划和人才培育计划,提升全民医疗服务能力。

参 考 文 献

[1] SCHEFFLER RM, ARNOLD D R. Projecting shortages and surpluses of doctors and nurses in the OECD: what looms ahead[J]. Health economics, policy, and law, 2019, 14(2):

274-290.

- [2] 王其藩. 系统动力学[M]. 上海: 上海财经大学出版社, 2009.
- [3] 钟永光, 贾晓菁, 钱颖. 系统动力学[M]. 北京: 科学出版社, 2013.
- [4] 吴继煜. 我国人口年龄结构与社会经济发展分析[J]. 贵州大学学报: 社会科学版, 2015,33(2):90-96.
- [5] 周洲, 买淑鹏, 刘月星, 等. 上海市社区卫生服务机构人力资源配置研究[J]. 中华医院管理杂志, 2014,30(3):201-204.
- [6] World Health Organization. Tracking universal health coverage: first global monitoring report[M]. Geneva: World Health Organization, 2015.
- [7] 刘勇华. 医疗服务需求估计与区域卫生规划[J]. 中华医院管理杂志, 2003(3):12-14.
- [8] 关理, 董叶菁, 于润吉. 新标准下医疗机构卫生人力资源配置的系统动力学方法[J]. 中国卫生经济, 2012,31(1):46-47.
- [9] 熊雪晨, 周奕男, 金超, 等. 引入合理冗余因素的医生需求测算方法应用研究[J]. 中国医院管理, 2016,36(9):12-14, 44.
- [10] 杨真真, 刘琳, 谢艳秋, 等. 基于灰色预测模型的人口老龄化发展趋势预测与应对策略研究[J]. 中国管理信息化, 2021,24(9):198-200.
- [11] 姚克勤, 石秀园, 蒋理添, 等. 基于灰色模型的我国公共卫生事业投入预测研究[J]. 中国卫生经济, 2022,41(5):55-59.
- [12] 徐威, 刘文川. 利用灰色模型对全国卫生技术人员数量的预测研究[J]. 中国卫生经济, 2009,28(9):48-49.

[收稿日期: 2023-08-07] (编辑: 毕然)