

公立医院财务风险预警模型构建与应用探索

孙儒佳^①, 李天舒^①

摘要 公立医院是我国的基础性服务行业,其安全持续的运行关系着国民与社会稳定。公立医院的生产经营活动面临许多不确定性,需要对财务风险进行有效地防控和预警。为此,本研究基于聚类分析的公立医院财务风险预警模型构建方法。从筹资、投资、运营、成长这四个角度入手,选取公立医院财务风险预警指标。根据各指标之间的线性关系,采用熵权法确定财务风险指标权重。基于聚类分析获取指标置信度,计算财务风险预警标准值。通过神经网络算法构建风险预警模型,对公立医院内的财务数据进行评分,实现数据的财务风险划分。实验结果表明,在本研究模型应用下能够对公立医院的多种财务风险进行分类,且预测精度较高,具有提前预警作用。

关键词 公立医院; 财务风险; 预警模型; 聚类分析

中图分类号 R1-9; D922.26 **文献标志码** B **文章编号** 1003-0743(2023)11-0073-05

Research on Financial Risk Early Warning Model of Public Hospitals Based on Cluster Analysis/Sun Rujia, Li Tianshu//Chinese Health Economics, 2023,42(11):73-77

Abstract Public hospitals are a fundamental service industry in China, and the safe and sustainable operation is crucial for the stability of the nation and society. The production and operation activities of public hospitals have many uncertainties, requiring effective prevention, control, and early warning of financial risks. To this end, research is conducted on the construction method of a financial risk warning model for public hospitals based on cluster analysis. Starting from the four perspectives of growth, it selects early warning indicators of financial risk of public hospitals from financing, investment, operation. According to the linear relationship between each index, the entropy weight method is used to determine the financial risk index weight. The index confidence was obtained based on cluster analysis, and the standard value of financial risk warning was calculated. The neural network algorithm is used to build a risk early warning model, score the financial data in public hospitals, and realize the financial risk division of the data. The experimental results show that the model can be used to classify various financial risks of public hospitals, the prediction accuracy is high, and it has the pre-withholding warning function.

Keywords cluster analysis; financial risk of public hospitals; early warning model

First-author's address Xuanwu Hospital Capital Medical University, Beijing, 100053, China

财务风险预警是一种事前控制的有效手段,能够及时寻找到与财务预期相违背的财务活动,对管理者提出风险规避手段,因此在任何企业中实施财务风险预警管理体系具有重要作用。然而财务数据质量会直接影响财务风险的预警效果,为保证公立医院的财务处于安全状态,需要对数据质量进行管理。

许多学者开展了一系列研究,并取得了较好的成果。孙玲莉等^[1]提出了基于本福德定律的随机森林设计方法。该方法主要以学习曲线为基础,对本福德因子进行参数调整实现模型构建,能够根据具体样本数据划分风险与安全数据。但该方法在参数调整过程中容易受其他因素的误导,风险数据预测中需要停留较长时间,才能够将因子整合到设定范围之中,当大量数据传入模型中时无法保证预警时间。林丹楠等^[2]中进行了一系列改进,直接以长短期记忆时间网络算法下设计风险预警模型,能够对历史数据进行保留,通过反向传播获取最佳的权值和阈值,以此来判断财务风险数据。但该方法在预警精准度上存在少量误差。

本研究为进一步研究财务风险的预警模型构建方法,将公立医院作为分析对象,采用聚类分析的方法设计一个新的预警模型,为财务风险预警提供更多的可能性。

1 多角度选取公立医院财务风险预警指标

不同的财务指标能够反映出来的信息数据具有差异性,为全面分析公立医院的财务风险,需要从多个角度来选取公立医院财务风险预警指标,以此来消除财务风险预警的局限性。本研究从定量与定性2个层次进行分析,充分考虑影响公立医院的财务风险因素,并依据《企业效绩评价实施细则(修订)》选择风险预警模型的指标(表1)。根据表中内容所示,从筹资、运营、投资、成长4方面,选取了20组风险评价指标^[3]。为具体分析各个指标的影响,还需要对每一个指标进行详细分析,从中选择出具有代表性的指标,以皮尔逊相关分析系数作为评判标准,对相邻指标的影响程度进行计算,公式如下:

$$m = \frac{\sum_n^b (v_n - \bar{v})(c_n - \bar{c})}{\sqrt{\sum_n^b (v_n - \bar{v})^2} \sqrt{\sum_n^b (c_n - \bar{c})^2}} \quad \text{式(1)}$$

v 、 c 表示指标变量, n 为指标序号^[4], \bar{v} 、 \bar{c} 为标准

① 首都医科大学宣武医院 北京 100053

作者简介:孙儒佳(1996—),女,硕士学位;研究方向:财务风险管控,医院运营管理;E-mail:871785592@qq.com。

表1 公立医院财务风险预警指标体系

类型	指标
A ₁ 筹资风险	A ₁₁ 流动比率
	A ₁₂ 负债率
	A ₁₃ 利息保障系数
	A ₁₄ 产权比值
	A ₁₅ 现金流动比率
A ₂ 投资风险	A ₂₁ 净资产
	A ₂₂ 总资产报酬
	A ₂₃ 营业利润
	A ₂₄ 成本费用
	A ₂₅ 盈余现金
A ₃ 营运风险	A ₃₁ 资产周转率
	A ₃₂ 实收账款
	A ₃₃ 存款周转率
	A ₃₄ 现金回收量
	A ₃₅ 流动资金周转率
A ₄ 成长风险	A ₄₁ 营业收入
	A ₄₂ 总资产增长比值
	A ₄₃ 资本保值
	A ₄₄ 医疗技术投入
	A ₄₅ 利润增长率

差。 $\sqrt{(v_n - \bar{v})^2}$ 、 $\sqrt{(c_n - \bar{c})^2}$ 为方差。 b 为指标个数 ($b=20$)。由于 m 能够反映指标的关联度，通过度量指标之间的线性关系，任选表1中的1项指标，确定不同角度下的风险评价指标。

2 熵权法确定财务风险指标权重

根据指标之间的线性关系，为消除主观因素的影响，对选取的指标进行赋权，采用熵权因子分析法进行处理，以此划分财务风险评价指标^[5-6]。基于熵权法构建判断矩阵，公式如下：

$$x = (x_{zl})_{kj} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1j} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{z1} & \dots & x_{zl} & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{k1} & x_{k2} & \dots & x_{kj} \end{bmatrix} \quad \text{式 (2)}$$

式中 $(x_{zl})_{kj}$ 为判断矩阵，其中 $z=1, 2, \dots, k, j=1, 2, \dots, l$ 。 x_{kj} 表示第 k 列的第 l 行指标数值。 k, l 分别表示列数和行数。基于此，本研究按照不同类型划分风险评价指标，公式如下：

$$(x_{kj})_{\min} = \frac{h_{kj} - \min(h_{kj})}{\max(h_{kj}) - \min(h_{kj})} \quad \text{式 (3)}$$

$$(x_{kj})_{\max} = \frac{\max(h_{kj}) - h_{kj}}{\max(h_{kj}) - \min(h_{kj})} \quad \text{式 (4)}$$

$$(x_{kj})_{\text{fine}} = 1 - \frac{|h_{kj} - x_k|}{\max|h_{kj} - x_k|} \quad \text{式 (5)}$$

式中 $(x_{kj})_{\min}$ 为极小型指标，表示指标的数值越小则风险越低。 $(x_{kj})_{\max}$ 为极大型指标，表示指标的数值越大则风险越低。 $(x_{kj})_{\text{fine}}$ 为适应度型指标，表示越接近则风险越低。 $\max h_k$ 、 $\min h_k$ 分别为第 k 个指标的最大值和最小值。 h_{kj} 为第 k 列的第 l 行指标值^[7]。通过划分类型赋予指标权重，公式如下：

$$g_{kj} = \frac{x_{kj}}{\sqrt{\sum_{k=1}^j x_{kj}^2}} \quad \text{式 (6)}$$

$$f_k = -d \sum_{k=1}^j g_{kj} \ln g_{kj} \quad \text{式 (7)}$$

式中 g_{kj} 为第 k 列的第 l 行指标的比重^[8]。 f_k 为各指标熵值，取值范围为 $f_k \in [0, 1]$ 。 d 为常量，取值为 $d = \frac{1}{\ln(j)} > 0$ 。一般情况下若 $g_{kj} = 0$ ，则令 $\ln g_{kj} = 0$ 。

基于比重和熵权值获取各指标权重系数，公式如下：

$$s_{kj} = \frac{1 - f_k}{j - \sum_d (1 - f_k)} \quad \text{式 (8)}$$

式中 s_{kj} 表示权重^[9]。当 s_{kj} 值越大时，则表示该指标携带的信息就越多，为后续风险评价提供更多作用。通过初选的风险评价指标以及计算的对应权重，基于聚类分析技术给定财务风险预警标准值。

3 基于聚类分析获取财务风险预警标准值

根据聚类分析方法，划分公立医院的财务数据，设置风险预警标准值。在医院的财务数据中对同一个目标值进行估计，令 a_i 、 a_u 分别为第 i 个、第 u 个数据信息的描述结果，两者均为一次测量值，公式如下：

$$\begin{cases} y_{iu} = 2 \int_{a_i}^{a_u} t_i(a|a_i) y a \\ y_{ui} = 2 \int_{a_i}^{a_u} t_u(a|a_u) y a \end{cases} \quad \text{式 (9)}$$

式中 y_{iu} 为第 i 个信息对第 u 个信息的置信度。 y_{ui} 为第 u 个信息对第 i 个信息的置信度。 y 为置信度。 $t_i(a)$ 、 $t_u(a)$ 分别为 a_i 、 a_u 特征函数^[10]，公式如下：

$$\begin{cases} t_i(a|a_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi r_i}} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{a - a_i}{r_i}\right)^2\right\} \\ t_u(a|a_u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi r_u}} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{a - a_u}{r_u}\right)^2\right\} \end{cases} \quad \text{式 (10)}$$

式中 $t_i(a|a_i)$ 、 $t_u(a|a_u)$ 为概率密度。当 y_{iu} 值越小，说明 i 与 u 之间的测量结果越接近，反之则具有较大差异。 r 为均方差^[11]。设定公立医院中的财务信息具有 e 份，对相同参数下的数据进行聚类，按照置信度建立标准预警矩阵，公式如下：

$$y_e = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1e} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2e} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{e1} & y_{e2} & \dots & y_{ee} \end{bmatrix} \quad \text{式 (11)}$$

式中 y_e 为衡量矩阵。对多项数据进行描述，对本研究已选择的指标进行风险判断，衡量数据的聚类限制，实现风险评价指标的标准值划分，公式如下：

$$w_{iu} = \begin{cases} 1, & y_{iu} \geq \delta_{iu} \\ 0, & y_{iu} < \delta_{iu} \end{cases} \quad \text{式 (12)}$$

式中 δ_{iu} 为聚类标准限值。对于任意一个 y_{iu} ，当 $w_{iu} = 1$ 时，则表示 i 与 u 之间具有较好的相容性，反之则表示相容性较差^[12]。根据聚类分析获取的财务数据风险预警标准值，采用功效系数来构建风险预警模型。

4 神经网络构建公立医院财务风险预警模型

以神经网络构建公立医院财务的风险预警模型，以经典的3层神经网络为例，每层之间具有相互联系性，在输入层和输出层中建立1组隐含层，并设定预警模型的内部处理流程（图1）^[13]。

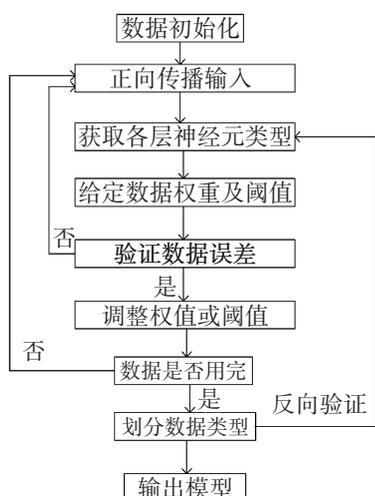


图1 基于神经网络的风险预警模型构建流程

在输入层和隐含层以及输出层中设定节点，把公立医院内的数据标记为初始样本^[14]。在每个类型样本中给定设计的权值与输出阈值，在做好训练准备后通过输入层放置样本数据，在传输过程中分析隐含层与输出层之间的计算误差，并及时调整数据权值和阈值，最终得到风险预警模型。根据模型对公立医院内的财务风险指标进行评分，计算公式如下：

$$\begin{cases} Q = W + E \\ E = R \times (T - W) \\ W = Y \times U \\ T = Y \times P \end{cases} \quad \text{式 (13)}$$

Q 为单项指标得分^[15]。 E 为调整分值。 W 、 U 为当前输入数据的基础评分和标准系数。 R 为功效系数。 Y 为当前数据的指标权重。 T 、 P 为上一组输入数据的基础评分和标准系数。对评价数据风险的指标增加调整分数，分

析不同数据，实现对数据风险的预警。至此，本研究基于聚类分析方法完成公立医院财务风险预警模型构建。

5 实验测试分析

本研究采用聚类分析方法设计了新的财务风险预警模型，为验证其能够应用在公立医院的财务风险预警之中，本研究采用对比测试的方法完成论证。分别选择本福德律的随机森林预警模型^[1]和基于长短期记忆的预警模型^[2]作为对照组，分别与本研究模型进行比较，验证不同模型的应用效果。

5.1 数据准备

为保证测试的真实性和准确性，本研究选择186家公立医院的财务数据作为测试样本，其中的56家为训练样本、130家为测试样本。将数据上传至MATLAB 2020版测试软件，输入训练样本以及20组指标进行分析，当运行8次后测试平台可以达到预定的精度，预测值与测试样本的Pearson相关系数高于0.90，二者之间的相关性较高。按照风险爆发前4年为测试标准，对不同的数据样本进行分类（表2）。

表2 不同时间段下130家测试样本财务健康、财务风险、重大财务风险的实验测试结果

时间段	财务健康	财务风险	重大财务风险
爆发前1年	50	55	25
爆发前2年	55	50	25
爆发前3年	60	45	25
爆发前4年	70	40	20

根据表中内容所示，当接近风险爆发期时具有财务风险的公立医院样本会增加，而财务健康的公立医院样本会减少。按照分类好的数据样本进行测试，在测试平台中连接选择的预警模型，检验各组模型的预警有效性。

5.2 公立医院财务情况分类测试

从财务风险误判的角度来看，若将财务健康判定为财务风险，会影响公立医院的运营能力，而若将财务风险判定为财务健康，会为医院带来巨大的经济损失。因此，在对预警模型的测试中将风险误判作为测评指标之一，验证不同模型的判断效果。随着风险出现的年份变化，不同模型对公立医院的财务情况判断也会导致不一致情况的发生。传统模型在爆发前1年出现的误判量较少，而在爆发前4年产生的误判量较大，且基本上将财务风险判定为财务健康，会为公立医院带来巨大经济损失。而本研究设计的模型具有较高的前瞻性，能够在风险发生前期判断出医院的财务类型，且判断结果与实际情况相一致，说明本研究模型具有实用性（图2~图5）。

5.3 公立医院财务风险预测准确度

上述内容验证了本研究模型的分类精准度，只有

对财务类型进行精准分类，才能够保证财务风险预测的准确度。本研究以正常财务风险和重大财务风险作为评断标准，采用3组预警模型进行了验证。在本研究方法应用下能够对两种风险类型进行有效预警，预测

精度能够达到98.80%，接近于100.00%，且不受财务风险爆发时间限制。而两组传统模型的预警精度，仍以靠近财务风险爆发时具备较高精度，说明本研究模型更加有效（图6、图7）。

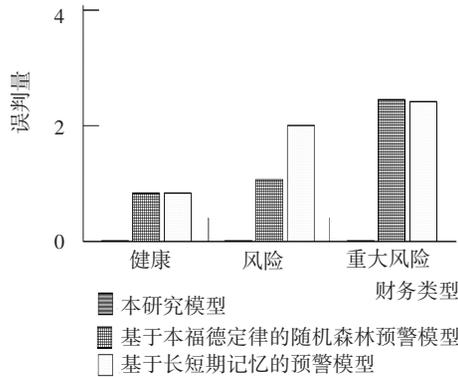


图2 爆发前1年公立医院财务风险误判量

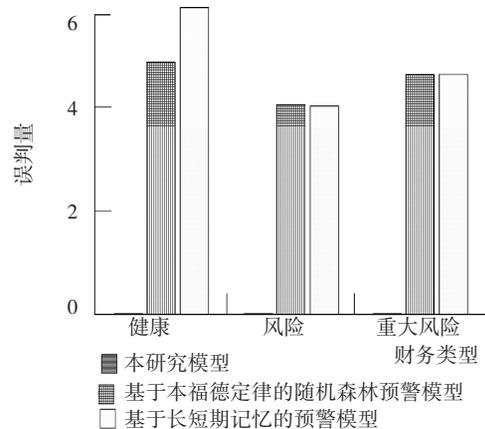


图5 爆发前4年公立医院财务风险误判量

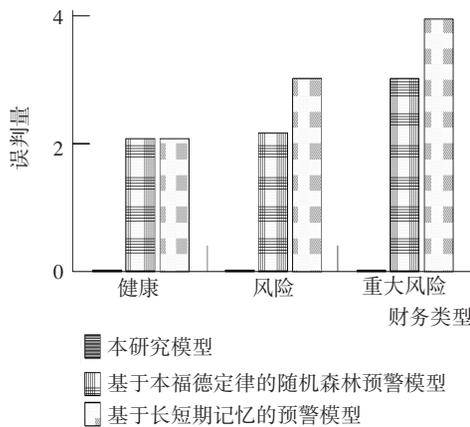


图3 爆发前2年公立医院财务风险误判量

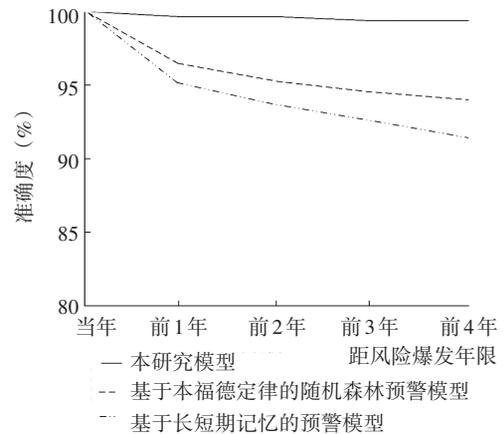


图6 财务正常风险预警准确度

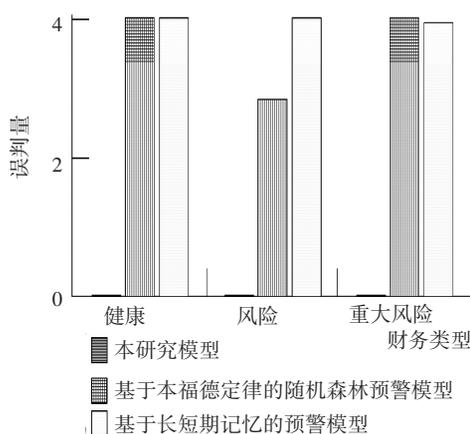


图4 爆发前3年公立医院财务风险误判量

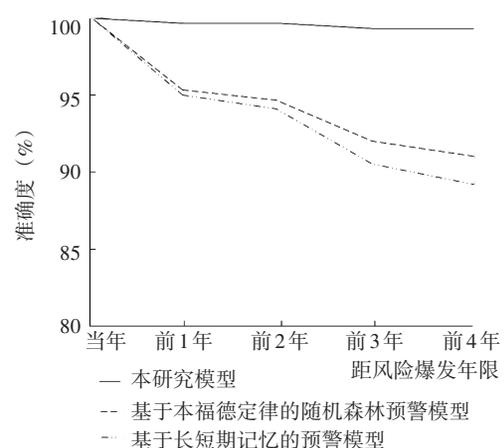


图7 财务重大风险预警准确度

6 总结

对医院的财务数据进行评价，能够在一定程度上

总结经验，并降低财务风险。本研究以聚类分析方法设计财务风险预警模型，以此评价公立医院的数据情

况，并在实验论证的基础上比较不同模型的应用效果。本研究所构建的模型较比传统模型具有较好的前瞻性，能够在风险来临前实现有效预警。由于此次研究时间有限，在研究过程中没有对具体的风险类型进行分析，具有一定的不足之处，后续研究中会对不足之处加以改进，为财务风险预警提供更加全面的理论支持。

参 考 文 献

- [1] 孙玲莉, 杨贵军, 王禹童. 基于 Benford 律的随机森林模型及其在财务风险预警的应用[J]. 数量经济技术经济研究, 2021,38(9):159-177.
- [2] 林丹楠, 李珊珊, 肖世龙, 等. 基于长短期记忆神经网络的企业财务风险预警模型研究[J]. 南京理工大学学报, 2021,45(3):361-365,374.
- [3] 彭佳, 于海波, 张鹏宇, 等. 教师视角下乡村小规模学校办学品质省际比较——基于多维度模型建构的聚类分析[J]. 上海教育科研, 2022(8):24-33.
- [4] 杨旭, 黄雪梅. 基于 LSTM 神经网络的饲料企业财务风险预警模型构建[J]. 中国饲料, 2022(14):135-138.
- [5] 杨贵军, 杜飞, 贾晓磊. 基于首末位质量因子的 BP 神经网络财务风险预警模型[J]. 统计与决策, 2022,38(3):166-171.
- [6] 吴克林, 陈光. 优化风险预警机制 降低财务管理风险——评《高校财务风险预警与防范策略研究:基于内部控制视角》[J]. 山西财经大学学报, 2021,43(8):130.
- [7] 梁龙跃, 刘波. 基于文本挖掘的上市公司财务风险预警研究[J]. 计算机工程与应用, 2022,58(4):255-266.
- [8] 王茂光, 冀昊悦, 王天明. 一种基于层次聚类和模拟退火的选择性集成算法的风控模型研究[J]. 计算机科学, 2022, 49(S2):201-207.
- [9] 陈广福, 王海波. 基于聚类信息和对称非负矩阵分解的链路预测模型研究[J]. 计算机应用研究, 2021,38(12):3733-3738.
- [10] 郭雨朦, 李天舒. 基于层次分析法的公立医院财务风险评价体系构建[J]. 中国卫生经济, 2022,41(9):88-90.
- [11] 谭媛元, 陈建英, 孙健. 基于 CNN 的上市公司财务危机预警研究[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2021,46(5):73-80.
- [12] 王志成, 周筱琪, 孙鹏南. 信息化视角下公立医院人力资源管理模式优化实践[J]. 中国卫生经济, 2022,41(9):52-54,59.
- [13] 蔡璨. 区块链技术在企业集团财务风险预警模型的应用[J]. 财会通讯, 2021(6):134-137.
- [14] 张春梅, 赵明清, 官俊琪. 基于 Lasso+SVM 的制造业上市公司财务风险组合预警模型[J]. 数学的实践与认识, 2021, 51(5):1-12.
- [15] 王小燕, 张中艳. 带网络结构的自适应 Lasso 财务风险预警模型[J]. 数理统计与管理, 2021,40(5):888-900.

[收稿日期:2023-08-31] (编辑: 毕然)

《中国卫生经济》稿约

《中国卫生经济》杂志是由中华人民共和国国家卫生健康委员会主管，中国卫生经济学会、国家卫生健康委卫生发展研究中心（原卫生部卫生经济研究所）主办的卫生经济专业学术期刊。自1982年1月5日创刊以来，历经40年的不懈努力，在期刊影响力方面，《中国卫生经济》杂志不但集“中国中文核心期刊”“中国科技核心期刊”和“RCCSE中国核心学术期刊”三大核心期刊称号于一身，而且还成为了医药卫生事业管理学科期刊中最具影响力的期刊。

1 办刊宗旨

坚持党的四项基本原则，贯彻“百花齐放、百家争鸣”方针，研究社会主义卫生经济学理论，探索卫生经济客观规律，普及和提高卫生经济学知识，交流卫生经济管理和实践经验，理论联系实际，积极为卫生改革和发展服务。

2 读者对象

医药卫生行政部门及相关行政部门领导，医药卫生事业单位管理者，高等院校、科研机构的相关教学与研究人员，基层卫生经济工作者。

3 征稿范围

本刊征稿范围囊括卫生经济学所有研究领域，重点包括：卫生经济理论研究、卫生经济政策分析与评估、卫生筹资、卫生资源配置、区域卫生规划、医疗保障（医疗保险、医疗救助）、公共卫生服务、基层卫生服务、卫生服务价格、卫生服务调查（卫生服务需求、供给与市场）、疾病负担、健康投资效益、健康行为经济、健康产业、经济运营、管理与评价、财会与审计、专题研究、卫生改革、药物经济以及境外卫生经济动态等……

详见《中国卫生经济》官网（www.cn-he.cn）“投稿须知”栏目中的“《中国卫生经济》稿约”。