



专栏：能源互联网

基于自编码器的 PCA-SOM 公共服务资源配置评价与选址优化决策方法

魏军, 王华, 郭芳琳, 张文波, 杨蓉
(国网甘肃省电力公司, 甘肃 兰州 730050)

摘要: 当前城市规划和公共服务资源配置存在分配不均和选址效率低下的问题。将公共服务资源的电力消耗数据与其资源数量、区域人口数量相结合, 基于主成分分析 (principal component analysis, PCA) 评估各区域公共服务资源的配置状况, 并以兰州市为案例, 运用自组织映射 (self-organizing mapping, SOM) 算法进行教育资源的优化选址。研究发现, 电力数据能有效指示资源配置的不足, 并为优化分配提供精确的指导。尤其在兰州市, SOM 算法的应用不仅提高了教育资源选址的效率, 还促进了资源的公平分配。不仅为甘肃省提供了公共服务资源配置的科学决策依据, 也为其他地区在相似领域的研究提供了参考。

关键词: 公共服务资源配置; 电力数据; 主成分分析; 自组织映射; 选址优化

中图分类号: TP29; V241

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2024034

Public service resource allocation evaluation and site selection optimization decision making method using PCA-SOM based on autoencoder

WEI Jun, WANG Hua, GUO Fanglin, ZHANG Wenbo, YANG Rong
State Grid Gansu Electric Power Company, Lanzhou 730050, China

Abstract: The distribution of urban planning and allocation of public service resources currently lacks consistency and suffers from inefficient siting. Electricity consumption data for public service resources was combined with resource quantity and regional population size to evaluate the allocation of public service resources in each region using principal component analysis (PCA). Additionally, the self-organizing mapping (SOM) algorithm was utilized to optimize the siting of educational resources in Lanzhou City as a case. The power data demonstrated the inadequacy of resource allocation and offered accurate guidance for optimal allocation, especially in Lanzhou City. By utilizing the SOM algorithm, the efficiency of educational resource siting was enhanced, and resource allocation was fairly promoted. This study offers a well-researched justification for public service resource allocation in Gansu Province, and serves as a significant reference point for similar research in other regions.

Key words: allocation of public service resource, power data, principal component analysis, self-organizing mapping, site selection optimization

0 引言

在当前的城市发展和公共服务领域,资源配置效率和准确性是关键问题。伴随城市化进程的加速,公共服务资源,如教育、医疗、交通等,面临着分配不均和选址效率低下的挑战。这不仅影响了资源利用效率,还进一步加剧社会不平等。鉴于此,本研究旨在提高公共服务资源配置的效率和公平性,这对于推动城市的可持续发展和提高居民生活质量具有重要意义。

现有研究集中在使用传统的统计数据和经验模型来指导公共资源配置,但这些方法往往忽视了实际的使用情况。例如,文献[1]使用空间多准则决策理论构建评价模型,专注于深圳市,但地域性限制了其普适性。文献[2]通过图论、空间聚类理论和运筹规划理论,优化了3类公共设施的选址,尽管模型健全,但缺乏特定区域的实际应用案例。文献[3]针对河北省的社会保障服务,提出了综合评价和对策,但研究仅限于河北省。文献[4]揭示了地区间的公共服务质量差异,但其研究依旧局限于自治区。文献[5]探讨了基于空间分析和遗传算法的公共服务设施选址,其方法在空间配置方面具有创新性,但可能缺乏对不同地区具体需求的适应性。文献[6]结合遗传算法和景区需求,提供了一种新的公共设施选址方法,但其专注于景区,限制了在其他环境的适用性。文献[7]以均衡性和可达性为核心,提出了城市图书馆选址的优化策略,这种方法虽然促进了资源的合理分配,但可能不适用于其他类型的公共设施。文献[8]侧重于应急服务设施的选址,考虑了人口因素,对于应急响应具有实际意义,但在非紧急情境下的适用性有待验证。文献[9]针对资源型城市的特殊情况,评价政府公共服务,提出了转型策略,但其适用性仅限于类似的资源型城市。文献[10]结合罚函数和人流流动性因素优化公共交通选址,其方法考虑了动态因素,但可能需要进一步适应不同城

市的交通格局。文献[11]探讨了应急避难场所的优化选址,重点在于服务效用和备用覆盖,这对于灾害响应至关重要,但在常态服务配置中的适用性未明确。文献[12]专注于公共自行车服务点的优化选址,展示了具体应用场景下的方法应用,但其方法可能需要调整以适应其他类型的公共服务设施。文献[13]在新疆这一特定区域中评估了公共服务资源配置,提供了城乡互动的新视角,但其独特的地理和社会环境限制了研究的普遍适用性。文献[14]从轨道交通站点的角度出发,探讨了公共设施的布局优化,其方法具有针对性,但可能需针对非轨道交通环境调整。这些研究虽然提供了宝贵的见解,但也存在局限性,如数据的时效性不足、模型的适用性有限等。

相较于传统的统计方法,主成分分析(principal component analysis, PCA)算法作为一种无监督的神经网络^[15],通过学习数据的自表示,自编码器不需要事先对数据的分布或结构做出假设,并且它能够通过数据重建过程来发现并利用数据的内在结构,即使在数据高度复杂或维度较高的情况下也能有效工作。统计方法往往需要基于特定的假设或理论框架来构建,这可能限制了它们处理未知模式或新情况的能力。而自组织映射(self-organizing mapping, SOM)算法针对公共资源配置的选址优化决策问题,其能够处理复杂、高维度的数据集,通过网络自我组织的方式发现数据间隐含的模式和关系,无须预设具体的数学模型。这使得SOM特别适合用来处理用电量数据、人口统计数据以及其他相关数据,以识别潜在的最佳选址条件和因素。而传统统计模型通常依赖于明确定义的假设,如线性关系或特定的分布模型,并且需要明确的变量选择和参数设定。这些模型在处理直观明了、结构化良好的问题时效果显著,但可能难以捕捉复杂问题中的非线性关系或高维度交互。

为了填补这一空白,本文提出将电力消耗数



据作为评估公共服务资源配置的新指标。电力数据不仅能反映设施的使用情况，还能揭示人口密度和经济活动的分布。该方法论的目标是通过结合电力消耗数据、资源数量和区域人口数量，使用 PCA 和 SOM 算法，评估和优化甘肃省各地市的公共服务资源配置，并指导限定区域的全类型公共服务资源选址。

1 研究方法

1.1 PCA 算法原理及 SOM 算法原理

1.1.1 PCA 算法原理

PCA 算法是一种数据压缩和数据降维的分析技术。PCA 算法通过构造一系列线性组合新变量，并在彼此不相关的前提下反映原始数据的信息，且在不影响预测结果的条件下，对公共服务资源配置评价的影响因素进行简化，从而提升预测效率。PCA 算法的计算步骤如下。

数据标准化处理。设总样本为 n 项，指标数为 m 项， x_{ij} ($i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,m$) 为第 i 组样本的第 j 项指标的数值， $\bar{x}_j$ 为第 j 项指标的平均值， S_j 为样本方差，按式 (1) 对样本数据进行标准化处理，可得到标准化矩阵：

$$x_{ij}^* = \frac{(x_{ij} - \bar{x}_j)}{S_j} \quad (1)$$

其中， x_{ij}^* 为标准值。

建立相关系数矩阵 $R_{m \times n}$ 。按式 (2)、式 (3) 建立相关系数矩阵 $R_{m \times n}$ 。

$$R_{m \times n} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^m (x_{ki} - \bar{x}_i)(x_{kj} - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sum_{k=1}^m (x_{ki} - \bar{x}_i)^2 \sum_{k=1}^m (x_{kj} - \bar{x}_j)^2}} \quad (3)$$

其中， r_{ij} 为相关系数矩阵每一项值； x_{ki} 为第 k 组样本的第 i 项指标的数值， x_{kj} 为第 k 组样本的第 j 项指标的数值， $\bar{x}_i$ 为第 i 项指标的平均值， $\bar{x}_j$ 为第 j 项指标的平均值。

计算主成分的贡献率和累计贡献率。依据 $|R - \lambda E|$ 求解特征根 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_m$ ，求出齐次线性方程组 $|R - \lambda_i E|u = 0$ 的特征向量 $u_1, u_2, \dots, u_m$ ，并计算主成分 F_i 的贡献率 e_i 和累计贡献率 P ，其计算式如下：

$$e_i = \frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^m \lambda_i} \times 100\% \quad (4)$$

$$P = \sum_{i=1}^p e_i \quad (5)$$

一般情况下，当 p 个影响因素的累计贡献率超过 80% 时，就可以使用 p 个影响因素代替所有的影响因素。本文为了保障预测结果的准确性，将选择累计贡献率 P 超过 90% 的影响因素数据代替所有的影响因素数据来研究。

1.1.2 SOM 算法原理

SOM 算法，其神经元之间基于先竞争再合作的原则，不断地更新识别模式集，是典型的无监督前馈式网络模型^[16]。SOM 神经网络模型结构如图 1 所示。

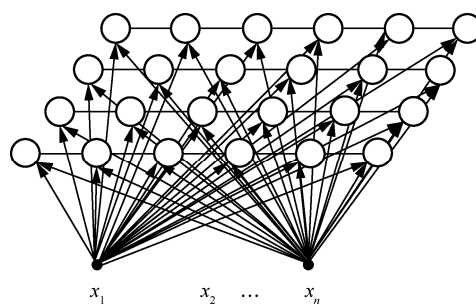


图 1 SOM 神经网络模型结构

SOM 网络模型由输入层、竞争层构成。图 1 中，输入层由 n 个神经元组成，对应输入 x_i ($i \in [1, n]$)；竞争层神经元数量为 m ，与权值向量 w_i 分别连接，相互对应。SOM 网络模型通过不断调节低

维至高维网络节点的连接权值，以识别给定数据集的模式类别，其算法包括网络初始化、输入向量设置等。

初始化。赋予权值向量 $[0, 1]$ 任意值，用 w_i 表示；学习速率用 η 表示， $\eta \in [0, 1]$ 。

设置输入向量 $\mathbf{X}(n)$ ，如下：

$$\mathbf{X}(n) = [x_1(n), x_2(n), \dots, x_N(n)]^T \quad (6)$$

获取欧氏距离值。欧氏距离 d_i 的计算式如下：

$$d_i = \|\mathbf{X} - \mathbf{W}_j\| = \sqrt{\sum_{i=1}^n [x_i(t) - W_{ij}(t)]^2} \quad (7)$$

其中， W_{ij} 为连接输入层到映射层神经元间的权值。

标记出获胜神经元。输入向量 $\mathbf{X}$ ，获胜神经元 c 的计算式如下：

$$\|\mathbf{X} - \mathbf{W}_c\| = \min_i \|\mathbf{X} - \mathbf{W}_c\| \quad (8)$$

其中， $i=(1, 2, \dots, m)$ 。

优化权值，调整输入神经元及其邻域神经元之间的连接权值，计算式如下：

$$\Delta W_{ij} = W_{ij}(t+1) - W_{ij} = \eta(t)[x_i(t) - W_{ij}(t)] \quad (9)$$

其中， $\eta(t)$ 为 t 时刻的学习速率， $\eta(t) \in [0, 1]$ 。 $\eta(t)$ 随时间增加逐渐减小，与 t 成反比，计算式如下：

$$\eta(t) = \frac{1}{t} \quad (10)$$

$$\eta(t) = 0.2 \left(1 - \frac{t}{1000} \right) \quad (11)$$

计算输出值 O_k ，计算式如下：

$$O_k = f(\min_j \|\mathbf{X} - \mathbf{W}_j\|) \quad (12)$$

判断模型输出结果是否与其类别一致，如结果满足分类要求，输出；如未满足则继续学习，直至与判定结果相符，结束学习并输出结果。

2 基于 PCA 的公共服务资源综合评价框架

基于 PCA 的公共服务资源综合评价框架如图 2 所示，首先在数据预处理阶段，检查时间连续性，采用与日期缺失值相同的历史数据进行填补。针对数据集中的缺失值采用相邻时刻的均值进行填补。其次，将教育数据、医疗数据、文体数据等离散特征进行独热（One-Hot）编码^[17]，在人为设定特征的基础上再使用自编码器对历史用电量数据进行特征提取，挖掘其内在非线性关系以及时序变化特性，对获得的指标数据进行标准化处理，以消除变量间在数量级和量纲上的不同，计算标准化数据的相关矩阵的特征值和特征向量，计算各项指标的方差贡献率。以各项指标的方差贡献率为权，由各项指标的线性组合计算综合得分，从而实现通过 PCA 算法根据权重对不同区域的公共服务资源进行评价，以确定各地区资源配置的丰富度及效率。本文深入分析了甘肃省公共服务资源的配置和使用情况，特别是从电力消费的角度来观察资源的分布和效率。

3 基于 SOM 的公共服务资源选址优化框架

基于 SOM 的公共服务资源选址优化框架如图 3 所示，本文采取一种结合定量分析与空间规划的综合方法对公共服务资源选址展开优化研究。首先，以兰州市作为典型案例进行研究，利用该地区的具体数据来构建一个更加精确的选址模型。核心流程分为以下几个步骤。

一是数据收集与居住点规模指数构建：首先，收集关于兰州市的居民用电量和户数数据。这些数据用于构建居住点规模指数，它是衡量居住区大小和密度的关键指标。根据规模指数，居住点被分类为极小型、小型、中型、大型和极大型，各个类别对应不同的规模指数范围。

二是公共服务资源可到达半径的确定：每类

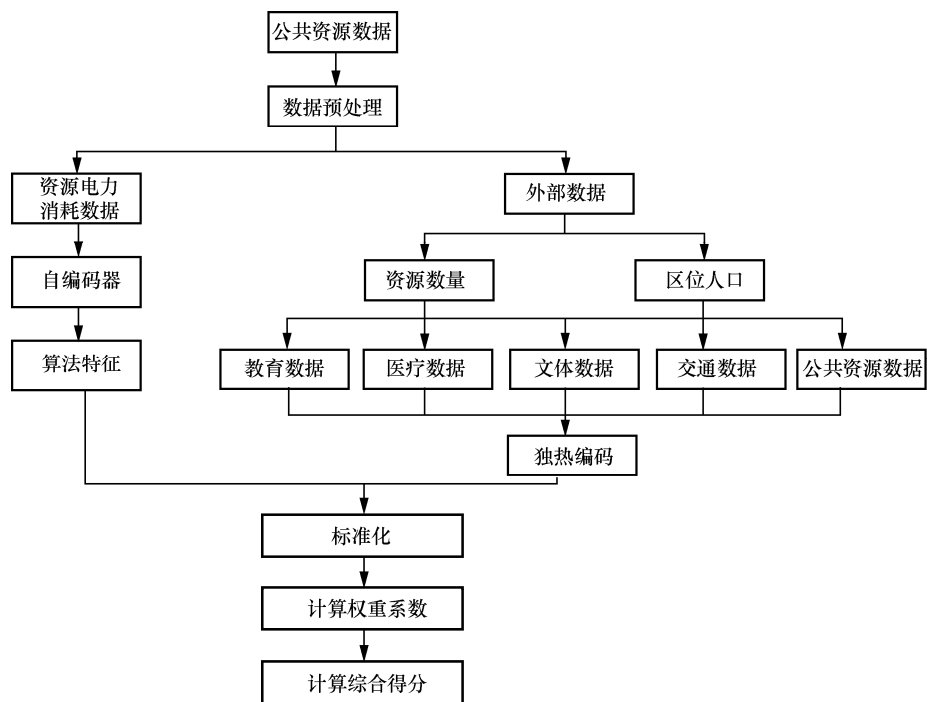


图2 基于PCA的公共服务资源综合评价框架

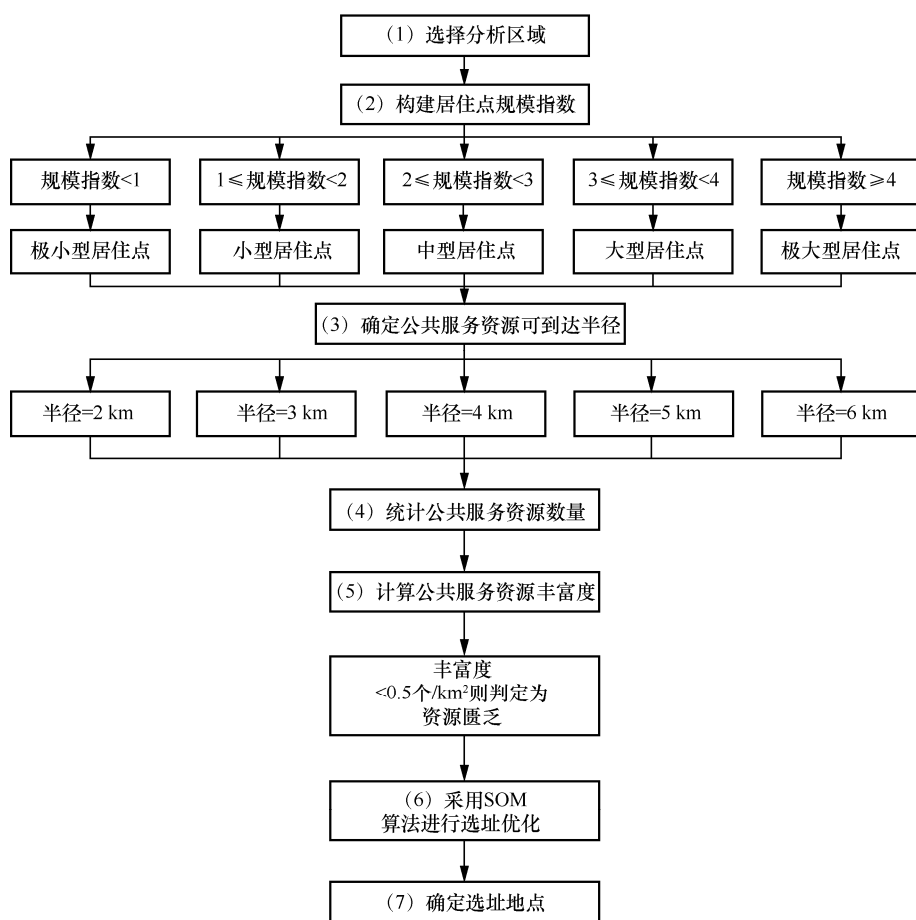


图3 基于SOM的公共服务资源选址优化框架

居住点根据其规模指数被赋予一个特定的公共设施资源可到达半径。该半径定义了居民可以合理到达的公共服务资源的最大距离,不同规模的居住点具有不同的半径设定。

三是公共服务资源数量的统计与丰富度计算:在每个居住点的可到达半径内,统计公共服务资源的数量,并使用计算式 $n/(\pi r^2)$ 来计算公共服务资源的丰富度。这个比值反映了公共服务资源在给定区域内的分布密度。公共服务资源丰富度低于 0.5 个/ km^2 的居住点被判定为资源匮乏。

四是选址优化主模型的构建:采用 SOM 算法作为选址优化的主要工具。该算法通过模拟人脑的神经网络结构,对复杂数据进行可视化和聚类分析。在本文中, SOM 算法用于处理和解析公共设施资源分布的数据,以识别资源匮乏地区的模式和趋势。然后,根据这些模式和趋势确定公共设施资源的最佳修建地点,以期最大化地改善资源匮乏的状况。

该流程综合考虑了居住点的规模、公共设施的可达性以及资源的实际分布情况,采用先进的数据分析方法来指导公共设施的选址,旨在实现资源配置的效率及公平性最大化。

4 特征工程

4.1 特征构建

围绕可能影响公共服务资源配置评价的因素进行特征构建,并通过选择与公共资源用电量相关性较高的公共资源评价指标,进一步提高模型的预测能力和泛化能力。同时,特征的构建可降低模型训练过程中过拟合的风险。可解释的特征构建能够帮助目标变量背后的机制特征,提供更深入的业务决策和可解释性。

4.1.1 人工特征构建

(1) 教育因素

考虑教育数量、师资力量等因素,这些指标直观反映教育质量,从而影响公共服务资源的评价得分表现。因此,基于教育数据构建人均大学数、人均中学数、大学生数、中学生数、大学教师数、中学教师数、学生数、教师数等特征。

(2) 医疗因素

考虑医疗数量、医疗团队力量等因素,这些指标直观反映医疗质量,从而影响公共服务资源评价得分表现。因此,基于医疗数据构建人均综合医院数、人均医疗保健场所数、人均诊所数、人均疾病预防机构数、人均医生配比数等特征。

(3) 文体因素

考虑文体数量、文体团队力量等因素,这些指标直观反映文体质量,从而影响公共服务资源评价得分表现。因此,基于文体数据构建人均公园数、人均纪念馆数、人均运动场数、人均博物馆数、人均文化馆数等特征。

(4) 交通因素

考虑交通数量、交通团队力量等因素,这些指标直观反映交通质量,从而影响公共服务资源评价得分表现。因此,基于交通数据构建人均停车场数、人均加气站数、人均加油站数、人均充电站数等特征。

(5) 公共设施因素

考虑公共设施数量、公共设施团队力量等因素,这些指标直观反映公共设施质量,从而影响公共服务资源评价得分表现。因此,基于公共设施数据构建人均公共厕所数、人均紧急避难所数、人均绿化面积等特征。

4.1.2 基于自编码器的资源用电量数据特征提取

自编码器是一种无监督学习模型,用于学习有效的数据表示或特征提取^[18]。它由编码器和解码器两部分组成,可以将输入数据压缩为低维编码,然后重构回原始数据。

自编码器的主要目标是通过最小化重构误差来学习数据的压缩表示,同时保留对原始数据的重建能力。这使得自编码器能够学习到数据中的



主要特征，并用更紧凑的表示形式来表示数据。

在资源用电量特征提取方面，自编码器被用于学习用电量数据的潜在特征表示。它可以提取数据中的非线性和高阶特征，并且对于不同类型的数据都具有一定的适用性。通过使用自编码器进行用电量数据特征提取，可以提高用电量数据的表征能力。

本研究采用 3 层网络结构的自编码器进行特征提取，涵盖输入层、编码层及解码层。自编码器模型使用 Adam 优化器和均方差损失函数进行编译。然后使用资源用电量数据作为输入和目标输出进行训练。训练完成后，编码器模型被用于从资源用电量数据中提取特征，这些特征被展平为二维数组，然后使用 PCA 进一步降低维度。

4.2 特征选择

特征选择是指从上述特征集合中选择最相关、最具有信息量的特征子集的过程。作为特征工程的关键步骤，旨在减少特征维度、提高模型的性能和泛化能力，并降低模型复杂性。本研究采用皮尔森相关系数^[19]对特征与目标变量进行相关性分析，并通过显著性检验进行特征的最终选取。相关系数计算式如下：

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}} \quad (13)$$

其中， Y_i 为第 i 个用电量数据， $\bar{Y}$ 为用电量数据的均值， X_i 为第 i 个用电量数据所对应的特征变量， $\bar{X}$ 为用电量数据所对应特征变量的均值。相关系数 $|r|$ 越接近 1，两者相关性越强， $|r|$ 越接近 0，两者相关性越弱。

本研究中，将一个城市中 5 类公共资源的用电量与公共资源中的每项指标进行相关性系数的计算。根据计算结果，通过显著性检验找出与用电量相关性较大的指标，剔除负相关或相关性小的指标。与用电量高度相关的特征进一步反映经济活动、人口密度与公共资源的指标间的联系。最终，

将用电量与选取后的特征作为自编码器的输入。

通过相关性系数计算结果，选取教育用电量、学校数、医疗用电量、医疗机构数、文体用电量、文体机构数、交通用电量、公路长度、公共设施用电量和公共厕所数等指标作为公共资源配置评价模型的输入。

5 实例分析

5.1 实验数据集

本研究的数据集为甘肃省各主要城市 2019 年 1 月 1 日—2022 年 12 月 31 日 4 年时间内 5 类资源的用电量数据，并涵盖各类型公共服务资源数量、区域人口数据以及城乡类别标识，数据的时间粒度为月。数据按照 8 : 1 : 1 的比例划分为训练集、测试集和验证集。

5.2 数据预处理及评价指标

5.2.1 数据处理

针对特征选择后的数据，将对模型输入数据进行最值归一化，以帮助模型更快收敛，加快模型训练速度。降低异常值对模型拟合效果的影响，提高模型的鲁棒性。最值归一化计算式如下。

$$X = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} \quad (14)$$

其中， X 为最值归一化结果， x 为原始数据， $\min(x)$ 为原始数据中的最小值， $\max(x)$ 为原始数据中的最大值。

5.2.2 评价指标

基于 PCA 的公共服务资源配置的评价，评价指标如式 (15) 所示。将标准化后的各项指标值加权求和，计算出甘肃各地市的公共服务资源综合得分及其单项得分。

$$\text{score} = \sum_{i=0}^n x_i \times w_i \quad (15)$$

其中， n 表示特征向量的数量， x_i 为第 i 个采样点的特征值， w_i 为第 i 个采样点的权重。评价指标越大，代表地市公共服务资源配置评价高。

5.3 实验结果

5.3.1 公共服务资源配置评价结果

实验对标准化后的指标数据进行主成分分析，计算主成分的特征值与贡献率。通过成分载荷、特征根计算权重系数，即各类型公共资源特征的权重值。以兰州市为例，公共资源特征的权重系数见表 1。

表 1 公共资源特征的权重系数	
指标	权重系数
大学教师数	0.022 533 281
大学生数	0.022 477 434
2022 年人均道路长度	0.021 844 54
人均文体月用电量	0.021 598 028
人均大学数	0.021 495 013
人均紧急避难所数	0.021 326 954
人均服务区数	0.021 283 944
2022 年人均公共照明灯数	0.021 244 765
人均教育月用电量	0.021 214 884
人均运动场馆数	0.020 887 709
人均加气站数	0.020 529 923
人均博物馆数	0.020 527 99
2022 年人均绿化面积	0.020 458 732
人均加油站数	0.020 328 201
人均医疗月用电量	0.020 266 524
人均图书馆数	0.020 241 783
人均疾病预防机构数	0.020 104 298
2022 年人均道路面积	0.019 996 246
人均科研机构数	0.019 917 651
人均纪念馆数	0.019 860 909
人均公园数	0.019 846 462
人均文化宫数	0.019 698 677
人均公交车站数	0.019 639 895

将标准化后的各项指标值加权求和，计算出甘肃各地市的公共服务资源综合得分及其单项得

分。各城市综合及教育资源评分见表 2，各城市医疗及教育资源评分见表 3，各城市交通及公共设施资源评分见表 4。

表 2 各城市综合及教育资源评分		
地市	综合得分	教育得分
兰州市	100	48
酒泉市	85	19
嘉峪关市	85	14
金昌市	74	19
张掖市	74	19
庆阳市	68	33
白银市	67	31
平凉市	67	30

表 3 各城市医疗及教育资源评分		
地市	医疗得分	文体得分
兰州市	16	14
酒泉市	15	20
嘉峪关市	11	24
金昌市	14	18
张掖市	16	17
庆阳市	13	10
白银市	7	11
平凉市	13	9

表 4 各城市交通及公共设施资源评分		
地市	交通得分	公共设施得分
兰州市	14	9
酒泉市	24	8
嘉峪关市	23	12
金昌市	15	14
张掖市	12	10
庆阳市	9	2
白银市	15	4
平凉市	11	3



评价模型显示,如兰州市、酒泉市、嘉峪关市等人口密集区和商业活动区的公共服务资源配置效率较高,而临夏市、陇南市等工业区和低密度居住区资源配置存在显著不足。天水市、定西市等高人口密度区域面临资源过载问题,需要优化资源分配。

5.3.2 公共服务资源选址优化结果

选取兰州市作为教育资源分析典型,针对教育资源欠缺的区域建立教育资源选址优化模型,为教育资源选址提供建议,优化区域教育资源布局,促进资源合理配置。

经教育资源选址优化模型分析得出,兰州市存在 7 个教育资源最佳修建地点。第一修建点位于兰州市榆中县榆中站附近,修建后可优化 285 个居住点的教育资源匮乏情况;第二修建点位于兰州市皋兰县建德大厦附近,修建后可优化 177 个居住点的教育资源匮乏情况;第三修建点位于兰州市城关区黄鼠湾附近,修建后可优化 176 个居住点的教育资源匮乏情况;第四修建点位于兰州市西固区罗圈岸附近,修建后可优化 167 个居住点的教育资源匮乏情况;第五修建点位于兰州市永登县秦川镇附近,修建后可优化 143 个居住点的教育资源匮乏情况;第六修建点位于兰州市红古区苗家湾附近,修建后可优化 126 个居住点的教育资源匮乏情况;第七修建点位于兰州市永登县中堡镇附近,修建后可优化 117 个居住点的教育资源匮乏情况。

5.4 讨论

本研究的实验使用 PCA 和 SOM 算法有效评估了甘肃省各地市的公共服务资源配置,并在兰州市成功实施了教育资源的优化选址。这一发现与以往依赖人口统计和经济模型的研究有显著差异,显示出电力数据在实际应用中的高度相关性和实用性。尤其是 SOM 算法的应用,不仅提高了教育资源选址的效率,还促进了资源的公平分配。这项研究为利用电力数据进行

更精确的公共服务资源配置提供了新的视角,对城市规划和资源管理领域具有重要的理论和实际意义。

6 结束语

结合电力消耗数据、公共服务资源数量和区域人口数量,通过 PCA 及 SOM 算法,能够有效评估和优化公共服务资源配置及其选址,尤其是在兰州市的教育资源选址方面。这一方法不仅提升了选址效率,还促进了资源的公平分配。此发现对理论研究和实际应用均有显著贡献,为城市规划和资源管理提供了基于电力数据的新视角和工具。然而,本文研究也存在局限性,主要体现在对现有电力数据质量的依赖,及其在不同地区的普适性问题。未来研究应考虑融合更多数据源和分析方法,如环境、经济和社会因素,以增强模型的适应性和预测精度,并探索在其他领域和地区应用电力数据进行资源配置的可能性,以便为更广泛的应用提供深入洞见和有效策略。

参考文献:

- [1] 张雅丽,朱文健,陈燕萍.城市公共住房用地选址适宜性评价模型研究:兼顾城市发展潜力与土地机会成本的分析与应用[J].住区,2021(5):95-103.
ZHANG Y L, ZHU W J, CHEN Y P. The evaluation method of site selection for urban public housing: an analysis and application with considerations of urban development and opportunity cost of land[J]. Design Community, 2021(5): 95-103.
- [2] 李永森,潘若愚,李传军.公共设施选址优化研究[J].安徽建筑工业学院学报(自然科学版),2009,17(6):45-48.
LI Y S, PAN R Y, LI C J. Study on the optimization of the spatial distribution of the location of public facilities[J]. Journal of Anhui Institute of Architecture & Industry (Natural Science), 2009, 17(6): 45-48.
- [3] 王芳.河北省社会保障公共服务体系综合评价及对策研究[J].农村经济与科技,2014,25(10):135-136.
WANG F. Comprehensive evaluation and countermeasures of social security public service system in Hebei Province[J]. Ru-

- ral Economy and Science-Technology, 2014, 25(10): 135-136.
- [4] 张超, 董建敏. 内蒙古区域基本公共服务质量评价研究[J]. 现代商贸工业, 2023, 44(2): 8-11.
- ZHANG C, DONG J M. Study on quality evaluation of regional basic public services in Inner Mongolia[J]. Modern Business Trade Industry, 2023, 44(2): 8-11.
- [5] 马绍忠, 马骁驰, 滕立生. 基于空间分析和遗传算法的公共服务设施选址[J]. 国土资源信息化, 2017(5): 22-26.
- MA S Z, MA X C, TENG L S. Site selection of public service facilities based on spatial analysis and genetic algorithm[J]. Land and Resources Informatization, 2017(5): 22-26.
- [6] 张鑫, 李柯宜, 赵越. 基于遗传算法的景区公共设施和配送中心选址: 以南京市为例[J]. 现代商贸工业, 2023, 44(19): 44-46.
- ZHANG X, LI K Y, ZHAO Y. Location selection of public facilities and distribution centers in scenic spots based on genetic algorithm—a case study of Nanjing[J]. Modern Business Trade Industry, 2023, 44(19): 44-46.
- [7] 孙晓雅. 考虑均衡性与可达性的城市书房选址优化研究[J]. 图书情报导刊, 2021, 6(6): 16-22.
- SUN X Y. Research on the optimization of urban schoolroom's site selection considering the proportionality and accessibility[J]. Journal of Library and Information Science, 2021, 6(6): 16-22.
- [8] 马圆圆, 李珍萍. 考虑人口因素的公共应急服务设施选址问题研究[J]. 物流技术, 2011, 30(19): 91-94.
- MA Y Y, LI Z P. Study on the population factor considered location problem of public emergency service facilities[J]. Logistics Technology, 2011, 30(19): 91-94.
- [9] 孙剑. 煤炭资源型城市转型中的政府公共服务评价研究——以黑龙江省鸡西市为例[J]. 煤炭经济研究, 2019, 39(9): 28-32.
- SUN J. Research on evaluation of government public service in the transformation of coal resource-based cities—taking “Jixi City, Heilongjiang Province” as an example[J]. Coal Economic Research, 2019, 39(9): 28-32.
- [10] 王秦, 蔡思扬, 张运章. 基于罚函数及人群流动性因子的城市公共交通的选址优化研究[J]. 商丘师范学院学报, 2023, 39(3): 1-6.
- WANG Q, CAI S Y, ZHANG Y Z. Research on location optimization of urban public transport based on penalty function and crowd mobility factor[J]. Journal of Shangqiu Normal University, 2023, 39(3): 1-6.
- [11] 霍非舟, 余静静, 曾益萍, 等. 基于服务效用与备用覆盖的应急避难场所选址优化研究[J]. 安全与环境学报, 2023, 23(5): 1449-1456.
- HUO F Z, YU J J, ZENG Y P, et al. Study on location selection of emergency shelters based on service utility and backup coverage[J]. Journal of Safety and Environment, 2023, 23(5): 1449-1456.
- [12] 罗斌, 刘佳伟. 下沙高教区新增公共自行车服务点选址优化分析[J]. 商业经济, 2011(17): 59-61.
- LUO B, LIU J W. Optimization analysis on the location of new public bicycle service points in Xiasha higher education zone[J]. Business Economy, 2011(17): 59-61.
- [13] 吴文婕, 韩鹤, 赵艳梅, 等. 新疆公共服务资源空间配置与城乡互动耦合协调发展评价[J]. 干旱区地理, 2020, 43(4): 1117-1126.
- WU W J, HAN H, ZHAO Y M, et al. Coupling coordination evaluation on public service resource spatial allocation and the urban-rural interaction development in Xinjiang[J]. Arid Land Geography, 2020, 43(4): 1117-1126.
- [14] 钱征寒, 刘泉, 张莞莅. 选址优化视角下的轨道站点地区公共设施布局[J]. 上海城市规划, 2022(6): 159-166.
- QIAN Z H, LIU Q, ZHANG W L. Public service facility layout in transit railway station area under the perspective of location optimization[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2022(6): 159-166.
- [15] 韦炬, 黄晓莹. 大型IP网络时延的主成分分析[J]. 电信科学, 2021, 37(4): 62-72.
- WEI X, HUANG X Y. Principal component analysis of time delay in large IP network[J]. Telecommunications Science, 2021, 37(4): 62-72.
- [16] 郑奎奎, 刘海滨. 一种基于 SOM 划分的 FP-growth 算法[J]. 计算机技术与发展, 2018, 28(4): 71-76, 81.
- JIA K K, LIU H B. A FP-growth algorithm based on SOM partition[J]. Computer Technology and Development, 2018, 28(4): 71-76, 81.
- [17] 朱琳, 赵娟, 王伊婷, 等. 移动通信网络投诉热点问题智能预警方法[J]. 电信科学, 2019, 35(5): 17-24.
- ZHU L, ZHAO J, WANG Y T, et al. Smart prediction of the complaint hotspot problem in mobile network[J]. Telecommunications Science, 2019, 35(5): 17-24.
- [18] 张洪波, 隋文涛, 袁林, 等. 基于深度自编码器网络的压盖缺陷检测[J]. 计算机技术与发展, 2022, 32(2): 143-147.
- ZHANG H B, SUI W T, YUAN L, et al. Capping defect detection based on deep autoencoder network[J]. Computer Technology and Development, 2022, 32(2): 143-147.



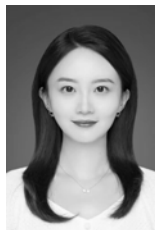
[19] 胡坚, 孙磊, 尹以雁, 等. 基于数据挖掘和地理可视化的 4G/5G 语音质量优化研究[J]. 电信科学, 2022, 38(10): 131-139.

HU J, SUN L, YIN Y Y, et al. Research on 4G/5G voice quality optimization based on data mining and geographic visualization[J]. Telecommunications Science, 2022, 38(10): 131-139.

[作者简介]



魏军（1987—），女，国网甘肃省电力公司数字化事业部数据运营中心主任、高级工程师，主要研究方向为数据管理。



郭芳琳（1990—），女，国网甘肃省电力公司数字化事业部数据运营中心工程师，主要研究方向为数据平台。



张文波（1996—），男，国网甘肃省电力公司数字化事业部数据运营中心助理工程师，主要研究方向为数据应用。



王华（1988—），女，国网甘肃省电力公司数字化事业部数据运营中心主管、工程师，主要研究方向为电力信息化。



杨蓉（1994—），女，国网甘肃省电力公司数字化事业部数据运营中心工程师，主要研究方向为数据挖掘、大数据应用。