

基于鱼群算法优化的BP神经网络模型的互联网+分级诊疗模式民众满意度分析

汤佳乐, 王超凡, 王柏淋, 盛果妮

绍兴文理学院数理信息学院, 浙江 绍兴

收稿日期: 2022年9月13日; 录用日期: 2022年10月12日; 发布日期: 2022年10月24日

摘要

“互联网+分级诊疗”是在“互联网+医疗”背景下,以医疗服务数据平台系统为依托,设置转诊系统、信息共享系统、远程门诊系统、远程协作系统、监督管理系统的分级诊疗模式。该模式为传统分级诊疗模式排忧解难。在此背景下,本文首先基于ACSI模型的民众满意度评价指标体系,借助基于鱼群算法优化的BP神经网络模型得出评价数据,对评价结果进行全面、详尽、客观的分析,为政府部门及各级医院提供客观、科学的数据分析资料,就如何推进“互联网+分级诊疗”模式,提出一些具有推广价值的可行性经验。

关键词

ACSI模型, 互联网+分级诊疗, 鱼群算法, 神经网络

Public Satisfaction Analysis of Internet + Hierarchical Medical Mode Based on BP Neural Network Model Optimized by Fish Swarm Algorithm

Jiale Tang, Chaofan Wang, Bolin Wang, Guoni Sheng

Faculty of Mathematical Information, Shaoxing University, Shaoxing Zhejiang

Received: Sep. 13th, 2022; accepted: Oct. 12th, 2022; published: Oct. 24th, 2022

Abstract

“Internet + Hierarchical Diagnosis and Treatment” is a hierarchical diagnosis and treatment mode

文章引用: 汤佳乐, 王超凡, 王柏淋, 盛果妮. 基于鱼群算法优化的 BP 神经网络模型的互联网+分级诊疗模式民众满意度分析[J]. 计算机科学与应用, 2022, 12(10): 2300-2306. DOI: 10.12677/csa.2022.1210235

based on the medical service data platform system under the background of “Internet + medical treatment”, which sets up referral system, information sharing system, remote outpatient system, remote cooperation system and supervision and management system. This model solves problems for the traditional hierarchical diagnosis and treatment model. In this context, firstly, based on the public satisfaction evaluation index system of ACSI model, this paper obtained the evaluation data with the help of BP neural network model optimized by fish swarm algorithm, conducted a comprehensive, detailed and objective analysis of the evaluation results, and provided objective and scientific data analysis materials for government departments and hospitals at all levels. On how to promote the model of “Internet + hierarchical diagnosis and treatment”, some feasible experiences with promotion value are put forward.

Keywords

ACSI Model, Internet + Hierarchical Diagnosis and Treatment, Fish Swarm Algorithm, Neural Network

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

“互联网+分级诊疗”是医学的全新领域分支，能够完善传统分级诊疗的不足。但是人们对于“互联网+分级诊疗”还存在着从认知到接受再到使用这一漫长的过程，需要不断完善。因此，本文以“互联网+分级诊疗”为中心点，利用所得数据借助基于鱼群算法改进的BP神经网络模型分析民众对“互联网+分级诊疗”的满意度，认清目前“互联网+分级诊疗”模式发展的困境和挑战，最终得到推动“互联网+分级诊疗”模式渗透入民众生活且稳健发展的突破点。鱼群算法具备良好的寻优特性，可以有效地克服神经网络进行评价时收敛速度慢、易陷入局部最优值的问题，使神经网络更快地找到全局最优值。

2. 研究背景

伴随老龄化、城镇化等社会经济转型过程，居民基本健康需求增长迅速，呈现出多样化特点，给基本医疗卫生服务体系的建立与完善带来了挑战，主要体现在现有医疗服务体系布局不完善、优质医疗资源不足和配置不合理，不能有效满足激增的预防、治疗和康复、护理等服务需求。另一方面，经济新常态下，基本医疗卫生服务体系面临提能增效的重任，以三级医院为主提供常见病、多发病的诊疗服务不仅使用了大量优质医疗资源，还引起居民就医不便，造成医疗费用负担加重，不利于从根本上解决“看病难，看病贵”问题。分级诊疗制度的建立旨在扭转当前不合理的医疗资源配置格局，解决资源配置不均衡问题，围绕城乡协同医疗卫生服务网络建设，依托广大医院和基层医疗卫生机构，探索合理配置资源、有效盘活存量、提高资源配置使用效率的医疗卫生服务体制架构，推动党和政府为保障人民群众健康所做出承诺的实现。

然而分级诊疗制度因缺乏顶层设计及相应的配套措施，实施效果并不理想，推行过程中存在很多挑战：1) 大医院追求规模经济和范围经济吸引了大量患者，而基层医疗机构资源普遍处于闲置状态；2) 基层医疗机构的服务能力不强，无法承接相应的医疗服务；3) 双向转诊通道不畅通，医疗机构之间缺乏有效分工协作机制；4) 医疗信息共享机制不健全，各医院信息隔绝形成孤岛；5) 患者盲目就医，造成就医体验差[1]。

随着互联网技术和信息化手段的不断发展，互联网用户规模急剧增加，互联网技术、人工智能等逐渐渗入医疗卫生行业，为广大患者提供了更便捷的服务体验，极大推动了互联网医疗的发展。分级诊疗是医疗改革中的重要内容，将其与“互联网+”有机结合是必然趋势[2]。为实现医疗资源的合理配置、充分发挥不同级别医疗机构职能，构建“互联网+”背景下的分级诊疗模式刻不容缓。该模式的实行将医疗的核心转移到以患者为中心，以此促进各方相互合作，有效的提高医疗卫生机构的业务水平和患者就医效率，对于重塑医疗生态圈有着十分重要的推动作用。

为更深入地了解“互联网+分级诊疗”模式在杭州的发展状况，我们基于满意度视角下，借助鱼群算法优化的BP神经网络模型分析“互联网+分级诊疗”的发展现状以及存在的问题。

3. 鱼群算法优化 BP 神经网络原理

3.1. BP 神经网络原理

多层前馈神经网络构成了BP神经网络。通过反向传播算法来调整网络权值。在神经元(构成网络的基本单元)接受训练样本后，激活的神经元值通过所有隐藏层从输入层传播到输出层。最后一个输出层接收到网络的输入响应后，它通过梯度(减少网络输出和实际输出中的错误)从输出层返回到输入层，通过每个隐藏层反向返回。从而逐步修正各个连接的权值。当循环了多次的误差逆向修正后当网络误差达到理想状态即训练完成[3]。网络结构如图1所示。

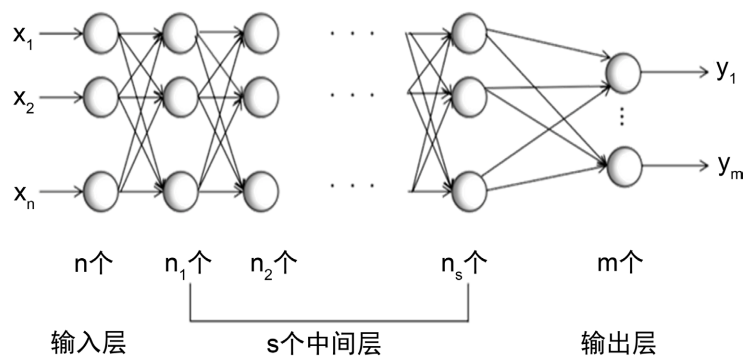


Figure 1. Neural network structure
图 1. 神经网络结构

3.2. 鱼群算法优化神经网络

3.2.1. 可行性

本文是通过 matlab 中神经网络工具箱构建神经网络，其构建标准为连续 6 次收敛误差即认为达到构建标准。因此，容易陷入局部最优值，还会由于其“梯度下降法”造成的锯齿形现象，从而降低收敛速度。而鱼群算法借助鱼的行为，对个体的局部寻优达到全局最优。

3.2.2. 优化流程

1) 确定网络结构

BP 神经网络实质上是一种从输入到输出的复杂的非线性映射，神经网络的三层结构可以满足任何映射维度，因此，本文选择了三级神经网络。其中，输入层和输出层的神经元数量是根据样本的 X 和 Y 值确定的，而隐藏层神经元是根据以下公式确定的。

$$j = \sqrt{k + m} + \text{rand}$$

其中, m 和 k 分别为输入层和输出层的神经元数; rand 是[1, 10]之间随机产生的整数。

由于样本初始值将对神经网络学习算法的收敛性产生重要影响, 而将样本进行归一化可以使每个神经元的状态接近零, 从而产生相对较少的随机初始值, 这将允许更多的采样值进入最大梯度方向以加速收敛[4]。

2) 设定参数

设输入层到隐藏层的权值 w_{ij} , 隐藏层的阈值 b_j , 隐藏层到输出层权值 v_{jk} , 输出层的阈值 a_k 。这些也为 BP 神经网络所需要调整的参数即人工鱼群状态, 所以人工鱼群状态 X 可以用一个 D 维数的向量来表示:

$$D = m * j + j * k + j + k$$

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_D)$$

本文用随机分布的方式对鱼群初始化, 在网络的权值和阈值内放 n 条人工鱼。设 visual 为人工鱼最大视野, δ 为拥挤度因子, f_c 为食物密度。任意两条人工鱼 X_p 和 X_q 之间的距离[5]:

$$d_{pq} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^j [w_{ij}(p) - w_{ij}(q)]^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^j [v_{ij}(p) - v_{ij}(q)]^2 + \sum_{i=1}^j [b_i(p) - b_i(q)]^2 + \sum_{i=1}^k [a_i(p) - a_i(q)]^2}$$

3) 人工鱼群行为

人工鱼群有三种不同的行为, 其目的都是选择较高食物浓度。

觅食行为: 在鱼视野范围内有一个状态 X_q 此时执行公式(3.1), 当其食物浓度比当前位置高, 人工鱼就向 X_q 游动此时则执行公式(3.2), 重复多次后仍处于原始位置则随机游动, 执行公式(3.3)。

$$X_q = X_p + \text{random} * \text{visual} \tag{3.1}$$

$$X_{p|next} = X_p + \text{random} * \text{step} * \frac{X_q - X_p}{\|X_q - X_p\|} \tag{3.2}$$

$$X_{p|next} = X_p + \text{random} * \text{step} \tag{3.3}$$

其中, X_p 为当前第 p 条人工鱼的状态, $X_{p|next}$ 为第 p 条人工鱼游向下一个状态, random 为[0, 1)之间随机生成的小数, $\|X_q - X_p\|$ 表示 X_q 和 X_p 之间的欧氏距离。

群聚行为: 在鱼当前的可视范围内, 其周围鱼群构成一个集合 S_i 由公式(3.4)确定, 其中心位置 X_c 由公式(3.5)得到, 令当前位置的食物密度为 f_c/f_n , f_n 集合 S_i 中元素数量, 拥挤最大时食物密度为 δf_c , 如果 $f_c/f_n > \delta f_c$, 则表示鱼群中心食物多且鱼的数目少, 所以向中心游去, 执行公式(3.6)。

$$S_i = \{X_j, \|X_j - X_i\| \leq \text{visual}, j = 1, 2, \dots, i-1, i+1, \dots, n\} \tag{3.4}$$

$$X_c = \frac{\sum_{j=1}^n X_j}{f_c} \tag{3.5}$$

$$X_{p|next} = X_p + \text{random} * \text{step} * \frac{X_c - X_p}{\|X_c - X_p\|} \tag{3.6}$$

其中, random 为[0, 1)之间随机生成的小数, $\|X_c - X_p\|$ 表示 X_c 和 X_p 之间的欧氏距离。

尾随行为: 在鱼当前可视的范围内寻找 f_c 最大的伙伴 X_q , 当 X_q 位置的食物较多并且不拥挤即 $\delta f_{cp} < f_{cq}/f_n$ 时, 人工鱼向伙伴鱼处游去即执行公式(3.7)。

$$X_{p|next} = X_p + \text{random} * \text{step} * \frac{X_q - X_p}{\|X_q - X_p\|} \tag{3.7}$$

其中，random 为 0~1 之间随机生成的小数， $\|X_q - X_p\|$ 表示 X_q 和 X_p 之间的欧氏距离。

4) 选择对应游动行为。

人工鱼的游动，是寻找食物密度最大的位置，当其他的两种行为都不符合要求，就默认是觅食行为，直到达到预设值。

4. 基于鱼群算法优化 BP 神经网络的民众满意度评价

4.1. 基于 ACSI 模型的民众满意度评价指标体系

为了能对民众满意度做科学度量、分析和评价，结合专家访谈的意见，从 ACSI 模型的 6 个结构变量细分出的各变量中选取合适的评价指标，最终确立民众满意度三级测评可操作性指标体系，如表 1 所示。

Table 1. Graduation requirements decidance index system

表 1. 毕业要求达成度指标体系

一级指标	二级指标	三级指标
民众满意度指数	民众预期	对“互联网+分级诊疗”模式抱有期望
		认为“互联网+分级诊疗”模式能满足患者需要
	感知质量	信赖“互联网+分级诊疗”模式的服务
		“互联网+分级诊疗”模式下基层医疗机构诊疗能力更好
		“互联网+分级诊疗”模式下基层医疗机构医疗技术水平显著提高
		“互联网+分级诊疗”模式下各级医疗机构医保报销比例更合理
	感知价值	“互联网+分级诊疗”模式下双向转诊更便捷
		信息互联互通水平高
	民众满意	医疗资源调动效率高
		科学分级诊疗精准度高
民众抱怨	对互联网+分级诊疗服务结果满意	
	与传统分级诊疗相比对互联网+分级诊疗模式满意	
民众忠诚	对互联网+分级诊疗有过投诉或提出意见的想法	
	有过对互联网+分级诊疗模式不满时向他人抱怨的经历	
		赞同互联网+分级诊疗制度继续沿用
		愿意帮助宣传推广

4.2. 评价过程

1) 数据处理

对调查结果中“对互联网+分级诊疗有过投诉或提出意见的想法”“有过对互联网+分级诊疗模式不满时向他人抱怨的经历”的原始数据进行减法一致化处理，将逆指标转化为正向指标，使数据类型一致。处理方法如表 2 所示。

Table 2. Data processing method
表 2. 数据处理方式

项目	减法一致化
逆指标	$y = M - x$ (其中 M 为指标 x 的一个允许的上界)

2) 鱼群算法优化 BP 神经网络进行满意度评价

使用鱼群算法训练确定的神经网络，输入向量为 6 个年龄段的 6 个指标数据，期望输出值为满意度评分。

比较优化前后训练结果，在鱼群算法的优化下，用更少的迭代次数建立完成了神经网络，同时还拥有了更小的误差，由此可见鱼群算法的可行性。下图 2 为优化后训练集、测试集等拟合优度：

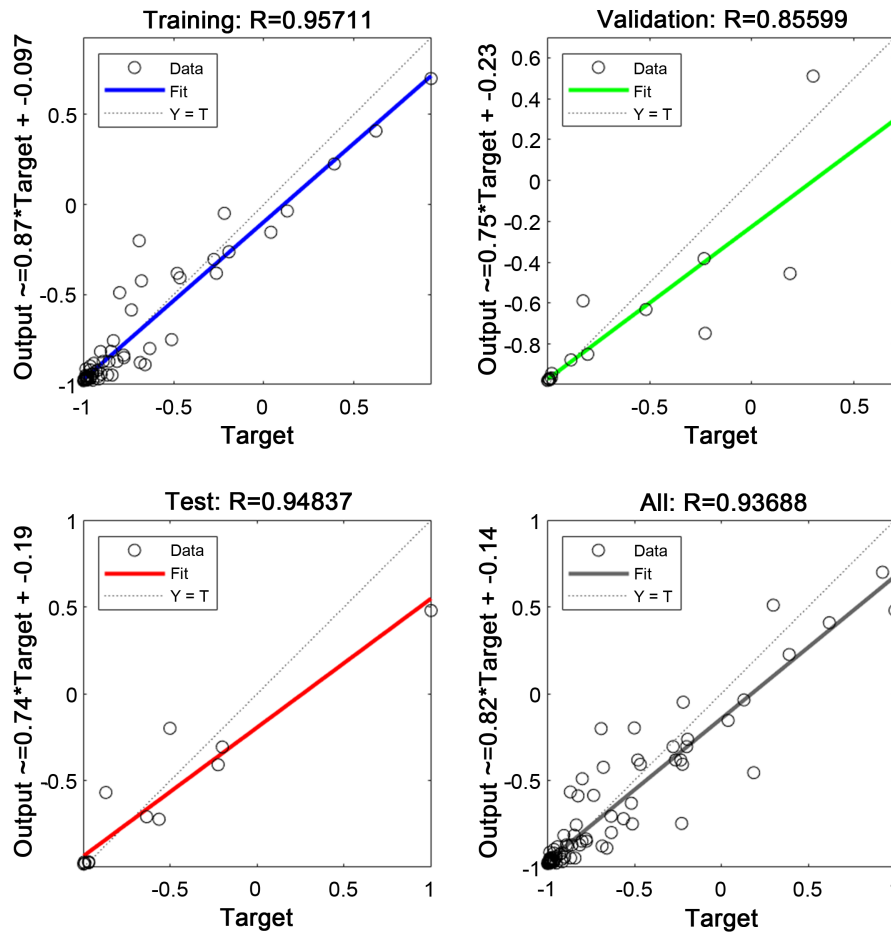


Figure 2. Goodness of fit
图 2. 拟合优度

从中可以看出训练集、测试集、验证集拟合优度都在 93% 以上，进一步说明了该神经网络训练较好。使用鱼群算法优化的 BP 神经网络来做民众满意度评价，将各年龄段指标数据带入网络得到评价结果，评价结果如表 3 所示。

年龄段得分越高，民众满意度越高。6 个年龄段的民众对“互联网+分级诊疗”模式的满意度从高到低排列顺序为 31~40 周岁、21~30 周岁、0~20 周岁、41~50 周岁、51~60 周岁、61 周岁以上。总体满意

度评分为 3.567, 满意度评价结果偏向于“比较满意”。其中“民众满意”的综合得分最高, 说明民众对“互联网+分级诊疗”模式的服务相对满意, 但在感知质量一块得分较低, 说明在民众体验方面还有待提升。总体来说, 民众对该模式目前的发展比较满意, 但仍存在提升的空间。

Table 3. Satisfaction evaluation results for different age groups

表 3. 不同年龄段满意度评价结果

年龄段	民众预期	感知质量	感知价值	民众满意	民众抱怨	民众忠诚	满意度得分
0~20 周岁	4.058	3.250	3.417	4.375	3.548	3.750	3.733
21~30 周岁	4.053	3.088	3.668	4.375	3.615	3.850	3.775
31~40 周岁	4.110	3.046	3.919	4.424	3.783	3.833	3.853
41~50 周岁	3.826	2.893	3.595	4.071	3.690	3.607	3.614
51~60 周岁	3.363	2.643	3.524	3.713	3.264	2.929	3.239
61 周岁以上	3.564	2.536	3.493	3.568	3.119	2.860	3.190

5. 结论

本文尝试借助鱼群算法优化神经网络来进行“互联网+分级诊疗”模式满意度评价, 它可以精确拟合民众评价, 保证了评价的准确性; 可以输入后快速地得到评分, 确保了评价的快捷性; 还使得评价不再需要重复进行大批量社会调查, 保证了评价的便捷性。

从分析结果看, 要想“互联网+分级诊疗”模式取得进一步发展成效, 我们还面临以下几个阻碍。首先是基层首诊的政策落实不到位。当前, 基层医疗机构的诊疗水平较低, 基层人才不足、设施落后、服务能力失守等现象仍普遍存在, 这使得民众对基层医院的信任不足, 导致基层首诊难以进一步落实。其次, 大医院的无序和盲目扩张以及医院服务范围界定不清加剧了基层医疗机构的困境, 这也成为分级诊疗制度发展的阻碍。再者, 部分医联体内医院不愿意完全开放其医疗资源, 这限制了医联体制度的进一步发展, 也是“互联网+分级诊疗”模式发展的一大阻碍之一。另外, 医保报销政策的不完善导致民众不愿接受基层首诊, 在一定程度上阻碍了分级诊疗的发展。最后, 互联网的普及程度具有时空与年龄的差异, 这制约了互联网技术对分级诊疗的快速推进。只有耐下性子, 不怕困难, 将这些阻碍各个击破, 从根源上扫清障碍, 才能迎来“互联网+分级诊疗”模式的康庄大道。

参考文献

- [1] 周俊婷, 李勇. “互联网+”破除分级诊疗困境[J]. 卫生经济研究, 2019, 36(10): 30-32. <https://doi.org/10.14055/j.cnki.33-1056/f.2019.10.008>
- [2] 邓晓, 邱莎莎. “互联网+”环境下分级诊疗制度的模式及运行机制探讨[J]. 现代商贸工业, 2021, 42(8): 69-70. <https://doi.org/10.19311/j.cnki.1672-3198.2021.08.028>
- [3] 孙赞, 李明涛, 姚晓晖. 基于 BP 神经网络人群流量预测的实现[J]. 中国安全生产科学技术, 2010, 6(2): 61-65.
- [4] 杨淑霞, 韩奇, 徐琳茜, 路石俊. 基于鱼群算法优化 BP 神经网络的电力客户满意度综合评价方法[J]. 电网技术, 2011, 35(5): 146-151. <https://doi.org/10.13335/j.1000-3673.pst.2011.05.020>
- [5] 龚波, 曾飞艳. 一种改进人工鱼群算法对 BP 神经网络的优化研究[J]. 湖南科技大学学报(自然科学版), 2016, 31(1): 86-90. <https://doi.org/10.13582/j.cnki.1672-9102.2016.01.015>