

DOI:10.16031/j.cnki.issn.1003-8035.2017.02.21

基于 BP 神经网络的甘肃地质灾害防治产业化预测

金 梅, 蒋 芳, 刘照艳, 何 莉, 黎柏宏
(兰州交通大学, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 本文运用 BP 神经网络模型, 选取甘肃 46 家地质灾害防治企业作为样本, 研究该模型在地质灾害防治产业化预测中的适用性, 并在此基础上预测了甘肃地质灾害防治产业化水平, 以期对今后该产业的发展和政策制定提供依据。

关键词: BP 神经网络模型; 地质灾害防治; 产业化预测

中图分类号: P642

文献标识码: A

文章编号: 1003-8035(2017)02-0150-06

Forecast of the industrialization of geological hazard prevention and control in Gansu Province based on BP neural network

JIN Mei, JIANG Fang, LIU Zhaoyan, HE Li, LI Bohong
(Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: This paper uses BP neural network model, selecting 46 enterprises of geological hazard prevention and control as a sample, to research on the applicability of BP neural network model in forecast of the industrialization of geological hazard prevention and control. Then the level of geological hazard prevention and control in Gansu province is forecasted to support the future development of the industry and policy-making.

Keywords: BP neural network model; geological disaster prevention and control; industrialization forecast

甘肃是地质灾害易发地区, 地质灾害的发生使人们的生命安全受到威胁, 并带来财产损失。应对地质灾害的有效措施主要是预防和治理相结合, 并逐渐形成产业化发展趋势, 以减轻或防止灾害的发生^[1-2]。目前, 甘肃地质灾害防治工作取得了较好的成绩, 但该行业发展缓慢制约着产业化进程, 如何科学合理的进行产业化预测对甘肃地质灾害防治产业化发展非常重要。

1 地质灾害防治产业化

关于地质灾害防治产业化的研究比较少, 目前对其没有明确的定义^[2], 本文将其实内涵进行界定: 地质灾害防治产业化是指在地质灾害防治企业或组织较成熟的基础上, 进一步发展成为集约、科技、产业结构合理的规模化产业。地质灾害防治产业化要求包含地质灾害防治的各个流程——勘察、评估、设计、施工及监理, 均达到市场化, 形成完整的产业链条。

根据现有文献资料, 预测产业化发展趋势的方法主要有定性分析和定量分析两类。定性分析主要有五力模型和 SWOT 分析等, 但受主观因素影响较大; 定量预测的方法有回归预测和灰色系统预测模型 (GM (1,1) 模型), 但这两种方法都需要预先知道预测对象的数学模型^[3]。目前预测方法研究的一个重要内容是神经网络预测模型, 该方法克服了建立模型及参数估计的困难, 通过模型训练出网络就可以较为准确的描述输入与输出向量之间的映射关系。本文运用该模型来预测甘肃省地质灾害防治产业化发展趋势。

2 BP 神经网络模型的建立

2.1 模型简介

1986 年, BP 神经网络由 Rumelhart 和 McClelland 为首的科学家小组提出, 是目前应用较为广泛的神经网络模型之一。该方法模拟人的思维, 学习和存贮大

收稿日期: 2016-06-17; 修订日期: 2016-11-30

第一作者: 金 梅 (1969-), 女, 博士, 教授, 主要从事区域经济理论与实践的研究工作。E-mail: 2512952759@qq.com

量的输入-输出模式映射关系,通过学习和检验找到研究对象的普遍适用规律,然后输入新的一组数据获得预测结果。BP神经网络模型包括输入层、隐含层和输出层,模型运用时,在确定了初始权重和学习精度后,用学习样本依次训练神经网络,通过误差计算模型确定网络的稳定性,网络达到稳定,训练结束;然后向达到稳定的神经网络输入检验样本,判断模型预测结果的准确性;最后运用该神经网络,由输入向量得出待预测的输出向量,完成模型的实际应用。

2.2 研究对象和数据说明

本文选取甘肃46家地质灾害防治企业为研究对象。在进行模型适用性分析时,选取输入指标为企业区位、注册资金和企业自然年龄,输出指标为企业资质、从业人员数量、从业人员素质、设备数量和项目数量。八类指标中,企业区位、企业资质和从业人员素质属于定性指标,其余为定量指标。为了实现预测的准确性和可靠性,本文对定性指标和定量指标均进行量化处理,归一化过程见公式1。

$$X' = \frac{X}{X_{\max}} \quad (1)$$

其中: X' ——某类指标归一化后的得分,取值范围为 $(0,1]$;

X ——该类指标未归一化的得分;

$X_{\max}$ ——该类指标未归一化得分中的最大值。

(1) 企业区位

企业区位是具有区位优势地点,区位优势主要包括地理位置、交通、劳动力、工业聚集和自然资源等综合优势。本文以企业所在市为区位选择,以2015年甘肃各市(州)生产总值为量化标准进行数据处理,用企业所在市(州)的生产总值作为该指标未归一化的得分。

(2) 企业自然年龄

企业的自然年龄反映了企业存在时间的长短,本文用企业自成立之初到2015年12月的月份数来表示企业的自然年龄,作为企业自然年龄指标未归一化的得分。

(3) 注册资金

注册资金是企业成立时的资金价值,本文用居民消费价格指数来消除价格水平随时间变动导致的对数据分析的影响,将各个企业的注册资金换算到2015年进行研究,作为注册资金指标未归一化的得分。

(4) 企业资质

我国对地质灾害防治企业实行资质管理。企业资质一般分为甲级、乙级和丙级等三个级别。本文对企业资质按照等级的不同进行赋值,级别越高,赋予的分值越高,通过计算企业所拥有的三个级别的资质得分得到该指标未归一化的得分。

(5) 从业人员数量

本文统计了46家企业截止到2015年所拥有的高级、中级和初级从业人员的总数量,用企业拥有的从业人员数量的总和作为该企业从业人员数量指标未归一化的得分。

(6) 从业人员素质

从业人员素质是指该人员所具有的专业职称,一般分为高级、中级和初级等三个等级。本文按照企业资质得分数据处理的过程对从业人员素质进行相同的数据处理。

(7) 企业设备数量

企业设备数量是指该企业拥有的与地质灾害防治工程相关设备的数量,用各类设备的数量总和作为该指标未归一化的得分。

(8) 项目数量

即企业近三年内承担过中型(含)以上地质灾害治理工程施工项目的数量,用该数量的大小作为企业项目数量指标未归一化的得分。

(9) 企业总得分

本文运用专家评分法^①将企业资质、技术人员职称、技术人员数量、项目数量和设备数量等五个输出指标赋予权重计算得出未归一化的企业总得分。

确定权重的方法主要有三大类:一类是主观赋权法,如德尔菲法、层次分析法、专家评分法和环比评分法;一类是客观赋权法,如CRITIC方法、离差最大化法、标准差法、和熵权法;还有一类是组合赋权法,如多属性决策组合赋权的线性目标规划法^[5]。其中主观权重系数主要依靠个人的经验,客观性较差;客观权重系数是对客观事实分析整理得出的系数,客观性较好;组合赋值法兼顾指标的客观属性和主观属性,使主观与客观达到统一^[6-7]。

2.3 模型适用性分析

模型包括两个阶段,第一个阶段为学习阶段,第二个阶段为检验阶段。在本文的46个样本中,随机选取23个企业作为学习阶段样本数据,其余样本作为检验阶段样本数据,评估模型在产业化预测中的适用性。

① 专家评分法的主要步骤:首先确定评价指标;然后选择专家对评价指标进行重要性排序并赋值,确定各个指标的分值,评价指标的总得分为1;最后将各个专家的评分进行汇总,计算评价指标的几何平均数作为该指标的权重。

本文以三个投入指标的得分作为输入向量,以五个产出指标的得分作为输出向量。借鉴冯霞等人的研究,用企业总得分这个指标进行地质灾害防治产业化前景等级区间的划分(表 1)^[7]。

表 1 产业化前景等级区间

Table 1 Industry foreground level								
CCC	CC	C	B	BB	BBB	A	AA	AAA
(0,0.1]	(0.1,0.2]	(0.2,0.3]	(0.3,0.4]	(0.4,0.5]	(0.5,0.6]	(0.6,0.7]	(0.7,0.8]	(0.8,0.9)

CCC 为最低产业化前景等级,AAA 为最高产业化前景等级。将 46 家企业的总得分作为产业化评估得分,划分到各个等级区间以备模型检验。

按照模型的分析步骤,本文选取 MATLAB 系统默认的学习率 0.01 进行运行。选取的学习率要易于预测和系统保持稳定,较大的学习率会影响系统的稳定性,较小的学习率又会使得网络训练周期较长。学习率一般通过观察误差下降曲线来判断,学习率偏大时曲线振荡较大,学习率比较适合时曲线呈现出较快的下降趋势。本文 MATLAB 训练误差结果见图 1,蓝色线代表训练,绿色线代表验证,红色线代表测试。本次共进行 17 次检验,在红线与绿线相交处为训练最佳效果,训练结束,最佳效果为 11 次,误差最小为 10^{-2} 。

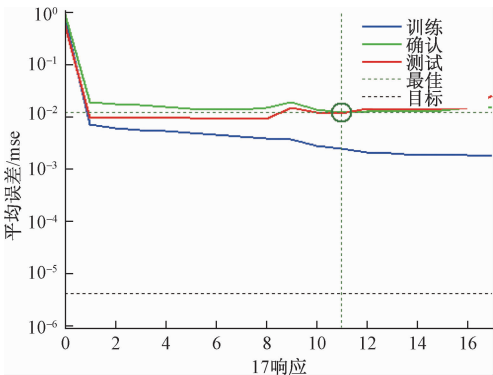


图 1 MATLAB 训练误差结果

Fig.1 Training Error Results of MATLAB

将训练程序应用到检测样本中,得到实际得分区间与程序运行得分区间(表 2)。

表 2 部分样本实际输出与期望输出对比

Table 2 Comparison between the actual output and the expected output of the sample								
编号	1	2	3	4	5	6	7	8
实际输出	0.283 4	0.212 5	0.400 8	0.443 8	0.484 8	0.494 9	0.494 0	0.218 1
期望输出	0.309 8	0.298 8	0.442 8	0.418 4	0.470 7	0.517 6	0.473 6	0.228 1
分析结果	C	C	BB	BB	BB	BB	BB	C
期望结果	B	C	BB	BB	BB	BBB	BB	C

根据表 2 的实际输出与程序期望输出结果可知,本文构建的分析指标体系比较有效,BP 神经网络评估系统能够很好的对地质灾害产业化现状进行评估,并可以对产业化前景做出较为准确的预测^②。

为了更真实、准确的描述甘肃全省以及各市(州)地质灾害防治产业化发展前景,本文对 46 家企业全部进行了阶段性预测(5 年为一阶段,共三阶段)。剔除两家偏差较大的企业后,对剩余 44 家地质灾害防治企业的总得分进行分析,并预测这些企业未来 15 年的期望得分,预测结果见表 3。

3 实证分析

3.1 甘肃地质灾害防治产业化预测分析

表 3 甘肃省分地区地质灾害产业化前景预测等级

Table 3 Forecast level of geological hazards in gansu province										
	2016. 1. 1		2017. 1. 1		2021. 1. 1		2026. 1. 1		2031. 1. 1	
	初始分	等级	预测分	等级	预测分	等级	预测分	等级	预测分	等级
全省	0.353 7	B	0.368 9	B	0.371 0	B	0.405 9	BB	0.431 4	BB
兰州市	0.368 4	B	0.402 5	BB	0.399 9	B	0.437 2	BB	0.465 3	BB
陇南市	0.199 9	CC	0.200 0	C	0.193 9	CC	0.273 5	C	0.329 5	B
天水市	0.416 1	BB	0.417 6	BB	0.409 1	BB	0.437 9	BB	0.462 4	BB
平凉市	0.289	C	0.294 8	C	0.305	B	0.310 9	B	0.315 6	B
张掖市	0.375 3	B	0.394 2	B	0.413 6	BB	0.424 6	BB	0.429 4	BB
定西市	0.425 1	BB	0.344 9	B	0.385 5	B	0.411 3	BB	0.428 3	BB
武威市	0.494 9	BB	0.449 2	BB	0.449 6	BB	0.443 2	BB	0.428 3	BB
临夏	0.467 8	BB	0.482 3	BB	0.541 3	BBB	0.579 0	BBB	0.597 7	BBB

② 说明:由于样本数量有限,可能会出现偏差较大的情况,后文将明显偏差点去除后进行了分析。

由定量分析可知,目前甘肃地质灾害防治产业化水平为 B 级;在现有要素投入下,全省 15 年后综合得分为 0.431 4,提升了 0.077 7,产业化等级上升到 BB 级。在预测的 8 个市(州)中,产业化水平得分呈现上升趋势的有 5 个,分别为兰州市、陇南市、平凉市、张掖市和临夏市;下降的为武威市;基本保持平稳的为定西市。甘肃 44 家地质灾害防治企业主要分布在兰州市、天水市、平凉市、陇南市、张掖市、定西市、武威市和临夏回族自治州,其中有 24 家企业集中分布在兰州市。44 家企业的预测等级多数处于 B 级、BB 级和 BBB 级的中等水平,少部分企业处于 C 级以下的等级,极少数企业处于 A 级以上的等级;多数企业的预测等级在未来时间里保持了相对的稳定性和一致性,个别企业出现小幅度预测等级变动的现象。

甘肃省地质灾害产业化发展整体缓慢,且产业化前景等级处于中级,发展水平比较落后。

3.2 国有和非公企业预测分析

本文通过计算国有和非公企业的预测得分来判断其产业化发展态势,二者的产业化前景发展趋势见图 2、图 3。

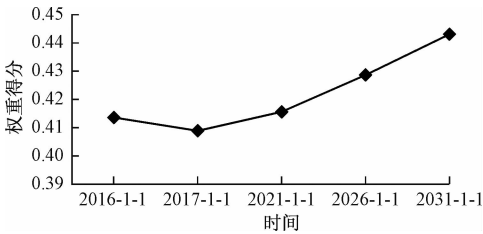


图 2 国有企业产业化前景预测

Fig.2 Forecast of the industrialization of state owned enterprises

根据图 2 的数据,国有企业一年后的预测得分有

表 4 甘肃各地区从业人员素质预测得分

	2016. 1. 1		2017. 1. 1		2021. 1. 1	
	原得分	等级	预测得分增加值	预测等级	预测得分增加值	预测等级
甘肃	0.635 0	B	10.925 2	B	0.641 8	B
兰州市	0.657 2	B	14.814 2	BB	5.260 6	B
陇南市	0.648 9	CC	7.672 7	C	-2.692 6	CC
天水市	0.592 7	BB	10.074 3	BB	-18.171 4	BB
平凉市	0.491 9	C	3.497 8	C	3.445 6	B
张掖市	0.805 8	B	8.856 5	B	19.938 1	BB
定西市	0.659 1	BB	4.537 8	B	-14.455 2	B
武威市	0.625 6	BB	5.292 2	BB	-25.118 4	BB
临夏	0.600 0	BB	1.678 7	BB	8.490 5	BBB

所下降,但之后整体表现为上升趋势,尤其 2017 年后开始稳步提升,有较好的发展势头。

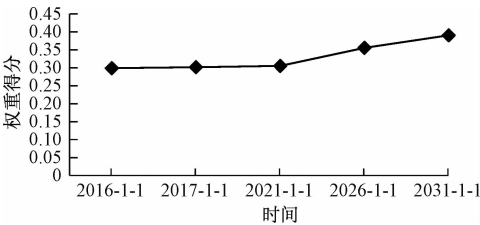


图 3 非公企业产业化前景预测

Fig.3 Prediction of non-public enterprises industry prospects

图 3 表示非公企业的产业化预测平均得分趋势,相比于国有企业的平均得分趋势,非公企业的得分趋势变化速度更快,尤其在 2021 年后有了大幅度提升。

在统计的 21 家国有企业中,预测得分呈下降趋势的有 20 家,占到了国有企业总数的 95%。而在 23 家非公有制企业中,有 14 家非公有制企业的预测权重得分呈上升趋势,9 家非公有制企业的预测权重得分呈下降趋势,呈上升趋势的非公有制企业占非公有制企业总数的 61%。

3.3 从业人员素质预测分析

为了研究甘肃在未来某个时点达到某一产业化前景等级时从业人员应满足的要求,本文以定量预测得出的一年后和五年后的企业得分为发展目标,根据上文从从业人员得分的算法进行倒推,得到企业得分增加值中从业人员素质提升带来的增长率,进而回归到原始从业人员素质标准,得出该企业在某时点的预测职称得分增加值,并根据预测职称得分增加值这一量化的指标推测在未来产业化发展对从业人员素质的要求^③。甘肃各地区从业人员素质预测得分见表 4。

③ 说明:预测职称数据的增加值受原企业人员的职称得分影响较大,在数据上会表现为较大的负值。

由表4可知,未来一年甘肃省及各市(州)的地质灾害防治产业化水平基本维持原等级,五年后等级有一定的提升。从职称预测得分增加值来看,未来一年从业人员职称预测得分增加值均为正值且增加幅度较大,在未来五年从业人员职称得分的增加值出现负值且增幅较小。未来一年,要维持现有的产业化水平等级,在保持设备和投入资金等要素不变的情况下,需要加大对从业人员素质的提升力度。

3.4 企业资质预测分析

按照企业从业人员素质预测分析的方法,本文将企业资质得分也进行倒推,得到企业得分增加值中企

业资质提升带来的增长率,进而回归到原始的企业资质,得出该企业在某时点的预测资质得分增加值,根据预测资质得分增加值这一量化的指标推测在未来产业化发展对企业资质的要求。

表5为甘肃各地区企业资质在五年内的预测得分平均增加值。企业资质是对一个企业的综合评价,从表中数据可知,目前甘肃及各市(州)的企业资质得分均较低,且未来一年和五年地质灾害防治产业化预测等级均无较大程度的提升,未来一年和五年的企业资质得分增加值也较小。整体上,企业资质得分的增加值较小,产业预测等级的变动幅度也较小。

表5 甘肃各地区企业资质预测得分
Table 5 Forecast of business intelligence in Gansu

	2016. 1. 1		2017. 1. 1		2021. 1. 1	
	原得分	等级	预测得分增加值	预测等级	预测得分增加值	预测等级
甘肃	0. 245 5	B	0. 248 0	B	0. 085 8	B
兰州市	0. 278 3	B	0. 336 6	BB	0. 256 5	B
陇南市	0. 080 0	CC	0. 181 2	C	- 0. 050 2	CC
天水市	0. 480 0	BB	0. 317 7	BB	- 0. 256 0	BB
平凉市	0. 066 7	C	0. 038 4	C	0. 052 8	B
张掖市	0. 166 7	B	0. 056 4	B	0. 127 0	BB
定西市	0. 233 3	BB	0. 111 5	B	- 0. 359 5	B
武威市	0. 400 0	BB	0. 115 9	BB	- 0. 550 0	BB
临夏	0. 066 7	BB	0. 031 1	BB	0. 157 2	BBB

4 基本结论

本文运用BP神经网络模型预测了甘肃地质灾害防治产业化发展趋势,通过对44家企业的实证分析得出以下结论:

(1)甘肃地质灾害防治产业化前景等级为B级,发展水平较落后。若现存企业以当前的技术、人员、设备和资金等的投入,按照已有模式进行发展,未来十五年内甘肃地质灾害防治产业化水平将保持这一水平不变,整体发展比较缓慢。

(2)区位分布不均衡。甘肃各市(州)地质灾害防治产业化发展都较缓慢且产业化水平低,地质灾害防治企业主要集中分布在兰州市和天水市。这两个地区在经济、基础设施和社会条件等方面具有比较优势,为地质灾害防治产业的发展提供便利条件。不合理的布局容易产生集群效应,但也会导致无序竞争和利润低下,不利于全省地质灾害防治工作的协同发展。

(3)非公企业地质灾害防治产业化发展具有优势。甘肃地质灾害防治企业中,相对于国有企业比较稳定的发展,非公企业发展势头较为迅猛。

(4)企业投入要素与地质灾害防治产业化发展不

匹配。甘肃地质灾害防治企业资质整体偏低,从业人员素质良莠不齐,较低的技术人员占比、较大的专业人员方向偏差和作业设备不齐全等问题使得甘肃灾害防治应急工作不够及时、高效和全面,地质灾害防治工程技术普及率较低,技术较为落后。

参考文献:

[1] 李迎新. 地质灾害分类与防治[J]. 西部探矿工程,2009(4):42-46.
LI Yingxin. Classification and prevention of geological hazards [J]. Western Exploration Engineering, 2009 (4):42-46.

[2] 刘传正. 关于地质灾害防治中两个问题的认识[J]. 中国地质灾害与防治学报,2015,26(3):1-2.
LIU Chuanzheng. The understanding of the two problems in the prevention and control of geological disasters [J]. Journal of Geological Hazards and Prevention of China, 2015,26(3):1-2.

[3] 朱清,余振国. 地质灾害治理的产业化分析[J]. 中国地质灾害与防治学报,2011,22(4):112-116.
ZHU Qing, YU Zhenguo. Industry analysis of

- geological disaster control[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2011, 24(4): 112 - 116.
- [4] 李代红. 基于BP神经网络和GM(1,1)的我国三次产业预测[J]. 统计与决策, 2014(7): 81 - 83.
- LI Daihong. Based on the BP neural network and GM(1,1) of China's three industry forecast [J]. Statistics and Decision Making, 2014(7): 81 - 83.
- [5] 徐泽水, 达庆利. 多属性决策的组合赋权方法研究[J]. 中国管理科学, 2002(2): 85 - 88.
- XU Zeshui, DA Qingli. Study on combination weighting method of multiple attribute decision making [J]. Chinese Management Science, 2002(2): 85 - 88.
- [6] 罗赞骞, 夏靖波, 陈天平. 网络性能评估中客观权重确定方法比较[J]. 计算机应用, 2009, 10: 2624 - 2626 + 2631.
- LUO Yunqian, XIA Jingbo, CHEN Tianping. Comparison of objective weight determination methods in network performance evaluation [J]. Computer Application, 2009, 10: 2624 - 2626 + 2631.
- [7] 裴学军. 专家评分评价法及应用[J]. 哈尔滨铁道科技, 2000(1): 32.
- PEI Xuejun. Expert evaluation method and its application [J]. Harbin Railway Science and Technology, 2000(1): 32.
- [8] 冯霞, 徐晋. 基于神经网络的布图设计产业化前景评估[J]. 系统工程与电子技术, 2006(7): 1020 - 1023.
- FENG Xia, XU Jin. Based on neural network to evaluate the industrial prospect of the layout design [J]. System Engineering and Electronic Technology, 2006(7): 1020 - 1023.

封面照片说明

甘肃永靖黑方台滑坡地质灾害

2017年2月19日,甘肃永靖黑方台塬边发生滑坡,体积 $26 \times 10^4 \text{ m}^3$,造成4 ha农田被毁,威胁前缘公路和民居安全。

2015年4月29日,甘肃永靖黑方台塬边滑坡体积 $1.4 \times 10^6 \text{ m}^3$,摧毁前缘乡镇企业房产设备,造成约100人失业,威胁前缘公路和民居安全(封面照片)。

据统计,自1968年以来,黑方台塬边共发生大小滑坡131次,其前缘形成令人震撼的带状滑坡群。数十年的滑坡灾害累计造成41人死亡,100余人受伤,直接经济损失巨大。

黑方台塬边滑坡灾害受地质成分结构、地形地貌、降雨和农业灌溉等多种因素影响。斜坡体自上而下由马兰黄土、粉质粘土、砂砾卵石层和白垩纪砂泥岩组成,具有上部易于渗水,下部隔水软化泥化的工程地质特性。台塬边缘上陡下缓,高差近百米,形成利于滑坡的临空条件。局地降雨容易引发台塬边缘局部斜坡失稳。多年来冬春两季的提水漫灌农田,地表灌溉水渗流和沿黄土裂缝、落水洞漏失,渗透积聚形成的地下水沿黄土泥岩界面持续渗出,大幅降低泥岩和黄土强度是引发滑坡的重要因素。春季融冻期坡面解冻使渗流作用加剧,斜坡整体稳定性降低,成为滑坡灾害高发期。

(中国地质环境监测院 国土资源部地质灾害应急技术指导中心 刘传正 供稿)