

## 基于 BP 神经网络的中医药产业安全评价与预警研究

汤少梁, 张笑笑

南京中医药大学卫生经济管理学院, 江苏 南京 210023

**摘要:** 通过文献研究确定中医药产业安全评价指标, 运用灰色系统理论计算指标缺失值, 熵权法确定指标权重, 灰色关联分析法评价 2002—2014 年中医药产业安全状况, 再运用灰色预测、线性回归模型等方法预测 2015—2020 年中医药产业安全各评价指标数据, 将所得预测值同历史数据相结合, 建立中医药产业安全 BP 神经网络预警模型, 并对 2015—2020 年中医药产业安全状况进行系统预警, 评价结果表明, 未来 6 年我国中医药产业很安全, 只需做轻度防范。

**关键词:** 中医药; 产业安全; BP 神经网络; 评价; 预警

**中图分类号:** R288      **文献标志码:** A      **文章编号:** 0253-2670(2016)02-0406-13

**DOI:** 10.7501/j.issn.0253-2670.2016.02.031

## Research on early-warning and evaluation of traditional Chinese medicine industry security based on BP neural network

TANG Shao-liang, ZHANG Xiao-xiao

School of Health Economics and Management, Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210023, China

**Abstract:** Through literature research, the safety evaluation index of traditional Chinese medicine (TCM) industry is identified, missing index value is calculated using the grey system theory, and the index weight is determined by the entropy weight method. The TCM industry safety from 2002 to 2014 was evaluated by grey relational analysis, and the TCM industry security evaluation index data from 2015 to 2020 are predicted using grey prediction and linear regression model method, combining the predicted value with historical data, TCM industry security BP neural network prediction model is established, and TCM industry security from 2015 to 2020 will be early warning. The results show that the next six years, TCM industry in China is safe, only mild prevention.

**Key words:** traditional Chinese medicine; industrial safety; BP neural network; evaluation; early warning

中医药产业涉及中药材饮片、提取物、中成药、保健品等中药类产品的研发、生产、流通、销售、应用等, 是围绕人们对中医药的各种需求进行分工协作, 并通过一系列的经济活动把各类资源进行重新组合, 形成以中医药理论为指导, 专门从事中医药经营和研究的相关部门或机构<sup>[1]</sup>。关于产业安全的内涵学术界目前还未形成统一的定义, 国内外学者基于产业所处的客观环境对产业安全进行不同的界定, 汪立欢等<sup>[2]</sup>综合众多学者对产业安全定义的不同观点, 将产业安全界定为国家对其重要的产业所拥有的自主控制权, 保证其国际竞争力以便应对各种生存与发展威胁, 从而使本国的产业保持可持续发展, 免受威胁的

状态和能力。根据已有的产业安全理论体系, 结合我国中医药产业的发展现状和传统特色, 本文将中医药产业安全的内涵界定为在开放的市场条件下, 我国中医药产业国际竞争力不断增强, 能够有效利用外资发展我国中医药产业并积极参与国际贸易, 在保证中医药产业权益、产业控制力不受侵害的情况下, 使中医药产业得到持续、健康、安全的发展。对产业安全进行预警首先要衡量产业安全状况, 其实就是对产业系统中的各项指标的安全状况进行量化分析。但是影响产业安全问题的因素十分复杂, 因此难以用某个指标完全表示产业安全状况, 需要综合考虑多方面影响因素, 以期全面准确地衡量产业安全的状况, 最终实

收稿日期: 2016-07-12

基金项目: 国家中医药管理局与江苏省人民政府共建重点项目“基于知识产权保护的中医药产业安全政策研究”(SJGJ013)

作者简介: 汤少梁, 教授, 从事中医药产业研究。E-mail: tangshaoliang@qq.com

现对产业安全地及时预警。

### 1 中医药产业安全评价指标体系构建

本文借鉴国内外一般性产业安全评价指标体系<sup>[3]</sup>, 结合中医药产业特色及指标可及性的设计原则, 建立中医药产业安全 2 级评价指标体系(表 1), 以便于对 2002—2014 年中医药产业安全进行评价, 并根据评价结果预测 2015—2020 年我国中医药产

业安全警度。

#### 1.1 中医药产业国内环境

1.1.1 换汇成本 反映出口商品的盈亏情况, 是考察出口企业有无经济效益的重要指标, 李孟刚<sup>[3]</sup>在《产业安全理论》中指出衡量换汇成本高低的标准是对比人民币对美元的汇价, 如果换汇成本高于人民币对美元的汇价, 则该商品的出口为亏损, 虽然创

表 1 中医药产业安全评价预警指标体系

Table 1 Safety evaluation index system of TCM industry

一级指标	二级指标	编号	权重	位次
国内环境 (0.486)	换汇成本/元	X1	0.047	2
	资本成本/%	X2	0.018	32
	国内中医市场需求量/亿元	X3	0.037	9
	国内中药市场需求量/亿元	X4	0.038	6
	中医药产业国内市场需求增长率/%	X5	0.027	22
	中医药科研人员大专以上学历以上人数	X6	0.038	4
	具有执业资格中医/药师人数	X7	0.034	13
	中医药产业劳动力成本/(元·年 <sup>-1</sup> )	X8	0.030	17
	中医药教育机构数量	X9	0.019	31
	高等中医药院校在校生人数	X10	0.027	21
	中医机构个数	X11	0.037	8
	中医类医院门诊个数	X12	0.022	28
	中医类医院门诊床位数/张	X13	0.036	11
	药材占农作物总播种面积比重/%	X14	0.024	27
	中药材市场数量/个	X15	0.022	29
	中药材市场营业面积/万平方米	X16	0.029	18
国际竞争力 (0.314)	国内中医市场占有率/%	X17	0.051	1
	国内中药市场占有率/%	X18	0.027	19
	中医药产业国际市场占有率/%	X19	0.037	7
	中医药产业贸易竞争力指数	X20	0.025	26
	中医药产业显示性比较优势指数	X21	0.030	16
	中医药产业研发费用占产品收入比重/%	X22	0.027	24
	中医药产业技术人员数	X23	0.034	14
	中医药产业集中度/%	X24	0.027	20
	中医药产业国内竞争度/个	X25	0.034	12
	中医药产业效益/%	X26	0.022	30
对外依存度 (0.056)	中医药产业进口对外依存度/%	X27	0.025	25
	中医药产业出口对外依存度/%	X28	0.031	15
知识产权保护 (0.144)	中医药企业专利权数量/件	X29	0.043	3
	中医药科研机构专利权数量/件	X30	0.036	10
	中医药著作权数量/篇	X31	0.038	5
	中医药行政保护数量/个	X32	0.027	23

汇但出口本身却无经济效益, 换汇成本越高, 亏损越大<sup>[4]</sup>。本文使用汇率表示基础的换汇成本。

**1.1.2 资本成本** 资本成本反映的是产业内企业筹集资本和使用资本所需要付出的代价。资本成本越高, 原本有竞争力的企业越难经营, 产业安全越受到威胁。何维达等<sup>[5]</sup>在《开放市场下的产业安全与政府规制》中论证了资本成本可用短期实际利率衡量。因此本文使用金融机构6个月到1年期人民币贷款基准利率<sup>[6]</sup>来衡量中医药产业的资本成本。

**1.1.3 国内中医市场需求量** 国内中医市场需求量反映的是国内居民对中医服务的需求量, 可用中医类医院收入表示, 其指标值越大, 表明国内居民对中医服务的需求越大。

**1.1.4 国内中药市场需求量** 该指标反映的是国内居民对中药的需求量, 可用中医药工业的销售收入来衡量, 其指标值越大, 表明国内居民对中药材饮片、中成药等中药产品的需求越大。

**1.1.5 中医药产业国内市场需求增长率** 较高的国内需求增长率可以促进产业内企业采取新技术、高效设备来提高产量, 从而有利于产业生存发展。本文以中医药工业总产值的增长率衡量中医药产业国内市场需求增长率。

**1.1.6 中医药科研人员大专以上学历以上人数** 该指标反映中医药知识经济产业中的劳动力素质。

**1.1.7 具有执业资格的中医/药师人数** 该指标反映中医药服务业的劳动力素质, 由于中医药产业中其他行业从业人员的劳动力素质难以统计, 本文以这2个指标来衡量中医药产业的劳动力素质。

**1.1.8 中医药产业劳动力成本** 该指标反映的是中医药产业发展所需要的劳动力成本, 由于缺乏对中医药从业员工资的统计数据, 本文选择科学研究和技术服务业的从业者平均工资与卫生和社会工作行业从业者的平均工资两者的平均值来衡量中医药从业人员的工资, 工资越高, 中医药企业扩大生产所需要的劳动力成本越高, 因而阻碍中医药产业安全发展。

**1.1.9 中医药教育机构数量** 按国家规定的设置标准和审批程序批准举办的, 通过全国普通高等教育统一招生考试, 招收高中毕业生为主要培养对象, 实施高等学历教育的全日制大学、独立设置的学院和高等专科学校、高等职业学校及其他机构(独立学院和分校、大专班), 包括反映中医药教育投入等资源要素水平。

**1.1.10 高等中医药院校在校生人数** 该指标反映中医药产业中从业人员的受教育水平。中医药教育机构数量和高等中医药院校在校生人数这2个指标一定程度上影响中医药产业的可持续发展, 其值越高, 对中医药产业安全越有积极的作用。

**1.1.11 中医机构个数** 该指标包括各级中医、中西医结合、民族医医院, 中医、中西医结合、民族医门诊部(所), 中医、中西医结合、民族医科研机构, 反映了中医药医疗科研发展水平。

**1.1.12 中医类医院门诊个数** 其反映了产业中中医药服务业发展程度, 指标值越高, 中医药产业越安全。

**1.1.13 中医类医院门诊床位数** 其反映产业里面中医药服务业发展程度, 指标值越高, 中医药产业越安全。

**1.1.14 药材占农作物总播种面积比重** 该指标反映的是中药材的生产规模, 是种植制度、政策支持、自然资源禀赋、劳动与物质可投入能力、市场需求等要素的综合体现。

**1.1.15 中药材市场数量** 可用全国性中药材专业市场个数来表示, 中药材市场越多, 表明中医药流通体制越加完善。

**1.1.16 中药材市场营业面积** 其反映了中医药流通市场的发展状况, 营业面积越大, 表明中医药流通体制越加完善, 从而实现常用药材、地产药材在全国范围内流通, 确保中医药产业安全。

## 1.2 中医药产业国际竞争力

**1.2.1 国内中医市场占有率** 该指标反映国内中医药产业中中医服务业在国内市场上的竞争力状况, 其份额越大, 表明中医服务业在国内市场上的竞争力越强, 进而促进中医药产业的可持续发展。本文用中医类医院诊疗人次占全国医院诊疗人次的比重来衡量。

**1.2.2 国内中药市场占有率** 该指标反映国内中医药工业在国内市场上的竞争力状况, 其份额越大, 表明中医药工业在国内市场上的竞争力越强。可用国内中医药销售收入与国内医药工业销售收入的比值确定。

**1.2.3 中医药产业国际市场占有率** 该指标反映国内中医药产业在世界中医药市场上的竞争力情况, 中医药产业国际市场占有率越大, 表明中医药产业在国际市场上的竞争力越强。本文利用某国中医药出口额与世界中医药出口总额的比值确定。

**1.2.4 中医药产业贸易竞争力指数** 也称中医药产业国际竞争力指数,该指标直接反映中医药产业的国际竞争力大小,指数值越高,中医药产业国际竞争力越强,可以用某国中医药净出口额与中医药进出口总额的比值表示。

**1.2.5 中医药产业显示性比较优势指数** 该指标反映国内中医药产业的出口竞争力,可以避免国家和世界经济总量波动的影响,是衡量国内中医药产业是否具有国际竞争力最具说服力的指标,可以用某国中医药产业出口额占其出口总值的份额与世界中医药产业出口占世界出口份额的比值衡量。

**1.2.6 中医药产业研发费用占产品收入的比重** 该指标反映中医药产业研发投入,只有不断增加对中医药产业的研发投入,保持研发适度规模,才可以支持产业技术进步,提高产业国际竞争力和安全度。

**1.2.7 中医药产业技术人员数** 该指标反映了中医药产业中高技术创新人才储备状况,该指标值越大,表明中医药产业创新能力和发展能力越强,可用中医药科研机构包括部委、省、地市属中医科研机构等人员数量表示。

**1.2.8 中医药产业集中度** 该指标从中医药产业的内部组织来反映中医药产业的国际竞争力状况,可以用行业内最大几家企业的销售收入与产业总销售收入的比值表示。本文利用中国制药工业百强的集中度来衡量中医药产业集中度。

**1.2.9 中医药产业国内竞争度** 该指标可以反映中医药产业国际竞争力长期变化趋势,产业国内竞争度高有利于企业增强其国际竞争力,中医药产业核心是中医,因此本文利用等级为3级的中医医院数量来衡量中医药产业国内竞争度。

**1.2.10 中医药产业效益** 该指标反映中医药产业的效益情况,只有产业效益高,才会有继续发展的资本,本文利用中医药产业的销售利润率来表示。

### 1.3 中医药产业对外依存度

**1.3.1 中医药产业进口对外依存度** 该指标反映国内中医药产业对进口的中药材等产品的依赖程度,该指标值越高,表明中医药产业受跨国因素的影响越大,中医药产业的安全程度就越低,可用国内中医药产业当年进口额与中医药产业当年的总产值之比来衡量。

**1.3.2 中医药产业出口对外依存度** 该指标反映国内中医药产业对中药材饮片等产品出口的依赖程度,该指标值越高,表明中医药产业受跨国因素的

影响越大,中医药产业的安全程度就越低,可用国内中医药产业当年出口额与中医药产业当年的总产值之比来衡量。

### 1.4 中医药产业知识产权保护

**1.4.1 中医药企业专利权数量** 该指标反映中医药产业中相关企业的专利保护情况,该指标值越大,表明中医药企业越重视中医药知识产权保护,跨国药企使用企业技术的成本越高,进而保证中医药企业的技术优势,确保中医药产业安全。可用中医药企业的有效发明专利数量来衡量。

**1.4.2 中医药科研机构专利权数量** 该指标反映中医药产业中科研机构的专利保护情况,一定程度上体现了中医药产业的技术能力状况,该指标值越大,表明中医药科研机构越重视中医药知识产权保护,跨国药企使用本国中医药技术的成本越高,进而保证中医药产业的技术优势,确保中医药产业安全。可用中医药科研机构的有效发明专利数量来衡量。

**1.4.3 中医药著作权数量** 该指标反映中医药产业里面中医药专著、论文等知识的保护状况,中医药著作权数量越多,中医药产业知识产权保护力度越大,中医药产业安全度也越高。可用中医药科技论文与著作数量之和来表示。

**1.4.4 中医药行政保护数量** 该指标反映中医药产业中中药、植物新品种等保护状况,中医药行政保护数量越少,中医药产业的可持续发展能力将会受到威胁,产业安全度也越低。

## 2 指标数据搜集与处理

### 2.1 数据来源及说明

由于2001年11月我国加入世界贸易组织,中医药产业国内外环境发生了巨大的变化,2001年及之前的中医药产业相关数据对于2015—2020年的中医药产业安全预测不具备参考性,因此本文选取2002—2014年共计13年的中医药产业相关指标数据作为原始数据。在搜集数据过程中,笔者查阅相关文献、网站及2002—2015年《中国中医药年鉴》(行政卷)、《中国统计年鉴》《中国食品药品监督管理年鉴》和《中国药学年鉴》等。

### 2.2 缺失值处理

在搜集数据过程中,笔者查阅大量参考文献及统计年鉴,但仍有部分数据缺失,如2002年中药材市场数量和中药材市场营业面积、2003年中药饮片和中成药工业的销售收入、2002—2005年百强制药企业集中度、2002—2005年中医药企业有效发明专

利数量、2002—2005 年中药品种保护数量。

其中对缺失数据做缺失值处理是通过利用灰色系统理论中均值生成算子和级比生成序列 2 种方法。后面的灰色关联分析法及灰色预测模型也都属于灰色系统理论体系中的分析方法。

设序列  $X=[x(1), x(2), \dots, x(n)], x(k), x(k-1), x(k+1)] \in X$ 。  $x(k-1)$  与  $x(k+1)$  为  $X$  的一对非紧邻值,  $x(k)$  与  $x(k+1)$  为  $X$  的一对紧邻值,  $x(k)$  称为前值,  $x(k+1)$  称为后值, 若  $x(n)$  为新信息, 则对任意  $k \leq n-1$ ,  $x(k)$  称为老信息。

当  $x(n) \geq 0$ , 序列  $X$  的级比为  $\sigma(k) = \frac{x(k)}{x(k-1)}$ 。

(1) 均值生成算子: 若序列  $X$  中  $k$  处为空穴数据, 记为  $\phi(k)$ 。定义序列算子  $D$  如下:

$x(k) d = x^*(k) = \alpha \cdot x(k-1) + (1-\alpha) \cdot x(k+1)$ ,  $\alpha \in [0, 1]$ , 则称  $D$  为非紧邻值生成算子, 并称  $x^*(k)$  为由新信息  $x(k+1)$  和老信息  $x(k-1)$  在生成系数(权)  $\alpha$  下的生成值。

当  $\alpha < 0.5$  时, 称  $x^*(k)$  的生成是“重新信息、轻老信息”生成; 当  $\alpha > 0.5$  时, 称  $x^*(k)$  的生成是“重老信息、轻新信息”生成; 当  $\alpha = 0.5$  时, 称  $x^*(k)$  的生成是均值生成,  $D$  为均值生成算子, 亦称无偏算子。

本文中的 2003 年中药饮片和中成药工业的销售收入数据可利用均值生成算子方法做缺失值处理。

(2) 级比生成序列: 若序列  $X$  中端点出有空穴, 即  $X=(\phi(1), x(2), \dots, x(n-1), \phi(n))$ , 采取级比生成, 则  $x(1) = \frac{x(2)}{\sigma(3)}, x(n) = x(n-1) \cdot \sigma(n-1)$ 。

本文中 2002 年中药材市场数量和中药材市场营业面积、2014 年百强制药企业集中度等都可使用级比生成序列方法进行缺失值处理, 其中 2002—2005 年中药品种保护数量是利用级比生成序列方法先计算 2005 年的这个端点数据, 再依次在计算结果的基础上计算 2005 年端点数据, 以此类推完善数据; 2002—2005 年中医药企业有效发明专利数量等缺失数据的计算也是同样的处理方法。

### 2.3 权重确定

熵权法是基于最大熵值原理得出的一种客观评价方法, 最大熵原理是对客观物理系统的某种实际分析分布的估计, 虽然计算熵时所用的概率分布带有一定的主观性, 但在最大熵原理下所给出的解完全是一个客观的量, 因为这一解只与一组数学期

望值有关, 而这组数学期望值可以客观测量得到。所以最大熵给出的解完全是一个客观量, 没有主观因素<sup>[7]</sup>。

其主要利用各指标熵值所提供信息量的大小来决定指标权重, 有效避免人为赋权造成权重主观性大的缺点<sup>[8]</sup>。

设  $x_{ij}$  表示  $m$  项评价指标第  $n$  个年份的中医药产业安全评价决策矩阵<sup>[9]</sup>, 即

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

由于不同的指标代表不同的经济意义, 具有不同的量纲。因此需对搜集到的指标数据进行归一化, 这样既可达到数据去量纲化的目的, 又可使各指标与评价目标同方向、同趋势。

对原始数据进行归一化处理:

$$\text{正向指标: } x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)} \quad (1)$$

$$\text{负向指标: } x'_{ij} = \frac{\max(x_j) - x_{ij}}{\max(x_j) - \min(x_j)} \quad (2)$$

令  $f_{ij} = \frac{1+x'_{ij}}{n + \sum_{j=1}^n x'_{ij}}$ , 则第  $i$  项指标的熵

$$H_i = -\frac{1}{\ln n} \sum_{j=1}^n (f_{ij} \ln f_{ij}), \quad \text{第 } i \text{ 项指标的权}$$

$$w_i = \frac{1-H_i}{m - \sum_{i=1}^m H_i} \quad (3)$$

其中, 第  $i$  项指标的效用值 ( $d_i$ ) =  $1-H_i$ 。

对于多层结构的评价系统, 根据熵的可加性, 可以利用下层结构的指标效用值, 按比例确定对应于上层结构的权重。对下层结构的每类指标的  $d_i$  求和, 得到上层各类指标的效用值和  $D_k (k=1, 2, \dots, k)$ , 以及全部指标效用值的总和 ( $D$ ) =  $D_1 + D_2 + \dots + D_k$ , 则相应类的权重<sup>[10]</sup>为:

$$W_k = D_k / D \quad (4)$$

## 3 中医药产业安全评价

### 3.1 评价方法选择

灰色关联分析法是灰色系统理论的多因素统计分析方法, 它以各因素的样本数据为依据, 用灰色关联度来描述因素间关系的次序。如果样本数据列

反映出 2 因素变化的态势基本一致, 则它们之间的关联度较大; 反之关联度较小, 与其评价分析方法相比, 它对数据要求较低并且计算量小, 因而被广泛运用<sup>[11]</sup>。

**3.1.1 确定比较序列和参考序列** 设  $x_{ij}$  表示  $m$  项评价指标第  $n$  个年份的中医药产业安全评价决策矩阵<sup>[9]</sup>, 组成比较序列  $X_j$ 。当指标越大越好时, 即正向指标取最大值; 当指标越小越好时, 即负向指标取最小值; 将这些最优值  $X_{i0}$  组成参考序列  $X_0$ 。则  $m \times (n+1)$  个指标的评价系统构成如下矩阵。

$$X = (x_{ij})_{m \times (n+1)} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} & x_{10} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} & x_{20} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} & x_{m0} \end{bmatrix}$$

**3.1.2 指标数据无量纲化** 按照“2.3”项中原始数据归一化处理公式 (1) 和 (2)。

**3.1.3 计算关联系数** 经过归一化处理的指标矩阵, 把参考序列中各指标数据看成参考点, 把评价样本各指标数据作为比较点, 关联系数就是参考点和比较点之间距离的一种函数。

$$\xi_{ij} = \frac{\min_{\substack{1 \leq i \leq m \\ 1 \leq j \leq n}} |x'_{i0} - x'_{ij}| + \rho \times \max_{\substack{1 \leq i \leq m \\ 1 \leq j \leq n}} |x'_{i0} - x'_{ij}|}{|x'_{i0} - x'_{ij}| + \rho \times \max_{\substack{1 \leq i \leq m \\ 1 \leq j \leq n}} |x'_{i0} - x'_{ij}|} \quad (5)$$

分辨系数  $\rho \in [0, 1]$ , 按照国际惯例通常将分辨系数取为 0.5

**3.1.4 计算关联度** 将计算出来的各评价指标的权重序列称为  $W_i$ , 则比较序列  $X_i$  中  $n$  个评价样本与参考序列  $X_0$  的关联程度是通过  $m$  个关联系数和  $m$  个指标权重来反映的<sup>[12]</sup>。

$$r_j = \sum_{i=1}^m (w_i \times \xi_{ij}) \quad (6)$$

根据计算结果, 对各比较序列与参考序列的关联度进行排序, 关联度越大, 表明比较序列与参考序列变化的态势越一致。

**3.2 评价过程**

2002—2014 年各指标数据组成比较序列, 将 32 个中医药产业安全评价指标在 2002—2014 年中的最优值筛选出来组成参考序列  $X_0 = (5.14, 5.31, 2\ 788.77, 7\ 302.09, 48.34, 11\ 415, 418\ 573, 16\ 954, 296, 586\ 101, 43\ 635, 4\ 169, 755\ 050, 1.2, 25, 257.9, 22.57, 35.01, 10.36, 0.57, 1.45, 0.24,$

$12\ 117, 49.45, 425, 11.76, 0.87, 2.97, 8\ 073, 631, 6\ 342, 2\ 469)$ , 代表中医药产业最安全的状态。

$X_1, X_2, X_8, X_{27}, X_{28}$  是负向指标, 根据公式 (2) 进行归一化, 其余正向指标根据公式 (1) 进行归一化。

根据公式 (5) 利用无量纲化指标值计算得出 2002—2014 年中医药产业安全各指标和参考序列最优指标的关联系数, 最终根据公式 (6) 得出 2002—2014 年各年份中医药产业安全所有评价指标值与最安全状态下指标值的关联度 (表 2), 关联度越大, 说明该年份中医药产业越接近最安全状态。

表 2 2002—2014 年中医药产业安全关联度  
Table 2 Safety-related degree of TCM industry from 2002 to 2014

年份	$r_j$	位次	年份	$r_j$	位次
2002	0.45	11	2009	0.49	6
2003	0.46	7	2010	0.51	5
2004	0.43	13	2011	0.54	4
2005	0.46	9	2012	0.58	3
2006	0.46	8	2013	0.68	2
2007	0.44	12	2014	0.82	1
2008	0.45	10			

根据 2002—2014 年中医药产业安全关联度及位次发现, 2002—2008 年中医药产业安全度呈波纹状变化, 波动不大, 有提升有下降并且整体安全度较低, 2004 年中医药产业安全度最低, 2009 年以来我国中医药产业安全度呈现逐年上升的趋势, 表明近几年国家大力支持中医药事业发展有了明显的成效, 但是与最佳产业安全状态的关联度不足 0.9, 表明目前中医药产业安全程度并不高。

**3.3 评价结果分析**

根据计算得出的中医药产业安全关联度及各指标关联系数, 每一年关联系数最低的指标威胁产业安全发展: 2002 年我国中医药产业安全度较低主要原因是中医药教育水平落后导致; 2003 年威胁产业安全的主要因素是中药材市场数量即中药流通体制发展; 2004 和 2005 年威胁产业安全的主要因素都是中医药产业效益; 2006、2012 和 2013 年威胁产业安全的主要因素是中医药教育水平; 2007 和 2011 年资本成本影响我国中医药产业安全发展; 2008 年威胁中医药产业安全的主要因素是国内中药市场占有率; 2009 年威胁产业安全的主

要因素是中医药产业贸易竞争力指数亦即中医药产业国际竞争力水平；2010 年是中医药产业国内市场增长需求增长率即中医药产业国内竞争力；2012 年中医药服务业发展状况也影响产业安全；2014 年中医药产业科研投入和中药品种保护威胁产业安全发展。每一年关联系数最高的指标促进我国中医药产业安全发展：2002—2006 年，国内中医市场占有率，即中医在国内市场竞争力水平促进产业安全；2007 年中医药行政保护数量，即我国第一次对中药品种进行官方保护对促进我国中医药产业安全发展具有重要意义；2008—2014 年换汇成本不断降低，对我国中医药产业安全发展促进作用也不断增强。

#### 4 中医药产业安全预警

##### 4.1 预警方法选择

BP 神经网络即误差反向传播 (error back propagation) 是一种基于误差的反向传播的训练算

法，目前被认为是最适用于模拟输入和输出近似关系的模型，也是人工神经网络中最成熟的一个训练算法。它主要由输入层节点、隐含层节点和输出层节点组成，其中隐含层越多网络计算越复杂，本文运用最广泛的单隐层的 3 层 BP 神经网络。BP 神经网络是经过训练来解答问题的，训练的实质是同一个训练集的样本输入、输出模式反复作用于网络，网络按照某种训练规则自动调节神经元之间的权值或拓扑结构，当网络的实际输出满足期望的要求或趋于稳定时，就可以认为是训练圆满结束。当训练完成后，就可以使用这个模型来求解相似的问题<sup>[13]</sup>。这个算法通过对大量的输入、输出样本的学习能够简明、完整地解决一些判别性的问题，近年来被广泛应用于市场预测、政策应用评估、生产流程控制、金融风险评价等各个领域<sup>[14]</sup>。

本文参照国家对突发公共事件预警等级的划分逻辑，设置预警区间及信号对照表 (表 3)。

表 3 预警区间及信号对照

Table 3 Early warning range and signal comparison

预警等级	安全状态	预警区间	预警信号	警灯
I 级 (特别严重)	很不安全	[0.00, 0.25]	10000	红色
II 级 (严重)	不安全	[0.25, 0.45]	01000	橙色
III 级 (较重)	基本安全	[0.45, 0.65]	00100	黄色
IV 级 (一般)	安全	[0.65, 0.85]	00010	蓝色
V 级 (正常)	很安全	[0.85, 1.00]	00001	绿色

##### 4.2 预警数据准备

根据 BP 神经网络的基本原理，预警前需要分别准备好用于 BP 神经网络训练的样本、测试 BP 神经网络自训练成果的样本、用于预测结果的样本，其中训练样本和测试样本是已知的输入数据和输出结果。而预测样本的输入数据需要运用相应方法及已知数据进行预测，输出结果则需要输入预测数据到已经训练合格的 BP 神经网络中进行预测。

灰色预测法是一种对含有不确定因素的系统进行预测的方法，其通过鉴别系统因素之间发展趋势的相异程度进行关联分析，并对原始数据进行生成处理来寻找系统变动的规律，生成有较强规律性的数据序列，然后建立相应的微分方程模型，进而预测事物未来发展趋势的状况。因此，可以将中医药产业安全中各项评价指标数据的形成过程看作是一个灰色系统，通过构建 GM (1, 1) 模型得到输出结果，即预测值。

GM (1, 1) 模型作为灰色系统理论的核心内容之一，是灰色预测模型中应用最为广泛的模型。该模型具有所需样本少、计算简单等特点<sup>[15]</sup>。具体建模步骤如下。

**4.2.1 建模可行性分析** 对于给定序列  $X$ ，能否建立精度较高的 GM (1, 1) 预测模型，一般可用  $X$  的级比  $\sigma(k)$  的大小与所属区间，即其界区 (覆盖) 来判断。按照“2.2”项中的级比公式，若当

$$\sigma(k) \in (e^{-\frac{2}{n+1}}, e^{\frac{2}{n+1}})$$

时，序列  $X$  可建立 GM (1, 1)

模型；若当  $\sigma(k) \notin (e^{-\frac{2}{n+1}}, e^{\frac{2}{n+1}})$  时，序列  $X$  须进行数据变换，其目的是让经过处理后的序列级比落在可容覆盖内，进而对经过变换处理后的序列建模。常用的数据变换处理方法有新陈代谢、对数变换、方根变换、平移变换等。需要注意的是经过变换处理的数据建模得出的预测值还需要进行逆向数据变

换才是最终的预测值。

**4.2.2 GM (1, 1) 建模** 设原始序列  $X$  的  $k$  点 (或时刻) 的实际值为  $x(k)$ , 灰色模型的计算值为  $\hat{x}(k)$ 。

对满足建模条件的序列数据做一次累加得序列  $X^1$ , 即  $x^1(k) = \sum_{j=1}^k x(j), k = 2, \dots, n$ 。则 GM (1, 1) 的均值形式为  $x(k) + \frac{a}{2}(x^1(k) + x^1(k-1)) = b, k = 2, 3, \dots, n$

( $a$  为发展系数,  $b$  为灰色作用量)。

构造数据矩阵  $B$  及数据向量  $Y$ :

$$Y = \begin{bmatrix} x(2) \\ x(3) \\ \dots \\ x(n) \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} -x^1(2) & 1 \\ -x^1(3) & 1 \\ \dots & \dots \\ -x^1(n) & 1 \end{bmatrix}$$

则参数向量  $\hat{A} = [a, b]^T$  可运用最小二乘法估计式确定, 即  $\hat{A} = (B^T B)^{-1} B^T Y$ 。

白化微分方程:  $\frac{dx^1(k)}{dt} + ax^1(k) = b$ 。

对应的时间响应式及生成数列值  $\hat{x}^1(k)$  为

$$\hat{x}^1(k) = (x^0(1) - \frac{b}{a})e^{-a(k-1)} + \frac{b}{a}$$

模型还原值  $\hat{x}(k)$  直接由  $\hat{x}^1(k)$  做一次累减可得  $\hat{x}(k) = (\hat{x}^1(k) - \hat{x}^1(k-1))$ 。

其中, 当  $-a \leq 0.3$  时, GM (1, 1) 可以用作中长期预测; 当  $0.3 < -a \leq 0.5$  于时, 可以用作短期预测; 当  $0.5 < -a \leq 0.8$  时, 作短期预测要慎重; 当  $0.8 < -a \leq 1$  时, 需要作残差修正 GM (1, 1); 当  $-a > 1$  时, 不适宜采用 GM (1, 1) 模型。

**4.2.3 模型检验** 检验 GM (1, 1) 的精度有多种方法, 如残差检验、关联度检验、级比检验及后验差检验, 4 种检验方法的结果是相同的, 因此本文只介绍常用的一种逐点检验法, 即残差检验法。

$e(k) = x(k) - \hat{x}(k)$  是  $k$  点 (或时刻) 的残差, 定义相对误差  $\varepsilon(k)$ 、平均相对误差  $\varepsilon(\text{avg})$  与精度  $p$ 。

$$\varepsilon(k) = \frac{|e(k)|}{x(k)}$$

$$\varepsilon(\text{avg}) = \frac{1}{n-1} \sum_{k=2}^n \varepsilon(k)$$

$$p = 1 - \varepsilon(\text{avg})$$

$\varepsilon(k) < 20\%$ ,  $p > 80\%$ , 说明检验结果合格, 预测值接近真实, 可用于预测。如果检验结果不合格, 则

需要对原始数据序列进行取舍或利用其他方法预测。

**4.2.4 建模与预测** 利用通过检验的 GM (1, 1) 模型进行预测与预报。

根据得出的训练样本、测试样本、预测样本都需要输入到 BP 神经网络, 因此需要统一进行归一化处理。由于训练样本的实际结果需要包含 5 种预警状态, 且测试样本至少需要 2 组数据进行对比验证网络性能, 因此本文将 2002—2011 年和 2014 年的指标数据及结果作为训练样本, 2012 年和 2013 年的指标数据及结果作为测试样本, 2015—2020 年的指标数据是预测样本的输入数据 (表 4)。

**4.3 预警过程**

输入层的节点数以指标数量为准, 因此输入节点数为 32。输出层节点数通常是由需要输出的数据类型和表达方式来决定的, 本文将警度分为 5 个等级, 因此输出节点数为 5。

隐含层节点数的确定通常无法一蹴而就, 节点数合理与否直接关系到构建的神经网络的性能, 节点过多网络学习时间会过长, 节点过少则容错性差<sup>[16]</sup>。目前最常用的隐含层节点数计算公式为  $j = \sqrt{i+k} + a$ , 其中  $i$  是输入层节点数,  $k$  是输出层节点数,  $j$  是隐含层节点数,  $a$  是 1 到 10 之间的常数。根据公式计算得出隐含层节点数为 7~16, 本文以此作为参考值逐个试验, 最终根据测试确定隐含层节点数为 16。

采用不同的传递函数、训练函数和训练误差、学习率等参数对网络的性能是有影响的, 各个函数及参数的设定一部分需要参照理论, 如学习速度参数 `net.trainparam.lr` 不能选择的太大, 否则会出现算法不收敛, 也不能太小, 会使训练过程时间太长, 一般选择为 0.01~0.1 的值, 再根据训练过程中梯度变化和均方误差变化值来确定; 一部分需要在实验中不断尝试, 以便找到最优的函数、参数组合。本文经过多次试验最终采用的函数及参数见表 5, 其余训练参数如连接权、阈值的初始值缺省, 模型自动调用 MATLAB 系统默认值。

经过 87 次训练后, 虽然网络输出与目标结果的误差还不为 0, 但输出的均方差 (MSE) =  $8.022\ 63e^{-11}$ , 误差曲线及训练次数见图 1, 表明此时网络输出较精确。

预测样本为 6 个, 输入 2015—2020 年的指标归一化后的数值, 则网络输出结果及对应的预警信号见表 6。



表 4 指标数据归一化后的 3 类样本  
Table 4 Three types of samples after indicator data normalization

指标	训练样本										
	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2014 年
X1	0	0	0	0.026 8	0.092 3	0.199 4	0.395 8	0.431 5	0.449 4	0.541 7	0.636 9
X2	1	1	0.875 0	0.875 0	0.625 0	0	1	1	0.768 5	0.421 3	0.865 7
X3	0	0.001 5	0.007 5	0.012 8	0.017 0	0.028 8	0.050 7	0.063 8	0.080 3	0.104 3	0.195 4
X4	0	0.002 3	0.004 5	0.010 1	0.015 8	0.021 8	0.031 7	0.043 5	0.062 6	0.088 3	0.172 4
X5	0.158 9	0.110 0	0.006 3	0.484 0	0.261 6	0.281 8	0.135 3	1	0	0.555 6	0.031 9
X6	0	0.021 0	0.003 2	0.026 8	0.038 7	0.028 0	0.060 9	0.131 7	0.232 1	0.313 0	0.566 8
X7	0.080 6	0.063 4	0.056 6	0.035 1	0.045 5	0	0.032 3	0.087 5	0.148 9	0.192 2	0.504 2
X8	1	0.990 3	0.972 2	0.950 0	0.924 1	0.884 7	0.844 2	0.815 4	0.777 0	0.727 7	0.603 0
X9	0	1	0.557 4	0.688 5	0.163 9	0.573 8	0.639 3	0.688 5	0.623 0	0.278 7	0.557 4
X10	0	0.035 0	0.100 8	0.160 8	0.183 6	0.222 8	0.249 8	0.272 6	0.294 1	0.319 1	0.401 0
X11	0.047 3	0	0.005 5	0.021 5	0.041 2	0.263 5	0.206 7	0.241 8	0.305 3	0.355 2	0.539 8
X12	0.498 3	0.325 2	0.473 9	0.484 3	0.617 9	0.808 4	0.705 0	0.838 6	1	0	0.492 5
X13	0	0.011 8	0.025 0	0.036 9	0.053 1	0.072 7	0.100 1	0.135 5	0.174 7	0.225 4	0.424 6
X14	0.093 0	0.358 6	0.385 2	0.305 5	0	0.106 3	0.278 9	0.252 4	0.292 2	0.398 5	0.863 3
X15	0	0.147 9	0.376 5	0.452 7	0.414 6	0.490 8	0.452 7	0.566 9	0.605 0	0.681 2	0.681 2
X16	0	0.060 2	0.153 7	0.100 4	0.047 0	0.078 8	0.106 2	0.162 8	0.111 0	0.203 5	0.545 5
X17	0.811 4	0.948 0	0.949 6	0.941 1	1	0.321 1	0.307 0	0.345 4	0.397 4	0.384 9	0.420 6
X18	1	0.235 4	0.111 3	0.066 6	0.183 8	0.231 7	0	0.029 5	0.116 4	0.238 7	0.643 3
X19	0.102 4	0.069 2	0	0.035 1	0.088 4	0.073 3	0.133 4	0.149 7	0.329 6	0.404 1	0.493 2
X20	0.534 6	0.534 8	0.609 0	0.836 3	1	0.664 8	0.319 0	0	0.164 2	0.648 6	0.838 3
X21	1	0.633 5	0.335 2	0.214 8	0.162 2	0.027 7	0.085 3	0	0.122 3	0.197 1	0.054 0
X22	0.472 3	1	0.718 8	0.671 5	0.598 4	0.445 1	0.435 4	0.551 7	0.648 6	0.315 0	0.233 6
X23	0.090 1	0.071 2	0.042 3	0.060 3	0.049 0	0	0.040 8	0.095 6	0.287 5	0.367 0	0.671 7
X24	0	0.031 5	0.063 4	0.095 8	0.128 6	0.161 9	0.222 7	0.312 4	0.400 9	0.447 9	0.778 7
X25	0.005 9	0.019 8	0	0.023 8	0.057 5	0.085 2	0.091 1	0.112 9	0.148 6	0.182 3	0.530 9
X26	0.607 3	0.492 0	0.123 3	0.228 6	0	0.683 4	0.622 1	0.654 9	1	0.793 1	0.307 5
X27	0	0.096 1	0.216 9	0.413 5	0.406 5	0.451 8	0.474 8	0.632 4	0.537 9	0.726 7	0.833 8
X28	0	0.093 1	0.186 0	0.316 0	0.256 7	0.404 1	0.509 9	0.706 4	0.597 8	0.684 1	0.762 6
X29	0	0.001 5	0.003 2	0.005 1	0.007 2	0.009 5	0.014 2	0.020 0	0.032 0	0.068 1	0.149 3
X30	0	0.004 9	0.003 8	0.012 8	0.007 7	0.015 4	0.024 2	0.023 3	0.031 9	0.043 2	0.127 8
X31	0	0.042 2	0.028 9	0.048 4	0.124 8	0.140 7	0.164 9	0.202 9	0.232 8	0.350 2	0.425 4
X32	0.696 3	0.749 5	0.806 2	0.866 7	0.931 2	1	0.759 2	0.586 3	0.520 2	0.442 5	0.065 0
结果	01000	00100	01000	00100	00100	01000	01000	00100	00100	00100	00010

指标	测试样本		预测样本						
	2012 年	2013 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	
X1	0.586 3	0.619 0	0.744 0	0.800 6	0.851 2	0.901 8	0.952 4	1	
X2	0.680 6	0.680 6	0.660 9	0.648 4	0.635 5	0.622 9	0.609 9	0.597 3	
X3	0.131 5	0.162 1	0.276 1	0.354 6	0.453 4	0.591 9	0.770 2	1	
X4	0.114 0	0.146 8	0.243 1	0.318 6	0.415 8	0.554 1	0.736 4	1	

续表 4

指标	测试样本		预测样本					
	2012 年	2013 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年
X5	0.330 3	0.344 6	0.838 9	0.476 1	0.498 8	0.523 2	0.546 9	0.573 3
X6	0.359 6	0.415 6	0.565 1	0.642 0	0.723 7	0.810 4	0.902 4	1
X7	0.327 8	0.398 9	0.528 1	0.610 6	0.698 6	0.792 6	0.892 9	1
X8	0.687 3	0.641 9	0.506 9	0.428 4	0.339 8	0.239 9	0.127 1	0
X9	0.295 1	0.409 8	0.425 6	0.413 7	0.401 8	0.390 0	0.378 2	0.366 4
X10	0.347 4	0.401 0	0.539 9	0.612 0	0.692 8	0.783 4	0.885 4	1
X11	0.392 0	0.480 8	0.608 8	0.679 6	0.754 0	0.831 8	0.914 0	1
X12	0.103 4	0.327 5	0.396 3	0.379 7	0.364 2	0.347 8	0.331 4	0.315 1
X13	0.299 0	0.364 4	0.490 1	0.571 7	0.662 4	0.763 3	0.875 4	1
X14	0.531 3	0.743 8	0.683 6	0.741 7	0.802 7	0.865 8	0.931 5	1
X15	0.681 2	0.681 2	0.770 3	0.812 7	0.856 7	0.902 6	0.950 3	1
X16	0.255 2	0.469 3	0.459 6	0.536 8	0.627 0	0.732 2	0.855 3	1
X17	0.408 4	0.420 9	0.215 1	0.169 4	0.125 3	0.082 1	0.040 4	0
X18	0.369 8	0.460 4	0.543 3	0.604 5	0.667 0	0.730 8	0.796 0	0.862 5
X19	0.339 7	0.474 6	0.588 8	0.663 1	0.741 1	0.823 1	0.909 4	1
X20	0.217 4	0.261 1	0.280 1	0.280 1	0.280 1	0.280 1	0.189 5	0.189 5
X21	0.030 0	0.103 2	0.053 8	0.045 7	0.037 7	0.029 7	0.021 8	0.014 0
X22	0.244 5	0.297 9	0.185 8	0.145 1	0.106 6	0.069 7	0.033 8	0
X23	0.411 0	0.445 7	0.606 6	0.679 2	0.754 8	0.833 4	0.915 1	1
X24	0.256 6	0.505 6	0.663 7	0.727 7	0.793 6	0.860 7	0.929 7	1
X25	0.291 2	0.424 0	0.491 6	0.571 7	0.661 3	0.761 5	0.874 0	1
X26	0.431 9	0.426 8	0.637 1	0.664 4	0.691 8	0.719 5	0.747 4	0.775 5
X27	0.743 8	0.752 4	0.853 3	0.887 5	0.919 0	0.948 1	0.975 1	1
X28	0.770 3	0.770 2	0.854 4	0.888 8	0.920 4	0.949 3	0.975 7	1
X29	0.093 7	0.133 9	0.199 6	0.272 2	0.372 8	0.514 1	0.714 1	1
X30	0.074 2	0.106 9	0.170 6	0.236 6	0.332 1	0.472 4	0.682 0	1
X31	0.414 1	0.429 8	0.547 5	0.622 2	0.703 9	0.793 6	0.892 0	1
X32	0.304 9	0.122 2	0.038 6	0.022 3	0.016 4	0.007 9	0.010 8	0
结果	00100	00010	待预测	待预测	待预测	待预测	待预测	待预测

表 5 BP 神经网络函数、参数组合

Table 5 BP neural network function and parameter combination

函数名	函数类型/参数值
隐含层传递函数	logsig
输出层传递函数	logsig
训练函数	trainscg
最大训练次数	net. trainParam. epochs = 500
目标误差	net. trainParam. goal = $1 \times e^{-10}$
最小梯度值	net. trainParam. min_grad = $1 \times e^{-20}$
网络学习速率	net. trainParam. lr = 0.01

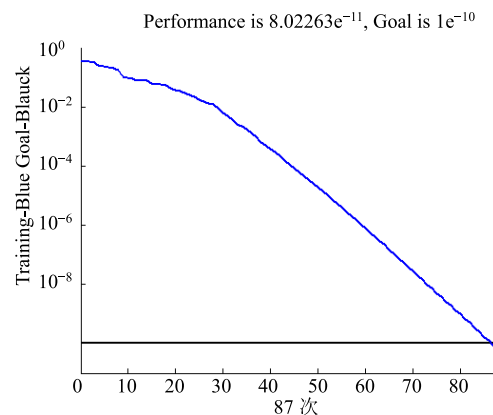


图 1 误差曲线及训练次数

Fig. 1 Error curve and training frequency

表 6 BP 网络预测输出  
Table 6 Output of BP network prediction

BP 网络	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年
网络输出	0.000 1	0.000 0	0.000 1	0.000 7	0.004 2	0.007 4
	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 1	0.000 6	0.000 8
	0.001 6	0.000 1	0.000 1	0.000 2	0.000 9	0.001 3
	0.999 3	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0
	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 1	0.000 2	0.000 2
预警信号	00010	00010	00010	00010	00010	00010

#### 4.4 预警结果分析

对通过灰色预测得来的 2015—2020 年中医药产业安全指标数据进行预警，得出了 2015—2020 年中医药产业安全警度都为 V 级（正常），安全状态都为很安全。对此结果，结合当前的中医药产业经济状况及政策实际，本文认为结果可靠，但是中医药产业相关经营者和管理者也不应盲目乐观，当前形势宏观上对于我国中医药产业安全发展具有积极作用，但是微观上有些影响产业安全的因素还需要重视并改进。

#### 5 结论与建议

以上研究分析可知，2002—2008 年中医药产业安全度较低，2004 年中医药产业安全度最低，2009—2014 年我国中医药产业安全度呈现逐年上升的趋势；2015—2020 年中医药产业安全度较高，警度都为 V 级（正常），安全状态为很安全。对中医药产业安全影响较大的一级指标依次为中医药产业国内环境、国际竞争力、知识产权保护、产业对外依存度。本文结合预警指标权重、各年产业安全度与对应的预警指标关联系数，对中医药产业安全管理提出相关建议。

##### 5.1 维护中医药产业国内发展环境

**5.1.1 维护并关注中医药产业金融环境** 中医药产业相关经营者应努力维护好当前的金融环境，不开展恶性竞争，促进产业有序发展；关注好产业金融环境，适应宏观产业政策，有利于及时调整中医药相关企业经营策略，促进产业转型升级，保证中医药产业安全发展。

**5.1.2 提高中医药产业劳动力素质** 中医药产业相关管理部门及企业经营者应加强对中医药人才培养。在中医药教育方面，加大对高等中医药教育投入，开展中医药继续教育，从而为中医药产业可持续发展培养并储备生产、研发、管理、销售等各个

方面的高素质人才；在中医药服务业方面，特别是中医诊疗、中药配伍应用，需要临床经验的积累，因此需要建立高效的传承方法和个性化诊疗体系，如加强中医药“师承”培养，从而最大程度学习老中医的行医经验，促进中医药传承发展。在中医药研发生产方面，积极开展技能培训和认证，努力提高中医药生产人员技术水平，促进中医药产业技术发展创新，增加中医药高技术创新人才培养与储备，确保中药治法有效传承给新一代人才，从而增强中药产业创新能力，实现中医药产业安全发展。

**5.1.3 刺激中药市场需求** 为确保中医药产业安全发展，刺激中药市场需求可从以下两方面着手：首先，挖掘中医药发展潜力，结合中医药特色如大力发展中医药保健、旅游，有效扩大市场容量；其次，根据人民消费水平提高及当前供给侧结构性改革，刺激中药市场需求应确保提供高质量的中药产品。

##### 5.2 提高中医药产业国际竞争力

**5.2.1 增强中医竞争力** 我国是中医药的发源地，中医诊疗经验和理论积累都是其他国家无法比拟的，因此在中医方面具有极强的竞争力是毋庸置疑的，但前些年盛行中医药无用论，导致学习中医和从事中医的人员大量减少，中医的传承培养出现过断层，目前其恶劣影响已经逐步显现，随着各地老一辈名老中医的去逝，新一代中医师傅的诊疗经验还需积累，广大群众开始怀疑中医药的作用。对此，中医药产业相关从业者应保持信心；加强对中医理论知识的研究学习，正如屠呦呦所说：“中医药是丰富的宝藏，值得我们多加思考，发掘提高”；在诊疗实践中积累行医经验。中医药产业相关管理者及经营者应借鉴西医的管理经验，努力推进中医药现代化、标准化，尽快与国际接轨，同时加强“西学中用”，将西医先进设备为中医诊疗所用，进一步发扬中医的文化精神，从国家层面加强中国文化、特别

是中医药健康文化宣传与推广工作,让世界更深入了解和认识中国,深入理解与接纳中国中医药,加强中西医结合的基础研究,将中医药与现代医学相结合,促进中医药国际化。

**5.2.2 提高中医药国际市场占有率** 建议优化出口产品结构,增加对高附加值产品的出口,减少资源类产品及低附加值产业的出口,加快实现对外贸易市场多元化,便于保护中医药资源的同时提高产业效益,从而促进中医药产业安全发展。

**5.2.3 提升中医医疗服务业水平** 加强医疗机构的中医药服务能力建设,坚持人才培养、业务创新,实施名医、名院、名方、名科、名园的“五名战略”,积极践行公立医院改革,在加强中医药适宜技术推广使用的基础上,发展老年护理、康复疗养、社区农村健康养老服务、生态保健养生等相关健康服务,形成中西并重、全面发展的医疗保健服务格局。

### 5.3 增强对中医药产业知识产权保护

**5.3.1 增加中医药专利权申请** 针对专利权保护,中医药企业应积极鼓励并奖励专利权申请,从长远角度布局中医药专利申请,科学地进行专利挖掘,中医药科研机构应与中医药企业建立完善的“产-研”商业运作模式,将专利与市场衔接,从而确保产生可持续发展的专利保护模式,保障中医药产业安全发展。

**5.3.2 加强对中医药著作权的保护** 中医药产业专利、商标、商业秘密、行政保护可能与个人的关系不密切,但中医药产业著作权保护与中医药产业从业人员息息相关,因此应深入了解现行著作权制度对中药的保护时限,对于不被现行著作权保护的中药处方、配方、制药方法等关键技术,可以加强技术水平,深入分析,努力将其转化成受著作权保护的客体;对于历史悠久的医籍药典、老中医的学术思想、临床经验和用药方法,还有民族、民间医药传统知识和技术建立我国传统中医药知识数据库。

**5.3.3 完善其他知识产权保护措施** 需要完善中医药知识产权保护的法律,将中药品种保护、植物新品种保护的法规进行修订并增加保护范围。

中医药商标权保护和中医药商业秘密权保护是中医药知识产权保护重要的组成部分,但由于本文并未检索到衡量其发展状况的数据,一定程度上表明,这两类中医药知识产权保护项目对中医药产业安全的影响极低,需要相关管理部门努力完善,加大配套激励措施,扩大宣传教育,提高认识,并且

加强对保护情况的监测,为研究中医药产业安全提供全面的指标数据。

改善现行的中医药知识产权保护制度,保障和激励大众创业、万众创新。可以借鉴国外的有效措施,如韩国政府制定的“天然新药研究开发促进计划”和以“国家支持并资助发展韩药”的《韩国韩医发展法案》等,促进韩医学的普及化、现代化和国际化;日本的“1.5次开发”工程对中药名方用西医理论进行详尽研究,得到“救心丸”。应将国外经验与国内基本情况结合,制定出适合我国国情的中药知识产权保护制度<sup>[17]</sup>。

### 5.4 降低中医药产业对外依存度

**5.4.1 降低出口对外依存度** 根据指标计算公式及原始数据,表明当前我国中医药产业出口较大,受跨国因素影响较大,但与2002—2010年我国中医药产业出口对外依存度指标数值相比,2011—2014年我国中医药产业出口对外依存度指标数值明显降低,说明相关管理者已经意识到出口依赖的负面影响。2014年我国中医药产业出口对外依存度指标数值有所上升,因此还需要降低出口对外依存度。

**5.4.2 维持较低的进口对外依存度** 从指标计算公式及原始数据可以看出,我国中医药产业进口对外依存度较低,表明产业受跨国影响因素较小,对产业安全程度威胁较低。因此本文建议维持目前的进口对外依存度水平,有利于维护中医药产业安全。

**5.4.3 警惕资本和技术对外依存度** 中医药产业资本对外依存度表明国内中医药产业对外国资本的依赖程度,它可以用当年年末国内中医药产业国外资本存量与中医药产业总资本存量的比值衡量;中医药产业技术对外依存度表明国内中医药产业对国外技术的依赖程度,它可以用当年全部引进技术项目的产值占当年总产值的比值衡量<sup>[18]</sup>。这两项分别从资本和技术方面反映我国中医药产业对外依存度的指标,由于数据查询难度极大,本文并未将其列到产业安全预警指标体系当中。但是两者对中医药产业安全的影响不容忽视,中医药产业相关管理者和经营者在日常工作当中,应警惕国外资本和技术对我国中医药产业的侵入,适当引进外国资本和技术有利于增强中医药市场活力,促进中医药产业快速发展,但过量的引进则会带来相反的影响,甚至威胁中医药产业安全的发展,因此其中的度需要相关管理者和经营者在日常工作中总结积累和把握。

## 参考文献

- [1] 熊新忠. 中医药产业集群式技术创新研究 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2012.
- [2] 汪立欢. 产业安全评价预警系统研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2011.
- [3] 李孟刚. 产业安全理论 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2010.
- [4] 何维达, 宋胜洲. 开放市场下的产业安全与政府规制 [M]. 南昌: 江西人民出版社, 2003.
- [5] 白 翎. 换汇成本测算初论 [J]. 黑龙江科技信息, 2007 (23): 124.
- [6] 中国人民银行. 2015 年统计数据 [EB/OL]. [2015-08-03] <http://www.pbc.gov.cn/diaochatongjisi/116219/index.html>.
- [7] 费智聪. 熵权-层次分析法与灰色-层次分析法研究 [D]. 天津: 天津大学, 2009.
- [8] 张笑笑, 汤少梁, 殷爱玲. 我国中药产业安全评价实证分析 [J]. 中草药, 2016, 47(7): 1243-1250.
- [9] 李 灿, 张凤荣, 朱泰峰, 等. 基于熵权 TOPSIS 模型的土地利用绩效评价及关联分析 [J]. 农业工程学报, 2013, 29(5): 217-227.
- [10] 史常亮. 基于“三性”分析的上市商业银行经营绩效评价 [J]. 金融发展研究, 2012(12): 12-19.
- [11] 张新波, 卢 英. 基于关联度的灰色模糊综合评判 [J]. 数学的实践与认识, 2008, 38(21): 156-160.
- [12] 刘新梅, 徐润芳, 张若勇. 邓氏灰色关联分析的应用模型 [J]. 统计与决策, 2008(10): 23-25.
- [13] 陈云蓉. 基于 BP 神经网络的银行业安全预警实证研究 [D]. 长沙: 中南大学, 2008.
- [14] 闻 新, 周 露. Matlab 神经网络应用设计 [M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [15] 刘宏军. 基于灰色理论的中医疾病预测系统的设计与实现 [D]. 哈尔滨: 黑龙江大学.
- [16] 张艳凤. 基于 BP 神经网络的钢铁行业上市公司财务风险预警研究 [D]. 秦皇岛: 燕山大学.
- [17] 孔祥生. 中药产业知识产权保护问题研究 [J]. 中国药房, 2013, 24(11): 961-964.
- [18] 雷 鸣. FDI 对我国产业安全影响的预警分析 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2007.