

黄金国,魏兴琥,王兮之,等.基于人工神经网络的农地石漠化预警模型及应用——以阳山县为例[J].江苏农业科学,2014,42(9):297-300.

基于人工神经网络的农地石漠化预警模型及应用 ——以阳山县为例

黄金国, 魏兴琥, 王兮之, 李辉霞, 周红艺

(佛山科学技术学院空间信息与资源环境系, 广东佛山 528000)

摘要:应用相关分析和主成分分析法并借鉴相关研究成果,选取岩性、地表起伏指数、基岩裸露率、植被覆盖率、 $\geq 25^\circ$ 坡地面积比、土壤类型、土地垦殖指数、坡耕地指数、农业人口密度和人均耕地面积等 10 个与农地石漠化密切相关的因子作为输入变量,根据人工神经网络的原理和方法,建立了农地石漠化预警的 BP 人工神经网络模型,并利用该模型对阳山县进行了实证研究。结果表明,该模型性能良好,能够较好地实现农地石漠化预警功能,预警结果客观合理,具有一定的推广应用价值,能够为区域农地石漠化的预防与综合治理提供依据。

关键词:人工神经网络;农地石漠化;预警模型;阳山县

中图分类号: X141; S158.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)09-0297-03

农地石漠化是岩溶地区农用地退化的一种极端形式,其形成与发展不仅造成岩溶地区农用地土壤严重侵蚀、肥力下降、基岩出露、地表水源短缺、旱涝灾害频繁等一系列生态环境问题,而且也是造成岩溶地区农村经济贫困的主要原因^[1-2]。因此,将预警科学引入石漠化研究领域,加强对岩溶地区农地石漠化的预警预测具有重要的理论和实践意义。通过预警可以定性、定量、定位地反映农地石漠化发生的可能性及其危害程度,进而对农地石漠化进行有效治理与科学防范,为农地资源的合理利用提供科学依据。影响农地石漠化的因素涉及自然环境、经济、社会等诸多方面,各因素之间关系复杂,并呈现非线性关系,一般的回归分析、时间序列预测等传统方法难以对其进行准确预测。而近年来发展起来的人工神经网络是一种高度复杂的非线性动力学系统,具有自学习、自组织自适应能力等特点,对解决规律不明显,用统计方法难以处理的非线性预测问题有着独特的优势,同时它还具有很强的输入输出非线性映射能力以及易于学习和训练的优点,在模式识别、图像处理、控制和优化、智能信息管理、预测等领域有着广泛的应用^[3-4]。本研究根据人工神经网络的原理和方法,以粤北岩溶山区农地石漠化分布典型区域阳山县为例,选取 10 个与农地石漠化显著相关的指标作为预警因子,建立了基于 BP 人工神经网络的农地石漠化预警模型,并利用该模型对阳山县农地石漠化进行预警分析,以期对粤北岩溶山区农地石漠化的综合防治和农地资源的合理利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

收稿日期:2013-11-25

基金项目:国家自然科学基金(编号:31170486,31070426);广东省哲学社会科学“十二五”规划项目(编号:GD12CGL01);广东省自然科学基金(编号:S2012010009272)

作者简介:黄金国(1967—),男,湖南桃源人,副教授,研究方向为土地退化防治与农业资源利用。E-mail:fsjgh@163.com。

阳山县地处广东省西北部,属清远市管辖,位于东经 $112^\circ 22' 01'' \sim 113^\circ 01' 06''$,北纬 $23^\circ 57' \sim 24^\circ 56'$,全县现辖 12 个镇和 1 个瑶族乡,总面积 $3\,329.53\text{ km}^2$,县域内地形复杂,总体为南北高峻,并以单斜山地不规则地由两端向腹地倾斜,形成中间低缓、四周较高的船形地貌,山地约占全县总面积的 90%,盆地和冲击平原约占 10%^[5]。气候属亚热带季风气候,年平均气温 20.3°C ,年降雨量 $1\,850\text{ mm}$ 。阳山县土地利用整体结构以农用地为主,根据阳山县第二次土地调查数据,全县农用地面积 $268\,807\text{ hm}^2$,占土地总面积的 80.73%,属典型的山区农业县。同时,阳山县是粤北山区石漠化分布的主要区域,石漠化总面积 $16\,169.5\text{ hm}^2$,其中轻度石漠化面积 340.6 hm^2 ,占 2.11%;中度石漠化面积 $6\,009.8\text{ hm}^2$,占 37.17%;重度石漠化面积 $9\,479.9\text{ hm}^2$,占 58.63%;极重度石漠化面积 339.2 hm^2 ,占 2.10%^[6]。由于特殊的自然条件和社会经济发展背景,阳山县的社会经济发展长期以来处于落后水平,是广东省主要的贫困地区,石漠化问题仍是制约当地社会经济可持续发展的关键因素。

1.2 研究方法

人工神经网络(artificial neural network, ANN)是对人脑或自然的神经网络若干基本特性的抽象和模拟,是一种非线性的动力学系统,它具有大规模的并行处理和分布式的信息存储能力,良好的自适应性,自组织性及很强的学习、联想、容错及抗干扰能力,特别适合处理需要同时考虑很多因素和条件的、不确定和模糊的信息处理问题^[7-8]。在目前 30 多种神经网络模型中,算法最成熟、应用最广泛的神经网络模型是由 Rumelhart 等提出的前馈网络(back propagation network)模型,即 BP 网络模型^[9]。常用的 BP 网络模型由输入层、隐含层(1 个或多个)和输出层三部分组成,每一层包含若干神经元,同一层内部各神经元之间没有连接,而上下层之间的神经元采用全互联的连接方式。典型的三层 BP 人工神经网络结构如图 1 所示。

BP 算法的基本思想是整个网络的学习过程由信号的正向传播和误差的反向传播两个过程组成。正向传播时,输入

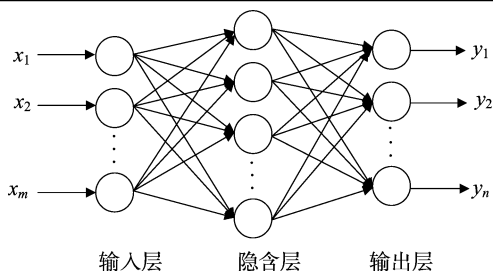


图1 典型的三层BP人工神经网络结构

信息从输入层输入,经网络的权重、阈值和神经元的传递函数作用后从输出层输出。如果输出层的实际输出和期望输出之间的误差大于规定量则转入误差信号的反向传播阶段,即将输出信号的误差沿原来的连接道路返回,通过修改各层神经元的权值,使得误差信号最小。周而复始的信号正向传播和误差反向传播过程是各层权值不断调整的过程,也是神经网络学习训练的过程,此过程将一直循环进行,直到网络的输出误差减小到允许值或到达预先设定的训练次数为止^[10]。完成训练后,该BP神经网络模型就可以用来求解相似的问题。BP神经网络模型的应用设计,可借助于MATLAB软件包中的神经网络工具箱完成^[11]。

2 农地石漠化预警模型的建立

2.1 输入与输出变量的确定

农地石漠化是地质、地貌、植被、土壤、气候等自然背景因素和人类不合理的农业生产活动综合作用的结果。根据阳山县的实际情况和预警指标选取的科学性、系统性、简明性、可表征性、可获得性和可度量性等原则,应用相关分析和主成分分析方法并借鉴相关研究成果^[12],本研究选取岩性、地表起伏指数、土壤类型、植被覆盖率、基岩裸露率、土地垦殖指数、坡耕地指数、农业人口密度、人均耕地面积、 $\geq 25^\circ$ 坡地面积比共10个和农地石漠化密切相关的指标作为输入变量,即输入层神经元数目为10。输出变量的选择与预警结果相对应,本研究根据阳山县的实际情况设置无警、轻警、中警和重警4个预警结果,即输出层神经元数目为4,其中输出(1 0 0 0)为无警,(0 1 0 0)为轻警,(0 0 1 0)为中警,(0 0 0 1)为重警。

2.2 隐含层和隐含层神经元数的确定

现有理论已证明,具有一个隐含层的三层BP神经网络可以映射所有的连续非线性函数^[10],因此,本文隐含层数选为1个。对于隐含层神经元数的确定是神经网络设计中非常重要的一个环节,若隐含层神经元个数过少,会使网络不能建立复杂映射关系,训练效果不理想,网络的容错性也随之较低;若隐含层神经元个数过多,会使样本学习能力降低,网络学习时间过长,总体性能减弱^[4]。因此,在具体设计时通常先根据经验公式 $n_1 = \sqrt{m+n} + a$ (式中 m 为输入层神经元数, n 为输出层神经元数, n_1 为隐含层神经元数, a 为[1,10]之间的常数。)初步确定隐含层神经元个数,然后通过对不同神经元数的网络进行训练对比,再最终确定神经元数^[10]。

本研究输入层神经元数为10,输出层神经元数为4,通过训练对比发现,隐含层神经元数为8时,网络性能最好,误差最小,因此,选择隐含层的神经元数为8。

2.3 模型结构

有10个输入神经元、8个隐含层神经元和4个输出神经元,故采用10-8-4结构的3层BP神经网络模型(图2)。

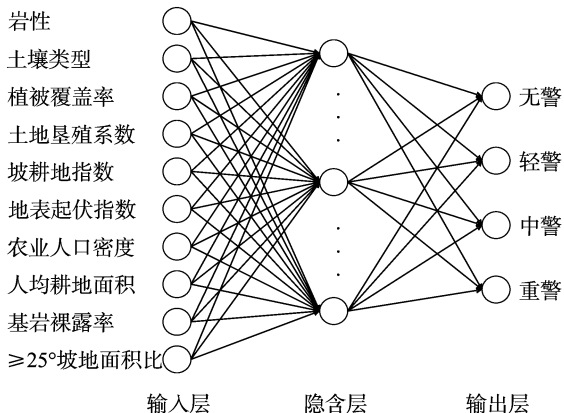


图2 农地石漠化预警的BP神经网络模型

3 实例应用

3.1 数据来源及处理

根据阳山县农地石漠化的实际情况,选取15个样本区域(无石漠化区域、轻度石漠化区域、中度石漠化区域、重度石漠化区域、极重度石漠化区域各选3个)进行数据采集,其中农业人口密度、人均耕地面积数据来源于《阳山县统计年鉴》,土地垦殖指数、坡耕地指数数据来源于阳山县第二次土地利用调查数据库,地表起伏指数、 $\geq 25^\circ$ 坡地面积比数据应用GIS方法从DEM数据中提取,基岩裸露率、植被覆盖率数据来源于遥感影像解译和野外调查,对岩性、土壤类型等定性指标的处理,由专家根据实际情况打分进行量化。

原始数据由于量纲、数量级和单位等存在较大差别,在网络训练前须对其进行归一化处理。本研究采用的归一化公式为 $x'_i = (x_i - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min})$,式中 x'_i 为经过标准化处理的数据, x_i 为原始数据, x_{\max} 和 x_{\min} 分别为数据序列中的最大数和最小数。经过归一化处理后的15组样本数据见表1。

3.2 网络训练与检测

在MATLAB软件中创建10-8-4的BP神经网络,隐含层神经元的传递函数采用S型正切函数tansig,输出层神经元传递函数采用S型对数函数logsig,训练函数采用traindx。设定最大训练次数为10 000,训练目标误差为0.001,初始学习速率为0.7,其余训练参数取默认值。取表1中前12组(样本1~12)数据作为训练样本,调用训练函数对BP神经网络进行训练,电脑显示经过1 033次训练后,其均方误差MSE=0.000 946,小于预先设定的0.001的最小误差,网络性能达到最好,训练结束。

取表1中后3组(样本13~15)数据作为输入数据对上述训练好的神经网络进行验证,其结果见表2。从表2可以看出,模型输出值与期望输出值非常接近,最大绝对误差为0.008 5,最小为0.000 7,表明训练后的BP神经网络模型有较高的模拟精度和可信度,完全能满足农地石漠化预警要求,到此整个建模过程结束。

3.3 预警结果及分析

根据1990—2012年阳山县各乡镇的植被覆盖率、基岩裸露率、土地垦殖指数、坡耕地指数、农业人口密度和人均耕地

表 1 归一化处理后的样本数据

序号	岩性	地表起伏 指数	基岩 裸露率	植被 覆盖率	≥25°坡地 面积比	土壤类型	土地垦殖 指数	坡耕地 指数	农业人口 密度	人均耕地 面积
1	0.258 3	0.301 5	0.452 6	0.280 3	0.432 5	0.123 4	0.219 8	0.139 5	0.134 8	1.000 0
2	0.247 1	0.286 3	0.450 2	0.278 2	0.305 7	0.550 7	0.069 7	0.146 9	0.144 1	0.768 6
3	0.258 3	0.625 8	0.453 9	0.273 3	0.761 3	0.755 8	0.231 2	0.153 6	0.145 8	0.729 5
4	0.261 0	0.320 7	0.409 1	0.295 1	0.413 9	0.656 2	0.077 3	0.144 3	0.147 9	0.730 1
5	0.246 5	0.127 6	0.413 2	0.260 5	0.236 5	0.387 2	0.209 9	0.128 9	0.138 6	0.749 3
6	0.258 3	0.338 9	0.421 2	0.278 2	0.447 6	0.755 8	0.058 3	0.138 9	0.143 0	0.753 2
7	0.261 0	0.683 5	0.433 5	0.265 2	0.703 1	0.436 4	0.229 8	0.151 8	0.139 9	0.738 3
8	0.236 8	0.134 3	0.401 3	0.289 5	0.239 2	0.656 2	0.076 2	0.139 2	0.143 5	0.729 6
9	0.246 5	0.857 8	0.443 1	0.273 6	0.796 5	0.387 2	0.220 5	0.145 8	0.129 5	0.736 8
10	0.247 1	0.203 5	0.431 6	0.256 1	0.303 5	0.550 7	0.071 6	0.132 5	0.139 3	0.699 8
11	0.261 0	0.103 8	0.452 6	0.270 6	0.215 0	0.436 4	0.229 8	0.148 7	0.139 5	0.736 0
12	0.236 8	0.215 5	0.421 6	0.276 2	0.308 7	0.656 2	0.068 5	0.138 1	0.137 8	0.726 3
13	0.247 1	0.304 6	0.441 5	0.263 8	0.436 4	0.550 7	0.213 2	0.130 5	0.123 6	0.738 5
14	0.236 8	0.530 9	0.406 6	0.281 3	0.605 9	0.436 4	0	0.140 6	0.139 7	0.768 2
15	0.246 5	0.632 6	0.423 8	0.277 5	0.703 8	0.387 2	0.201 8	0.143 2	0.128 5	0.727 9

表 2 阳山县农地石漠化预警模型验证结果

序号	期望输出	模型输出	预警等级
13	(0 1 0 0)	(0.000 3 0.997 5 0.000 6 0.001 5)	轻警
14	(0 0 0 1)	(0.001 5 0.000 2 0.003 2 0.991 6)	重警
15	(0 0 1 0)	(0.002 3 0.0017 0.995 8 0.003 8)	中警

面积 6 个指标的历史数据,并利用回归分析法计算出 13 个乡镇的岩性、土壤类型、地表起伏指数、≥25°坡地面积比 4 个指标在短期内是不会发生变化的,各乡镇岩性、土壤类型、地表起伏指数、≥25°坡地面积比的数据从岩性图、土壤图和数字高程模型 DEM 中提取),将所有数据进行归一化处理并输入到上述已经训练好的 BP 神经网络模型,结合 GIS 技术,最后将结果按照农地石漠化警度级别分别标示,得到 2015 年阳山县农地石漠化警情分布专题图(图 3)。

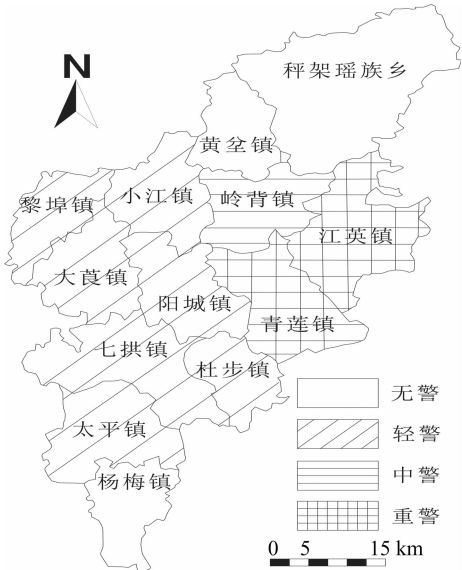


图 3 2015 年阳山县农地石漠化警情分布

从图 3 可看出,2015 年阳山县 13 个乡镇中秤架瑶族乡、黄垌镇、杨梅镇属无警区;小江镇、黎埠镇、大茛镇、阳城镇、七拱镇、杜步镇、太平镇属轻警区;岭背镇属中警区;江英镇、青

莲镇属重警区。

4 讨论

由于影响农地石漠化的因素涉及自然环境、经济、社会等诸多方面,各因素之间既相互联系又相互作用,属多变量非线性问题,而 BP 神经网络具有良好的模式识别能力和较强的非线性处理能力,能根据所提供的数据,通过学习和训练,找出输入与输出之间的内在联系,从而求取问题的解,人为主观性影响较小,计算结果准确性高,所以基于 BP 神经网络的农地石漠化预警方法是可行的。但预警过程中输入变量的选取、隐含层神经元个数的确定和运行参数的设置等问题尚需进一步研究。

本研究采用 BP 神经网络方法构建了农地石漠化预警的模型,并以阳山县为例进行了农地石漠化预警分析。预警结果表明:2015 年阳山县 13 个乡镇中有 2 个镇属重警区,1 个镇属中警区,7 个镇属轻警区,1 个乡和 2 个镇属无警区。预警结果为阳山县各镇的农地石漠化综合治理与农地资源合理利用提供了参考。

参考文献:

[1] 韩清延,胡宝清,闫 妍,等. 基于 ANN-FES 的石漠化综合治理智能决策支持系统设计及应用研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2009,32(2):63-68.

[2] 李 明,李雪铭. 基于遗传算法改进的 BP 神经网络在我国主要城市人居环境质量评价中的应用[J]. 经济地理,2007,27(1):99-103.

[3] 田彦清,杨振宏,张源勇,等. 基于 BP 神经网络的作业场所风险预警模型研究[J]. 安全与环境学报,2011,11(6):255-259.

[4] 刘连胜,陈乐书,李小非,等. 基于 GIS、RS 的阳山县耕地后备资源调查评价[J]. 广东农业科学,2009(8):110-112,119.

[5] 黄金国,魏兴琥,王兮之. 粤北岩溶山区土地石漠化成因及其生态经济治理模式[J]. 水土保持研究,2013,20(4):105-109.

[6] 侯建才,李占斌,李 勉,等. 流域次降雨侵蚀产沙的 BP 神经网络模拟[J]. 水土保持通报,2007,27(3):79-83.

[7] 李文超,胡天然,魏永霞. BP-ANN 模型在地下水动态预测中的应用研究[J]. 东北农业大学学报,2009,40(9):44-47.

董丽丽,丁忠义,刘一玮,等. 基于 TOPSIS 模型的煤矿区土地生态质量评价[J]. 江苏农业科学,2014,42(9):300-303.

基于 TOPSIS 模型的煤矿区土地生态质量评价

董丽丽,丁忠义,刘一玮,毛梦祺

(中国矿业大学环境与测绘学院,江苏徐州 221116)

摘要:以黄淮海平原的沛北 8 矿为研究区域,从压力-状态-响应角度构建指标体系,利用地理空间分析技术提取数据,采用基于熵权的 TOPSIS 模型对土地生态质量进行评价,并运用灰色关联分析法对指标进行了关联度分析。结果表明:受煤炭开采的影响,沛北 8 矿的土地生态质量均未达到一等,其中与最优方案贴进度最高的是孔庄煤矿,贴进度最低的是龙固煤矿;多数评价指标与土地生态质量的关联度都在 0.7 以上,其中工矿用地比例、土地损毁(压占、塌陷、废弃)比例和土地复垦率等因素与矿区土地生态质量状况的关联度尤为显著。需要政府和采矿企业在煤炭资源的开采利用过程中,转变“先破坏,后治理”的传统土地利用模式,重视土地生态质量的防治和保护,积极推进土地复垦工程,实现沛北 8 矿土地生态与矿区经济的协调发展。

关键词:土地生态质量;熵权;关联度;矿区

中图分类号: X822.5

文献标志码: A

文章编号: 1002-1302(2014)09-0300-04

煤炭矿区的生态环境是矿区生产及周围居民赖以生存的基础。由于煤炭资源的长期不合理开发利用,造成了矿区及周边生态环境的严重污染和破坏。我国的煤炭开采分为井工开采和露天开采 2 种方式,但都是以土地为依托的,所以煤炭矿区的生态环境问题在土地生态质量方面表现得尤为突出。因此,煤炭矿区的土地生态状况调查与评价是保护矿区生态环境,解决人与环境矛盾,促进经济、社会和生态环境可持续发展的迫切需求。从 2011 年起,由国土资源部土地利用重点实验室承担实施的土地资源调查评价专项项目“重点区域土地生态状况调查与评估”开始对黄淮海采煤塌陷区的土地生态状况进行调查与评估,煤炭矿区的土地生态质量状况和土地生态系统的平衡性得到国家、社会和科研机构的高度重视。本研究结合黄淮海地区的遥感影像资料,运用遥感影像处理软件和地理信息系统,从压力-状态-响应(PSR)角度建立评价体系,采用熵权法赋予指标权重,基于 TOPSIS 模型对该地区沛北 8 矿的土地生态质量进行评价和横向比较,并且利用灰色关联法进行因素关联度分析,以期对矿产资源的合理开发利用以及矿区土地的生态保护提供参考。

1 研究区概况

研究区是位于黄淮海地区、江苏省西北端的徐州沛县境内的沛北 8 矿,与山东省微山县毗连,西北与山东省鱼台县接

壤,西邻丰县,南望铜山区。现已探明煤炭储量约 23.7 亿 t,占江苏省储量的 40%,徐州市储量的 66%,年产量占江苏省的 50% 以上。境内 8 对矿井,分别是大屯煤电集团的姚桥煤矿、徐庄煤矿、孔庄煤矿、龙东煤矿,徐州矿务集团的三河尖煤矿、张双楼煤矿,华润电力集团的天能龙固煤矿、沛城煤矿,涉及龙固、杨屯、大屯、安国、沛城、鹿楼、朱寨、栖山、张寨、沛县经济开发区等 10 个镇级单位(图 1)。

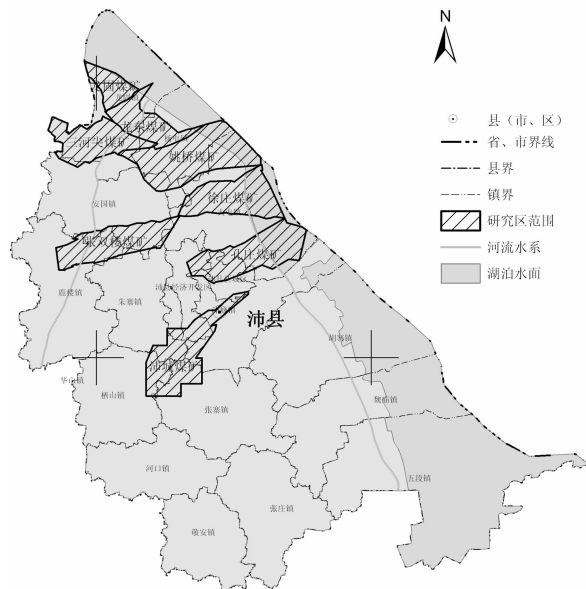


图1 研究区域地理位置示意图

收稿日期:2013-12-18

基金项目:公益性行业(国土资源)科研专项(编号:201115106311)。

作者简介:董丽丽(1989—),女,四川华蓥人,硕士,主要从事土地规划、土地开发复垦整理研究。E-mail: lililai20080623@126.com。

[8] 吴璞周,卫海燕. 基于 GIS 和人工神经网络的区域水资源压力评价模型及其验证[J]. 水土保持通报,2007,27(6):160-164.

[9] 袁琦,黄建清,符新,等. 基于神经网络的水产养殖水质预测模型研究[J]. 湖北农业科学,2013,52(1):143-146.

[10] 吴璞周,卫海燕. 基于 GIS 和人工神经网络的区域水资源压力评价模型及其验证[J]. 水土保持通报,2007,27(6):160-164.

[11] 苏广实,胡宝清,梁铭忠,等. 基于神经网络的喀斯特石漠化预警分析模型研究——以广西都安为例[J]. 地球与环境,2009,37(3):287-292.

[12] 闫妍,胡宝清,韩清延,等. 基于 3S-ANN 技术的县域农地石漠化预警分析——以广西壮族自治区都安瑶族自治县为例[J]. 中国岩溶,2012,31(1):52-58.