

福建土地退化危险度及其区域差异规律研究^{*}

钱乐祥, 许叔明, 陶黎新, 李 斌

(河南大学环境与规划学院, 河南 开封 475001)

摘要: 综述了福建主要土地退化——耕地损毁、土壤污染化、土壤侵蚀化和土壤贫瘠化的空间分布格局和空间相关性, 提出了土地退化危险度的概念, 分析了影响福建主要土地退化危险度的社会经济因素, 并选定了6个重要社会经济指标, 运用GIS技术, 在一定的数学模型支持下, 考虑主要土地退化类型, 提出了福建土地退化危险度分区, 并探讨了各分区的特点。

关键词: 土地退化危险度; 耕地损毁; 土壤污染化; 土壤侵蚀化; 土壤贫瘠化; 福建

中图分类号: X171 文献标识码: A 文章编号: 1009-2242(2001)06-0147-06

Land Degradation Danger Degree and Its Spatial Heterogeneity in Fujian Province

QIAN Le-xiang, XU Shu-ming, TAO Li-xin, LI Bin

(College of Environment and Planning of Henan University, Kaifeng 475001)

Abstract The land degradation has been attracted more and more attention in China. It is becoming a challenge for scientists to find effective measures to control the land degradation. In this paper, taking Fujian province as a case study, we reviewed the spatial pattern and correlation of major land degradation damage of cultivated land, soil pollution, soil erosion, and soil leanness. The concept of land degradation danger degree was proposed, and the social and economic factors, which influence the land degradation danger degree in Fujian, were analyzed, 6 important social and economic index were selected. Supported by certain mathematical models, combining with the main types of land degradation, a regional classification of land degradation danger degree in Fujian were developed based on the technology of geographic information system (GIS), and the characteristics of each sub-region of land degradation danger degree was described.

Key words land degradation danger degree; damage of cultivated land; soil pollution; soil erosion; soil leanness; Fujian

土地退化的研究已经取得了不少成果^[4, 5, 10, 19], 为土地退化的防治提供了科学根据。综观目前的研究工作, 大部分集中在单个土地退化研究, 缺乏对多种土地退化的综合研究, 特别是对各灾害间的相互关系及其区域分异规律研究不够。本研究在分析福建主要土地退化——耕地损毁、土壤污染化、土壤侵蚀化和土壤贫瘠化的分布格局和空间相关性的基础上, 提出土地退化危险度概念, 分析了影响土地退化危险度的因素及植被对土地退化危险度的影响, 并通过分区评价, 探讨了土地退化危险度的区域分异规律, 为制定预防和治理土地退化的区域政策提供科学依据。

1 福建土地退化特征

1.1 福建土地退化的分布特点

土地退化具有一定的自然景观背景。福建省位于中国大陆东南部, 介于东经 $115^{\circ}50'$ ~ $120^{\circ}43'$, 北纬 $23^{\circ}32'$ ~ $28^{\circ}22'$ 之间。研究区面积 12.42 万 km^2 , 最高海拔为 2158 m, 山地丘陵约占 87.9% , 以戴云山和武夷山两大山带为主体, 大致平行海岸线分布, 并向东南倾斜直至沿海平原。区内北部山区属中亚热带海洋季风气候, 南部沿海地区属南亚热带海洋季风气候。年平均气温约 $15\sim 21^{\circ}\text{C}$, 无霜期达 $225\sim 336$ d, 年降水量 $1000\sim 2000$ mm, 由东南沿海向西北山地递增, 干湿季较明显。自然植被主要是南亚热带季雨林和常绿阔叶林, 因受人为活动影

* 收稿日期: 2001-01-01 * 河南省杰出青年科学基金(9920)和河南省自然科学基金(004070700)资助

作者简介: 钱乐祥, 男, 生于1964年, 博士, 现在河南大学环境与规划学院任教, 副教授。主要从事土地退化、土地资源与GIS应用研究, 已发表相关论著30余篇(部)。

响,原生植被多遭破坏,现有植被以不同演替阶段的不同群落为主。从闽西北到闽东南地区,植被覆盖率逐渐降低。土壤养分随土壤类型不同、分布位置不同和人为影响程度不同而呈现出较大差异。自然景观的差异,形成了土地退化的区域分异特点。

(1)福建省由于泥石流等自然灾害及非农建设而损毁的耕地面积占耕地总面积的1.00%以上^[1-4],其分布特征是沿海多于内地,尤以沿近海的丘陵台地狭长区域及交通沿线为甚。

(2)福建工业“三废”污染强度有着集中连片的分布特征。极高强度的区域均分布在沿海的福州、泉州、晋江、石狮和厦门。中等强度几乎占全省面积的1/2还多,集中分布于闽东南沿海及闽中偏北两大片。而较低强度则主要分布于闽北和闽西南地区^[6]。这种分布格局不仅显示了区域经济发展的差异,更主要的是表明了区域工业“三废”污染的潜在表现。沿海一带工业,特别是乡镇工业发达,工业污染自然也就高。对耕地土壤重金属污染的研究表明,福建各城市郊区均呈现出不同程度的污染。从空间分布看,Cu, Zn, Cd, Ni, Pb, Hg的最高含量分别出现在建阳、龙岩、龙岩、建阳、龙岩和福州^[6]。可见龙岩出现最高含量的频率最大;福州市污染土壤中Hg的平均含量居全省之冠,说明Hg的污染较突出。福建化肥、农药的大量使用(1994年化肥施用量已达838.25 kg/hm²,农药高达34.89 kg/hm²^[31]),不但造成化肥浪费,而且严重污染土壤,危害作物,甚至威胁生态平衡和人类身体健康。福建省农用塑料薄膜的使用量近年来均保持在1.0×10⁴ t以上。农膜使用量年年有所增加,1994年耕地使用农膜是1990年的2.4倍。据作者调查,全省使用农膜的耕地还不到耕地总面积的1/10,也就是说,1994年全省使用农膜的耕地至少使用农膜100 kg/hm²以上^[6],由此可见其带来的耕地污染潜在危险度之大。

(3)全省土壤侵蚀面积为1.36×10⁴ km²,占全省土壤侵蚀面积的17.37%,以水力侵蚀为主。在空间分布上表现出从东南向西北,从沿海向内地逐渐降低的变化。土壤侵蚀严重区域主要分布在近沿海的丘陵台地区域。土壤侵蚀面积最大的是厦门和漳州两市,分别占本地面积的22.52%和21.50%^[7]。

(4)全氮缺乏较多的是沿海的泉州、厦门和莆田,缺乏面积均超过各地农田面积的50%,尤以泉州为甚(61.29%)。相反,内陆山区全氮的亏缺相对比例较低,最低的南平为8.89%,最高与最低之比为7:1,可见地区差异较大。按照土壤有效磷含量低于8 mg/kg为缺磷的指标^[20],福建省农田缺磷面积为74.98×10⁴ hm²,占农田面积的57.90%,其中严重缺磷(小于5 mg/kg)面积为51.77×10⁴ hm²,占农田面积的39.98%。从地域分布看,沿海地区比内陆山区稍好,但都普遍缺磷。除厦门市外,各地(市)缺磷面积均超过农田的50%以上。同磷的分异相似,全省农田也普遍缺钾,除泉州略小于50%以外,其它各地(市)均超过其农田总面积的50%,尤其是莆田、龙岩高达70%以上^[8]。

由以上分析可以看出,土地退化具有明显的区域差异。不同地区面临的土地退化是不同的,并且不同地区景观系统对其影响的反映也不同。

1.2 主要土地退化的空间相关性

各种土地退化在空间上的相关性分析,有利于人们综合分析不同区域的土地退化,为同时预防和治理各种土地退化提供理论依据。通过对各土地退化分布图的叠加可以看出:①耕地损毁严重分布区位于城市郊区、主要公路沿线以及易发生泥石流的部分山地。主要与地理区位、地形、气候和降水相关,与其他土地退化(如土壤侵蚀)在分布上有一定的交叉。②土壤污染的分布主要在城市周边、低山丘陵及平原耕地区,与工农业生产的发达状况密切相关,也促成了土地的贫瘠化。③土壤侵蚀和土壤贫瘠的分布有一定的相关性,因为两者都与地表的植被覆盖率、岩性和土壤类型相关。

2 土地退化危险度及其分区

2.1 基本概念

任何一种灾害危险性的含义都是针对人类社会的生存活动而言的,离开了人类社会活动的自然景观本身无危险可言。也就是说,只有灾害存在或出现并同时对社会构成了一定威胁时,才能说它具有危险性,而这种危险性又是指具体空间场所或确定的景观条件(即危险性区域)。根据区域土地退化活跃程度与人类经济活动的强度相结合所构成威胁程度的轻重,又可划分出不同危险等级的区域,即危险度分区。危险度分区是因人口、社会经济发展、危害对象的重要性而区分的。因此所谓土地退化危险度,是指土地退化区域的自然景观条件综合险情与人类经济活动结合所构成的综合威胁程度。或者说,把土地退化区域的险情与威胁等级的综合定义为土地退化的区域景观危险度分区。我国有人作过灾害的危险性区划^[12-18],但对于土地退化危险度的研究,

目前还未见报道。个别关于自然灾害区划研究的文章中,常把灾害敏感度分区与危险度分区混为一谈。前者是指灾害事件还未发生,只是对未来险情可能构成灾害损失的一种推测,两者有完全不同的概念。

2.2 分区方法

2.2.1 数据组织 GIS是管理空间信息的计算机系统,包括空间数据的输入、存储、检索、运算、显示、分析和输出,具有独特的区域综合、空间分析、动态预测与提供决策支持的功能,目前已被广泛应用于资源管理、环境监测、灾害防治、城市规划等许多领域,但在土地退化的区域景观研究中还未见应用。本研究根据GIS的特点和研究土地退化的区域景观空间变化的需要,拟定其研究方法流程(图1)。

2.2.2 危险度分区 根据土地退化危险度的定义,提出了“地区综合社会经济强度”与“区域综合自然环境险情强度”两个概念,并把这两者严格加以区别并计算,然后依一定的数学模型将两者组合成“综合危险度指数”来度量评价土地退化危险度,并以此方法对福建省的土地退化危险度进行分区。

土地退化危险度分区的含义,就是指由人类活动场地的社会经济现状预测未来土地退化发生时的损失程度。人类社会经济包括许多项目,如人口状况、生产活动广度、生产能力、经济开发强度、经济发展水平、长远规划等等都是其危险度评价分区的重要项目。在每一个项目中又含众多的因子。同时还须考虑土地退化这类灾害现象的

一些基本特性与性质,它们在区域分布上十分广泛,危害对象无选择,局部灾害不明显等特点。但任何一种针对人类社会经济有关的复杂自然现象的分区,都不可能把所有的项目或因子全部考虑到,甚至在某些领域或个别方面,只考虑极少的代表因子。危险度分区必须在众多因子中加以选择。经济因子指标选取方案正确与否,关系到分区效果的好坏。

本研究对象是一个地区的土地退化危险度综合性区域分区,范围大,因子多,属于宏观分区。按照上述思路,考虑到这类现象的分布特点,提出了最具有代表意义的点、线、面相结合的多指标选择方案,即是:(1)耕地面积占土地面积的百分比值(%);(2)农业人口密度(人/km²);(3)单位面积农业产值(10⁴元/km²);(4)主要交通线路里程占土地单位面积的长度(km/km²);(5)城镇非农业人口(人)和人均工业产值(10⁴元/人)。

上述各种经济因子指标相互独立性很大,计量单位不统一,无法用确定的逻辑算法进行计算和比较,因而仍不能直接用于复杂现象的分区。这里采用级差标准化(也称归一化)方法处理,以消除单位不统一的因素,使所有指标成为一个在0~1范围内变化的有可比性的无量纲数——灾害损失系数,然后按县(市)把这些系数相加后求出综合社会经济强度^[9, 11],再把各县(市)的数做归一化计算,最后得到在0~1范围内的68个数,即为综合社会经济因子指标,或简称“综合损失指标(E)”。为了从区域上看出社会经济发展水平的差异,将计算的综合社会经济指标分成4级,1级: E值>0.400,工农业生产发达,经济水平高;2级: 0.200<E≤0.400,工农业生产较发达,经济水平较高;3级: 0.100<E≤0.200,工农业生产与经济水平一般;4级的E值≤0.100,工农业生产水平低,经济不发达。

按前面的讨论,须将土地退化险情与综合社会经济因子指标结合才能作出危险度分区。根据突出主导因素的原则,作者采用黄金分割比值数原理,即 $K_1 = 0.618$, $K_2 = 0.618K_1$, $K_3 = 0.618K_2$, $K_4 = 0.618K_3$,分别对上述4级的面积险情百分比值数作加权计算。加权计算出的每一级数,称为该级土地退化的“区域灾害险情系

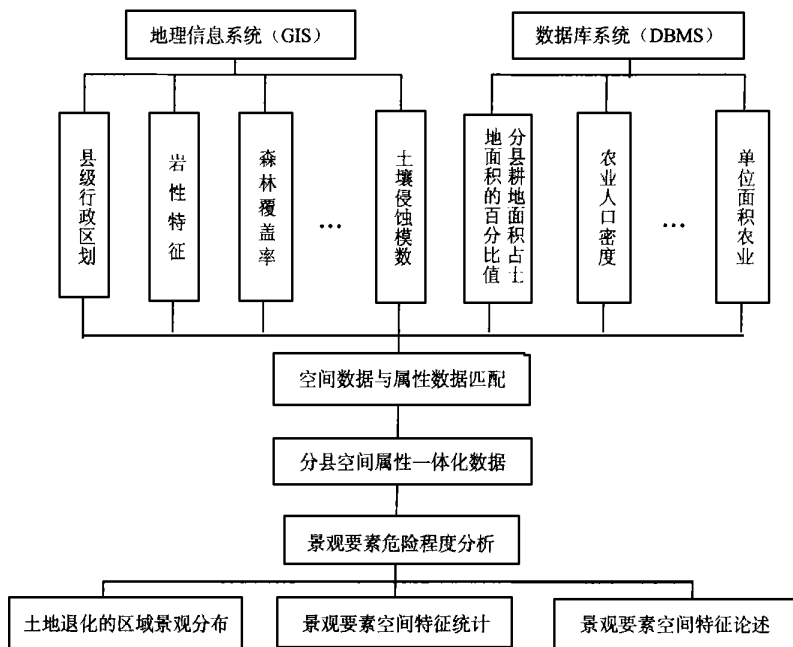


图1 土地退化危险度研究方法流程

数”。再把各县(市)的4级灾害险情系数加在一起,就是该县(市)土地退化总的灾害险情系数,称它为“区域综合自然环境险情强度”。

根据计算出的各县(市)的综合社会经济因子指标(综合损失指标)与土地退化活动性综合险情指标(综合险情指标),采用相乘积的数学模型进行计算,然后将68个县(市)的“指数”作归一化处理,就得到各县(市)土地退化综合危险度指标,简称“综合危险度指标(W)”。将上述计算的综合危险度指标分成最危险、中度危险、较危险、轻度危险4级,按此分级标准作出土地退化综合危险度分区图(图2)。

3 区域分异特征

结果表明,土地退化危险度具有一定的地域规律性:最危险级、中度危险级集中分布于闽东南沿海各县(市),较危险级则主要分布于戴云山及其以东、以南地区,较轻度危险级主要分布于闽西及闽北的武夷山带。

根据上述,福建省土地退化的综合区域危险度划分为4级,根据自然景观条件和区域联系性,再细分成19个亚区。其简要特征如下:

I 级——土地退化最危险级。占福建总土地面积的7.23%,其共同特征是:土地退化活跃程度高,均在极敏感级,可能造成危害的社会经济指标较高。各项因子叠加后的危险度指标也高,本级 $W > 0.3632$ 据其分布位置特征,将本级区分为以下5个亚区。

I₁ 福州—罗(源)土地退化最危险区。包括福州市、罗源县,根据自然景观要素特征,此区属极敏感区。本区位于福州平原及罗源丘陵台地,农业生产较发达,近几年乡镇企业发展较快,综合经济指标达0.475以上,综合自然景观和社会经济两个因素,本区的土地退化危险度指标分别为0.4987(福州)和0.4397(罗源),居较高层次,为土地退化最危险区。

I₂ 平潭土地退化最危险区。包括平潭全岛。从自然景观要素看,构成本岛基底的岩石均为中生代火成岩或变质岩,主要是花岗岩。地貌类型则主要是丘陵台地,且丘陵被切割得较破碎,由于植被被破坏,本区土壤多为侵蚀性砖红壤化红壤,为土地退化极敏感区。本亚区经济不太发达,经济指标为0.38,但危险度指标大于0.3632,故将本区划为土地退化最危险区。

I₃ 惠—泉—晋—石土地退化最危险区。包括惠安、泉州、晋江、石狮4个县(市)。本区位于福建东南沿海丘陵平原区,晋江流域所流经区,丘陵台地侵蚀严重,除惠安的局部地区属土地退化很敏感区外,其他均为土地退化极敏感区。本区乡镇企业发达,人口密度大,单位面积农业产值也高,其综合经济指标,石狮高达1.00,综合自然景观和社会经济因素,本亚区的土地退化危险度指标,石狮高达1.00,晋江、惠安、泉州分别为0.6276,0.4017和0.3802。

I₄ 同—厦—龙—漳土地退化最危险区。包括同安、厦门、龙海和漳州4县(市)。九龙江流经该区。从地貌组成上看,以平原为主,中间分布有孤山和残丘,土地退化活跃程度均为最敏感区。该区经济发展水平较高,农业生产发达,综合社会经济指标,厦门、漳州均在0.5以上。综合自然景观和社会经济因素,土地退化危险度指标为厦门、漳州较高,分别为0.646和0.5298,同安和龙海相对较低,但也在0.3632之上。

I₅ 东山土地退化最危险区。本区位于福建最南,包括东山全县。该县土地退化状况为极敏感区,社会经济综合损失指标为0.495,故其危险度指标较高,为0.5097。

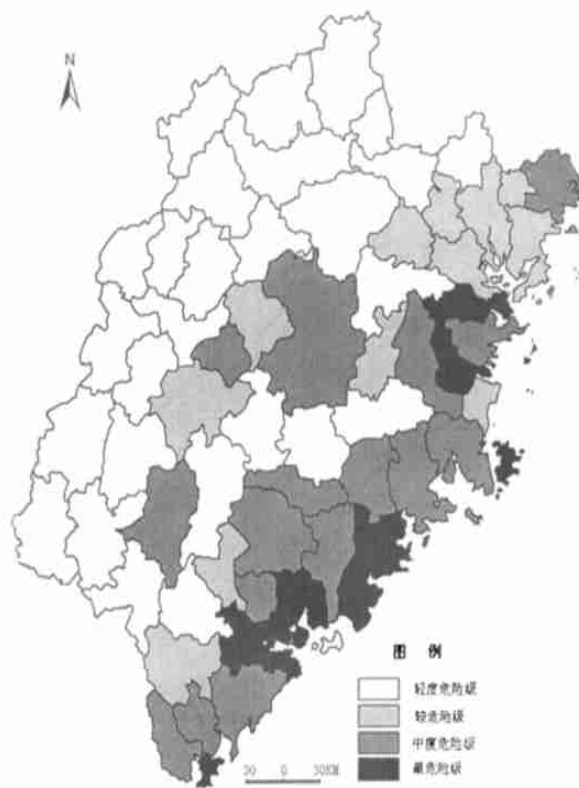


图2 福建土地退化危险度分区图

II 级——土地退化中度危险区 本级区占全省土地总面积的 26.34%。共同特征是土地退化的敏感性等级跨度大,其中,极敏感区所占面积最大,其次是很敏感区和较敏感区。社会经济指标较低的安溪、云霄等,土地退化活跃程度较高,多为很敏感—极敏感区;而社会经济指标较高的连江、仙游等县,土地退化的敏感性却不是太高,多为较敏感级,小部分为很敏感级。综合二者,土地退化危险度指标在 0.091 4~0.363 2,划为土地退化中度危险区。根据其地理分布特征,分为以下 7 个亚区:

II₁: 福鼎土地退化中度危险区。本区位于闽东北的福鼎县,是一个以低山丘陵地貌为主的地区,土地退化的敏感级呈极敏感级、很敏感级、较敏感级交错分布,工农业欠发达,社会经济综合损失指标为 0.154,但土地退化危险度指标为 0.118 0,属中度危险区。

II₂: 连江土地退化中度危险区。位于闽东沿海地区,包括连江全县。土地退化极敏感级占其土地面积的 45.54%,很敏感级占土地面积的 54.46%,敏感性较高,乡镇企业、农业生产较发达,社会经济综合损失指标为 0.275。两者综合,其危险度指标为 0.233,属中度危险区。

II₃: 闽东南土地退化中度危险区。包括了闽东南沿海的闽侯、福清、莆田、仙游、永春、南安、安溪、长泰等 8 个县(市)。地貌类型从低山到丘陵、台地、平原均有分布。由于人类活动的强烈影响,自然植被多已被破坏,土壤侵蚀较严重,造成土地退化活跃程度较高,多为极敏感区,部分为很敏感区和较敏感区。社会经济发展不平衡,从而形成土地退化较低敏感级(社会经济发展水平高)或土地退化较高敏感级(社会经济发展水平低)。综合危险度指标均在 0.091 4 以上,属中度危险区。

II₄: 闽南土地退化中度危险区。包括位于闽南的漳浦、云霄、诏安沿海 3 县。从土地退化活跃程度看,漳浦土地退化极敏感级、很敏感级、较敏感级面积占该县土地面积的比例分别为 34.50%、37.20% 和 28.30%;云霄极敏感级面积占了该县土地面积的 80%;诏安极敏感级面积高达 87.60%。由此看来,该区土地退化的敏感性较高。从社会经济发展水平看,漳浦、诏安农业生产较发达,而云霄则相对较弱。综合来看,其土地退化危险度指标均在 0.18 以上,属中度危险区。

II₅: 龙岩土地退化中度危险区。位于戴云山西南段,多为山地丘陵地貌。人为活动影响造成森林植被破坏,土壤侵蚀时有发生,土地退化活跃程度较强,极敏感级、很敏感级面积占全市土地面积的比例分别为 24.10% 和 75.90%,社会经济综合损失指标虽不高(0.118),但危险度指标等级属中度危险区。

II₆: 三明土地退化中度危险区。位于两大山带之间的山间盆地区,包括三明全市。农业生产条件优越,工农业生产发达,社会经济综合损失指标达 0.233,土地退化活跃程度也较高,极敏感级面积占了全市土地面积的 85.00%,故危险度指标为 0.241 1。

II₇: 闽中土地退化中度危险区。包括尤溪和南平 2 县(市)。位于闽中侵蚀剥蚀构造中山、低山及侵蚀剥蚀丘陵地区。大部分面积属土地退化很敏感区,社会经济综合水平虽不高,但综合两者,此区属中度危险。极敏感级面积占了本区土地面积的 51.40%。本区社会经济欠发达,单位面积产值低于福建大部分县(市),工业、县办企业以林业为主,人均工业产值处于福建中等偏下水平。本区土地退化危险度指标在 0.042 以下,为全省最低,划为土地退化轻度危险区。

III 级——土地退化较危险区。本级区占福建全省土地总面积的 15.03%。共同特点是,土地退化活跃程度大多属于较活跃或弱活跃区,经济大多不太发达,县、乡企业产值较低。综合景观要素和社会经济因素,土地退化综合危险度指标在 0.042~0.091 4 之间。按地理位置特征可分为 7 个亚区:

III₁: 沙县土地退化较危险区。从土地退化活跃程度看,该县很活跃级面积占全县土地面积的 85.20%,但其社会经济综合损失指标却相当低,只有 0.051。因此土地退化的综合危险度不高,为较危险区。

III₂: 永安土地退化较危险区。包括永安全县。同沙县类似,虽然很活跃级面积占了全县土地面积的 79.80%,但其社会经济综合损失指标也不高,故而土地退化的综合危险度为较活跃区。

III₃: 华安土地退化较活跃区。此区包括华安全县。在地貌类型上多为侵蚀剥蚀低山,植被保护较好,土地退化活跃程度不高,极活跃级和很活跃级面积合占该县土地总面积的仅 13.50%,社会经济综合损失指标也不算高,故土地退化综合危险度指标为 0.047 4。

III₄: 平和土地退化较危险区。属闽南地区,包括平和全县。在地貌上多属浅切割的侵蚀剥蚀—构造低山,土地退化的活跃程度不高,社会经济综合损失指标也不高,划为较危险区。

III₅ 闽清土地退化较危险区。包括闽清全县,位于戴云山中段东南坡,主要为低山地貌,土地退化活跃程度低,工农业生产不发达,社会经济综合损失指标也不高,土地退化综合危险度指标为 0.0517。

III₆ 长乐土地退化较活跃区。包括长乐全市,位于闽东沿海地区,主要为丘陵和冲积平原地貌。从土地退化的活跃程度看,极活跃级、很活跃级、较活跃级之面积比约为 1:1:2。本区虽位居沿海,与其它沿海县(市)比,社会经济指标值不高,为 0.109,因此土地退化综合危险度指标也仅仅为 0.0768,属较危险区。

III₇ 闽东北土地退化较危险区。本区位于闽东北,包括了屏南、宁德、周宁、福安、霞浦和柘荣 6 个县(市)。此区山地、丘陵交错分布,土地退化活跃程度各等级均有分布,如周宁虽然土地退化活跃程度较高,全县均为较活跃分布区,但其社会经济综合损失指标却极低,仅 0.018,也就是说本区工农业生产水平不高。故而属土地退化较危险区。

IV 级——武夷—戴云两大山带土地退化轻度危险区。包括除以上 3 个等级所述县(市)的所有县(市),占福建省土地面积的 51.40%。主要位于福建两大山带上,以山地为主。该区近 70% 土地属弱活跃级。本区社会经济欠发达,工农业生产均如此,单位面积产值低于福建大部分县(市),工业、县办企业以林业为主,人均工业产值处于福建中等偏下水平。综合景观要素和社会经济因素,本区土地退化综合危险度指标在 0.04 以下,为全省最低,划为土地退化轻度危险区。

4 结 论

通过分析可以看出,耕地损毁、土壤污染化、土壤侵蚀化和土壤贫瘠化都有一定的区域性,它们的分布区在空间上有些相一致,有些部分重合,有些相反。这是由各土地退化形成的景观因子的空间分异规律造成的。

本研究利用 GIS 技术对各土地退化及植被、地形等的分布进行空间分析,得出了各土地退化间空间相关性及其与自然景观的空间相关性,在此基础上,考虑社会经济状况的区域差异特征,将全省按土地退化危险度划分为 4 个危险级和 19 个亚区。随着资料的积累和区划方法的不断成熟,将能够进行全省的土地退化危险度多级区划。

参考文献:

- [1] 福建省统计局.福建统计年鉴(1988~1995)[M].北京:中国统计出版社,1989-1996.
- [2] 福建省统计局.福建农村统计年鉴(1990~1993)[M].北京:中国统计出版社,1991-1994.
- [3] 福建省统计局.福建农村经济年鉴(1994~1996)[M].北京:中国统计出版社,1995-1997.
- [4] 钱乐祥,朱鹤键.福建土地退化研究[M].北京:中国环境科学出版社,1999.55-104.
- [5] 阮伏水,朱鹤键.福建省花岗岩地区土壤侵蚀与治理[M].北京:中国农业出版社,1997.
- [6] 钱乐祥,周玉琴.中国东南沿海土地资源跨世纪利用的态势[A].见:中国地理学会自然地理专业委员会.资源产业化开发与生态环境建设[M].北京:中国环境科学出版社,1999.98-107.
- [7] 钱乐祥.影响福建土壤侵蚀的景观因子分析[J].水土保持学报,1997,3(1):23-29.
- [8] 钱乐祥,吕成文.福建土壤贫瘠化特征[J].地理研究,1999,18(3):289-296.
- [9] 许树柏.实用决策方法——层次分析法原理[M].天津:天津大学出版社,1988.
- [10] Odum E. P. Fundamentals of Ecology[M]. Philadelphia: P. H. A. B. Saunders Company, 1971.
- [11] 徐肇忠.专题制图中各有关专题要素求权方法的比较研究[J].测绘学报,1995,24(1):64-70.
- [12] 青春炳,等.灾害评价、风险评价和灾情评价[J].大自然探索,1991,10(2):65-69.
- [13] 张剑光.自然灾害综合评价与分区[J].灾害学,1991,6(2):1-5.
- [14] 尹功成,等.辽宁省灾害区划初探[J].生态学杂志,1993,12(4):61-65.
- [15] 王汝正,等.模糊聚类分析在区域自然灾害区划的应用[J].灾害学,1993,8(1):6-12.
- [16] 谢应齐,等.云南省农业自然灾害区划指标之探讨[J].自然灾害学报,1995,4(3):52-59.
- [17] 周寅康.自然灾害风险评价初步研究[J].自然灾害学报,1995,4(1):6-11.
- [18] 董玉祥.沙漠化危险度评价模型初探[J].地理科学,1995,15(1):24-29.
- [19] Smith J. L., Elliott L. F. Advances in Soil Science[M]. New York: Springer-Verlag, 1990. 69-88.