

基于灰色关联法的哈尔滨市土地可持续利用评价研究

鄢 然, 雷国平, 孙丽娜, 徐 珊

(东北农业大学 资源与环境学院, 哈尔滨 150030)

摘 要:土地可持续利用是区域资源环境、经济社会可持续发展的前提和基础。以哈尔滨市市域为研究区,从资源环境协调性、经济可行性和社会可接受性三方面建立了土地可持续利用评价指标体系,运用熵值法计算指标权重,采用灰色关联法计算 2001—2008 年土地可持续利用水平。结果表明:2001—2008 年哈尔滨市资源环境协调性、经济可行性和社会可接受性的变化态势差异显著,资源环境协调性呈大范围波动增长态势,经济可行性呈持续快速增长态势,社会可接受性在小范围内反复波动。2001—2008 年间,哈尔滨市土地可持续利用水平总体呈上升态势,2001—2006 年为中等可持续利用水平,2007—2008 年为较高可持续利用水平。

关键词:土地可持续利用;灰色关联;哈尔滨市

中图分类号:F323.211

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)01-0154-05

Evaluation on the Sustainable Land Use in Urban Area of Harbin Based on Grey Relation Analysis

YAN Ran, LEI Guo-ping, SUN Li-na, XU Shan

(College of Resources and Environment, Northeast Agriculture University, Harbin 150030, China)

Abstract:Sustainable land use is the premise and foundation of sustainable development of both regional resources environment and economy and society. This paper selects the Harbin urban area as the study area and establishes the evaluation index system of sustainable land use from a system point of view combining the three aspects including resource environmental rationality, economic possibility and social acceptability. Entropy method was used to calculate the index weight and the level of sustainable land use from 2001 to 2008 was calculated by the grey relation analysis. The results show that resource environment rationality, economic possibility and social acceptability are significantly different; resource environment rationality is growing with wide fluctuation; economic possibility is rapidly growing; and social acceptability repeatedly fluctuates in a small range. The level of sustainable land use in Harbin urban area is general upward from 2001 to 2008, with medium sustainable utilization level from 2001 to 2006, and higher sustainable utilization level from 2007 to 2008.

Key words:sustainable land use; the grey relation analysis; urban area of Harbin

土地作为一种宝贵而且稀缺不可替代的自然资源,是人类生产和生活的重要场所^[1],也是社会经济可持续发展的重要物质基础^[2]。土地可持续利用是区域资源环境和社会经济可持续发展的前提和基础。20 世纪 90 年代,随着可持续发展思想的提出,土地可持续利用研究日益成为土地科学研究的焦点,并引起国际社会的广泛关注^[3]。目前,很多学者针对不同研究区的土地可持续利用问题进行了分析^[4-8],并对

土地可持续利用评价指标体系和方法进行了探讨,土地可持续利用评价指标体系主要包括两类:一是参照联合国粮农组织(FAO)提出的“生产性、安全性、保护性、经济性、社会性”五大指标体系,二是“生态、经济、社会”三大指标体系^[9-12];评价方法主要包括:主成分分析法、线性加成法、层次分析法、功效函数法、生态足迹评价法、BP 神经网络法^[13-18]。但是,影响土地可持续利用水平的指标因素较多,而又呈较强的不

收稿日期:2011-07-18

修回日期:2011-07-27

资助项目:国家社科基金项目(07CJY025);国家科技支持项目(2008BAD96B02);黑龙江省青年学术骨干项目(1154G45)

作者简介:鄢然(1988—),女,四川成都人,硕士研究生,研究方向:土地利用。E-mail:601656201@qq.com

通信作者:雷国平(1963—),男,黑龙江省青冈人,教授/博导,博士,主要研究方向为土地利用与规划。E-mail:guopinglei@126.com

确定性和模糊性,选用灰色关联法定量计算土地可持续利用水平更能够确保可持续利用水平值的准确性。本文从资源环境协调性、经济可行性和社会可接受性三方面建立土地可持续利用评价指标体系,运用熵值法计算指标权重,采用灰色关联法对 2001—2008 年哈尔滨市土地可持续利用水平进行定量评价,以期得到 2001—2008 年哈尔滨市土地可持续利用水平,并对土地可持续利用水平进行分析,得到哈尔滨市 2001—2008 年土地利用可持续发展水平的变化态势。

1 研究区概况

哈尔滨市位于东北北部,东经 $125^{\circ}42'—130^{\circ}10'$ 、北纬 $44^{\circ}04'—46^{\circ}40'$ 。哈尔滨市及双城市、呼兰区地域平坦、低洼,东部 10 县(市)多山及丘陵地。东南临张广才岭支脉丘陵,北部为小兴安岭山区,中部有松花江通过。哈尔滨市辖 8 区 10 县(市),2008 年,市域面积为 $53\,068\text{ km}^2$,其中建成区面积为 340 km^2 ,耕地为 179.3 万 hm^2 ,森林覆盖率达到 44.6% 。

总人口为 989.9 万人,市区人口为 475.1 万人,城镇化率达到 48.5% 。2008 年粮食总产量达 $1\,053.5\text{ 万 t}$,国内生产总值为 $2\,814.8\text{ 亿元}$,其中第二产业 $1\,028.4\text{ 亿元}$,第三产业 $1\,426.1\text{ 亿元}$ 。

哈尔滨市是黑龙江省省会,也是东北北部政治、文化、经济中心,土壤肥沃,雨水充沛,矿产资源丰富,是中国重要的商品粮生产基地,也是发展食品加工业和农业经济的理想地。哈尔滨市土地可持续利用水平直接影响其资源环境、经济和社会的可持续发展。因此,对哈尔滨市土地可持续利用评价研究有十分重要的意义。

2 土地可持续利用评价指标体系的构建

为了全面体现城市土地可持续利用水平,研究本着科学性、可操作性、系统性、动态性、全面性的原则,结合哈尔滨市实际情况,构建基于资源环境协调性、经济可行性和社会可接受性三个准则层的哈尔滨市土地可持续利用评价指标体系^[19-21],详见表 1。

表 1 哈尔滨市土地可持续利用评价指标体系

目标层	准则层	指标层	计算公式	指标内涵
土地 可 持 续 利 用 水 平	资源环境 协调性	工业废水排放量(P_1)	—	环境污染状况
		工业废气排放量(P_2)	—	环境污染状况
		工业固体废弃物排放量(P_3)	—	环境污染状况
		建成区绿化覆盖率(P_4)	绿化覆盖面积/建成区面积	环境建设状况
		森林覆盖率(P_5)	—	环境建设状况
		居住用地面积比重(P_6)	居住用地面积/建成区面积	土地利用状况
		工业用地面积比重(P_7)	工业用地面积/建成区面积	土地利用状况
		耕地面积(P_8)	—	土地利用状况
	经济 可行性	单位面积 GDP(P_9)	GDP/市域面积	土地经济效益
		单位用地面积工业总产值(P_{10})	工业总产值/市域面积	土地经济效益
		单位面积财政收入(P_{11})	财政收入总值/市域面积	土地投入产出水平
		单位面积固定资产投资(P_{12})	固定资产投资/市域面积	土地投入产出水平
		第三产业占 GDP 比重(P_{13})	第三产业产值/GDP	土地经济结构
		粮食总产量(P_{14})	—	土地经济水平
		城市化水平(P_{15})	—	土地经济水平
		社会消费品零售总额(P_{16})	—	社会经济水平
	社会可 接受性	人口密度(P_{17})	市域总人口/市域面积	人口数量
		人均建设用地面积(P_{18})	建设用地面积/建成区人口	用地水平
		人均道路面积(P_{19})	道路面积/建成区人口	交通水平
		人均公共绿地面积(P_{20})	绿地面积/建成区人口	绿化水平
		恩格尔系数比(P_{21})	城区恩格尔系数/农村恩格尔系数	人民生活水平
		城乡收入比(P_{22})	城区人均支配收入/农村人均纯收入	人民生活水平
		城乡居民人均居住用地面积比(P_{23})	城区人均居住面积/农村人均居住面积	人民生活水平
		居民就业率(P_{24})	就业人数/人口总数	就业情况

3 哈尔滨市土地可持续利用定量评价

3.1 数据来源及处理

数据来源于《黑龙江省统计年鉴》(2002—2010)、

《哈尔滨市统计年鉴》(2002—2009)。所使用的数据是根据各项指标的原始数据经过计算得到。

3.2 评价原理

3.2.1 指标权重的确定 本文选择熵值法计算各个

指标权重,它是一种客观赋权方法,通过计算指标得信息熵,根据指标数值之间的变化规律,以指标数值之间的差异大小来衡量指标对系统的影响,其差异程度越大,则权重越重^[22-23]。该方法在评价对象数目较多,指标体系较复杂时具有明显优势,并且在确定权重时能够减少主观赋权带来的主观性,更具客观性和科学性。

将各指标规范化,计算第 i 年第 j 种指标指标值的比重 R_{ij} :

$$R_{ij} = \frac{P_{ij}}{\sum_{i=1}^8 P_{ij}}, i=1,2,\dots,8; j=1,2,\dots,24 \quad (1)$$

计算第 j 项指标的熵值 H_j :

$$H_j = \frac{-\sum_{i=1}^8 R_{ij} \ln R_{ij}}{\ln 10} \quad (2)$$

计算第 j 项指标的差异系数 G_j :

$$G_j = 1 - H_j \quad (3)$$

计算各指标的权重 W_{kj} :

$$W_{kj} = \frac{G_{kj}}{\sum_{j=1}^{24} G_{kj}} \quad (4)$$

计算各准则层的权重 W_k :

$$W_k = \frac{\sum_{j=1}^{24} G_{kj}}{\sum_{j=1}^{24} G_j} \quad (5)$$

式中: R_{ij} ——第 i 年第 j 个指标值所占该指标总值的比重; P_{ij} ——第 i 年第 j 个指标的具体值; H_j —— j 个指标的熵值; G_j ——第 j 个指标的差异性系数; W_{kj} ——第 k 层第 j 个指标的权重; W_k ——第 k 层的权重。

3.2.2 综合评价模型的建立 依据灰色关联度理论,通过灰色系统动态过程(即历年有关统计数据)发展态势的比较分析,将系统有关因素之间的各种关系呈现在人们面前,为系统预测、决策、控制提供有用信息和比较可靠的依据^[24]。灰色关联度分析是一种多因素统计方法,描述因素间关系强弱、大小和次序,是依据各因素数列曲线形状的接近程度做发展态势的分析,曲线越接近,相应序列之间的关联度就越大;反之,相应序列之间的关联度越小。

基于灰色关联法,从资源环境协调性、经济可行性、社会可接受性三个方面对哈尔滨市土地可持续利用水平进行评价。设土地可持续利用系统指标变量为 $P_j (j=1,2,\dots,24)$,鉴于土地可持续利用系统处于不断变化之中,各指标值在不同的发展时期亦有所不同,所以参考数据选择时采取对土地可持续利用系

统有正功效的指标的最大值,负功效指标的最小值。这样组成的一组参考数据就是一组最优指标,能够更加全面地反映土地可持续利用系统各指标的最优值。评价过程如下:

①确定参考数列 P_0 和比较序列 P_i 。

$$P_0 = \{P_0(1), P_0(2), \dots, P_0(24)\}$$

$$P_i = \{P_i(j) \mid j=1,2,\dots,24\}, (i=1,2,\dots,8)$$

②规范处理后得到 C_{ij} 和新矩阵。

$$C_{ij} = \frac{P_{ij} - P_{j\min}}{P_{j\max} - P_{j\min}} \quad (6)$$

式中: C_{ij} ——规范处理以后第 i 年第 j 个指标的标准值; $P_{j\min}$ ——第 j 个指标的最小值; $P_{j\max}$ ——第 j 个指标的最大值。

③计算关联系数 ϵ_{ij} 。

$$\epsilon_{ij} = \frac{\min_i \min_j |C_{0j} - C_{ij}| + \rho \max_i \max_j |C_{0j} - C_{ij}|}{|C_{0j} - C_{ij}| + \rho \max_i \max_j |C_{0j} - C_{ij}|} \quad (7)$$

式中: ϵ_{ij} ——第 i 个时刻比较曲线标准值 P_j 与参考曲线标准值 P_0 的相对差值,这种形式的相对差值成为 P_j 对 P_0 在 i 时刻的关联系数; ρ ——分辨系数, $\rho \in [0,1]$ 能够减少极值对计算的影响。分辨系数 ρ 一般取 0.5。

④计算评判结果。

$$E_{kj} = \sum_{j=1}^{24} W_{kj} \times \epsilon_{ij} \quad k=1,2,3 \quad (8)$$

$$E_i = \sum_{k=1}^3 W_k \times (\sum_{j=1}^{24} W_{kj} \times \epsilon_{ij}) \quad (9)$$

式中: ϵ_{ij} ——第 i 年第 k 指标与参考指标的关联系数; W_{kj} ——第 k 层第 j 个指标的权重; W_k ——第 i 年第 k 层的权重; E_{ki} ——第 i 年当 $k=1,2,3$ 时的资源环境协调性、经济可行性和社会可接受性的分数; E_i ——第 i 年的总体关联度,也就是土地可持续利用总分。如果 E_{ki} 越大,则资源环境协调性、经济可行性和社会可接受性与最优指标 P_0 越接近,则其水平越高;如果 E_i 越大,则所得总分越高,那么它们的关联度越高,土地可持续利用水平也就越高。据此可以排列出各年份土地利用水平的优劣次序。由于灰色关联度同时也表现的是评价对象与最优指标的关联程度,得分越高则关联度越高,与最优值越接近,三者的协调度也越高。

3.2.3 评价标准的确定 根据评价结果,采用平均值加减标准差的方法,并参考其它同类型城市的评价等级标准进行修正,将研究区土地可持续利用评价水平划分为 5 个等级(表 2)。

表 2 哈尔滨市土地可持续利用评价等级标准

土地可持续利用水平	低	较低	中等	较高	高
衡量指数	<0.25	0.25~0.45	0.45~0.65	0.65~0.85	>0.85

3.3 评价结果分析

经过计算,分别得到哈尔滨市土地可持续利用的资源环境协调性、经济可行性和社会可接受性的评价价值以及综合关联度(图 1)。通过对 2001—2008 年哈尔滨市土地可持续利用灰色关联度的特征变化分析发现,这 8 a 间,哈尔滨市资源环境协调性和经济可行性上升态势明显,社会可接受性波动较大,土地可持续发展综合关联度总体呈上升态势。

2001—2008 年哈尔滨市资源环境协调性来看,分数值由 0.502 7 上升到了 0.773 2,总体呈增长态势,但是有所波动,在 2002 年时达到了最低点 0.477 7,随后 2003—2005 年都有所增长,到 2006 年又下降到 0.608 3,在 2007 年达到最高点 0.822 8,2008 年分数下降为 0.773 2。从经济可行性方面来看,2001—2008 年哈尔滨市经济可行性呈上升态势,波动较小,从 2001 年的 0.373 5 上升到 2008 年的 0.987 2,其中 2006—2008 年间增长较快。社会可接受性在 2001—

2008 年间波动较大,从 2001 年 0.661 3 下降到 2003 年 0.574 5,2004—2005 年有所上升,2005 年达到顶峰 0.758 9,2006—2007 年下降,直到 2008 年上升到 0.626 4。

2001—2008 年哈尔滨市土地可持续利用综合关联度来看,虽然土地可持续利用综合关联度呈上升态势,但是也有小幅波动。其综合关联度从 2001 年 0.482 7 上升到 2008 年的 0.778 4,年均增长 3.7%。但是,2002 年分数值下降到 0.475 4,2003—2005 年分数值持续上升,从 0.478 0 增长为 0.605 0。2006 年再次下降,分数为 0.563 4。2007—2008 年,综合关联度快速上升,在 2008 年达到 0.778 4,是 8 a 来哈尔滨市土地可持续利用综合关联度的最高值。由 2001—2008 年哈尔滨市土地可持续利用综合关联度(表 3)能够判断土地可持续利用水平。2001—2006 年,哈尔滨市土地可持续利用水平都处于中等水平,2007—2008 年处于较高水平。

表 3 2001—2008 年哈尔滨市土地可持续利用水平等级

项目	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年
综合关联度	0.4827	0.4754	0.4780	0.5318	0.6050	0.5634	0.6547	0.7784
土地可持续利用水平	中等	中等	中等	中等	中等	中等	较高	较高

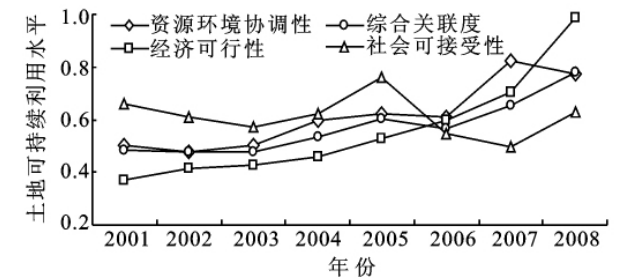


图 1 2001—2008 年哈尔滨市土地可持续利用综合评价图

4 结论

研究表明,哈尔滨市土地可持续利用水平是多种因素共同作用的结果。本文通过选取多个指标,尝试使用灰色关联法对哈尔滨市土地可持续利用的资源环境协调性、经济可行性、社会可接受性进行定量分析,不仅能对土地可持续利用水平进行评价,还能够反映三者之间的协调性。从评价结果看出,基于灰色关联法的土地可持续利用评价能够很好地契合哈尔滨市 2001—2008 年土地可持续利用实际水平,并且能够反映这 8 a 间土地可持续利用水平在时间序列上的发展态势和变化幅度。结果表明:2001—2003 年哈尔滨市土地利用的经济可行性为上升态势,资源

环境协调性、社会可接受性和综合关联度为下降态势;2004—2005 年资源环境协调性、经济可行性和社会可接受性以及综合关联度都处于上升态势;2006—2008 年资源环境协调性和社会可接受性为波动状态,资源环境协调性先升后降,社会可接受性先降后升,而经济可行性和综合关联度持续快速上升。从评价结果中可以总结出,哈尔滨土地可持续利用水平在不断提高,但是资源环境协调性应该保持稳定,减小波动;经济可行性需要保持增长的趋势;社会可接受性亟需改善,提高社会可接受水平。

参考文献:

[1] 薛建春,白中科. 城市化进程中土地可持续利用指标体系研究:以包头市为例[J]. 干旱区资源与环境,2010,24(1):10-14.

[2] 袁磊,雷国平,张小虎. 基于循环经济理念的黑龙江土地可持续利用评价[J]. 水土保持研究,2010,17(1):127-133.

[3] Pushparajah E. Sustainable Land Management[J]. Planter,1997,73(1):859-860.

[4] 张健,璞励杰. 中国中部典型地区土地资源可持续利用研究:以安徽省滁州市为例[J]. 中国土地科学,2008,22(5):16-22.

- [5] 刘雁,刘春艳,李秀霞.大连市土地资源可持续利用评价[J].国土与自然资源研究,2009,61(4):61-62.
- [6] 余文政,曲福田,祁英香,等.青海湖地区土地持续利用评价[J].中国生态农业学报,2009,17(5):1017-1022.
- [7] 赵友翼,赵廷刚,岳斌,等.黄土高原丘陵沟壑区城市土地可持续利用评价研究[J].中国沙漠,2009,29(6):1179-1185.
- [8] 俞孔坚,袁弘,祁英香,等.北京市浅山区土地可持续利用的困境与出路[J].中国土地科学,2009,23(11):3-8.
- [9] FAO, FESLM. An international framework evaluating sustainable and management[R]. World Soil Resource Report 73, Rome: FAO,1993.
- [10] 唐俊华,陈佑启,伊·范朗斯特.中国土地资源可持续利用的理论与实践[M].北京:中国农业科技出版社,2000:149-150.
- [11] 丁开芹,边微,常明,等.城市土地可持续利用评价指标体系的构建原理和方法[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2004,32(3):59-64.
- [12] 刘彦随,杨子生.我国土地资源学研究新进展及其展望[J].自然资源学报,2008,23(2):353-360.
- [13] 王杨,雷国平,刘兆军,等.煤炭枯竭型城市土地可持续利用动因分析[J].经济地理,2010,30(7):1185-1188.
- [14] 李玫.县域土地可持续利用评价研究:以江苏省兴化市为例[J].国土与自然资源研究,2009,35(2):35-36.
- [15] 张侠,尚建平,赵德义,等.基于熵值法的城市土地可持续利用评价:以石家庄市为例[J].国土与自然资源研究,2009,33(4):33-35.
- [16] 刘艳中,李江风,张祚,等.生态足迹模型在我国土地可持续利用评价中的应用及启示[J].地理与地理信息科学,2008,24(1):80-83.
- [17] 马玉芳,陈学刚,高素芳.基于生态足迹的新疆可持续发展建设用地面积预测研究[J].干旱区资源与环境,2011,25(5):25-29.
- [18] 李红礼,高建华,卢红岩.基于BP神经网络的河南省土地可持续利用评价研究[J].国土与自然资源研究,2009,27(1):27-29.
- [19] 尹君.土地资源可持续利用评价体系指标研究[J].中国土地科学,2001,15(3):6-9.
- [20] 陈百明,张凤荣.中国土地可持续利用评价指标体系的理论与方法[J].自然资源学报,2001,16(3):197-203.
- [21] 徐冬妮.城市土地资源可持续利用指标体系构建[J].资源开发与市场,2007,23(9):805-807.
- [22] 宋戈,梁海鸥,林佳,等.黑龙江省垦区耕地利用综合效益评价及驱动力分析[J].经济地理,2010,30(5):835-840.
- [23] 乔家君.改进的熵值法在河南省可持续发展能力评估中的应用[J].资源科学,2004,26(1):113-119.
- [24] 邓聚龙.灰色系统基本方法[M].武汉:华中理工大学出版社,1987:17-42.

(上接第 153 页)

- [3] 李秀彬.全球环境变化的核心领域:土地利用/覆被变化的国际研究动向[J].地理学报,1996,51(6):553-557.
- [4] 葛全胜.20世纪中国土地利用变化研究[J].地理学报,2000,55(6):698-706.
- [5] 史培军,袁艺,陈晋.深圳市土地利用变化对流域径流的影响[J].生态学报,2001,21(7):1041-1050.
- [6] 摆万奇,张永民,阎建忠,等.大渡河上游地区土地利用动态模拟分析[J].地理研究,2005,24(2):206-212.
- [7] Preston B, Shackelford J. Multiple stressor effects on benthic biodiversity of Chesapeake Bay: implication for ecological risk assessment [J]. Ecotoxicology,2002,11(2):85-99.
- [8] 陈鹏,潘晓玲.干旱区内陆河流域区域景观生态风险分析[J].生态学杂志,2003,22(4):116-120.
- [9] 高永年,高俊峰.太湖流域水生生态功能分区[J].地理研究,2010,29(1):111-117.
- [10] 卢宏伟,曾光明,谢更新,等.洞庭湖流域区域生态风险评价[J].生态学报,2003,23(12):2520-2530.
- [11] Wu L Y, Huang Y X. Landscape ecological risk assessment of Dongshan Island[J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait,2005,24(1):35-42.
- [12] Kapustka L A, Galbraith H, Luxon M, et al. Using landscape ecology to focus ecological risk assessment and guide risk management decision-making[J]. Toxicology and Industrial Health,2001,17(5/10):236-246.
- [13] 张银辉,罗毅,刘纪远,等.内蒙古河套灌区土地利用变化及其景观生态效应[J].资源科学,2005,27(2):141-145.
- [14] 王娟,崔保山,刘杰,等.云南澜沧江流域土地利用及其变化对景观生态风险的影响[J].环境科学学报,2008,28(2):269-277.
- [15] 高永年,高俊峰,许妍.太湖流域水生生态功能区土地利用变化的景观生态风险效应[J].自然资源学报,2010,25(7):1088-1096.
- [16] Abell R, Thieme M L, Revenga C, et al. Freshwater eco-regions of the world: A new map of bio-geographic units for fresh-water biodiversity conservation[J]. Bio-Science,2008,58(5):403-414.
- [17] 于兴修,杨桂山,李恒鹏.典型流域土地利用/覆被变化及其景观生态效应:以浙江省苕溪流域为例[J].自然资源学报,2003,18(1):13-19.
- [18] 肖杨,毛显强.区域景观生态风险空间分析[J].中国环境科学,2006,26(5):623-626.
- [19] 李景刚,何春阳,李晓兵.快速城市化地区自然/半自然景观空间生态风险评价研究:以北京为例[J].自然资源学报,2008,23(1):33-47.
- [20] 谢花林.基于景观结构和空间统计学的区域生态风险分析[J].生态学报,2008,28(10):5020-5026.
- [21] 李晓燕,张树文.基于景观结构的吉林西部生态安全动态分析[J].干旱区研究,2005,22(1):57-62.