

基于灰色关联分析的城市土地可持续利用综合评价

——以湖南省为例

赵 旭

(湖南城市学院 城市管理学院,湖南 益阳 413000)

[摘 要] 文章从资源节约、环境友好、经济发展和社会和谐四方面构建城市土地可持续利用评价指标体系,采用灰色关联分析方法从时间和空间两个维度对湖南省城市土地可持续利用水平进行综合评价。认为湖南省城市土地可持续利用水平逐年提高,但仍有较大提升空间;各地级市中长沙城市土地可持续利用水平最高,邵阳最低,各城市土地可持续利用水平差异显著。因此,湖南应进一步加快经济发展速度,提高城市内涵,以可持续发展理论为指导,积极改进城市土地利用中的不足。

[关键词] 城市土地; 可持续利用; 灰色关联分析

[中图分类号] F293 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-0755(2012)05-0042-07

Walter (1992)认为城市要实现可持续发展,必须合理利用其本身的资源,寻求一个友好的使用过程,并注重其使用效率,不仅为当代人着想,同时也为后代人着想^[1]。城市土地作为城市最基本的资源,居于其他资源无法替代的核心地位,是实现城市可持续发展战略的基本保障,人们通过城市土地可持续利用,发展城市经济、创造物质财富,满足人类发展需要。近年来对土地利用的研究主要集中在城市土地集约利用内涵^[2-3]、城市土地集约利用水平综合评价以及城市土地集约利用潜力定量分析等领域^[4-6],对土地可持续利用的研究相对较少,主要集中在土地资源可持续利用评价指标体系构建^[7-9]和土地资源可持续利用综合评价领域^[10-13],仅少数学者探讨了城市土地可持续利用问题^[14-17]。在已有研究中对城市土地可持续利用评价的方法主要有三角模型评价法、人工神经网络分析法、主成分分析法和数据包络分析法等,鲜见采用灰色关联分析法研究城市土地可持续利用问题的相关文献^[18]。本文在既有研究基础上,采用灰色关联分析法,从时间和空间两个维度对湖南省城市土地可持续利用进行综合评价。

一 城市土地可持续利用综合评价指标体系及评价方法

城市土地可持续利用是指在城市土地节约集约利用的基础上,保证土地利用生态环境质量,满足人们日益增长的需要,达到土地供求的持续平衡。在这一定义中,城市土地可持续利用包括以下几个方面的含义:一是城市土地利用应建立在土地节约集约利用的基础上;二是城市土地利用应建立在保护生态环境的基础上;三是城市土地利用应建立在满足人们日益增长需要的基础上;四是城市土地利用应建立在土地供求平衡的基础上。根据城市土地可持续利用的基本内涵,可从资源节约、环境友好、经济发展和社会和谐四个方面构建城市土地可持续利用评价指标体系。

(一)城市土地可持续利用综合评价指标体系构建

直接测度城市土地的可持续性是非常困难的,需要借助合适的指标体系来评价,一个好的指标应该是客观的、可预见的、对时空的变化比较敏感的^[19]。因此本文遵循指标体系构建的稳定性与动态性相统一、整体性和代表性相统一、科学性和实用

[收稿日期] 2012-06-3

[基金项目] 教育部人文社会科学研究青年基金项目“可持续发展视角下的农地征收补偿标准及利益分配机制研究”(编号:11YJCZH251);湖南省自然科学基金项目“基于期权博弈理论的征地补偿定价问题研究”(编号:10JJ4048);湖南省教育厅青年项目“两型社会视角下湖南城镇土地可持续利用研究”(编号:10B016);湖南省城市经济研究基地资助

[作者简介] 赵旭(1974-),女,湖南邵东人,湖南城市学院城市管理学院副教授,中国人民大学访问学者。

性相统一等原则,以支撑城市土地可持续利用的各种理论观点为依托和指导,体现不同土地利用类型和利用目的的特点,综合考虑土地生态效益、经济效益和社会效益。具体采用理论分析、经验借鉴和专家咨询相结合的方法,从资源节约、环境友好、经济发展和社会和谐四个方面对城市土地可持续利用水平进行综合评价,具体评价指标见表 1 所示。

表 1 城市土地可持续利用的评价指标体系

目标层	子目标层	指标层	指标性质
城市土地可持续利用综合评价	资源节约	单位 GDP 耗占城市土地面积(X_1)	逆向指标
		单位工业总产值耗占城市土地面积(X_2)	逆向指标
		人均城市用地面积(X_3)	逆向指标
		人均公园绿地面积(X_4)	正向指标
	环境友好	建成区绿地率(X_5)	正向指标
		污水处理率(X_6)	正向指标
		工业废水排放达标率(X_7)	正向指标
		工业固体废物处置率(X_8)	正向指标
	经济发展	人均 GDP(X_9)	正向指标
		地均固定资产投资额(X_{10})	正向指标
		地均全社会消费品零售额(X_{11})	正向指标
		地均财政收入(X_{12})	正向指标
		人均居住面积(X_{13})	正向指标
		人均道路面积(X_{14})	正向指标
		公共设施用地比重(X_{15})	正向指标
		万人拥有公共交通工具(X_{16})	正向指标
	社会和谐	用水普及率(X_{17})	正向指标
		用气普及率(X_{18})	正向指标
		教育事业费占财政支出的比重(X_{19})	正向指标
		人均可支配收入(X_{20})	正向指标

(二)城市土地可持续利用综合评价方法

城市土地可持续利用综合评价采用灰色关联分析法进行评价^[20],这种方法能定量分析两个因素之间的相互关联程度,当数据序列曲线几何形状越相似,则它们之间的关联度就越大,反之就越小。具体计算步骤如下:

1、确定参考数列和比较数列

其中参考数列反映系统行为特征,是系统的评价标准,通常由系统中最优性质的单元属性值构成;比较数列是系统的评价对象。参考数列记为 $x_0(k)$,其中 $k=1,2,\Lambda,n$;比较数列记为: $x_i=\{x_i(k)|k=1,2,\Lambda,n\}(i=1,2,\Lambda,m)$ 。

2、对参考数列和比较数列进行无量纲化处理

对于正向指标,采用式(1)进行无量纲化处理:

$$zx_i=\frac{x_i(k)-\min x_i(k)}{\max x_i(k)-\min x_i(k)}\tag{1}$$

对于逆向指标,采用式(2)进行无量纲化处理:

$$zx_i=\frac{\max x_i(k)-x_i(k)}{\max x_i(k)-\min x_i(k)}\tag{2}$$

3、求差数列、最大值和最小差

先求参考数列 $x_0(k)$ 与各比较数列之间的差数列: $\Delta_{0i}=|zx_0(k)-zx_i(k)|$,再从差数列中找出最小值 $\min|zx_0(k)-zx_i(k)|$ 和最大值 $\max|zx_0(k)-zx_i(k)|$,最后从不同比较数列的最小和最大值中,再分别取最小和最大值即:

$$\min\min|zx_0(k)-zx_i(k)|$$
,记为 $\Delta\min$ 和 $\max\max|zx_0(k)-zx_i(k)|$,记为 $\Delta\max$ 。

4、计算灰色关联系数

$$\delta_{0i}(k)=\frac{\Delta\min+\rho\Delta\max}{\Delta_{0i}(k)+\rho\Delta\max}\tag{3}$$

ρ 为分辨系数,其意义是削弱因最大绝对差数值过大引起的失真。 $\rho\in(0,1)$,本文 ρ 取 0.5, δ_{0i} 为灰色关联系数。

5、求灰色关联度

关联度计算公式如下:

$$r_{0i}=\frac{1}{n}\sum_{k=1}^n\delta_{0i}(k)\tag{4}$$

6、排关联序

将子序列对母序列的关联度按大小顺序排列起来,便组成了关联序。

二 湖南省城市土地可持续利用综合评价

(一)湖南省城市土地可持续利用时序变化特征分析

本文选用湖南省 2005 ~ 2010 年反映湖南城市(包括地级市和县级市)土地可持续利用的相关数据,对湖南省城市土地可持续利用的时序变化特征进行分析。相关数据来源于湖南省 2006 ~ 2011 年统计年鉴。由于城市建设用地统计口径不一致,评价指标中关于城市土地面积的在本部分均采用城市建成区面积进行计算。在相关原始数据的基础上确定各指

标的最优值集合便为参考数列,最优值的选择是由正向指标的最大值和逆向指标的最小值组成。

在对指标数值进行无量纲化处理的基础上,计算各年各指标的灰色关联系数(见图 1 ~ 图 4),以此为基础计算各年的灰色关联度(见表 2),从而对 2005 ~ 2010 年湖南省城市土地可持续利用水平进行综合排序,并进一步计算湖南省城市土地可持续利用在资源节约、环境友好、经济发展和社会和谐四个子目标的灰色关联度数值,深入分析湖南省城市土地可持续利用情况。

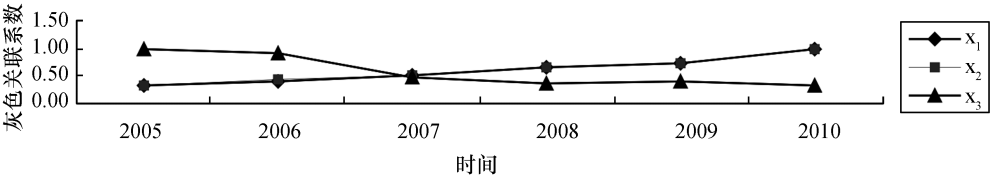


图 1 资源节约子目标灰色关联系数

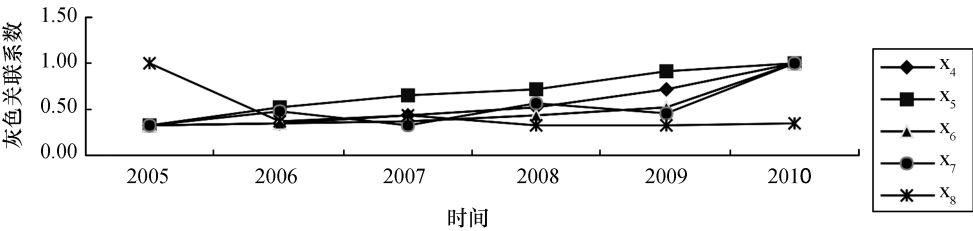


图 2 环境友好子目标灰色关联系数

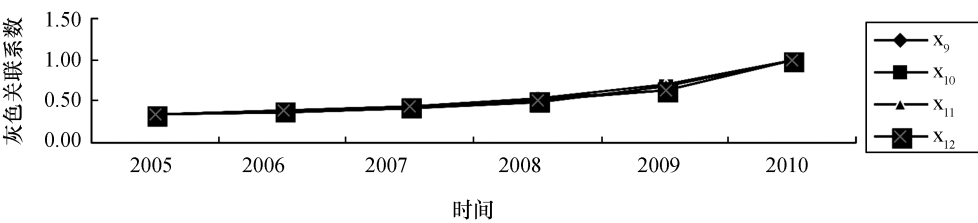


图 3 经济发展子目标灰色关联系数

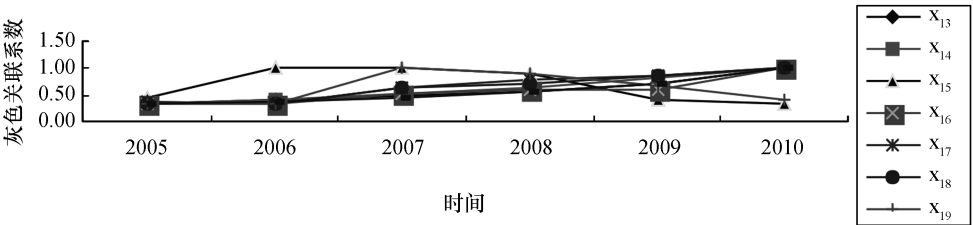


图 4 社会和谐子目标灰色关联系数

表 2 2005 ~ 2010 年湖南城市土地可持续利用评价指标灰色关联度及排序

年 份	总目标		子目标							
	综合评价		资源节约		环境友好		经济发展		社会和谐	
	关联度	排序	关联度	排序	关联度	排序	关联度	排序	关联度	排序
2005	0.408	6	0.556	4	0.467	4	0.333	6	0.354	6
2006	0.444	5	0.587	3	0.417	6	0.369	5	0.444	5
2007	0.536	4	0.510	6	0.449	5	0.426	4	0.655	4
2008	0.595	3	0.552	5	0.512	3	0.510	3	0.706	3
2009	0.655	2	0.625	2	0.589	2	0.652	2	0.710	2
2010	0.871	1	0.778	1	0.870	1	1.000	1	0.842	1

根据上述灰色关联度测度结果,得出湖南省城市土地利用的时序变化特征:

1、根据表 2 的相关数据可得,湖南省城市土地可持续利用水平的综合关联度逐年增加,表明湖南省城市土地可持续利用水平逐年提高,特别是 2010 年,灰色关联度增幅较大,其中 2010 年的灰色关联度是 2005 年灰色关联度数值的 2.13 倍。但是在综合关联度中,最大的数值仅为 0.871,这表明湖南城市土地可持续利用水平还有待进一步提高。湖南资源节约子目标的关联度数值不高,在 2005 ~ 2008 年其关联度数值一直位于 0.6 以下,2009 年和 2010 年关联度数值有所上升,但仍低于 0.8;环境友好子目标的关联度数值在 2005 ~ 2009 年一直位于 0.6 以下,2010 年有所上升,为 0.870;经济发展子目标在 2005 ~ 2008 年其关联度数值一直位于 0.6 以下,2009 年和 2010 年关联度数值有所上升,其中 2010 年灰色关联度数值为 1,表明湖南经济在 2010 年发展较快;社会和谐子目标的关联度数值在 2005 ~ 2006 年位于 0.6 以下,2007 ~ 2010 年有所提高,2010 年达到 0.842。

2、 X_1 和 X_2 的灰色关联系数基本呈现逐年递增的趋势,表明单位 GDP 耗占城市建成区面积和单位工业总产值耗占城市建成区面积逐年降低,但 X_3 的灰色关联系数逐年降低,在 2007 ~ 2010 年,灰色关联系数均小于 0.5,表明湖南土地城市化速度大于人口城市化速度,城市外延扩张速度过快。

3、 X_4 、 X_5 、 X_6 和 X_7 的灰色关联系数基本呈现逐年递增的趋势,表明人均公园绿地面积、建成区绿地率、污水处理率和工业废水排放达标率逐年递增,环境友好度逐年上升。但 X_8 总体呈现下降的趋势,表明工业固体废物处置率还有待进一步提高。

4、经济发展各项指标的灰色关联系数均呈现上

升的趋势,表明湖南城市经济发展呈上升态势,特别是 2008 年、2009 年和 2010 年,经济发展指标上升幅度较大。湖南土地产出效率和土地投入均有较大幅度的提高。

5、除 X_{15} 和 X_{19} 以外,社会和谐各项指标的灰色关联系数均呈上升趋势,表明人民生活的便利性和舒适度均有较大提高,土地利用的社会满意度和可接受性上升。但公共设施用地的比重在近年来呈现下降的趋势,且 2009 年下降的幅度较大,另教育事业费占财政支出的比重在近年来有所下降。

(二)湖南省城市土地可持续利用空间变化特征分析

本部分选用 2010 年反映湖南城市土地可持续利用的相关数据,对湖南 13 个地级市(长沙、株洲、湘潭、衡阳、邵阳、岳阳、常德、张家界、益阳、郴州、永州、怀化、娄底)城市土地可持续利用情况进行综合评价,探讨湖南省城市土地可持续利用的空间变化特征。相关数据来源于《湖南省统计年鉴 2011》和《中国城市统计年鉴 2011》。考虑到数据的可得性和统计口径的问题,在表 1 城市土地可持续利用的评价指标体系中删除了工业废水排放达标率(X_7)、工业固体废物处置率(X_8)和人均居住面积(X_{13})三个指标,其他指标见表 1 所示。另在本部分评价指标中的城市土地面积指城市建设用地面积。参考数列的数值为各指标的最优值集合,即正向指标的最大值和逆向指标的最小值组成。

根据相关指标原始数据,在对指标数值进行无量纲化处理的基础上,计算灰色关联系数,在此基础上计算灰色关联度(见表 3),根据灰色关联度对各地级市的城市土地可持续利用水平进行综合排序,并计算湖南省各地级市城市土地可持续利用在资源节约、环境友好、经济发展和社会和谐四个方面的灰

色关联度数值。

表 3 2010 年湖南各地级市城市土地可持续利用评价指标灰色关联度及排序

地级市	总目标		子目标							
	综合评价		资源节约		环境友好		经济发展		社会和谐	
	关联度	排序	关联度	排序	关联度	排序	关联度	排序	关联度	排序
长沙市	0.819	1	0.789	2	0.653	2	0.963	1	0.821	1
株洲市	0.671	2	0.765	3	0.646	3	0.494	3	0.742	2
湘潭市	0.607	5	0.740	4	0.628	4	0.446	5	0.634	4
衡阳市	0.551	7	0.645	10	0.510	10	0.400	8	0.616	5
邵阳市	0.454	12	0.653	9	0.373	12	0.427	6	0.419	12
岳阳市	0.553	6	0.667	8	0.583	7	0.557	2	0.490	9
常德市	0.615	4	0.969	1	0.544	9	0.462	4	0.581	6
张家界市	0.509	8	0.602	11	0.621	5	0.376	10	0.497	8
益阳市	0.463	11	0.682	6	0.581	8	0.352	13	0.382	13
郴州市	0.424	13	0.406	13	0.414	11	0.413	7	0.442	11
永州市	0.464	10	0.680	7	0.337	13	0.366	11	0.481	10
怀化市	0.484	9	0.420	12	0.608	6	0.364	12	0.528	7
娄底市	0.631	3	0.726	5	0.814	1	0.380	9	0.655	3

根据上述灰色关联度测度结果,得出湖南省城市土地利用的空间变化特征:

1、由表 3 可以看出,湖南省城市土地可持续利用综合关联度分值最大的城市是长沙(0.819),分值最低的城市是郴州(0.424),两者的关联度分值之差为 0.395,表明湖南省各城市土地可持续利用水平差异显著。另外湖南省 13 个地级市平均关联度数值为 0.557,反映了湖南省城市土地可持续利用水平整体较低。其中关联度数值高于均值的城市有长沙、株洲、湘潭、常德和娄底,益阳、郴州、永州、怀化和邵阳的关联度数值均低于 0.5,表明这些城市土地可持续利用水平低。

2、根据子目标评价指标的灰色关联度数值可知,长沙、株洲、湘潭在资源、环境、经济和社会四方面发展相对比较协调,排名靠前;衡阳市资源节约和环境友好指标排名相对靠后;邵阳市环境友好和社会和谐指标排名靠后;岳阳市经济发展较快,但其他指标均表现一般;常德市资源节约指标排名第一,经济发展速度较快,但其他两项指标均表现一般;张家界市经济发展和资源节约指标排名相对靠后;益阳市经济发展和社会和谐指标均排名最后;郴州市资源节约、环境友好和社会和谐指标排名相对靠后;永州市环境友好、经济发展和社会和谐指标排名相对靠后;怀化市资源节约和经济发展指标排名靠后;娄

底市环境友好和社会和谐指标排名靠前。

3、为进一步分析导致城市土地可持续利用灰色关联度数值产生差异的原因,根据表 3 的数据,分别求出四个子目标指标的最大值、最小值、平均值、标准差和极差,列于表 4 中。由表 4 可以看出,经济发展子目标指标的方差贡献率最大,表明该指标对城市土地可持续利用的贡献最大,在 13 个地级市中,长沙、株洲、湘潭、岳阳、常德的经济指标关联度数值较大,城市土地可持续利用水平也较高,张家界、益阳、永州和怀化经济发展子目标的关联度数值小,城市土地可持续利用水平也低,这和实际是相吻合的。第二个指标是资源节约指标,得分最高的城市为常德(0.969),其次是长沙、株洲、湘潭和娄底,该指标分值较低的城市是衡阳、张家界、郴州和怀化等。第三个指标为环境友好指标,娄底的关联度分值最高(0.814),其次是长沙、株洲、湘潭和张家界,这些城市环境保护相对较好,该指标分值较低的城市为衡阳、邵阳、郴州和永州,这些地区应加大环境保护。第四个指标为社会和谐指标,该指标得分最高的城市是长沙(0.821),其次是株洲、湘潭、娄底和衡阳,表明这些城市基础设施建设较好,居民生活舒适度较高,该指标得分较低的城市是邵阳、益阳、郴州和永州,表明这些城市应加大基础设施和公共设施的建设,提高居民的生活舒适度和满意度。另外根据

四个子目标评价指标的关联度平均值可知,资源节约>环境友好>社会和谐>经济发展,表明在这四个指标中,湖南省 13 个地级市在城市土地可持续利用中较为注重资源的节约利用和环境保护,而经济发展则较为落后。

表 4 各地级市城市土地可持续利用
评价子目标灰色关联度的统计值

子目标	min	max	平均值	标准差	极差
资源节约	0.406	0.969	0.673	0.141	0.563
环境友好	0.337	0.814	0.562	0.1243	0.477
经济发展	0.352	0.963	0.461	0.155	0.611
社会和谐	0.382	0.821	0.561	0.1242	0.439

三 结论及启示

本文采用灰色关联分析法从时间和空间两个维度对湖南省城市土地可持续利用水平进行综合评价,得出如下结论:

(一)湖南省城市土地可持续利用水平逐年提高,但综合关联度数值总体较低,城市土地可持续利用水平还有较大的上升空间;

(二)近年来湖南土地城市化速度大于人口城市化速度,城市外延扩张速度过快,城市发展存在“摊大饼”现象;

(三)在 13 个地级市中,长沙城市土地可持续利用水平最高,郴州城市土地可持续利用水平最低,13 个地级市城市土地可持续利用水平差异显著,土地可持续利用水平普遍较低;

(四)各城市在土地利用中存在各自的优缺点,根据各子目标评价指标的关联度数值得出:资源节约最好的是常德,最差的是郴州;环境最友好的是娄底,最差是永州;经济发展最好的是长沙,最差的是益阳;社会和谐表现最好的是长沙,最差的是益阳。

(五)在各子目标评价指标中经济发展对城市土地可持续利用的影响最大,其后分别为资源节约、环境友好和社会和谐;

(六)根据各子目标灰色关联度的平均数值得出湖南省在两型社会建设过程中,应进一步加快经济发展速度,推动城市土地可持续利用水平的持续上升。

根据研究结论,可以得到以下几点启示:
第一,加快经济发展速度,增加地均固定资产投资额。经济发展指标对城市土地可持续利用的影响

最大,而湖南省城市土地可持续利用中经济发展的灰色关联度平均数值最小,因此湖南省应加快第二和第三产业的发展,进一步优化土地利用结构,加大单位面积土地利用的投入强度,提高单位土地的产出效率,促进经济健康快速发展。

第二,进一步节约土地资源,严格控制建设用地增量,立足内涵挖潜。一方面不断加强对低效利用土地的投入,提高土地产出效率;另一方面多维利用城市立体空间,减少新增建设用地数量。

第三,各地级市应针对自身土地利用中的不足,以可持续发展理论为指导,从资源节约、环境友好、经济发展、社会和谐四个方面加大城市土地利用,促进城市土地可持续利用水平的提高。

[参考文献]

[1] Walter B. and Arkin L. et al. Sustainable cities: concepts and strategies for eco-city development[M]. EHM Eco-Home Media, Los Angeles, USA, 1992.

[2] 汪波,王伟华.城市土地集约利用的内涵及对策研究[J].重庆大学学报:社会科学版,2005,11(5):16-18.

[3] 谢敏,郝晋珉,丁忠义,等.城市土地集约利用内涵及其评价指标体系研究[J].中国农业大学学报,2006,11(5):117-120.

[4] 邵晓梅,王静.小城镇开发区土地集约利用评价研究[J].地理科学进展,2007,27(1):75-81.

[5] 翟文侠,黄贤金,张强,等.城市开发区土地集约利用潜力研究——以江苏省典型开发区为例[J].资源科学,2006,28(2):54-60.

[6] 郭爱请,葛金凤.河北省城市土地集约利用潜力评价方法探讨[J].资源科学,2006,28(4):65-70.

[7] 尹君.土地资源可持续利用评价指标体系[J].中国土地科学,2001,15(2):6-9.

[8] 陈百明.区域土地可持续利用指标体系框架的构建与评价[J].地理科学进展,2002,21(3):204-214.

[9] 陈百明,张凤荣.中国土地可持续利用指标体系的理论与方法[J].自然资源学报,2001,16(3):200-202.

[10] 戴尔阜,蔡运龙,傅泽强.土地可持续利用的系统特征与评价[J].北京大学学报:自然科学版,2002,38(2):231-237.

[11] 刘康.土地利用可持续性评价的系统概念模型[J].中国土地科学,2001,15(6):19-23.

[12] 彭补拙,安旭东,陈浮,等.长江三角洲土地资源可持续利用研究[J].自然资源学报,2001,16(4):307-310.

[13] 苏广实,胡宝清,罗华艳.基于网格法与ANN的县域喀斯特土地可持续利用评价——以广西都安瑶族自治县为例[J].水土保持研究,2010,17(4):263-267.

[14] 李植斌.城市土地可持续利用评价研究[J].浙江师大

- 学报:自然科学版,2000,23(1):69-72.
- [15] 谭永忠,吴次芳,叶智宣.城市土地可持续利用评价的指标体系与方法[J].中国软科学,2003,(3):139-143.
- [16] 王杨,雷国平,刘兆军,等.煤炭资源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.
- [17] 赵艳,濮励杰,张健.基于三角模型的城市土地可持续利用评价——以江苏省无锡市为例[J].经济地理,2011,31(5):810-815.
- [18] 鄢然,雷国平,孙丽娜,等.基于灰色关联法的哈尔滨市土地可持续利用评价研究[J].水土保持研究,2012,19(1):154-158.
- [19] Zineck J A, Farshad A. Issues of sustainability and sustainable land management[J]. Canadian Journal of Soil Science,1995,75(4):407-412.
- [20] 邓聚龙.灰色控制系统[M].武汉:华中理工大学出版社,1993.

Evaluation of Urban Land Sustainable Use Based on Grey Related Analysis Theory

——A Case Study of Hunan Province

ZHAO Xu

(Hunan City University, Yiyang 413000, China)

Abstract: This paper analyzes the content of sustainable urban land use, builds the evaluation system of sustainable urban land use from four aspects of resource-saving, environment friendly, economic development and social harmony. A grey related analysis model is used to evaluate urban land sustainable use from the two dimensions of time and space. The research shows that the level of sustainable urban land use in Hunan Province has increased annually, but there is still much room for improvement; Changsha is the highest level of sustainable urban land use, Shaoyang is the lowest level, and the sustainable urban land use is significantly different in 13 cities. To improve the level of sustainable urban land use, Hunan should further accelerate the pace of economic development, tap the potential of urban land use. Urban land use should be guided by the sustainable development theory, and the cities should actively improve the insufficiency of urban land use.

Key words: urban land; sustainable use; grey related theory