

基于均方差权值法的烟台市城市土地利用效益比较研究

王秋贤, 王富喜

(鲁东大学 资源与环境工程学院, 山东 烟台 264025)

摘要: [目的] 探讨沿海城市土地利用的综合效益, 为政府部门制定和完善沿海城市土地开发利用政策提供科学指导。[方法] 以山东省烟台市为例, 从经济效益、社会效益、生态效益 3 方面构建了城市土地利用效益综合评价指标体系, 利用均方差权值法对其土地利用效益进行评价分析。[结果] 2001—2010 年烟台城市土地利用效益不断提高, 集约性不断增强, 正逐步实现从外延扩张向内涵挖潜的转变; 但与其他 13 个沿海开放城市相比, 目前烟台城市土地利用效益还处于较低水平, 特别是城市用地的经济效益和社会效益与其他城市的差距尤其明显。[结论] 均方差权值法是一种较为理想的城市土地利用效益多指标综合评价方法, 烟台市土地利用今后应进一步提高其社会和经济效益。

关键词: 土地利用; 效益; 均方差权值法; 烟台市

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2016)02-0151-05

中图分类号: F293.2

文献参数: 王秋贤, 王富喜. 基于均方差权值法的烟台市城市土地利用效益比较研究[J]. 水土保持通报, 2016, 36(2): 151-155. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2016.02.029

Comparison Study on Benefits of Urban Land Use in Yantai City by Weight Method of Mean Squared Deviation

WANG Qiuxian, WANG Fuxi

(Institute of Resources and Environment Engineering, Ludong University, Yantai, Shandong 264025, China)

Abstract: [Objective] The aims of this paper was to evaluate the benefits of urban land use accurately and to grasp their changing rules under the rapid economic development so as to judging whether they affected the cities' sustainable development. [Methods] The benefits evaluation system of urban land use in Yantai City was established from three respects, which were regional economic benefit, social benefit and ecological benefit. Then the weight method of mean squared deviation was used in the evaluation model. [Results] The benefits of urban land use in Yantai City had been improved during 2001—2010, which indicated that the land use intensity had been enhanced and the land use patterns had been gradually transformed from scale expansion to connotation potential. But comprehensive benefit in Yantai City, especially economic benefit and social benefit, was still much lower than that in other coastal open cities. [Conclusion] The weight method of mean squared deviation is an ideal method in the evaluation of urban land use benefits, and there is still a long way for Yantai City to improve its social and economic benefits in urban land use.

Keywords: land use; benefit; weight method of mean squared deviation; Yantai City

城市土地是城市形成与发展的物质基础, 其利用效益的高低直接影响着城市经济社会发展质量, 是衡量城市健康与可持续发展的重要尺度^[1]。目前中国大部分城市土地利用比较粗放, 集约化程度不高, 受土地城市化超前、过度发展的影响, 土地资源利用效益较低。据统计, 2010 年全国地级及以上城市市区

地均 GDP 平均仅 3 913.92 万元/km²。另一方面, 人均城市建设用地则严重超标, 早在 2004 年中国城市市辖区人均建设用地就已达到 133.68 m², 超过国家标准 33%, 远高于发达国家 82.4 m² 和发展中国家 83.3 m² 的平均水平^[2]。今后随着中国城市化进程不断推进, 土地供需矛盾会更加紧张。尤其是对于城

收稿日期: 2015-06-16

修回日期: 2015-08-07

资助项目: 教育部人文社科项目“人口城镇化与土地城镇化协调发展测度及调控机制研究: 以山东半岛城市群为例”(15YJAZH069); 山东省自然科学基金项目(ZR2015DM005)

第一作者: 王秋贤(1977—), 女(汉族), 山东省烟台市人, 博士, 讲师, 主要研究方向土地利用与评价。E-mail: qxwang@yic.ac.cn。

通信作者: 王富喜(1962—), 男(汉族), 山东省平邑县人, 博士, 教授, 主要从事城镇化与城乡协调发展研究。E-mail: wfx62@163.com。

市化水平较高、非农经济比较发达的东部沿海城市而言,未来的土地供求关系将更加紧张。不同城市因其城市功能分区、土地利用结构和变化程度的不同,其城市用地的综合效益也不同,很多学者从不同角度采用不同方法探讨了城市土地利用的综合效益,取得了一定的成果。但中国国内成果很少涉及到中国沿海城市的土地利用效益研究^[3-11],而中国沿海城市以占陆域国土面积的 13%,集聚了将近 1/2 的中国人口,60% 以上的国民生产总值在这里被创造,是真正意义上的人口密集、经济发达地区^[12]。尤其是改革开放以来,14 个沿海开放城市凭借濒临其优越的地理位置和大量的投资,已发展成为中国最具经济活力和竞争能力的区域^[13]。而我国沿海城市的土地利用供需矛盾又比较大,所以现在必须大力加强沿海城市存量土地的改造挖潜,努力实现城市土地利用的高效化、集约化。而城市土地利用效益评价作为监控城市土地利用水平的重要手段,对其进行研究将有助于揭示土地利用过程中存在的主要社会、经济及生态问题,明确未来发展方向,为科学编制合理的沿海城市土地利用规划、完善沿海区域土地政策提供决策依据,从而有力推动沿海城市土地资源利用方式由外延式扩张向节约集约模式转变,促进城市 and 区域的健康、协调、可持续发展^[14]。

烟台市是中国首批开放的 14 个沿海城市之一,土地总面积 13 746.5 km²,2010 年底总人口 651.14 万。其中市辖区面积 2 722 km²,人口 178.9 万。改革开放以后,凭借其优越的区位条件和资源优势,得益于优先开放、重点发展的倾斜政策,其经济发展迅

猛、综合经济实力也很强。从 1978—2010 年,烟台市的生产总值按可比价格计算增长了 52.3 倍,年均增速达 13.2%,远超同期全国(9.9%)和山东省(11.8%)的平均增长速度。与此同时其城镇化率 49.74%,比山东省平均水平高 8.61%,其城市土地利用效益的高低是评价该市土地利用水平的一个重要指标。为了探讨沿海城市土地利用的综合效益,本研究以烟台为例,尝试从经济效益、社会效益、生态效益 3 方面构建城市土地利用效益综合评价指标体系,然后采用均方差权值法对其近 10 a 来土地利用效益变动趋势进行分析,通过与其他沿海开放城市的对比研究,明确烟台城市发展中存在的土地利用与管理问题,以期由政府相关部门制定和完善沿海城市土地开发利用政策提供科学指导。

1 研究方法

1.1 城市土地利用效益评价指标的选取

城市土地利用效益就是单位面积城市用地对城市带来的社会、经济和生态效益,它反映了人类利用土地目标的实现程度^[15]。投入同样的城市土地,所获得的综合效益越高,城市土地利用效率就越高,反之越低^[16]。由城市土地利用效益的内涵可以看出,其评价必然涉及城市土地利用的经济、社会、生态等多个方面,而每方面则需选多个代表性指标进行多指标综合评价。遵循科学性、代表性、可行性等原则,参考他人研究成果^[17-19],结合沿海城市土地利用特点作者选取了以下 13 项指标进行烟台市城市土地利用综合效益的评价,具体情况详见表 1。

表 1 城市土地利用综合效益评价选取指标

| 目标 | 评价要素 | 具体指标 |
|------------|---|--|
| 城市土地利用综合效益 | (1) 经济效益 (土地利用过程中单位面积取得的产品和服务的价值) | ① 地均 GDP; ② 地均工业总产值; ③ 地均第三产业增加值; ④ 地均地方财政收入。 |
| | (2) 社会效益 (土地利用对实现社会发展目标所产生的影响和效果) | ① 人口密度; ② 地均社会从业人员数; ③ 地均第三产业就业人数; ④ 地均医院及卫生院数; ⑤ 地均城市道路面积 |
| | (3) 生态效益 (土地利用对生态系统的影响及其改善程度,以及对生态服务功能维持的贡献) | ① 建成区绿地率; ② 建成区绿化覆盖率; ③ 公厕密度; ④ 单位面积土地未经处理的污水量 |

1.2 指标权重确定方法的选择

在多指标综合评价中,最重要的一个环节就是科

学、合理地确定各指标的权重。权重合理与否会直接影响评价结果的客观准确性。确定权重的方法一般

包括:特尔斐权重确定法(专家打分法)、层次分析法、主成分分析法等。其中特尔斐法主要是依据专家多年经验进行的权重赋予,有较强的主观性;层次分析法是在请专家对评价因素进行相对重要性判断后根据数学模型进行的权值计算,也带有一定的主观性;主成分分析法虽然对多个指标单层分析系统性强,但对于我们选择的 13 个具体指标,该方法不能按照我们分成的 3 个评价要素进行分析。鉴于此,本研究倾向选择均方差权值法进行城市用地综合效益评价。均方差权值法其指标权重系数的大小取决于该指标各个样本的相对离散程度^[20]:离散程度越大,则该指标包含的信息越多,在排序中越重要,所以其权重系数就越大,反之权重系数就越小。本文采用均方差(标准差)来表征各指标的离散程度,将这些均方差归一化,其结果即为各指标的权重系数^[21],不但能避免主观因素影响,客观、科学地计算指标权重,通过加权求和计算烟台市城市用地的综合效益指数,而且还可分别计算烟台市城市用地的经济效益、社会效益和生态效益指数。

1.3 均方差权值法的基本步骤

1.3.1 数据的标准化 评价指标量纲不同,其数据就不具备可比性,为了消除量纲影响首先对搜集的评价所需要的原始数据采用极大值标准化方法进行标准化处理,公式为:

$$X_j = \frac{x_j}{\max x_j} \quad (1)$$

$$X_j = \frac{1/x_j}{\max(1/x_j)} \quad (2)$$

式中: X_j ——指标 j 的标准化值; x_j ——指标 j 的原始数值; $\max x_j$ ——指标 j 的最大值。

正向指标采用式(1),即指标原始数值越大,其对评价结果正向作用越大(如地均 GDP、建成区绿地率等指标)时;而对逆向指标进行标准化处理时则需采用公式(2),此类指标原始数值越大,对评价结果正向作用越小(如单位面积土地未处理的污水量等指标)。

1.3.2 指标权重的确定 计算城市土地利用效益评价中各具体指标的均方差,并在其所属评价要素内进行归一化处理,结果即为各指标相对于其所评价要素的权重,公式为:

$$W_j = \frac{\sigma(X_j)}{\sum_{j=1}^n \sigma(X_j)} \quad (3)$$

$$\sigma(X_j) = \sqrt{\frac{1}{m-1} \sum (X_j - \bar{X}_j)^2} \quad (4)$$

式中: W_j ——指标 j 的权重; n ——评价要素中的指标数量; $\sigma(X_j)$ —— X_j 的均方差; \bar{X}_j —— X_j 的平均

值; m ——样本数;

1.3.3 按照公式(5)计算各指标及其评价要素的得分

$$F_i = \sum_{j=1}^n F_j \quad (5)$$

$$F_j = W_j \cdot X_j \quad (6)$$

式中: F_i ——评价要素 i 的得分; F_j ——指标 j 的得分; W_j ——指标 j 的权重; X_j ——指标 j 的标准化值。

1.3.4 计算土地利用综合效益评价指数 以评价要素得分为基础,分别计算评价要素的标准差并将其归一化,其结果作为该评价要素的权重系数。最后,采用加权求和方法计算综合评价指数,公式为:

$$F = \sum_{i=1}^k W_i \cdot F_i \quad (7)$$

式中: F ——城市土地利用效益的综合评价指数; W_i ——评价要素 i 的权重; k ——评价要素数量; F_i ——评价要素 i 的得分。

1.4 数据来源

烟台市城市用地综合效益评价的基础数据主要来自于《烟台市统计年鉴(2002—2011年)》,其他 13 个沿海城市的城市用地效益评价数据分别来自于相应城市的 2011 年统计年鉴。

2 结果与分析

2.1 烟台市 2001—2010 年城市用地效益演变趋势

采用均方差权值法,对烟台近 10 a 的相关数据进行处理,分别求得烟台 2001—2010 年的城市用地经济效益、社会效益、生态效益以及综合效益指数,其结果较好地刻画了烟台城市用地效益的变化情况(图 1)。由图 1 可以看出:(1)近 10 a 来烟台城市用地的综合效益一直处于上升趋势。效益指数从 2001 年的 0.346 5 提高到 2010 年的 0.923 6,10 a 提高了近 1.7 倍,年均提高 10.3%,这表明烟台市土地资源优化配置近 10 a 多越来越来合理,也就是说烟台市土地资源集约利用水平越来越高。在 3 个单项效益中,经济效益及社会效益同综合效益曲线走向较为接近,对综合效益的贡献亦较大,尤其是经济效益,其贡献率高达 49.8%,说明烟台市近年来城市土地利用目标明确、投资效果明显,经济效益高。(2)烟台市城市用地的经济效益,2001 年以来一直处于快速、持续上升状态。2010 与 2001 年相比,经济效益指数提高了 5.4 倍,年均达 20.4%,远远快于同期社会效益和生态效益指数的增长速度。从单项指标来看,近 10 a 来,烟台城市地均 GDP、地均第三产业增加值、地均工业总产值、地均地方财政收入等均增长较快。尤其

是地均限额以上工业总产值 10 a 间增长了 11.69 倍,成为推动经济效益及综合效益快速增长的主导力量。

(3) 从 2001—2010 年,烟台城市用地的社会效益持续、稳步增强。10 a 间社会效益指数提高了 76.95%,年均提高 5.87%,表明烟台市城市土地利用结构在不断优化。从各指标来看,近 10 a 来烟台市地均从业人员增加了 1.8 倍,年均增长 10.87%,表明其第三产业在快速发展;另外烟台市地均实有道路面积增加了 1.06 倍,年均增长 7.47%,均超过社会效益指数的增速;这些都是导致烟台市土地利用社会效益上升的主要因素。(4) 同经济效益和社会效益的持续上升有所不同,近 10 a 来,烟台城市用地的生态效益,变化很不稳定,有起有伏,大体呈现为不对称的“M”形。2001—2003 年,效益指数从 0.512 1 提高至 0.589 2,呈逐年递增趋势,2004 年出现回落,跌至 0.522 4,之后又持续上升,到 2006 年达到峰值 0.897 1。此后再度逐年下降,到 2010 年降低至 0.704 8。生态效益的这种跌宕起伏在很大程度上是由于单位面积土地未经处理的污水量的年际变化决定的。2001 年烟台市土地未经处理的污水量 $6\ 741\ \text{m}^3/\text{km}^2$,此后逐年下降,至 2003 年降低至 $4\ 259\ \text{m}^3/\text{km}^2$ 。2004 年突然回升至 $5\ 021\ \text{m}^3/\text{km}^2$,之后再度下降,至 2006 年降至 $1\ 735\ \text{m}^3/\text{km}^2$,成为近 10 a 中的最低值。尔后再次回升,至 2010 年升高至 $4\ 272\ \text{m}^3/\text{km}^2$ 。今后烟台市城市开发过程中尤其应该注意污水处理问题,加强相关部门监管,提高其城市用地的生态效益以期提高其整体综合效益。

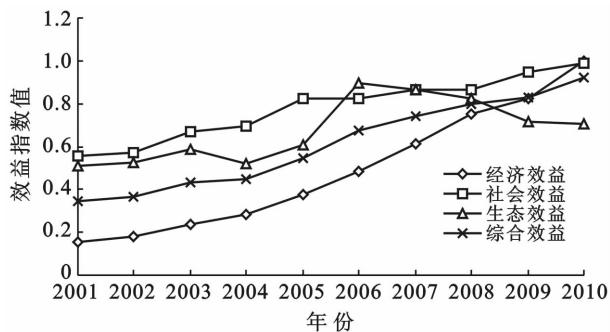


图 1 烟台市 2001—2010 年城市土地利用效益变化

总的来看,2001 年以来,烟台城市土地利用的综合效益不断提高,从一个侧面反映出土地利用的集约性在不断增强,土地利用方式正逐步实现从外延扩张向内涵挖潜的转变。从各单项效益变动情况来看,差异比较明显,经济效益和社会效益持续增强,而生态效益波动较大。说明在城市土地开发利用过程中,仍然过分倚重经济效益的提高,而对城市生态重视不

够,在今后城市土地利用中应根据其综合效益趋势进行有针对性的规划。

2.2 烟台与其他沿海开放城市的对比分析

为了更清晰地反映烟台城市用地效益的现状,明确烟台土地利用中的主要问题,利用 2010 年数据对烟台及其他 13 个沿海开放城市土地利用效益进行测算,其结果详见表 2。由表 2 可以看出,无论是城市用地的综合效益,还是各单项效益,烟台与其他城市相比都相去甚远。从综合效益来看,烟台的综合效益指数仅略高于湛江、连云港和北海,位居 14 个沿海开放城市第 11 位,和排名第 1 的上海相比,相差 2.2 倍,与同处环渤海经济圈的秦皇岛地区相比,也相差甚远(仅相当于秦皇岛的 38.2%)。作者认为这主要是因为 20 世纪 90 年代烟台市区空间扩展过快、过于突然,将牟平县变为牟平区,市辖区范围爆发性增长了 $1\ 588\ \text{km}^2$,使烟台市市辖区在 14 个沿海城市中的面积最大;而牟平区由于面积较大、土地利用较为粗放、城市土地利用综合效益低下,所以从整体上影响了烟台市城市用地综合效益。近 10 a 来,虽然烟台市城市用地的经济效益明显提高,但与其他城市相比仍存在很大的差距。从表 2 可以看出,2010 年烟台的经济效益指数得分仅有 0.205 3,仅相当于上海的 1/5,青岛的 27.5%,甚至不及南通和温州。从各单项指标来看,2010 年烟台城市地均 GDP 和地均第三产业增加值分别只有 $6\ 833, 2\ 549.6\ \text{万元}/\text{km}^2$,均仅略高于北海、连云港和湛江市;地均财政收入只有 $413\ \text{万元}/\text{km}^2$,仅相当于青岛的 17.6%,秦皇岛的 26.9%。从社会效益看,烟台与其他城市的差距更大。该项得分仅略高于北海,位居 14 个沿海开放城市第 13 位,和排名第 1 的秦皇岛地区相比相差近 3 倍,和同处山东半岛的青岛市相比相差亦将近 2.4 倍。从各单项指标来看,2010 年烟台市区人口密度和地均第三产业从业人员分别只有 657 和 66 人/ km^2 ,两项指标均仅略高于北海,位列 14 城市倒数第 2;市区地均从业人员数、地均医院和卫生院数、地均道路面积等指标排名也都比较靠后。和经济效益、社会效益相比,烟台城市土地利用的生态效益得分相对较高,与其它城市的差距亦相对较小。但这并不意味着烟台城市生态环境优越,恰恰相反,只能说明各城市生态效益普遍不高,是一种低水平下的相对均衡。

从表 2 可以看出,2010 年烟台生态效益在 14 城市中排名第 7,该项得分相当于排名第 1 的广州市的 78.7%,比青岛市高出 16.7%。从各单项指标看,建成区绿地率和绿化覆盖率分别为 39.11%和 42.05%,

均位居 14 城市第 5 位;市区单位面积土地未经处理的污水量排名第 3(该指标为逆向指标,数值越小,排名越靠前);公厕密度 0.19 座/km²,只略高于北海,而远远低于其他 12 个城市。

总的来说,目前烟台市城市用地的综合效益还不

高,尤其是经济效益和社会效益与其他城市相比还存在很大差距。比较而言,生态效益与其他城市的差距较小,特别是在城市污水对环境的影响方面明显优于其它城市;但城区公厕密度不及所有城市平均水平的 1/3,同“宜居城市”的要求相比尚有很大差距。

表 2 中国沿海开放城市 2010 年土地利用效益比较

| 城市 | 经济效益 | | 社会效益 | | 生态效益 | | 综合效益 | |
|-----|---------|----|---------|----|---------|----|---------|----|
| | 指数 | 排序 | 指数 | 排序 | 指数 | 排序 | 指数 | 排序 |
| 大连 | 0.432 9 | 6 | 0.471 7 | 5 | 0.472 0 | 9 | 0.454 1 | 5 |
| 秦皇岛 | 0.465 2 | 4 | 0.922 6 | 1 | 0.574 0 | 13 | 0.667 3 | 4 |
| 天津 | 0.381 5 | 7 | 0.379 2 | 8 | 0.336 8 | 14 | 0.374 4 | 7 |
| 烟台 | 0.205 3 | 11 | 0.232 9 | 13 | 0.486 5 | 7 | 0.255 2 | 11 |
| 青岛 | 0.745 2 | 3 | 0.781 5 | 2 | 0.416 9 | 11 | 0.715 0 | 3 |
| 连云港 | 0.128 2 | 13 | 0.245 9 | 1 | 0.493 2 | 4 | 0.226 4 | 13 |
| 南通 | 0.269 3 | 9 | 0.305 7 | 10 | 0.442 0 | 10 | 0.307 9 | 10 |
| 上海 | 0.986 2 | 1 | 0.774 1 | 3 | 0.414 2 | 12 | 0.820 9 | 1 |
| 宁波 | 0.433 1 | 5 | 0.355 5 | 9 | 0.358 3 | 13 | 0.391 1 | 6 |
| 温州 | 0.303 3 | 8 | 0.387 2 | 7 | 0.475 9 | 8 | 0.361 3 | 9 |
| 福州 | 0.267 6 | 10 | 0.422 3 | 6 | 0.492 0 | 5 | 0.361 7 | 8 |
| 广州 | 0.795 6 | 2 | 0.738 2 | 4 | 0.618 0 | 1 | 0.747 8 | 2 |
| 湛江 | 0.140 8 | 12 | 0.240 1 | 12 | 0.490 8 | 6 | 0.229 4 | 12 |
| 北海 | 0.071 4 | 14 | 0.158 5 | 14 | 0.599 0 | 2 | 0.179 4 | 14 |

3 结论

(1) 均方差权值法在确定城市用地综合效益指标权重时,是一种较为理想的多指标综合评价方法,计算结果与城市土地利用发展的实际情况比较契合,而且能在时间序列上反映出城市土地利用的客观变化趋势。

(2) 2001 年以来,烟台城市土地利用的综合效益不断提高,从一个侧面反映出土地利用的集约性在不断增强,土地利用方式正逐步实现从外延扩张向内涵挖潜的转变。从各单项效益来看,经济效益提高最快,且一直处于持续增长状态,远快于同期社会效益和生态效益指数的增长速度。相对而言,生态效益尽管总体趋势也在提高,但变化很不稳定。

(3) 目前烟台市城市土地利用的综合效益还处于较低水平。在各单项效益中,虽然经济效益增速最快、增幅最大,但与其他城市相比,差距依然相当明显;社会效益差距更为突出;相对而言,烟台市生态效益指数与其他城市间的差距相对较小。

[参 考 文 献]

[1] 赵鹏军,彭建.城市土地高效集约化利用及其评价指标体系[J].资源科学,2001,23(5):23-27.
[2] 田莉.我国城镇化进程中喜忧参半的土地城市化[J].城

市规划,2011,35(2):11-12.

[3] 王雨晴,宋戈.城市土地利用综合效益评价与案例分析[J].地理科学,2006,26(6):743-748.
[4] 叶敏婷,王仰麟,彭建,等.深圳市土地利用效益变化及其区域分异[J].资源科学,2008,30(3):401-407.
[5] 刘佳,赵敏娟.宝鸡市土地利用经济效益评价[J].水土保持研究,2011,18(6):216-220.
[6] 吴志伟,胡远满,陈文波.基于 GIS 技术的土地利用效益评价研究[J].水土保持研究,2011,18(2):75-79.
[7] 王德起,郗磊.青岛市土地利用综合效益评价研究[J].青岛科技大学学报:社会科学版,2012(3):1-4.
[8] 王娟,张礼.石家庄市城市土地利用综合效益评价[J].产业与科技论坛,2013,12(10):120-123.
[9] 周磊,黄秋昊.基于灰色关联 TOPSIS 的城市土地效益评价及障碍因子诊断[J].水土保持研究,2014,28(4):39-44.
[10] 丁森林.基于因子分析的平原地区土地利用效益评价:以山东省潍坊市为例[J].江苏农业科学,2014(7):467-470.
[11] 黎典.“两型社会”背景下长株潭城市土地利用效益评价研究[D].湖南长沙:湖南师范大学,2014.
[12] 骆永明.海岸带国内外研究现状与今后研究重点[C].北京:2012 年领导干部理论学习论文集,2012.
[13] 侯西勇,徐新良.21 世纪初中国海岸带土地利用空间格局特征[J].地理研究,2011,30(8):1370-1379.

(下转第 160 页)

而小依次为凸形坡、直坡、梯形坡和凹型坡,而且凸形坡和直坡显著高于梯形坡和凹坡。在抗剪强度相同的条件下,前者稳定性明显低于后者。因此,凸型和直线型斜坡更容易产生滑坡和崩塌灾害。阶梯型和凹陷型斜坡稳定程度明显增高。

(3) 老年期河谷地区的灾害点密度最大,为壮年期河谷地区的近2倍,幼年期河谷地区的3倍,从幼年期河谷、壮年期河谷到老年期河谷,地质灾害点密度呈现增长的趋势。

(4) 从滑坡形成时间上看,以老滑坡为主;从滑坡形成原因上看,自然原因为各发育期河谷滑坡形成的主要原因;从崩塌物质组成上看,幼年期河谷、壮年期河谷以土质崩塌为主,而老年期河谷崩塌主要以岩质崩塌为主;从崩塌的体积上看,各发育期河谷都以中小型崩塌为主,大型崩塌大都分布在老年期河谷。

(5) 根据选取的坡度、坡型、植被、河谷地貌、地层、降雨量、道路距离、居民点8因素,采用加权信息量法进行地质灾害易发性分区,得到延河流域地质灾害易发性分区图,延河流域高易发面积为1664.96 km²,灾害点密度为0.29处/km²;中易发面积为3102.02 km²,密度0.10处/km²;低易发面积3888.99 km²,密度0.04处/km²。

[参 考 文 献]

- [1] 雷祥义. 黄土高原地质灾害与人类活动[M]. 北京:地质出版社,2001.
- [2] 张茂省,李同录. 黄土滑坡诱发因素及其形成机理研究[J]. 工程地质学报,2011,19(4):530-540.
- [3] 李同录,龙建辉,李新生,等. 黄土滑坡发育类型及其空间预测方法[J]. 工程地质学报,2007,15(4):500-506.
- [4] 丁辉,张茂省,李林. 西北黄土高原区滑坡遥感解译研究[J]. 第四纪研究,2011,31(6):1077-1085.
- [5] 刘鹏飞,李滨,陈志新. 陕西延安地区黄土滑坡特征及其活跃性分期[J]. 中国地质灾害与防治学报,2012,23(4):16-19.
- [6] 黄玉华,冯卫,李政国. 陕北延安地区2013年“7·3”暴雨特征及地质灾害成灾模式浅析[J]. 灾害学,2014,29(2):54-59.
- [7] Navarro M M, Wohl E E. Geological hazard and risk evaluation using GIS[J]. Methodology and Model Applied to Massociation of Engineeng Geologists, 1994, 25(4):459-481.
- [8] Mejia-Navarro M, Wohl E E. Geological hazard and risk evaluation using GIS: Methodology and model applied to Medellin, Colombia[J]. Bulletin of the Association of Engineering Geologists, 1994,31(4):459-481.
- [9] Fall M, Azzam R, Noubactep C. A multi-method approach to study the stability of natural slopes and landslide susceptibility mapping[J]. Engineering Geology, 2006,82(4):241-263.
- [10] 姜云,王兰生. 地理信息系统在山区城市地面岩体稳定性管理与控制中的应用[J]. 地质灾害与环境保护, 1994,5(1):32-38.
- [11] 阮沈勇,黄润秋. 基于GIS的信息量法模型在地质灾害危险性区划中的应用[J]. 成都理工大学学报,2001,28(1):89-92.
- [12] 张桂荣,殷坤龙,刘传正,等. 基于GIS的陕西省旬阳滑坡灾害危险性区划[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2003,14(4):39-43.
- [13] 张茂省,校培喜,魏兴丽. 延安市宝塔区崩滑地质灾害发育特征与分布规律初探[J]. 水文地质工程地质, 2006,33(6):72-74.
- [14] 段钊,赵法锁,陈建新. 陕北黄土高原区滑坡发育类型与时空分布特征:吴起县为例[J]. 灾害学,2011,26(4):52-56.
- [15] 史伟宏,王建彬,曾宪中,等. 延安市富县崩滑地质灾害发育特征与分布规律浅析[J]. 地下水,2012,34(7):145-146.
- [16] 申成磊,李满春,李飞雪,等. 基于数据包络分析的分水镇农村土地利用效率评价[J]. 中国土地科学,2011,25(1):16-21.
- [17] 毕宝德,等. 土地经济学[M]. 北京:中国人民大学出版社,2011.
- [18] 刘坚,黄贤金,翟文侠,等. 城市土地利用效益空间分异研究[J]. 江南大学学报:人文社会科学版,2005,4(6):67-71.
- [19] 刘喜广,刘朝晖. 城市土地利用效益评价研究[J]. 华中农业大学学报:社会科学版,2005(4):91-95.
- [20] 鲍新中,刘澄,张建斌. 城市土地利用效率的综合评价[J]. 城市问题,2009(4):46-50.
- [21] 黄奕龙,王仰麟,卜心国,等. 城市土地利用综合效益评价:城际比较[J]. 热带地理,2006,26(2):145-150.
- [22] 王应明. 运用离差最大化方法进行多指标决策与排序[J]. 系统工程与电子技术,1998(7):24-26.
- [23] 王明涛. 多指标综合评价中权数确定的离差、均方差决策方法[J]. 中国软科学,1999(8):100-101.

(上接第155页)