

遗传算法在水土保持综合效益评价中的应用初探^{*}

吴高伟, 王 瑄

(沈阳农业大学 水利学院, 沈阳 110161)

摘 要: 采用遗传算法与欧氏距离判别法相结合的方法, 对水土保持综合效益进行评价, 并以丹东市为例进行解析。实例中, 运用上述方法并得出: 大沙河的水土保持综合效益最优, 而大洋河与隶属鸭绿江其他支流的水土保持综合效益最差, 这与卫星影像解译结果有良好的一致性。这也表明, 采用遗传算法与欧氏距离判别法相结合的办法评定水土保持综合效益具有可行性, 并较好地克服主观性, 使结果更加客观公正。

关键词: 水土保持综合效益; 遗传算法; 欧氏距离判别法

中图分类号: S157

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2008)03-0223-03

Elementary Application of Genetic Algorithms to the Comprehensive Benefit Evaluation About Soil and Water Conservation

WU Gao-wei, WANG Xuan

(School of Water Conservancy, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China)

Abstract: To explore a suit of proper method of comprehensive benefit evaluation about soil and water conservation, its corresponding method was set up by the combination of Genetic algorithms and Euclidean distance criterion, and was validated in this city of Dandong city. In the example, conclusion was accepted by using the former method that comprehensive benefit of Dasha river is the best and comprehensive benefit of Dayang River and other rivers belonging to Yalu river are the worst. It had the same coherence with the result by analyzing the satellite pictures. The result indicated that the mathematical method not only was feasible, but also overcame the artificial subjectivity. Therefore the prediction result of the model was more objective and fair.

Key words: soil and water conservation comprehensive benefit; genetic algorithms; euclidean distance criterion

水土保持综合效益评价是复杂的系统过程。对于这方面的研究, 前人做过大量的工作。陈维杰从生态效益与经济效益方面综合分析了浑椿河小流域综合治理效益, 结果证明此种分类计算方法是合理可行的^[1]。林积泉则认为指标体系评价方法能客观全面地反映小流域治理后的综合效益, 具有前瞻性, 同时可为小流域进一步治理提供科学依据^[2]。康玲玲指出水土保持生态效益的计算与评价是水土保持研究的重要内容, 而且指出林草覆盖度变化对生态效益评价具有重要影响^[3]。古丽奴儿在对各种效益进行深入分析的基础上, 应用数学方法将其定量化而做出的综合效益分析, 在一定程度上消除了人为主观判断, 具有一定的准确性和可靠性^[4]。李敏强指出, 遗传算法具有应用面广, 不依赖于问题的领域和类型, 对函数无性态要求的特点, 因而可以广泛应用于各种学科的最优化问题^[5]。

此外, 水土保持综合效益评价应当是多目标、多层次和多指标的综合评价, 目前主要有3种主要评价方法, 包括加权综合指数法、加乘综合指数法和关联度分析法^[6]。然而上

述方法已经不能完全满足评价需要。针对这种情况, 通过应用遗传算法和欧氏距离判别法对水土保持综合效益进行评价, 并以丹东市为应用实例进行解析, 目的是寻求一种更为准确的水土保持综合效益评价办法。

1 评价体系的建立

系统科学地选取综合效益评价指标, 确定每个指标因子在系统的贡献率, 对综合效益评价结果可信度、准确度有重要意义。为了全面有效地评价水土保持综合效益, 依据综合性、可行性、可操作性的原则, 综合有关研究^[7-8], 选取与生态效益、社会效益、经济效益有密切关系的评价指标共有14项(图1)。

2 遗传算法与欧氏距离判别法的基本原理

遗传算法(Genetic Algorithms)是一种借鉴生物界自然选择和自然遗传机制的随机、高度并行、自适应搜索算法。在自然界, 生物进化的过程主要是通过染色体之间的交叉和染色体的变异来完成的; 与此相对应, 遗传算法也是通过模仿生物进化过程, 对群体不断进行遗传操作得到新的群体,

^{*} 收稿日期: 2007-04-12

基金项目: 辽宁省自然科学基金项目(2006210)

作者简介: 吴高伟(1982-), 男, 河南灵宝人, 在读硕士, 主要从事小流域综合治理研究。E-mail: sywugaowei@126.com

通信作者: 王瑄(1965-), 女, 辽宁昌图人, 教授, 博士, 主要从事农业节水与土壤侵蚀研究。E-mail: xuanw@vip.sina.com

从而获取最优解。

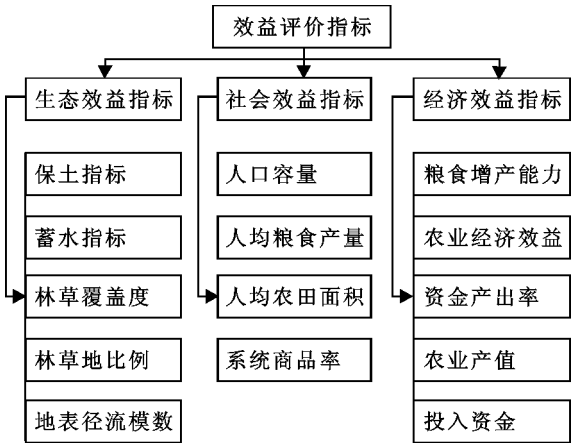


图 1 评价指标体系

欧氏距离法(Euclidean Distance Criterion)的基本思想是:分别计算出单个总体与理想总体之间的距离,然后比较各自与理想值之间的距离,进而得出相似度并对原数据体系进行系统聚类。

3 在水土保持综合效益评价中的应用过程介绍

遗传算法及欧氏距离法在水土保持综合效益评价中的应用过程基本步骤如下:

(I) 将原有数据进行无量纲化处理。采用将各个原始数据除以各个流域的总面积,获取相对值矩阵 X 。

$$X = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

(1)

(II) 将适应度函数设定为 $f(x) = x_1 + x_2 + x_3$, 目标设定为求 $\max f(x)$; 其中 x_1, x_2, x_3 分别为生态效益、社会效益、经济效益值, 且为非负值。

(III) 初始群体形成。令 $x_i = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in})^T$ 为可行性解, 则综合效益 $f(x) = x_1 + x_2 + x_3$ 为目标函数, 一般采用二进制整数对指标个体进行编码, 并将他们连接起来构成个体基因型并形成初始群体。编码原则: 正向效益中, 小于单项指标平均值记为 0, 其余记为 1; 负项效益中, 采用相反

的表示方法(即低于平均值记为 1, 其余记为 0)。然后再对个体基因进行解码。解码方法如下:

设个体编码为 $x_k = a_{k1}, a_{k2}, a_{k3}, \dots, a_{kl}$, 对应的解码公式为

$$x_k = a + \frac{b-a}{2^l-1} \left(\sum_{j=1}^l a_{kj} 2^{l-j} \right)$$

(2)

式中: 000000...000000= $0 \rightarrow a$; 11111...11111111= $2^l - 1 \rightarrow b$; L ——染色体长度, 在水土保持综合效益评价中特指评价指标的个数。

(IV) 选择操作、交叉操作与变异操作。即将所有个体适应度求和, 求出每个个体相对适应度, 随后产生 0~1 的随机数确定各个个体被选中的次数; 然后再采用单点交叉的方法, 取交叉概率 $P_c = 0.5$, 从比例选择之后群体中随机选出需要交叉个体两两随机配对, 并在 1 到 $(L-1)$ 上随机选数 j , 对已配的两个个体对应互换交换由 $(j+1)$ 到 L 的所有基因。其后一般采用基本位变异, 取变异概率 $P_m = 0.05$, 从交叉后群体中随机选出需要进行变异的个体, 对每个将要变异的个体, 由 1 到 L 之间随意设定随机数 k , 并对染色体上第 k 位数字变异。

(V) 获取最优解。重复上述步骤, 并设定终止代数 T , 在 T 内求出最优或近似最优解, 即适应度最大值。

(VI) 求相似度距离值, 并进行最优判别。将最优值与各个地区的原始编码进行比对, 并利用欧氏距离法求出二者的相似度距离值, 进行最优值评判。一般的, 距离值越小, 原始编码与最优值相似度越大, 其越接近最优解。欧氏距离判别法公式如下:

$$D^2(x, y) = \sum_{i=1}^m (x_i - y_i)^2 = (x - y)' (x - y)$$

(3)

4 应用实例解析

4.1 示例区域概况

丹东市属温带气候, 四季分明, 南部属半大陆半海洋性气候, 北部属大陆性气候。年平均降水 881.3~1 087.5 mm, 年平均气温为 6.8~8.7℃。地势由东北向西南逐渐降低, 可划分为北部中低山区, 南部丘陵区, 南缘沿海平原区 3 类规模较大的地貌单元。境内水土流失类型以面蚀为主, 同时有沟蚀、河槽状侵蚀和泥石流、啸山等类型。

表 1 丹东市五大流域的基本情况

	评价指标	大沙河	暖河	鸭绿江支流	大洋河	入黄海的支流
生态效益	蓄水/ 万 m ³	180. 49	4474. 8	4272. 68	2664. 19	407. 47
	保土/ 万 t	62. 59	1553. 7	2430. 54	930. 24	153. 22
	林草覆盖度/ %	40	67. 75	72. 15	58. 83	42. 63
	林草地比例/ %	36	74	76	48	9
	地表径流模数/ (万 m ³ · km ^{- 2})	0. 7	0. 634	0. 649	0. 574	0. 624
社会效益	人均粮食产量/ (kg · 人 ^{- 1})	21. 15	233. 1	174. 47	1100. 78	338. 83
	人均农田面积/ (hm ² · 人 ^{- 1})	0. 01	0. 11	0. 12	0. 19	0. 15
	系统商品率/ %	36	15	18	34	13
	人口容量/ (人 · km ^{- 2})	2276. 5	136. 4	141. 58	124. 9	322. 2
经济效益	投入资金/ 万元	4215	59049	58782	23363. 3	28833
	农业产值/ 万元	81	4540	6951	2487. 7	978. 8
	资金产出率/ %	0. 022	0. 106	0. 236	0. 204	0. 056
	粮食增产能力/ 万 kg	10	279. 36	205. 6	194. 5	53. 75
	农业经济效益/ 万元	92. 87	6273. 9	13878	4773	1612. 8

4.2 应用实例解析与结论

为了对经过治理后的丹东市整体的流域现状做比较分析, 特将其境内的河流分为五大流域, 即: 大沙河、暖河、隶属鸭绿江的其他支流、大洋河、隶属辽东半岛入黄海的河流其他支流。详细情况如表 1 所示。

依据前述步骤依次操作, 获取最优解(表 2 和图 2)。
由图 2 可知, 最优解的编码为 $x_i = (11111, 1111,$

$11111)^T$, 进而可求出相似度距离值(表 3)。
由此, 可以得出以下结论:
从水土保持综合效益上可以看出, 大沙河> 隶属辽东半岛入黄海的河流其他支流> 暖河> 大洋河≈ 隶属鸭绿江的其他支流。
同时, 可以明确以后治理的重点是隶属鸭绿江的其他支流与大洋河。

表 2 初始群体产生示例

个体编号	初始群体 $P(0)$	X_1	X_2	X_3	$f_i(x_1, x_2, x_3)$	$f_i/\sum f_i$
大沙河	11110111011110	30	14	30	74	0.4
暖河	11001000101010	25	1	10	37	0.2
鸭绿江支流	01001000101001	9	1	9	19	0.1
大洋河	00001101100010	1	11	2	14	0.08
入黄海支流	00001110111011	1	13	27	41	0.22

注: $\sum f_i = 185, f_{\max} = 74, f = 37$ 。

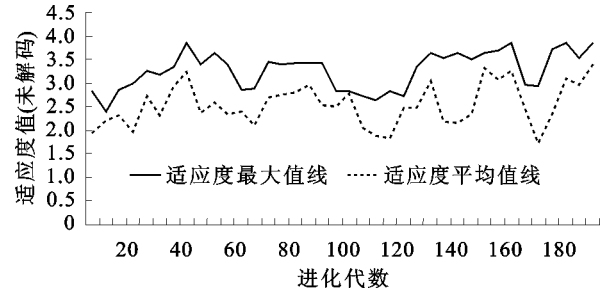


图 2 进化图谱
表 3 相似度距离值列表

样本个体	大沙河	暖河	鸭绿江 支流	大洋河	入黄海 支流
相似度距离值	3	8	9	9	6

5 小 结

计算结果与辽宁省卫星遥感影像观测结果推出的结论基本一致, 这表明: 采用遗传算法与欧氏距离判别法相结合的方法在评价水土保持综合效益上具有可行性, 而且较好地

克服了主观性, 从而使结果更加客观公正。

参考文献:

[1] 陈维杰. 浑槽河小流域综合治理效益分析[J]. 水土保持通报, 1999, 19(6): 53-59.
[2] 林积泉. 小流域环境治理评价方法研究[J]. 中国水土保持, 2004(1): 21-22.
[3] 康玲玲. 水土保持生态效益评价方法探讨[J]. 中国水土保持, 2004(9): 22-24.
[4] 古丽奴儿. 塔里木河中下游退耕还林还草综合生态效益研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(5): 80-95.
[5] 李敏强, 寇纪淞. 遗传算法的基本理论与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
[6] 李智广. 小流域综合治理效益评价方法刍议[J]. 水土保持通报, 1998, 18(5): 19-23.
[7] 林积泉, 王伯铎. 小流域综合环境质量综合评价指标体系研究[J]. 水土保持研究, 2005(2): 69-71.
[8] 李忠魁. 黄土高原小流域治理效益评价与系统评估研究[J]. 生态学报, 1998, 18(3): 241-247.

(上接第 222 页)

参考文献:

[1] 刘玉洁, 杨忠东. 遥感信息处理原理与算法[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
[2] 曾严, 鄢俊洁. MODIS 数据在积雪检测中的应用[J]. 测绘与空间地理信息, 2005, 28(6): 97-99.
[3] 刘玉洁, 王丽波, 刘诚, 等. 卫星遥感雪灾监测与分析[M]. 牧区雪灾的分析研究. 北京: 气象出版社, 1998: 100-102.
[4] 殷青军, 杨英莲, 徐维新. NOAA 卫星资料云雪识别方法的研究[J]. 高原气象, 2002, 21(5): 526-528.
[5] 郭艳君, 翟盘茂, 李威. NOAA 卫星遥感与常规观测中国积雪的对比研究[J]. 冰川冻土, 2004, 26(6): 756-760.
[6] 延昊. NOAA 16 卫星积雪识别和参数提取[J]. 冰川冻土, 2004, 26(3): 369-373.