

Evaluating the Carrying Capacity of Regional Water Resources

Lin Wu, Haishan Han

College of Mathematics, Inner Mongolia University for Nationalities, Tongliao Inner Mongolia
Email: hanhaishan@imun.edu.cn

Received: Feb. 5th, 2017; accepted: Feb. 24th, 2017; published: Feb. 27th, 2017

Abstract

Through utilizing Projection Pursuit Classification model based on the Real Coding Based Accelerating Genetic Algorithm, the authors transform synthetically the multi-factor into only one index value which can comprehensively estimate the Water resource carrying capacity in line with optimum projection direction and function. Taking Qingdao as an example, the index values show the Water resource carrying capacity from up to low is Laoshan, urban districts, Jimo, Laixi, Pingdu, Huangdao, Jiaozhou, Chengyang; excepting the first two, Water resource carrying capacity of the rest of Qingdao all rush into saturation. Its water resource has an advantage in social supporting, while its guarantee extent stands disadvantage. The result can provide a new prospect for improving severe water shortage of Qingdao and helping to present some new solutions.

Keywords

Projection Pursuit Classification, Real Coding Based Accelerating Genetic Algorithm, Carrying Capacity of Water Resources of Qingdao

区域水资源承载力评价

吴琳, 韩海山

内蒙古民族大学数学学院, 内蒙古 通辽
Email: hanhaishan@imun.edu.cn

收稿日期: 2017年2月5日; 录用日期: 2017年2月24日; 发布日期: 2017年2月27日

摘要

为了综合评价区域水资源承载力, 采用投影寻踪聚类模型, 借助加速遗传算法, 优化投影方向, 将多个影响因素在投影函数的作用下投影到一维数值, 根据投影值的大小评价出方案的优劣。以青岛市为例,

采用该模型, 得出青岛市各区域的水资源承载力由高到低依次为: 崂山区、市区、即墨市、莱西市、平度市、黄岛区、胶州市、城阳区; 除崂山区和市区外, 其余地区的承载力均趋于饱和状态; 该市水资源对社会的支撑能力较强, 但其保障程度较差。实验结果可以为改善青岛市严重缺水这一局面提供一些新视角, 有利于帮助提出新的解决方案。

关键词

投影寻踪, 加速遗传算法, 青岛市水资源承载力

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在我国, 关于水资源承载力的研究经历了水资源研究理论的延伸与水资源承载力概念的形成、水资源承载力的开拓性与探索性研究这两个阶段后, 进入到第三个阶段, 即水资源承载力的专题性和系统性研究阶段[1]。到目前, 水资源承载力评价融合, 吸收了其他领域的精髓和思想, 并应用于自身的发展。我国该领域常用来综合评价水资源承载力的方法有:

常规趋势法, 考虑了单承载因子发展趋势, 忽略了各承载因子间的相互关联。张琳等利用常规趋势法预测 2010 年江苏受水区的水资源承载力[2];

系统动力学法, 可以较好把握系统的各种反馈关系, 但是该模型的建立受主观影响较大, 变量较多, 不易控制。王俭等应用系统动力学方法建立了水环境承载力模型, 预测了 2000~2050 年辽宁省水环境在不同发展方案下的承载能力[3];

多目标模型分析法, 综合考虑各因素及其相互作用, 但其决策中的各决策因子权重的确定也是通过主观性判断。杜立新等运用多目标模型分析法对不同方案下秦皇岛市水资源承载力的变化进行预测和解释[4];

模糊综合评价法, 克服了常规趋势法中承载因子间相互独立的局限性, 但在其过程中选取部分影响较大的因子, 导致部分有用信息遗漏。段新光等应用模糊综合评判模型对新疆水资源承载力现状进行评价[5];

主成分分析法, 通过降维处理技术将多个变量简化为少数几个综合指标, 不仅保留原有指标体系的信息, 而且还减少了信息的重叠。当然这样也存在部分有效信息的遗漏, 最终的评价结果相对间接。李高伟等利用主成分分析法对郑州市水资源承载力进行了综合评价[6]。

本文应用投影寻踪聚类模型来综合评价水资源承载力, 借助加速遗传算法寻找投影方向, 从而最大限度避免了评判中权重取值的主观任意性。将指标体系投影得到一组投影值。可以直接根据投影值的大小来评价水资源承载力。

2. 水资源承载力衡量

水资源承载力是指在某一具体的发展阶段下, 以可以预见的技术、经济和社会发展水平为依据, 以可持续发展为原则, 以维护生态环境良性发展为前提, 在水资源合理配置和高效利用的条件下, 区域经济发展的最大人口容量[7]。

建立投影寻踪聚类模型

本设研究样本集合为: $\{u_{ij}|i=1,2,\dots,n;j=1,2,\dots,m\}$, n 为样本个数, m 为评价指标个数。

1) 样本指标数据标准化

数据标准化处理主要是为了解决两个方面的问题: 其一是同趋化处理; 其二是, 数据无量纲化。将数据转化为趋于同向和无量纲的纯数值, 便于不同性质或不同单位或量级的指标能够进行正确比较。为了解决这一问题, 本文采用的是 max-min 标准化方法:

对于评价指标越大越好的评价价值:

$$u_{ij}^* = \frac{u_{ij} - u_{\min}(j)}{u_{\max}(j) - u_{\min}(j)} \quad (1)$$

对于评价指标越小越好的评价价值:

$$u_{ij}^* = \frac{u_{\max}(j) - u_{ij}}{u_{\max}(j) - u_{\min}(j)} \quad (2)$$

u_{ij}^* 表示处理后的新数据, $u_{\max}(j)$ 表示第 j 个指标的最大值, $u_{\min}(j)$ 表示第 j 指标的最小值。

2) 线性投影

在各个决策变量的取值变化区间随机选取投影方向 $\varepsilon = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_m)$ 若干组, 每一组投影方向得到一组投影值, 即为一维向量。

$$z_i = \sum_{j=1}^m \varepsilon_j u_{ij}^* \quad (3)$$

3) 寻找投影指标函数

根据投影值的散布图进行方案优选。最后得到的投影值集合 $\{z_i|i=1,2,\dots,n\}$ 的散布特征要求: 局部投影点越密集表示结果越好; 但是在整体上投影点团之间越疏远越好。以此为限制条件, 构造投影指标函数为:

$$Q(\varepsilon) = s(\varepsilon)d(\varepsilon) \quad (4)$$

其中:

$$s(\varepsilon) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2}{n}} \quad (5)$$

$$d(\varepsilon) = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n (R - r_{ik})g(R - r_{ik}) \quad (6)$$

$$g(R - r_{ik}) = \begin{cases} 1 & R \geq r_{ik} \\ 0 & R < r_{ik} \end{cases} \quad (7)$$

$s(\varepsilon)$ 表示为类间距离, \bar{z} 表示所有投影值的均值, $s(\varepsilon)$ 越大表示投影团半径越大。 $d(\varepsilon)$ 表示类内密度, $d(\varepsilon)$ 越大表示分类的层次越清晰。 $g(R - r_{ik})$ 表示一阶单位阶跃函数, R 为估计局部散点密度的窗宽参数, 一般取 $0.1s(\varepsilon)$, 距离 $r_{ik} = |z_i - z_j|$, $(i, k = 1, 2, \dots, n)$

4) 优化投影方向

当方案集选定时, 投影指标函数 $Q(\varepsilon)$ 只与投影方向有关。由于选取的投影方向是随机的, 误差比较

大的, 而且数量较多时想要找出最优的投影方向是不容易的。为了减小误差, 本文借助加速遗传算法去寻找最优投影方向。在使用加速遗传算法过程中需要人为设定交叉概率 P_c 和变异概率 P_m 。然后再选取优秀数目若干个, 设迭代 3 次进入加速循环, 然后加速次数为 20 次。最终可以得出最优的投影方向 $\varepsilon^* = (\varepsilon_1^*, \varepsilon_2^*, \dots, \varepsilon_m^*)$ 。该方向应满足:

$$\max : Q(\varepsilon) = s(\varepsilon)d(\varepsilon) \quad (8)$$

$$S.t. : \sum_{j=1}^m \varepsilon_j^2 = 1 \quad (9)$$

式(8)为目标函数, 式(9)为约束条件。

5) 最优投影值

用最优投影方向 $\varepsilon^* = (\varepsilon_1^*, \varepsilon_2^*, \dots, \varepsilon_m^*)$ 与各指标的优度值相乘, 得出最优的投影值。

$$z_i^* = \sum_{j=1}^m \varepsilon^*(j)u_{ij}^* \quad (10)$$

$\varepsilon^*(j)$ 表示 ε^* 的第 j 个分量。最后得出的最佳投影值即是衡量水资源承载力的大小。投影值越大说明水资源承载力越大; 相反地, 投影值越小说明水资源承载力越小[8]。

3. 青岛市水资源承载力评价

3.1. 评价指标选取

评价指标体系是承载力研究的核心内容之一, 其选择直接影响到最终评价的准确性。根据文献[1] [7] [9]选取以下七个因素作为评价青岛市各区域的水资源承载力的影响因素:

水资源开发利用率 u_1 : 区域供水量/水资源可利用量(%). 衡量地区对水资源的开发程度。

降水量 u_2 : 年平均降水量(mm). 对自然状态的描述。

人均占有水量 u_3 : 区域水资源总量/总人口(m^3 /人). 人均自然水资源的丰沛或紧缺的相对程度。

单位 GDP 用水量 u_4 : $E/GDP(m^3/万元)$ 。表示总用水量, GDP 是对应的生产总值。是对经济发展状况的描述。

灌溉率 u_5 : 灌溉面积/土地面积(%). 农业灌溉用水量需求程度。

工业用水率 u_6 : 工业用水量/供水量(%). 工业用水量需求程度。

生态环境用水率 u_7 : 生态环境用水量/供水量(%). 表示生态环境或农村生态补水[9]。

评价指标等级[9]如表 1。

说明: 1 级属于情况很差, 表示水资源承载力趋于饱和, 会出现短缺, 阻碍经济发展, 该地区综合发展最好时, 不可再过多增大人口数量、过度实施经济发展与开发; 3 级属于情况较好, 表示该地区有很大的承载空间; 2 级介于两者之间, 表示水资源已经开发到一定程度, 若是合理采取方案, 在一定程度上依然可以满足当地需求。

3.2. 模型求解

青岛市管辖有市区(包含市北区、市南区、李沧区)、崂山区、城阳区、黄岛区、即墨市、莱西市、平度市和胶州市八个区域。以下数据都是按照该区域分类来整理的。

将表 2 中的数据进行标准化处理。用遗传算法寻找最佳投影方向时, 取 $n = 300$, 取 $P_c = 0.8$ 和 $P_m = 0.8$ 。选取优秀数目为 20 个, 设迭代 3 次进入加速循环。采用 MATLAB 编程处理, 加速次数为 20 次。得到最优投影方向 $\varepsilon^* = (0.2553, 0.4016, 0.3089, 0.0876, 0.7847, 0.1370, 0.1895)$ 再用投影方向与各个指标优度值相乘得出最佳投影值[8]。

由表 3 可知, 青岛市各地区的水资源承载力顺序为: 3 级 > 崂山区 > 市区 > 1 级 > 即墨市 > 莱西市 > 平度市 > 全市平均 > 黄岛区 > 胶州市 > 城阳区。

4. 结论

1) 青岛市除了崂山区和市内三区的水资源承载力处在 2 级, 其他各地区都处在 1 级。并且崂山区,

Table 1. System resulting data of standard experiment

表 1. 标准试验系统结果数据

	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5	u_6	u_7
1 级	>75	<300	<1000	<12	>60	>40	<1
2 级	75~50	300~450	1000~1750	12~20	60~20	40~8	1~5
3 级	<50	>450	>1750	>20	<20	<8	>5

Table 2. The water resources carrying capacity evaluation index statistics of Qingdao

表 2. 青岛市区域水资源承载力评价指标统计

	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5	u_6	u_7
市区	94.25	598.9	12.18	15.46	0	17.59	19.42
崂山区	62.31	937.9	322.57	7.50	0	34.17	3.12
城阳区	93.60	586.8	124.84	9.87	52.1	46.32	1.41
黄岛区	63.57	666.2	177.67	7.27	55.3	28.64	1.39
即墨市	49.83	615.4	251.30	11.41	58.3	27.71	2.57
莱西市	89.37	568.2	168.91	22.84	57.5	4.38	1.28
平度市	91.82	486.3	153.50	27.54	68.9	4.16	0.64
胶州市	88.03	607.3	124.34	8.74	58.1	14.54	1.40
全市	78.12	598.7	138.95	12.3	58.3	19.02	6.05

Table 3. The standard values and index values of each region

表 3. 各区域评价指标优度值

	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5	u_6	u_7	投影值
市区	0.0000	0.4686	0.0000	0.4040	1.0000	0.6815	1.0000	0.8980
崂山区	0.1786	1.0000	0.1786	0.0113	1.0000	0.2889	0.1321	0.9287
城阳区	0.0648	0.4496	0.0648	0.1283	0.2438	0.0000	0.0410	0.2173
黄岛区	0.0952	0.5741	0.0952	0.0000	0.1974	0.4194	0.0399	0.5177
即墨市	0.1376	0.4944	0.1376	0.2042	0.1538	0.4414	0.1028	0.6521
莱西市	0.0902	0.4204	0.0902	0.7681	0.1655	0.9948	0.0341	0.6210
平度市	0.0813	0.2921	0.0813	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.5492
胶州市	0.0645	0.4817	0.0645	0.0725	0.1567	0.7538	0.0405	0.4420
全市	0.0729	0.4541	0.0729	0.2481	0.1538	0.6475	0.2881	0.5401
1 级	0.5684	0.0000	0.5684	0.2333	0.1291	0.1499	0.0192	0.6095
3 级	1.0000	0.2351	1.0000	0.6280	0.7097	0.9089	0.2322	1.7554

市区,即墨市,莱西市和平度市处在全市平均承载力之上,其余地区处在全市平均承载力之下。

2) 青岛市的大部分区域都处于水资源承载力以及青岛市的平均水资源承载力均趋于饱和状态.如果不采取相应的措施,水资源将会出现短缺,阻碍经济发展,不宜过多增加人口量。

3) 根据青岛市水资源总量和社会需求量显示,该市水资源的利用对社会的支撑能力较强,但其保障程度较差;各区域水资源承载力差异不显著,大都处于饱和状态,应结合区域资源特点,制定科学合理的水资源开发利用方案和社会经济发展战略。

参考文献 (References)

- [1] 朱运海, 彭利民, 杜敏, 徐秀凤. 区域水资源承载力评价国内外研究综述[J]. 科学与管理, 2010.
- [2] 张琳, 张苗. 南水北调江苏受水区水资源承载力研究[J]. 水利科技与经济, 2007, 13(3): 183-184.
- [3] 王俭, 李雪亮, 李法云, 包红旭. 基于系统动力学的辽宁省水环境承载力模拟与预测[J]. 应用生态学报, 2009, 20(9): 2233-2240.
- [4] 杜李欣, 唐伟, 房洁, 闫丽雯. 基于多目标模型分析法的秦皇岛市水资源承载力分析[J]. 地下水, 2014, 36(6): 80.
- [5] 段新光, 栾芳芳. 基于模糊综合评价的新疆水资源承载力分析[J]. 中国人口资源与环境, 2014, 24(3): 119.
- [6] 李高伟, 韩美, 刘莉, 赵小萱, 于佳. 基于主成分分析的郑州市水资源承载力评价[J]. 地域研究与开发, 2014, 33(3): 139.
- [7] 王浩, 秦大勇, 王建华, 李令跃. 西北内陆旱区水资源承载力研究[J]. 自然资源学报, 2003, 19(2): 151.
- [8] 王淑娟. 基于投影寻踪模型和加速遗传算法的石羊河流域水资源承载力综合评价[A]. 新疆巴州水利水电勘测设计院, 2009.
- [9] 苏永红, 冯起, 刘蔚, 朱高峰, 司建华, 常宗强, 席海洋. 应用模糊综合评判方法评价石羊河流域水资源承载力[A]. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 2008.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: mos@hanspub.org