

# Study on Water Resources Intellectual Allocation in Guizhou on Account of Data Drive

Xiaoming Zhou<sup>1,2</sup>, Yumei Liao<sup>1,2,3\*</sup>, Wei Wang<sup>1</sup>, Kui Wang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Mathematics and Computer Science, Guizhou Education University, Guiyang Guizhou

<sup>2</sup>Internet+ Innovation and Entrepreneurship Centre of Guizhou Education University, Guiyang Guizhou

<sup>3</sup>Industrial Internet of Things Engineering Research Centre of the Higher Education Institutions of Guizhou Province, Guiyang Guizhou

Email: \*liaoyumei-1999@163.com, 2823099088@qq.com, 283354016@qq.com, 774150665@qq.com

Received: Oct. 18<sup>th</sup>, 2016; accepted: Nov. 8<sup>th</sup>, 2016; published: Nov. 11<sup>th</sup>, 2016

Copyright © 2016 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

---

## Abstract

With the rapid development of the economy and the dramatic growth of population, the intensifying crisis of water resource has raised common concern. In the current stage, it is extremely important to make researches on whether the water resource in Guizhou's remote mountain areas is capable of satisfying local demands and whether it is rational utilized. This thesis studies the water resource in Guizhou Province mainly on account of data drive; in accordance with the largest supporting population model and GM(1,1) Grey Forecasting Model, it studies the current water resource capacity of Guizhou Province, and predicts the future water resource capacity of the area, thus drawing a conclusion that water resource in Guizhou is of abundant total volume. As for the allocation that optimizes the abundant water resource, however, it is shown in the researches that the water resource in Guizhou Province is of rather low utilization efficiency and poor mobilization capability. On this basis, a fuzzy synthetic evaluation model is set up based on AHP so as to provide a reasonable evaluation plan of intelligently optimized allocation of water resource in Guizhou Province.

## Keywords

The Water Resource Capacity, The Largest Supporting Population Model, GM(1,1) Grey Forecasting Model, A Fuzzy Synthetic Evaluation Model

---

\*通讯作者。

# 基于数据驱动的贵州水资源智能配置研究

周晓明<sup>1,2</sup>, 廖玉梅<sup>1,2,3\*</sup>, 王伟<sup>1</sup>, 王葵<sup>1</sup>

<sup>1</sup>贵州师范学院, 数学与计算机科学学院, 贵州 贵阳

<sup>2</sup>贵州师范学院大学生互联网+创新创业训练中心, 贵州 贵阳

<sup>3</sup>贵州师范学院, 贵州省高校工业物联网工程技术研究中心, 贵州 贵阳

Email: \*liaoyumei-1999@163.com, 2823099088@qq.com, 283354016@qq.com, 774150665@qq.com

收稿日期: 2016年10月18日; 录用日期: 2016年11月8日; 发布日期: 2016年11月11日

## 摘要

随着经济的快速发展和人口的急剧增加, 水资源危机日益严重。现阶段研究贵州偏远山区水资源的是否能够满足当地人们的需求以及是否合理利用显得尤为重要。本文主要基于数据驱动研究贵州山区水资源, 建立最大可支撑人口模型和GM(1,1)灰色预测模型, 研究当前贵州省的水资源承载力以及预测未来该地区的水资源承载力, 进而得出贵州省的水资源总量相当丰富。丰富的水资源要得以合理优化的配置, 进而建立基于AHP的模糊综合评价模型对贵州省水资源智能优化配置做出合理的评价方案。

## 关键词

水资源承载力, 最大可支撑人口模型, GM(1,1)灰色预测, 模糊综合评价模型

## 1. 引言

针对目前我国水资源短缺, 水资源应用不合理等一系列问题, 合理智能的水资源配置有利于保护水资源, 符合可持续发展的策略。本文基于数据研究贵州省的水资源承载力以及预测未来的水资源承载力, 其中主要建立了最大可支撑人口数量模型。如果预测满足生存的人数大于该地区实际人数则意味着该地区的水资源富足, 否则, 则说明水资源匮乏。为了进一步了解未来贵州省的水资源状况, 建立 GM(1,1)灰色预测模型预测影响最大可支撑人口数量的因素在未来是如何变化的, 并再次应用最大可支撑人口数量优化模型得到未来水资源可以支撑的人数, 对比预测得到的未来人口数, 进而可以确定该地区在未来生活中的水状况。

贵州省丰富的水资源对我国总的水资源贮藏有很大意义, 加以合理利用有利于提高贵州省的经济发展。为了进一步加大贵州省的水资源利用的合理性, 在该文中建立基于 AHP 的模糊综合评价模型得到智能优化的配置方案。

## 2. 模型建立

### 2.1. 研究水资源承载力的最大可支撑人口模型

为了衡量贵州省的水资源承载力[1], 我们建立最大可支撑人口数量计算模型[2], 模型主要在社会、经济、环境、生态背景下考虑, 以水资源的情况作为约束条件计算最大支撑人口数, 最大支撑人数与该地区实际人数作对比, 得出该地区可提供水资源的能力。

目标函数

$$P_{\max}$$

约束条件

$$W_1 + W_2 + W_3 = W_A \quad (1)$$

$$W_1, W_2, W_3 \geq 0 \quad (2)$$

其中  $P_{\max}$  为该地区最大可支撑人口的数量,  $W_1, W_2, W_3$  分别为人类生活用水量、国民经济用水量、生态环境用水量;  $W_1$  与人均用水量、人口数量、节水状况和地域特点因素有关,  $W_2$  与万元人口 GDP、人口数量、产业结构和节水状况因素有关,  $W_3$  与植被面积、河湖面积、现状用水和保护措施因素有关;  $W_A$  为可提供的水资源总量, 一般是由天然水资源和人工处理得到的可用水的总和(单位均为:  $\text{m}^3$ )。

进一步, 可以将  $W_1$ 、 $W_2$  表示为

$$W_1 = P_{\max} \times Q_1 \quad (3)$$

$$W_2 = P_{\max} \times Q_2 \quad (4)$$

其中  $Q_1, Q_2$  分别为人均用水量、万元 GDP 用水量, 结合公式(1)、(2)、(3)、(4)得到最大可支撑人口数量为

$$P_{\max} = \frac{W_A - W_3}{Q_1 + Q_2}$$

得到最大可支撑人口数量  $P_{\max}$  后可以与  $P$  (实际生活人数)比较, 判定该地区提供水的能力。

$P_{\max} > P$ , 水资源丰富;

$P_{\max} < P$ , 水资源不足。

带入数据求解得到  $P_{\max} > P$ , 这表明贵州省的水资源丰富。

## 2.2. 基于 GM(1,1)灰色预测模型对未来水资源承载力预测

通过建立模型对贵州省现阶段的水资源承载力研究了解到现在贵州省不处于水资源短缺状态[3], 但这并不意味着未来十几年里会一直处于这种状态。所以, 依据我们想要试图知道在未来的生活里贵州省是否会引发缺水的状况, 依据 GM(1,1)灰色预测模型[4]预测未来 15 年后贵州省的水资源承载能力。

影响最大可支撑人口数量的因素有  $Q_1$  (人均耗水量)、 $Q_2$  (万元 GDP 耗水量)、 $P$  (实际居住人口)、 $W_3$  (生态用水)、 $W_A$  (供水总量)。所以我们查阅资料得到贵州省在 2010~2014 年内的  $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $P$ 、 $W_3$ 、 $W_A$  具体数据(表 1 所示), 预测在未来 15 年的  $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $P$ 、 $W_3$ 、 $W_A$  的数值。

对于影响最大可支撑人口数量因素  $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $P$ 、 $W_3$ 、 $W_A$  分别建立  $n$  个原始时间序列

$$X^{(0)} = (X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), X^{(0)}(3), \dots, X^{(0)}(n))$$

进行一阶累计, 得到新的时间序列

$$\dot{X}^{(1)} = (\dot{X}^{(1)}(1), \dot{X}^{(1)}(2), \dot{X}^{(1)}(3), \dots, \dot{X}^{(1)}(n))$$

其中

$$\dot{X}^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k \dot{X}^{(0)}(i), \quad (k=1, 2, 3, \dots, n)$$

由此可以建立灰色 G(1,1)微分方程

**Table 1.** The data of  $Q_1, Q_2, P, W_3, W_A$  from 2006 to 2014 [5]**表 1.** 2006~2014 年  $Q_1, Q_2, P, W_3, W_A$  的数据[5]

Time	Statistics	$Q_1$	$Q_2$	$P$	$W_3$	$W_A$
2006		442.02	225.82	369.00	5794.97	93
2007		441.52	219.55	363.20	5818.67	105.73
2008		446.15	219.89	359.60	5909.95	120.16
2009		448.04	219.99	353.70	5965.15	102.16
2010		450.17	222.47	347.10	6021.99	119.77
2011		454.40	224.05	346.90	6107.20	111.90
2012		454.71	221.79	348.40	6141.80	108.77
2013		455.54	217.94	350.20	6183.45	105.38
2014		446.75	214.52	350.80	6097.88	103.20

$$\frac{d\dot{X}^1}{dt} + a\dot{X}^1(t) = b \quad (\text{其中 } a \text{ 为发展灰数, } b \text{ 为灰作用量})$$

$$\text{令 } \dot{Y}_N = (\dot{X}^{(0)}(2), \dot{X}^{(0)}(3), \dot{X}^{(0)}(4), \dots, \dot{X}^{(0)}(n))^T, \quad \mu = (a, b)^T$$

$$B = \begin{pmatrix} -\frac{1}{2}(\dot{X}^{(1)}(1) + \dot{X}^{(1)}(2)) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2}(\dot{X}^{(1)}(n-1) + \dot{X}^{(1)}(n)) & 1 \end{pmatrix}$$

其中  $\dot{Y}_N$  为数据向量,  $\mu$  为参数向量,  $B$  为数据矩阵。

利用最小二乘法估计出系数矩阵  $\mu = (B^T B)^{-1} \cdot (B^T \dot{Y}_N)$  则可以得到  $a, b$  的值, 再建立一阶微分方程, 得到

$$\hat{X}^{(1)}(k+1) = \left( \dot{X}^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right) e^{-ak} + \frac{b}{a}, \quad k = 0, 1, 2, \dots, n$$

$$\hat{X}^{(0)}(k+1) = \hat{X}^{(1)}(k+1) - \hat{X}^{(1)}(k), \quad k = 2, 3, 4, \dots, n$$

将影响最大支撑人口数的因素分别带入数据得到在未来  $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $P$ 、 $W_3$ 、 $W_A$  的预测值, 为了增加预测的精度, 在使用 MATLAB 编程中使用了二次迭代, 为了简化模型计算, 我们相隔 5 年做了一次预测, 得到具体预测数据(表 2 所示)。

使用预测得到相关因素的值, 结合最大可支撑人口模型得到在 2020 年、2025 年、2030 年该地区最大可支撑人口数量, 对比使用灰色预测得到在 2020 年、2025 年、2030 年人数与最大可支撑人口数量相比较就可以展现出贵州省未来的水状况。

通过模型求解得到在未来贵州水资源最大可支撑的人数大于预测得到未来给地区的生活人数, 也就是由  $P_{\max} > P$ , 这说明在未来 15 年后贵州省总的供水量可支撑最大人口数量大于未来该地区的人数, 也就是意味着贵州省在未来的 15 年后依旧处于水资源丰富状态。

## 2.3. 基于 AHP 模糊综合评价模型

### 2.3.1. 评价模型的建立

建立此模型主要有以下步骤:

- 建立综合评价指标;
- 构建隶属度函数得到模糊关系矩阵;
- 利用层次分析法确定权重;
- 得到模糊综合评价结果。

针对贵州省的水资源合理配置进行模糊综合评价, 必须要先确定出评价指标。结合贵州省的水资源开发利用现状和特点, 综合考虑反映水资源合理配置的社会、经济、生态环境和开发利用 4 个层面[6], 依据贵州省水资源丰富特点做出水资源合理配置评价指标标准, 选取缺水率等 12 个核心指标作为评价因子, 对区域水资源配置合理性进行综合评价(如图 1 所示)。

根据 AHP 法计算该地区水资源配置指标的权重  $\omega$ , 其中各指标的计算方式如表 3。

通过搜集数据结合配置方案得到了各个指标值[7], 将每个指标分为 11 个等级, 从 1 到 11 级别依次递减, 即 1 级表示为水资源配置合理性最优, 11 级为最差, 其余相互对应。该文结合区域实际, 参照模糊评价理论, 将 1~2 级评价结果定性描述为水资源配置“最合理”; 3~4 级为“合理”; 5~6 级为“较合理”; 7~8 级为“基本合理”; 9~10 级为“不合理”; 11 级为“极不合理”。

建立每个指标的隶属度函数, 进而得到  $12 \times 11$  阶的模糊关系矩阵  $R$ 。计算矩阵的最大特征根及对应特征向量, 利用一致性指标、随机一致性指标和一致性比率做一致性检验。检验通过, 此时得到特征向量即为权向量  $\omega$ 。应用  $M(\cdot, \oplus)$  合成算子将指标权重行向量  $\omega$  与  $R$  合成模糊综合评价结果向量  $B$ , 最后采取加权平均原则对结果向量进行分析, 分别对 1~11 每个等级得到模糊综合评价结果。

**Table 2.** Forecast data about  $Q_1, Q_2, P, W_3, W_A$

**表 2.** 预测的得到有关  $Q_1, Q_2, P, W_3, W_A$  的数据

Time	Statistics	$Q_1$	$Q_2$	$P$	$W_3$	$W_A$
2020		209.21	30.43270	352.20	$1.0014 \times 10^9$	$2.1374 \times 10^{10}$
2025		201.36	27.04698	351.70	$1.2542 \times 10^9$	$2.2065 \times 10^{10}$
2030		215.24	23.34270	353.10	$1.5071 \times 10^9$	$2.2334 \times 10^{10}$

**Table 3.** Water resources allocation index and calculation method

**表 3.** 水资源配置指标及计算方法

指标层	计算方法
C1: 缺水率	缺水量/需水量 $\times 100\%$
C2: 人均用水量	总用水量/总人数
C3: 河道外人均生态用水量	河道外人均生态用水量/总人口
C4: 用水均衡率	人均用水量/上一级区域平均人均用水量 $\times 100\%$
C5: 万元 GDP 耗水量	总用水量/总 GDP
C6: 单方水粮食产量	灌溉粮食增加总产量/灌溉用水量
C7: 灌溉水利用系数	田间用水量/取水口取水量
C8: 河道内生态用水比例	河道内生态用水量/水资源总量 $\times 100\%$
C9: 植被生态用水	植被用水量/生态环境用水量 $\times 100\%$
C10: 水资源开发利用效率	当地水资源总用水量/当地水资源总量 $\times 100\%$
C11: 地表水用水比例	地表水用水量/总用水量 $\times 100\%$
C12: 地下水利用指数	地下水实际开采量/地下水可开采量 $\times 100\%$

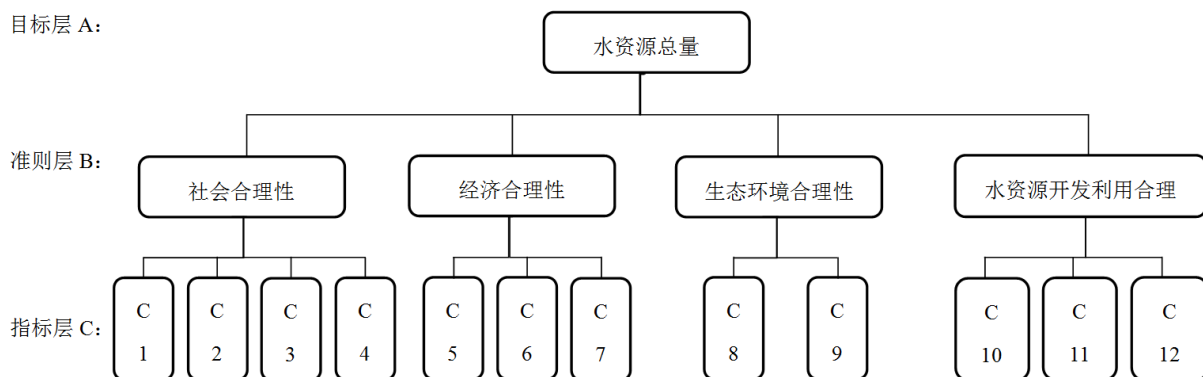


Figure 1. Water resources allocation index hierarchical relationship

图 1. 水资源配置指标层次关系

### 2.3.2. 指标权重和模糊综合评价计算结果

通过一致性检验得到的权重向量为:

$$\omega = [0.18, 0.13, 0.07, 0.02, 0.06, 0.04, 0.11, 0.11, 0.07, 0.09, 0.06, 0.06]$$

通过计算和权重向量分析得到在 4 个准则之间, 社会合理性是首要的, 水资源的合理配置前提是要满足该地区人群的生存用水量; 然后是生态环境合理性, 根据贵州省当前主要以发展旅游业为主生态环境方面用水应当加大投入, 有利于该地区植被生存同时这也是满足可持续发展的要求[8]。加大生态环境用水, 有利于进一步的提高贵州省的经济发展。经济合理性处于第三位, 这意味着适当的应用水资源于工业, 避免用水过多同时产生更多的污水, 污染环境。最后是水资源开发利用合理性, 由于贵州省喀斯特地貌, 谷深山高地域特殊, 这使得贵州省的水资源开发利用相对困难, 但这将会随着经济的发展有所提高, 当经济发展优胜时可以加大水资源的开发与利用。

## 3. 结语

文章通过基于数据应用建立最大可支撑人口模型和 GM(1,1)灰色预测模型, 得到贵州省现阶段以及未来的水资源总体上是很丰富的。针对丰富的水资源要得以合理的利用, 应用基于 AHP 的模糊综合评价模型对贵州省水资源智能优化配置做出合理的评价方案。通过计算结果表明贵州省的水资源要得以智能优化配置, 首先要满足社会合理性用水, 其次将充足的水资源利用于生态环境中, 使生态环境可持续发展, 这同时也满足当前贵州省的发展策略。最后可以将水资源利用于经济和开发方面, 同时应注意对水资源的保护。

## 基金项目

贵州省 2016 年大学生创新创业训练计划项目(项目编号: 201614223007); 贵州师范学院校级学生科研项目(项目编号: 2016DXS096); 贵州省 2014 年省级本科教学工程项目“计算机科学与技术”专业综合改革(项目编号: 黔教高发[2014]378 号); 卓越工程师教育培养计划项目(黔教高发[2013]446 号); 2015 年省级本科教学工程建设项目(黔教高发[2015]337 号)。

## 参考文献 (References)

- [1] 周亮光, 梁虹. 喀斯特地区相对水资源承载力研究——以贵州省为例[J]. 资源科学, 2006(2): 22-27.
- [2] 王煜, 黄强, 刘昌明, 侯传河, 杨立彬. 基于最大可支撑人口的水资源量承载能力分析[J]. 水土保持学报, 2002(6): 54-57.

- 
- [3] 张美玲, 梁虹, 祝安. 贵州省水资源承载力的空间地域差异[J]. 长江流域资源与环境, 2008(1): 68-72.
- [4] 张启敏. 灰色预测模型[J]. 宁夏大学学报: 自然科学版, 2002, 23(2): 147-149.
- [5] 中华人民共和国国家统计局. <http://www.stats.gov.cn/>
- [6] 冯巧. 区域水资源合理配置评价指标体系及评价模型研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 河海大学, 2006.
- [7] 刘国良, 顾正华, 赵世凯, 尚淑丽, 李永强. 基于数据驱动的区域水资源智能配置研究[J]. 水利水运工程学报, 2015(5): 38-45.
- [8] 魏婧, 梅亚东, 杨娜, 许银山. 现代水资源配置研究现状及发展趋势[J]. 水利水电科技进展, 2009(4): 73-77.

**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](mailto:mos@hanspub.org)