



DOI: 10.13476/j.cnki.nsbdqk.2016.02.030

郑霞忠, 郭雅薇, 朱忠荣. 基于模糊灰色关联分析的集群项目标段划分[J]. 2016, 14(2): 172-176, 81.

ZHENG Xia zhong, GUO Ya wei, ZHU Zhong rong. Cluster project bid section division based on fuzzy grey relation analysis[J]. 2016, 14(2): 172-176, 81. (in Chinese)

基于模糊灰色关联分析的集群项目标段划分

郑霞忠^{1,2}, 郭雅薇¹, 朱忠荣^{1,2}

(1. 三峡大学 水利与环境学院, 湖北 宜昌, 443002; 2. 水电工程施工与管理湖北省重点实验室, 湖北 宜昌, 443002)

摘要: 为制定合理的集群项目标段划分方案, 综合运用灰色系统理论, 提出集群项目标段划分模糊灰色关联分析与评价方法。首先, 结合集群项目特点, 筛选出物理空间、施工时间、工序衔接、施工组织、专业属性、辅助工程等6类子项目间相关关系。然后, 利用G1法确定集群项目各子项目间相关关系权重, 并对其进行三角模糊数量化赋值, 选取比较序列与参考序列。最后, 综合考虑各相关关系权重影响, 进行模糊灰色关联分析, 计算各子项目间加权模糊灰色关联度, 根据关联度排序结果选出最优标段划分方案。研究结果表明: 通过建立集群项目标段划分模糊灰色关联模型, 实现各子项目间相关关系的量化分析, 有利于降低工程管理难度, 最大限度地发挥集群项目管理优势。

关键词: 集群项目; 标段划分; 灰色关联分析; G1法; 三角模糊数

中图分类号: TB407 文献标志码: A 文章编号: 1672-1683(2016)02-0172-05

Cluster project bid-section division based on fuzzy grey relation analysis

ZHENG Xia zhong^{1,2}, GUO Ya wei¹, ZHU Zhong rong^{1,2}

(1. College of Hydraulic & Environmental Engineering, China Three Gorges University, Yichang 443002, China;

2. Hydropower Project Construction and Management of Hubei Key Laboratory, Yichang 443002, China)

Abstract: For making reasonable bid-section division scheme of the cluster project, this paper put forward the project cluster fuzzy grey relation analysis and evaluation methods of bid-section division based on the gray theory. Firstly, combining with the characteristics of the cluster project, the relationships between each subproject were analyzed and selected, including physical space, construction time, convergence process, construction organization, professional property, and supplementary engineering. Secondly, the weights of relationships between each subproject of cluster project were determined using the G1 method, the fuzzy relation was quantified using the triangular fuzzy number, and the comparison sequence and reference sequence were selected. Finally, with consideration the impact of the relation weights, according to the fuzzy grey relation analysis, each subproject of weighted fuzzy grey relation degree was calculated to select the optimal bid section division scheme. The research results show that the fuzzy grey relation model of cluster project bid-section division make quantitative analysis on the relationship between each subproject, help to reduce the difficulty of project management, and maximize the advantages of cluster project management.

Key words: cluster project; bid-section division; grey correlation analysis; G1 method; triangular fuzzy number

收稿日期: 2015-04-16 修回日期: 2016-03-15 网络出版时间: 2016-04-14
网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20160414.1435.006.html>

基金项目: 国家自然科学基金(51379110)

Fund: National Natural Science Foundation of China(51379110)

作者简介: 郑霞忠(1963-), 男, 湖北鄂州人, 教授, 博士生导师, 主要从事工程管理、安全管理等方面的教学与研究工作。E-mail: zhengxz@126.com

通讯作者: 朱忠荣(1969-), 男, 湖北荆门人, 副教授, 主要从事工程管理、地质灾害及岩土工程等方面的教学与研究工作。E-mail: 360059903@qq.com

近年来,随着我国经济飞速发展,工程建设水平不断提升,大型集群项目逐渐增多^[1]。集群项目因其庞大性、复杂性及重要性,对标段划分提出了更高的技术和管理要求^[2,4]。据调查结果显示,集群项目的标段划分既是集群项目成败的关键,又是集群项目实施策划的难点^[5]。因此,在集群项目不断涌现的背景下,寻求合理的标段划分方法对于降低工程管理难度、最大限度发挥集群项目管理优势具有重要意义。

标段划分是集群项目管理工作的重要环节,也是集群项目成功实施的重要保障^[6]。目前,国内外众多学者进行了相关研究:Turner等^[7]基于沟通与合作视角,探讨了标段划分原则和影响因素;张智慧等^[8]依据我国现行工程计价方法,结合案例分析了标段划分对工程造价的重要影响;孟碟等^[9]从经济学的角度分析成本构成与标段划分的经济技术关系,构建了基于Monte Carlo方法的标段划分优化模型;唐振宇等^[10]选取K-prototypes算法进行聚类分析,引入了基于偏好思想的分段测度方法进行招标采购标段划分;朱忠荣等^[11]采用风险矩阵法对影响集群项目质量各类风险进行量化分析,寻求基于质量风险的最优标段划分方案;张利荣等^[12]以建设工程标段组成为基础,提出基于子项目关联分析的标段划分方法。

上述研究从不同角度分析了标段划分对各项管理目标的影响,并提出了标段划分的相关理论与方法,对于集群项目标段划分具有一定的借鉴意义。但缺乏针对集群项目标段划分特征的研究,较少考虑集群项目各子项目之间的内在联系。鉴于此,本文将针对集群项目特点,分析集群项目各子项目间相关关系,尝试运用灰色系统理论,构建集群项目标段划分模糊灰色关联模型,以期为集群项目的标段划分提供依据。

1 集群项目各子项目间相关关系

集群项目是在确定的组织战略和组织目标下,通过集中协调管理,以实现整体战略利益的一组相互关联项目^[13],具有工程量大、投资多、技术复杂、时间紧迫、质量管理难度大等特点^[14]。

集群项目按相应的划分规则可细分为若干功能不同、结构各异的工程建设项目,即集群项目子项目^[15]。这些集群项目子项目都不可或缺,共同构成了服务于总目标的基本建设系统。

设集群项目 P 由 p_1, p_2, \dots, p_m 等 m 个子项目组成,则 P 可表示为由 m 个子项目聚合的集:

$$P = \{p_i | i = 1, 2, \dots, m\} \quad (1)$$

为科学准确地描述集群项目各子项目间的相关性,本文结合集群项目施工特点,筛选出6类主要的子项目间相关关系。

(1) 物理空间,即集群项目各子项目所处的三维空间。将所处的物理空间关联程度大的集群项目各子项目划分在同一标段,能有效避免各施工方交叉作业,确保施工安全。

(2) 作业时间,即集群项目各子项目的具体施工作业时间。将施工作业时间关联程度大的集群项目各子项目划分在同一标段,有利于更好地控制各子项目施工方进出场时间,缩短工期。

(3) 工序衔接,即集群项目各子项目施工工序间的衔接情况。将施工工序衔接程度高的集群项目各子项目划分在同一标段,能有效降低施工难度,保证建设工程顺利开展。

(4) 施工组织,即集群项目各子项目具体的施工组织设计。将施工组织关联性大的集群项目各子项目划分在同一标段,可以充分利用各种资源,以免造成不必要的浪费。

(5) 专业属性,即集群项目各子项目所归属的建设工程专业。将专业属性关联性大的集群项目各子项目划分在同一标段,能有效发挥各专业优势进行施工,最大限度地节约资源。

(6) 辅助工程,即集群项目各子项目中包括的辅助工程项目。将辅助工程关联性大的集群项目各子项目划分在同一标段,有利于辅助工程施工,确保辅助工程质量。

记集群项目各子项目间相关关系集合为 R :

$$R = \{r_k | k = 1, 2, \dots, n\} \quad (2)$$

寻求集群项目合理标段划分方案,可以从集群项目子项目着手进行研究,即充分挖掘集群项目各子项目间相关关系,将关系密切的子项目按规则聚合在同一个标段内。

2 集群项目标段划分模糊灰色关联模型

集群项目各子项目间相关关系复杂,状态参数难以完全量化,符合灰色系统特点^[16]。模糊灰色关联模型通过对序列几何关系的比较来分清系统中多因素间的关联程度,为集群项目标段划分提供一种新的量化分析方法^[17,18]。

2.1 确定子项目间相关关系权重

灰色关联模型中广泛采用简单有效的AHP法进行权重分配,但实际过程中易出现判断矩阵难以满足一致性要求等问题^[19]。G1法是针对AHP法

中相应缺陷提出的一种新的权重赋值方法, 无需一致性检验, 适用于指标不能完全量化的模糊赋值^[20]。

(1) 序关系。

若集群项目子项目间相关关系 r_k 相对于评价准则的重要性大于集群项目子项目间相关关系 r_t , 则记为:

$$r_k > r_t \quad k, t = 1, 2, \dots, n; k \neq t \quad (3)$$

决策者(或专家)依次从集群项目各子项目间相关关系集合 $R = \{r_k | k = 1, 2, \dots, n\}$ 中选出一个认为是最重要的相关关系, 经过 $n-1$ 次选择, 确定唯一序关系, 标记为:

$$x_1 > x_2 > \dots > x_n \quad (4)$$

(2) 相对重要度。

为确定集群项目各子项目间相关关系相对于评价准则的权重系数, 还需判断各相关关系间的相对重要程度, 采用序关系中相邻相关关系 x_{k-1} 与 x_k 重要性程度之比来表示:

$$c_k = x_{k-1} / x_k \quad (5)$$

其中, $k = n, n-1, n-2, \dots, 3, 2$ 。

(3) 权重系数。

根据集群项目各子项目间相关关系的相对重要度, 即可计算权重系数如下。

第 n 类相关关系权重:

$$w_n = (1 + \prod_{k=2}^n c_k)^{-1} \quad (6)$$

第 k 类相关关系权重:

$$w_{k-1} = c_k w_k \quad (7)$$

其中, $k = n-1, n-2, \dots, 3, 2$ 。

综上可得, G1 法确定集群项目各子项目间相关关系权重向量为

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T \quad (8)$$

2.2 量子子项目间相关关系

设集群项目可分为 m 个子项目, 各子项目间主要存在 n 类相关关系, 建立集群项目各子项目间相关关系属性值矩阵:

$$A = \begin{bmatrix} a_{12}^1 & a_{13}^1 & \dots & a_{1m}^1 & a_{23}^1 & a_{24}^1 & \dots & a_{2m}^1 & \dots & a_{(m-1)m}^1 \\ a_{12}^2 & a_{13}^2 & \dots & a_{1m}^2 & a_{23}^2 & a_{24}^2 & \dots & a_{2m}^2 & \dots & a_{(m-1)m}^2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{12}^n & a_{13}^n & \dots & a_{1m}^n & a_{23}^n & a_{24}^n & \dots & a_{2m}^n & \dots & a_{(m-1)m}^n \end{bmatrix} \quad (9)$$

式中: a_{ij}^k 为集群项目第 i 个子项目和第 j 个子项目间第 k 类相关关系。 $i, j = 1, 2, \dots, m; i \neq j; k = 1, 2, \dots, n$ 。

考虑到集群项目各子项目间相关关系的模糊性, 采用三角模糊数对集群项目各子项目间相关关系模糊语言进行量化赋值, 即 $a_{ij}^k = [a_{ij}^{kL}, a_{ij}^{kM}, a_{ij}^{kU}]$, 见表 1。

表 1 相关关系模糊语言量化赋值

Tab. 1 Quantify the fuzzy relation

模糊语言	三角模糊数
很相关	[0.750, 1.000, 1.000]
较相关	[0.500, 0.750, 1.000]
中相关	[0.250, 0.500, 0.750]
弱相关	[0.000, 0.250, 0.500]
不相关	[0.000, 0.000, 0.250]

2.3 选取比较序列和参考序列

根据量化集群项目各子项目间的相关关系, 得到比较序列如下:

$$A_{\bar{j}} = (a_{ij}^1, a_{ij}^2, \dots, a_{ij}^n)^T \quad (10)$$

取全部比较序列中集群项目各子项目间相关关系的最大值构成参考序列:

$$A_0 = (a_0^1, a_0^2, \dots, a_0^n)^T \quad (11)$$

其中, $a_0^k = [a_0^{kL}, a_0^{kM}, a_0^{kU}] = \left[\max_{1 \leq i, j \leq m} a_{ij}^{kL}, \max_{1 \leq i, j \leq m} a_{ij}^{kM}, \max_{1 \leq i, j \leq m} a_{ij}^{kU} \right]$ 。

2.4 计算模糊灰色关联系数

根据三角模糊数距离公式, 计算各比较序列与参考序列间的距离:

$$d_{ij}^k = \sqrt{\frac{|a_{ij}^{kL} - a_0^{kL}|^2 + |a_{ij}^{kM} - a_0^{kM}|^2 + |a_{ij}^{kU} - a_0^{kU}|^2}{3}} \quad (12)$$

为量化各集群项目各子项目间的相关关系, 计算各比较数列 A_{ij} 与参考数列 A_0 的模糊灰色关联系数:

$$\xi(a_{ij}^k) = \frac{\min_{\bar{j}} \min_k d_{ij}^k + \rho \max_{\bar{j}} \max_k d_{ij}^k}{d_{ij}^k + \rho \max_{\bar{j}} \max_k d_{ij}^k} \quad (13)$$

其中, $\rho \in [0, 1]$, 表示分辨系数, 在最小信息原理下 $\rho = 0.5$ 。

2.5 求解加权模糊灰色关联度

为评价集群项目中第 i 个子项目和第 j 个子项目间关联程度, 将体现集群项目两个子项目间相关关系的所有模糊灰色关联系数 $\xi(a_{ij}^k)$ 加权集结, 计算加权模糊灰色关联度:

$$v_{ij} = 1 - \sqrt[n]{\sum_{k=1}^n w_k (1 - \xi(a_{ij}^k))^2} \quad (14)$$

根据加权模糊灰色关联度的大小, 对集群项目任意两个子项目间关联程度进行排序, 关联度越大, 则子项目间关联程度越高。

以计算求得的集群项目各子项目间加权模糊灰色关联度为基础, 将关联度大的子项目聚合在同一标段, 并根据集群项目总体要求对标段划分方案优化。

3 工程实例

江苏某抽水蓄能电站土建工程按相应的划分规则可以细分为4个子项目： p_1 、 p_2 、 p_3 、 p_4 ，经初步商讨决定分2个标段进行招标。

3.1 子项目间相关关系权重

针对集群项目各子项目间相关关系集合 R 中物理空间 r_1 、施工时间 r_2 、工序衔接 r_3 、施工组织 r_4 、专业属性 r_5 、辅助工程 r_6 等6个元素，决策者(或专家)进行依次选择，得到唯一序关系：

$$r_2 > r_1 > r_3 > r_4 > r_5 > r_6$$

式中： $r_2/r_1 = 1.35$ ； $r_1/r_3 = 1.20$ ； $r_3/r_4 = 1.15$ ； $r_4/r_5 = 1.10$ ； $r_5/r_6 = 1.05$ 。

由式(6)、式(7)，求得集群项目各子项目间相关关系权重向量：

$$W = (0.281, 0.187, 0.156, 0.136, 0.123, 0.117)^T$$

3.2 子项目间相关关系

根据表1中集群项目各子项目间相关关系的模糊语言量化赋值，得到用三角模糊数表示的集群项目各子项目间相关关系属性值矩阵，见表2。

表2 集群项目各子项目间相关关系属性值矩阵
Tab.2 Matrix of the relation between cluster subproject

相关关系	a_{12}			a_{13}			a_{14}		
物理空间	0.500	0.750	1.000	0.000	0.000	0.250	0.000	0.000	0.250
施工时间	0.250	0.500	0.750	0.000	0.250	0.500	0.000	0.250	0.500
工序衔接	0.500	0.750	1.000	0.000	0.000	0.250	0.000	0.000	0.250
施工组织	0.250	0.500	0.750	0.750	1.000	1.000	0.250	0.500	0.750
专业属性	0.500	0.750	1.000	0.750	1.000	1.000	0.500	0.750	1.000
辅助工程	0.250	0.500	0.750	0.500	0.750	1.000	0.000	0.250	0.500

相关关系	a_{23}			a_{24}			a_{32}		
物理空间	0.000	0.000	0.250	0.000	0.000	0.250	0.500	0.750	1.000
施工时间	0.000	0.000	0.250	0.000	0.250	0.500	0.500	0.750	1.000
工序衔接	0.000	0.000	0.250	0.000	0.000	0.250	0.500	0.750	1.000
施工组织	0.250	0.500	0.750	0.750	1.000	1.000	0.250	0.500	0.750
专业属性	0.500	0.750	1.000	0.750	1.000	1.000	0.500	0.750	1.000
辅助工程	0.000	0.250	0.500	0.250	0.500	0.750	0.250	0.500	0.750

3.3 比较序列和参考序列

根据表2集群项目各子项目间相关关系的属性值矩阵，确定各比较序列：

$$A_{12}, A_{13}, A_{14}, A_{23}, A_{24}, A_{34}$$

从比较序列中筛选出参考序列：

$$A_0 = \begin{bmatrix} [0.500, 0.750, 1.000] \\ [0.500, 0.750, 1.000] \\ [0.500, 0.750, 1.000] \\ [0.750, 1.000, 1.000] \\ [0.750, 1.000, 1.000] \\ [0.500, 0.750, 1.000] \end{bmatrix}$$

3.4 模糊灰色关联系数

由式(12)，计算各比较序列 A_j 与参考序列 A_0 间距离，得到距离矩阵，见表3。

由式(13)，计算集群项目各子项目比较数列 A_j 与参考数列 A_0 的模糊灰色关联系数，见表4。

表3 比较序列与参考序列距离矩阵

Tab.3 Matrix of distance between comparison sequence and reference sequence

相关关系	d_{12}	d_{13}	d_{14}	d_{23}	d_{24}	d_{34}
物理空间	0.000	0.677	0.677	0.677	0.677	0.000
施工时间	0.250	0.500	0.500	0.677	0.500	0.000
工序衔接	0.000	0.677	0.677	0.677	0.677	0.000
施工组织	0.433	0.000	0.433	0.433	0.000	0.433
专业属性	0.204	0.000	0.204	0.204	0.000	0.204
辅助工程	0.250	0.000	0.500	0.500	0.250	0.250

表4 集群项目各子项目间模糊灰色关联系数

Tab.4 Grey correlation coefficient of cluster subproject

相关关系	$\xi(a_{12})$	$\xi(a_{13})$	$\xi(a_{14})$	$\xi(a_{23})$	$\xi(a_{24})$	$\xi(a_{34})$
物理空间	1.000	0.333	0.333	0.333	0.333	1.000
施工时间	0.575	0.404	0.404	0.333	0.404	1.000
工序衔接	1.000	0.333	0.333	0.333	0.333	1.000
施工组织	0.439	1.000	0.439	0.439	1.000	0.439
专业属性	0.624	1.000	0.624	0.624	1.000	0.624
辅助工程	0.575	1.000	0.404	0.404	0.575	0.575

3.5 加权模糊灰色关联度

根据式(14)对表4中集群项目各子项目间模糊

灰色关联系数 $\xi(a_{ij}^k)$ 集结，得到加权模糊灰色关联度向

量: $\gamma = (0.661, 0.490, 0.398, 0.384, 0.496, 0.715)$

3.6 结果分析

综上各子项目间加权模糊灰色关联度计算结果可知, $\gamma_{34} > \gamma_{12} > \gamma_{13} > \gamma_{24} > \gamma_{14} > \gamma_{23}$ 。即子项目 p_3 、 p_4 间关联程度最高, 子项目 p_1 、 p_2 间关联程度其次。因此, 将该抽水蓄能电站土建工程按模糊灰色关联模型划分为 $\{p_1, p_2\}$ 、 $\{p_3, p_4\}$ 两个标段较为合理。

4 结论

(1) 结合集群项目特点, 筛选出了物理空间、施工时间、工序衔接、施工组织、专业属性、辅助工程等 6 类主要的子项目间相关关系。利用三角模糊数对集群项目各子项目间相关关系模糊语言进行量化赋值, 融合各相关关系权重, 构建了集群项目标段划分模糊灰色关联模型。

(2) 实例分析表明, 集群项目标段划分模糊灰色关联模型根据关联度排序结果选出最优标段划分方案, 成功地将复杂的集群项目标段划分过程简化为清晰直观的数值比较, 是一种定性定量相结合、高效可行的分析方法, 有利于降低工程项目管理的难度, 最大限度地发挥集群项目管理的优势。

(3) 由于集群项目标段划分涉及面广、影响因素关系复杂, 集群项目标段划分模糊灰色关联分析与评价方法还需要在实践中不断修正与完善。

参考文献 (References):

[1] Zhang J W, Zhang C, Ye R Z, et al. Research on time management for project cluster development [A]. Advanced Materials Research. Taichung, Taiwan, 2013.

[2] 余立中. 基于复杂性大型集群工程项目质量管理研究 [J]. 重庆建筑大学学报, 2006, 28(3): 107-109. (SHE Li zhong. Research on quality supervision of clusters of engineering projects based on science of complexity [J]. Journal of Chongqing Jianzhu University, 2006, 28(3): 107-109. (in Chinese))

[3] 丰景春, 胡正人, 任亚芳, 等. 项目群视角下大中型工程合同项目工期奖励模型 [J]. 系统工程理论与实践, 2012, 32(6): 1369-1376. (FENG Jing chun, HU Zheng ren, REN Ya fang, et al. Construction period reward model of contract works for large and medium sized projects from viewpoint of program [J]. System Engineering Theory and Practice, 2012, 32(6): 1369-1376. (in Chinese))

[4] 乐新军, 余立中. 大型集群工程项目协同管理模式创新研究 [J]. 工程管理学报, 2011, 25(1): 56-60. (YU E Xir jun, SHE Li zhong. Research on cooperative management pattern innovation of large engineering projects [J]. Journal of Engineering Management, 2011, 25(1): 56-60. (in Chinese))

[5] 洪伟民, 王卓甫. 水利水电工程施工标段划分优化分析 [J]. 水利水电技术, 2008, 39(1): 60-63. (HONG Wei min, WANG Zhuo fu. Analysis on optimization of dividing construction bid section for

water conservancy and hydroelectric projects [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2008, 39(1): 60-63. (in Chinese))

[6] 鹿吉祥, 赵利, 毕向林, 等. 项目群管理研究 [J]. 工程管理学报, 2010, 24(4): 442-446. (LU Ji xiang, ZHAO Li, BI Xiang lin, et al. Review on construction programme management [J]. Journal of Engineering Management, 2010, 24(4): 442-446. (in Chinese))

[7] Turner J R, Miller R. Communication and cooperation on projects between the project owner as principal and the project manager as agent [J]. European Management Journal, 2004, 22(3): 327-336.

[8] 张智慧, 何倩儒. 高速公路标段划分对工程造价的影响 [J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2010, 50(6): 830-833. (ZHANG Zhi hui, HE Qian ru. Impact of packaging on the cost of highway construction projects [J]. Journal of Tsinghua University: Science and Technology, 2010, 50(6): 830-833. (in Chinese))

[9] 孟碟, 冯平. 滚浪羊二级水电站工程标段的优化划分 [J]. 天津大学学报, 2011, 44(12): 1088-1092. (MENG Die, FENG Ping. Optimization of bid division for Gunpengyang Second Level Hydropower Station Project [J]. Journal of Tianjin University, 2011, 44(12): 1088-1092. (in Chinese))

[10] 唐振宇, 田永梅, 冯玉强, 等. 文献资源招标采购标段划分模型研究及实证 [J]. 系统工程学报, 2012, 27(4): 543-551. (TANG Zhen yu, TIAN Yong mei, FENG Yu qiang, et al. Bid sections partition model for literature resources procurement and its empirical test [J]. Journal of Systems Engineering, 2012, 27(4): 543-551. (in Chinese))

[11] 朱忠荣, 滕世宇, 李新哲. 风险矩阵在集群项目标中的应用研究 [J]. 数学的实践与认识, 2015, 45(1): 50-55. (ZHU Zhong rong, TENG Shi yu, LI Xin zhe. Application of risk matrix to the clusters project's tenders division [J]. Mathematic in Practice and Theory, 2015, 45(1): 50-55. (in Chinese))

[12] 张利荣, 张震. 基于子项目关联分析的标段划分方法 [J]. 施工技术, 2011, 40(4): 51-53. (ZHANG Li rong, ZHANG Zhen. Bid section division method based on subproject association analysis [J]. Construction Technology, 2011, 40(4): 51-53. (in Chinese))

[13] 刘迅, 耿进强, 毕远志. 基于因子分析法的水利工程标段划分影响因素研究 [J]. 中国农村水利水电, 2014, 58(12): 91-95. (LIU Xun, GENG Jin qiang, BI Yuan zhi. Research on influencing factors of bid division for hydraulic project based on factor analysis [J]. China Rural Water and Hydropower, 2014, 58(12): 91-95. (in Chinese))

[14] Rijke J, Herk S V, Zevenbergen C, et al. Adaptive programme management through a balanced performance / strategy oriented focus [J]. International Journal of Project Management, 2014, 32(7): 1197-1209.

[15] 郭晖, 孙婧. 南水北调中线工程建设管理的若干思考 [J]. 人民黄河, 2015, 37(1): 121-125. (GU O Hui, SUN Jing. Considerations on project construction management in South to North Water Transfer Middle Route Project [J]. Yellow River, 2015, 37(1): 121-125. (in Chinese))

[16] Deng J L. Whiten solution in grey relational space [J]. The Journal of Grey System, 1996, 8(2): 115-122.

(上转第 81 页)

参考文献(References):

- [1] 刘金涛, 陆春雷. DEM 分辨率对数字河网水系提取的影响趋势分析[J]. 中国农村水利水电, 2009(3): 7-9. (LIU Jin-tao, LU Chun-lei. Trend Analysis of digital drainage network extraction affected by DEM resolution[J]. China Rural Water and Hydropower, 2009(3): 7-9. (in Chinese))
- [2] 刘远, 周买春, 陈芷菁, 等. 基于不同 DEM 数据源的数字河网提取对比分析—以韩江流域为例[J]. 地理科学, 2012, 32(9). (LIU Yuan, ZHOU Maichun, CHEN Zhijing, et al. Comparison of drainage network extraction from different DEM data sources: A case study of Hanjiang River Basin [J]. Scientia Geographica Sinica, 2012, 32(9). (in Chinese))
- [3] 付继强, 王周龙, 马金卫, 等. 基于不同 DEM 数据源的胶东半岛流域特征提取对比与分析[J]. 山东国土资源, 2013, 29(4): 32-36. (FU Jiqiang, WANG Zhoulong, MA Jinwei, et al. Extraction comparison and analysis on characteristics of drainage basin in Jiaodong Peninsula Basin on different DEM data [J]. Shandong Land and Resources, 2013, 29(4): 32-36. (in Chinese))
- [4] 杨军, 陈阿林, 余海清, 等. 基于不同 DEM 数据源的流域特征信息提取对比—以重庆市大宁河流域为例[J]. 荆楚理工学院学报, 2010, 25(5): 53-56. (YANG Jun, CHEN A-lin, YU Haiqing, et al. Extraction Comparison of watershed characteristics based on different DEM: An application case in Chongqing Danning River [J]. Journal of Jingchu University of Technology, 2010, 25(5): 53-56. (in Chinese))
- [5] 易卫华, 张建明, 匡永生, 等. 水平分辨率对 DEM 流域特征提取的影响[J]. 地理与地理信息科学, 2007, 23(2): 34-37 (YI Weihua, ZHANG Jianming, KUANG Yongsheng, et al. Effect of horizontal resolution on the watershed features derived from DEM [J]. Geography and Geo Information Science, 2007, 23(2): 34-37. (in Chinese))
- [6] 刘学军, 龚健雅, 周启鸣, 等. DEM 结构特征对坡度坡向的影响分析[J]. 地理与地理信息科学, 2004, 20(6): 1-5 (LIU Xuejun, GONG Jianya, ZHOU Qiming, et al. Research on error of derived slope and aspect related to DEM data properties [J]. Geography and Geo Information Science, 2004, 20(6): 1-5. (in Chinese))
- [7] 苏时雨, 李钜章. 地貌制图[M]. 北京: 测绘出版社, 1999. (SU Shiru, LI Juzhang. Geomorphologic Mapping [M]. Beijing: SinoMaps, 1999. (in Chinese))
- [8] 周成虎, 程维明. 中国 1: 400 万数字地貌数据集, 2014. 数据来源于“黑河计划数据管理中心”(http://westdc.westgis.ac.cn) (ZHOU Chenghu, CHEN Weiming. 1: 4000000 Digital Geomorphology Database in China, 2014. The data set is provided by Cold and Arid Regions Sciences Data Center at Lanzhou (http://westdc.westgis.ac.cn))
- [9] 孔凡哲, 李莉莉. 利用 DEM 提取河网时集水面积阈值的确定[J]. 水电能源科学, 2005, 23(4): 65-67. (KONG Fanzhe, LI Lili. Determination of river drainage area threshold for extraction of drainage network by DEM [J]. Water Resources and Power. 2005, 23(4): 65-67. (in Chinese))
- [10] 熊立华, 郭生练. 基于 DEM 的数字河网生成方法的探讨[J]. 长江科学院院报, 2003, 20(4): 14-17. (XIONG Lihua, GUO Shenglian. Method for extracting digital channel network from digital elevation model of watershed [J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2003, 20(4): 14-17. (in Chinese))
- [11] 杨邦. 集水面积阈值的确定及其水文响应研究[D]. 南京: 河海大学, 2007. (YANG Bang. A procedure for critical contributing area identification and its hydrological responses [D]. Nanjing: Hohai University, 2007. (in Chinese))
- [12] 李丽. 分布式水文模型的汇流演算研究[D]. 南京: 河海大学, 2007. (LI Li. Study on flood routing of distributed hydrologic models [D]. Nanjing: Hohai University, 2007. (in Chinese))
- [13] 梁启君, 梁军, 王少华, 等. 分形在模拟河网累计汇水量阈值确定中的应用研究[J]. 地理与地理信息科学, 2013, 29(1): 111-112 (LIANG Qijun, LIANG Jun, WANG Shaohua, et al. The application of fractal methods in critical contributing area identification [J]. Geography and Geo Information Science, 2013, 29(1): 111-112. (in Chinese))
- [14] 吴秦兵, 夏达忠, 张行南. 基于改进适度指数法的流域流水网阈值确定研究[J]. 水电能源科学, 2011(4): 18-20. (WU Taibing, XIA Dazhong, ZHANG Xingnan. Identification of critical contributing area based on improved fitness index method [J]. Water Resources and Power, 2011(4): 18-20. (in Chinese))
- (下接第 176 页)
- [17] 王先甲, 张熠. 基于 AHP 和 DEA 的非均一化灰色关联方法[J]. 系统工程理论与实践, 2011, 31(7): 1222-1229. (WANG Xianjia, ZHANG Yi. Non-uniform grey relational method based on AHP and DEA [J]. Systems Engineering Theory & Practice, 2011, 31(7): 1222-1229. (in Chinese))
- [18] 曹洪洋, 王禹, 满兵. 基于改进灰色关联分析的泥石流危险性评价[J]. 南水北调与水利科技, 2015, 13(1): 91-94. (CAO Hongyang, WANG Yu, MAN Bing. Risk evaluation of potential debris flow based on the improved grey correlation method [J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2015, 13(1): 91-94. (in Chinese))
- [19] 郑霞忠, 郭雅薇, 陈述, 等. 基于灰靶理论的工程项目投标决策[J]. 数学的实践与认识, 2015, 45(11): 75-82. (ZHENG Xiazhong, GUO Yawei, CHEN Shu, et al. Project bidding decision based on grey target theory [J]. Mathematic in Practice and Theory, 2015, 45(11): 75-82. (in Chinese))
- [20] 陈述, 余迪, 吴黎明. 基于 G1 法的高危作业疲劳风险模糊综合评判[J]. 中国安全生产科学技术, 2014, 10(4): 90-95. (CHEN Shu, YU Di, WU Liming. Fatigue risk fuzzy evaluation for high risk operations based on G1 method [J]. Journal of Safety Science and Technology, 2014, 10(4): 90-95. (in Chinese))