

# Effectiveness Evaluation for Remote Sensing Satellite Application System Based on AHP, ADC and Gray Theory

Pengcheng Qin

Institute of Satellite Information Engineering, Beijing  
Email: qinpc\_1992@163.com

Received: Oct. 30<sup>th</sup>, 2017; accepted: Nov. 13<sup>th</sup>, 2017; published: Nov. 17<sup>th</sup>, 2017

---

## Abstract

Aiming at the shortcomings of uncertainty and fuzziness in the effectiveness evaluation of imaging satellite application system, the advantages of Analytic Hierarchy Process and ADC method are referenced, combining with gray theory, we have proposed a kind of model which is based on AHP, ADC and gray theory achieving to assess the gray effectiveness of qualitative and quantitative indicators. Combining with the instances, the model is used to validate the effectiveness evaluation index, which shows that the model is suitable for the evaluation of the effectiveness of imaging satellite.

## Keywords

Satellite Application, Effectiveness Evaluation, AHP, ADC, the Gray Theory

---

# 基于AHP灰色ADC的遥感卫星应用体系效能评估

覃鹏程

北京卫星信息工程研究所, 北京  
Email: qinpc\_1992@163.com

收稿日期: 2017年10月30日; 录用日期: 2017年11月13日; 发布日期: 2017年11月17日

---

## 摘要

针对成像卫星应用体系效能评估中存在的确定性与模糊性的缺点, 借鉴解析法中层次分析法与ADC法

的优点,结合灰色理论,提出了一种使用层次分析法、ADC法与灰色理论结合,实现对定性与定量指标的灰色效能评估的模型。运用该模型结合实例对效能评估指标进行验证,表明该模型适用于成像卫星应用效能评估。

## 关键词

卫星应用,效能评估,层次分析法,ADC法,灰色理论

Copyright © 2017 by author 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

遥感卫星由卫星平台、遥感器、信息处理设备和信息传输设备组成[1][2],在空间利用遥感器收集地球和大气目标辐射或反射的电磁波信息,并记录下来,由信号传输设备发送回地面进行处理和加工,判读地球环境资源和景物等信息。遥感卫星对地观测体系是人类获取地球空间信息的重要手段,在国民经济建设和国防建设中具有不可替代的作用。随着航天技术和传感器技术的发展,初步形成了一个多层次、多角度、全方位和全天候的全球立体遥感网络——高、中、低轨道结合,大、中、小卫星协同,可以获得粗、细、精分辨率互补的遥感数据[3]。随着航天技术的发展,遥感卫星应用体系的功能日臻完善,性能明显提高,其军事应用也得到了很大的拓展,即在战时为战略、战术应用提供服务。因此可以预见,在未来的信息化战争中,遥感卫星应用体系必将发挥更大的作用。

如何定性定量地去评估该复杂体系的整体能力,就需要对其进行效能评估。针对遥感卫星应用体系这样多层次、多维度的复杂系统,制约其效能的因素比较多,并且其中部分信息未知不完全,如果采用通用的效能评估方法(如AHP法、ADC法、指数法等)会使评估结果远远偏离实际结果,而且主观性太强,未考虑指标权值之间的相互影响关系,可信性不高。而基于AHP灰色ADC的评估方法是一种定性分析和定量计算相结合的评估方法,针对此类灰类系统的评估具有得天独厚的优势,本文就是基于AHP灰色ADC的遥感卫星应用体系效能评估[4][5][6]。

## 2. 遥感卫星应用体系效能指标

为了全面客观地评估系统体系的各项指标要求,评估指标体系的建立要尽可能做到科学、合理,且符合实际情况,并能为相关技术人员和专家所承认。评估指标体系确定后,再不断征求相关技术人员和专家的建议,通过不断实践,并且反复迭代最终得到科学合理的遥感卫星应用效能评估指标体系。

通过调研,从遥感卫星探测舰船目标的实际需求出发,结合上面的过程方法(见图1)大致能确立时效性指标、准确性指标、覆盖性指标、任务完成性指标和资源耗用性指标五类评估指标,具体的指标体系见图2。

## 3. 基于 AHP 灰色 ADC 效能评估模型及步骤

多层次灰色评价法是以灰色理论为基础,以层次分析法、ADC效能评估模型为指导的定量计算与定性分析相结合的评估方法[7]。其具体步骤如下:

1) 确定层次结构。根据 AHP 原理,将效能评估指标体系分为三个层次:最高层(系统效能 $W$ )、中

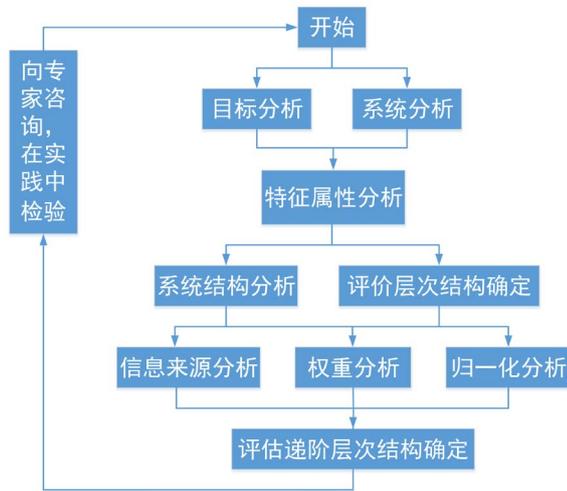


Figure 1. Procedure chart of indication system establishment

图 1. 指标体系确立过程图

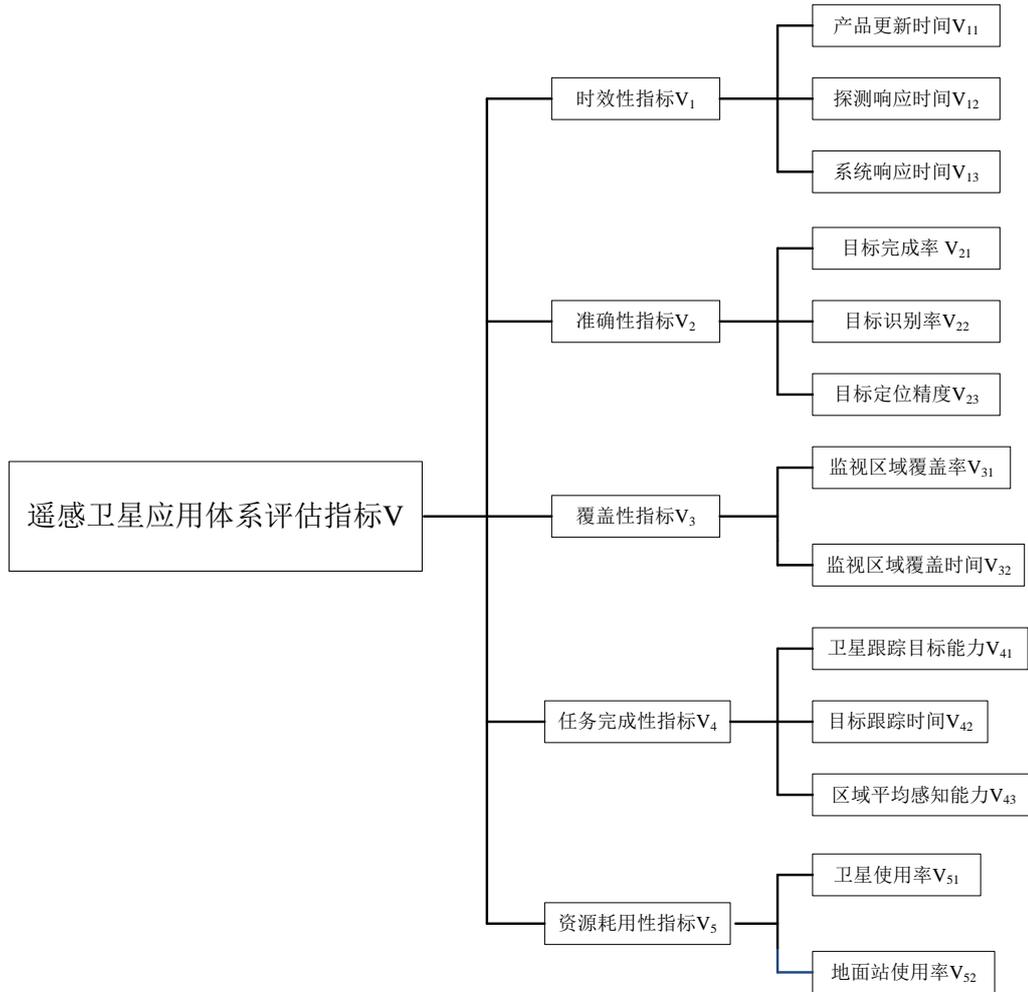


Figure 2. Indication system of effectiveness evaluation for remote sensing satellite application system

图 2. 遥感卫星应用体系效能评估指标体系

间层(一级指标  $V_i, i=1, 2, \dots, m$ )和基本层(二级指标  $V_{ij}, i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$ )。

设一级指标  $V_i$  所组成的集合为  $V$ ，记为  $V = \{V_1, V_2, \dots, V_m\}$ ；二级指标  $V_{ij}$  所组成的集合为  $V_i$ ，记为  $V_i = \{V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{in}\}$ 。

2) 计算权重系数。利用层次分析法，获得在某一准则下任意两元素  $A_i$  与  $A_j$  的两两比较矩阵，采用 AHP 的根法求解  $AX = \lambda_{\max} X$  的最大特征根对应的特征向量，进行一致性检验，当  $CR < 0.1$  时，矩阵具有相容性，将之归一化作为在该准则下的排序权重，否则，需重新调整比较矩阵的元素，直到  $CR < 0.1$ 。

3) 制定评分等级标准。评价指标  $V_{ij}$  一般为定性指标，需将其转化成定量指标。定性指标的量化可通过制定评分等级来实现。

4) 建立评价样本矩阵。根据评价专家的评价结果，即第  $k$  个评价专家的评分  $d_{ijk}$  求得其评价样本矩阵  $D$ ，即：

$$D = [d_{ijk}]_{(n_1+n_2+\dots+n_m) \times p}$$

式中， $(i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n; k=1, 2, \dots, p)$ 。

5) 确定评估灰类。确定评估灰类就是要确定评估灰类的等级数、灰类的灰数及灰数的白化权函数。针对不同的受控系统，可根据实际系统的情况来确定。设评估灰类的序号为  $e$ ， $e=1, 2, \dots, g$ ，即  $g$  个评价灰类。通过确定灰类的白化权函数，可将有限的信息进行合理的加工处理，形成更多信息，使灰色系统变得更加清晰。

6) 计算灰色评价系数。对于评价指标  $V_{ij}$ ，属于第  $e$  个评价灰色的评价数称为灰色评价系数，记  $x_{ije}$ ，属于各个评价灰类的总灰色评价数记为  $x_{ij}$ ，计算公式为

$$x_{ije} = \sum_{k=1}^p f_e(d_{ijk}), \quad x_{ij} = \sum_{e=1}^g x_{ije}$$

7) 计算灰色评价向量及评级矩阵。所有专家就评价指标  $V_{ij}$ ，对评估系统主张第  $e$  个灰类的灰色评价数记为  $r_{ije}$ ，则有

$$r_{ije} = \frac{x_{ije}}{x_{ij}}$$

对于评价指标  $V_{ij}$  的各个灰类总评价向量

$$r_{ij} = [r_{ij1}, r_{ij2}, \dots, r_{ijg}]$$

将  $V_i$  所属指标  $V_{ij}$  对各评价灰类的灰色评价向量综合后，可得  $V_i$  所属指标  $V_{ij}$  对于各评价灰类的灰色评价矩阵

$$R_i = \begin{bmatrix} r_{i1} \\ r_{i2} \\ \vdots \\ r_{in} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{i11} & r_{i12} & \cdots & r_{i1g} \\ r_{i21} & r_{i22} & \cdots & r_{i2g} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ r_{in1} & r_{in2} & \cdots & r_{ing} \end{bmatrix}$$

8) 对  $V_i$  综合评价。对评估系统的  $V_i$  进行综合评价，其综合评价结果记为

$$B_i = A_i R_i = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in}) \begin{bmatrix} r_{i11} & r_{i12} & \cdots & r_{i1g} \\ r_{i21} & r_{i22} & \cdots & r_{i2g} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ r_{in1} & r_{in2} & \cdots & r_{ing} \end{bmatrix} = (b_{i1}, b_{i2}, \dots, b_{ig})$$

9) 对  $V$  综合评价。由  $B_i$  得  $V$  所属指标  $V_i$  对于各评价灰类的灰色评价矩阵

$$R = \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \vdots \\ B_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1g} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2g} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ b_{m1} & b_{m2} & \cdots & b_{mg} \end{bmatrix}$$

于是, 对评估系统  $V$  做综合评价, 其评估结果记为  $B$

$$B = AR = (a_1, a_2, \dots, a_n) \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1g} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2g} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ b_{m1} & b_{m2} & \cdots & b_{mg} \end{bmatrix} = (b_1, b_2, \dots, b_g)$$

10) 计算综合评估值。对评估系统的  $V$  做综合评估,  $B$  是一个向量, 若按最大最优原则确定受评系统所属灰类等级, 有时会因丢失信息太多而失效, 因此需要单值化。设将各灰类等级按“灰水平”赋值, 得各个评价灰类等级值化向量  $C = \{d_1, d_2, \dots, d_g\}$ , 求得综合评估值  $W = BC^T$ , 则根据  $W$  确定评价系统优劣。

#### 4. 实例分析

针对上述具体提出的遥感卫星应用体系效能评估指标, 根据上述的步骤过程, 计算评估指标体系底层元素的组合权重。假设在我国南海海域划定观测区域, 应用STK软件, 借助Area Target对象设置目标区域, 假设该目标区域4个顶点坐标  $(N7^{\circ}00'00'', E110^{\circ}00'00'')$ ,  $(N^{\circ}00'00'', E110^{\circ}00'00'')$ ,  $(N16^{\circ}00'00'', E116^{\circ}00'00'')$ ,  $(N7^{\circ}00'00'', E116^{\circ}00'00'')$

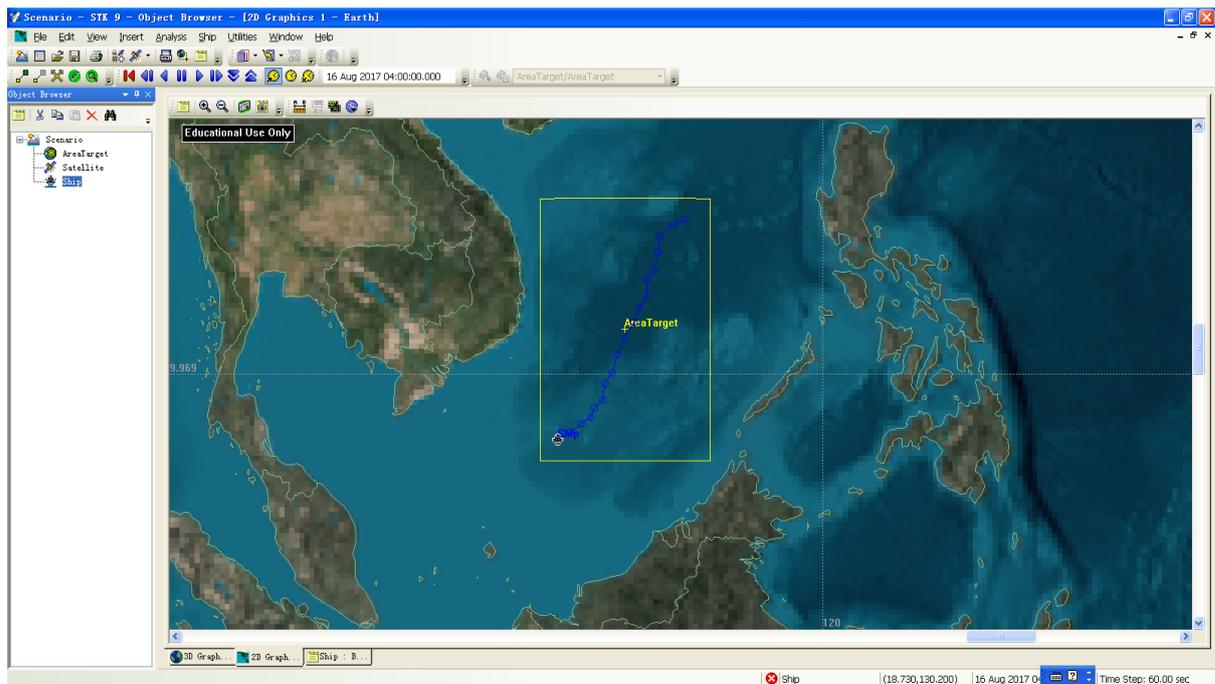


Figure 3. Ship wakes and area coverage

图 3. 舰船航迹和区域范围

为实现对目标区域的有效观察监视,当遥感卫星经过被观察地区上空时,这些地区应该处于比较好的光照条件下,因此选取太阳同步轨道作为卫星轨道。仿真建模时假设选取轨道倾角  $98^\circ$ ,轨道高度在 700 km 轨道面上的卫星,传感器采用简单锥体传感器,仿真时间 2017 年 8 月 16 日 4 点至 2017 年 8 月 17 日 4 点间 24 小时。

卫星覆盖警戒区域的具体时间见表 1。

卫星覆盖舰船的具体时间见表 2。

通过计算相关指标的具体值,并根据简易表格的专家打分法得到结果(见表 3),鉴于篇幅问题这里略去计算过程。

**Table 1.** Specific time of satellite coverage for warning zone

**表 1.** 卫星覆盖警戒区域的具体时间

Access	Access Start	Access End	Duration(sec)
1	2017-8-16 04:53:44.620	2017-8-16 05:57:52.484	3847.864
2	2017-8-16 07:26:55.799	2017-8-16 08:28:18.539	3682.740
3	2017-8-16 09:58:27.337	2017-8-16 11:02:49.037	3861.700
4	2017-8-16 12:42:21.481	2017-8-16 13:43:26.240	3664.759
5	2017-8-16 15:37:26.736	2017-8-16 16:17:23.448	2396.712
6	2017-8-16 23:19:25.998	2017-8-16 23:59:35.802	2409.804
7	2017-8-17 01:53:29.306	2017-8-17 02:54:37.778	3668.472

**Table 2.** Specific time of satellite coverage for ships

**表 2.** 卫星覆盖舰船的具体时间

Access	Access Start	Access End	Duration(sec)
1	2017-8-16 05:03:16.970	2017-8-16 05:56:30.436	3193.465
2	2017-8-16 07:35:54.279	2017-8-16 08:20:31.179	2676.900
3	2017-8-16 10:00:15.969	2017-8-16 10:56:44.758	3388.789
4	2017-8-16 12:43:36.361	2017-8-16 13:38:51.339	3314.977
5	2017-8-16 15:39:32.800	2017-8-16 16:12:01.647	1948.847

**Table 3.** Importance of remote sensing satellite application system ability index

**表 3.** 遥感卫星应用体系能力指标元素重要性

指标元素	相对重要性						
	最重要	相邻中值	很重要	相邻中值	较重要	相邻中值	不重要
等级	1	2	3	4	5	6	7
时效性指标	√						
准确性指标	√						
覆盖性指标		√					
任务完成性指标			√				
资源耗用性指标				√			

建立一级指标的评估矩阵为

$$D = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 & \frac{3}{2} & 2 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{2}{3} & 1 & \frac{4}{3} \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{3}{4} & 1 \end{bmatrix}$$

采用根法  $DX = \lambda_{\max} X$  得到  $\lambda_{\max} = 5.00$ ，进而得到评价指标  $U_i$  的权重系数，并满足一致性检验：

$$A = (0.3243, 0.3243, 0.1622, 0.1081, 0.0811)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = 0 < 0.1$$

同理，可得到二级指标的评估矩阵如下

$$D_1 = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 2 \\ \frac{1}{2} & 1 & 1 \\ \frac{1}{2} & 1 & 1 \end{bmatrix}, D_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 3 \\ 1 & 1 & 3 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & 1 \end{bmatrix}, D_3 = \begin{bmatrix} 1 & \frac{2}{3} \\ \frac{3}{2} & 1 \end{bmatrix}, D_4 = \begin{bmatrix} 1 & \frac{2}{3} & \frac{4}{3} \\ \frac{3}{2} & 1 & 2 \\ \frac{3}{4} & \frac{1}{2} & 1 \end{bmatrix}, D_5 = \begin{bmatrix} 1 & \frac{5}{6} \\ \frac{5}{6} & 1 \end{bmatrix}$$

二级指标  $V_{ij}$  的权重系数为

$$A_1 = (0.5002, 0.2499, 0.2499), A_2 = (0.4285, 0.4285, 0.1430), A_3 = (0.4002, 0.5998),$$

$$A_4 = (0.3077, 0.4615, 0.2308), A_5 = (0.4546, 0.5454).$$

制定评分等级标准设有四组评估者，计为 I, II, III, V；评估对象是遥感卫星应用体系时效性指标的三个分指标。为简化计算，规定专家评估者的打分范围为 1~5 分。根据五组评估者的评分，得到评估指标矩阵

$$D^{(1)} = \begin{bmatrix} \text{I} & \text{II} & \text{III} & \text{V} \\ 3 & 4 & 3 & 4 & V_{11} \\ 3 & 3 & 3 & 4 & V_{12} \\ 2 & 3 & 2 & 3 & V_{13} \end{bmatrix}, D^{(2)} = \begin{bmatrix} \text{I} & \text{II} & \text{III} & \text{V} \\ 4 & 3 & 3 & 4 & V_{21} \\ 3 & 3 & 4 & 4 & V_{22} \\ 2 & 3 & 3 & 3 & V_{23} \end{bmatrix}, D^{(3)} = \begin{bmatrix} \text{I} & \text{II} & \text{III} & \text{V} \\ 2 & 3 & 3 & 2 & V_{31} \\ 3 & 4 & 3 & 4 & V_{32} \end{bmatrix},$$

$$D^{(4)} = \begin{bmatrix} \text{I} & \text{II} & \text{III} & \text{V} \\ 4 & 4 & 3 & 3 & V_{41} \\ 4 & 3 & 2 & 4 & V_{42} \\ 2 & 2 & 1 & 2 & V_{43} \end{bmatrix}, D^{(5)} = \begin{bmatrix} \text{I} & \text{II} & \text{III} & \text{V} \\ 2 & 1 & 3 & 2 & V_{51} \\ 2 & 2 & 2 & 1 & V_{52} \end{bmatrix}$$

确定相应的灰数及白化函数。设  $g = 4$ ，即有“优”、“良”、“中”、“差”4 个评估灰度，其相应的灰数及白化权函数见图 4。

计算灰色评估系数、评估权向量及权矩阵，对于评估指标  $V_{11}$  属于灰类  $e$  的灰类评价系数  $x_{11e}$  为：

$$x_{111} = \sum_{k=1}^4 f_1(d_{11k}) = f_1(3) + f_1(4) + f_1(3) + f_1(4) ;$$

$$= \frac{3-1}{4-1} + 1 + \frac{3-1}{4-1} + 1 = 3.3333$$

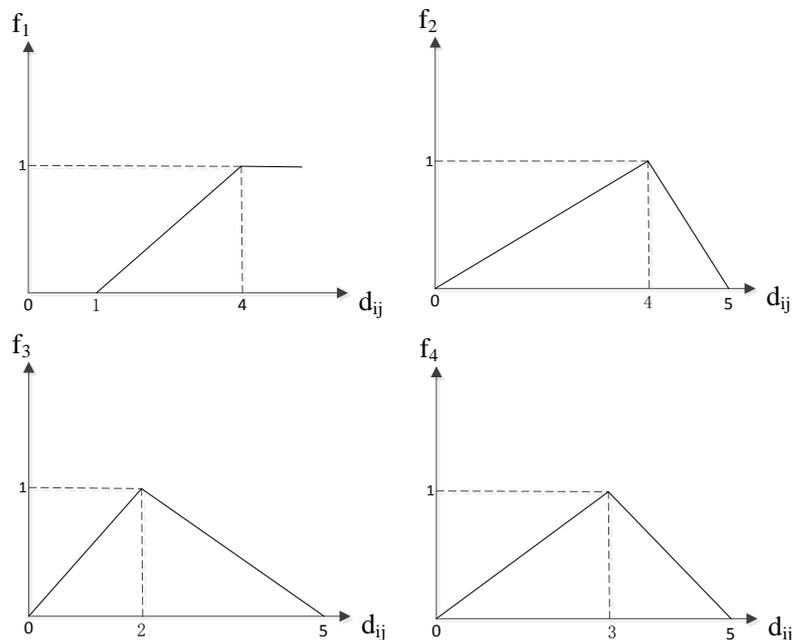


Figure 4. Whitenization weight function of indication system

图 4. 系统指标体系白化权函数

$$x_{112} = \sum_{k=1}^4 f_2(d_{11k}) = 3.5000;$$

$$x_{113} = \sum_{k=1}^4 f_3(d_{11k}) = 2.0000;$$

$$x_{114} = \sum_{k=1}^4 f_4(d_{11k}) = 3.0000;$$

从而得受评者  $V_{11}$  属于各个评价灰类的总灰色评价数为

$$x_{11} = \sum_{k=1}^4 x_{11k} = 11.8333;$$

所有专家就评价指标  $V_{11}$ ，对第  $e$  个灰类的灰色评价数记为  $r_{11e}$ ，则有

$$r_{11e} = \frac{x_{11e}}{x_{11}}$$

对于评价指标  $V_{11}$  的各个灰类总评价向量

$$r_{11} = (r_{111}, r_{112}, r_{113}, r_{114}) = (0.2817, 0.2958, 0.1690, 0.2535)$$

同理可得

对于评价指标  $V_{12}, V_{13}$  的各个灰类总评价向量

$$r_{12} = (r_{121}, r_{122}, r_{123}, r_{124}) = (0.2483, 0.2690, 0.1931, 0.2896)$$

$$r_{13} = (r_{131}, r_{132}, r_{133}, r_{134}) = (0.1791, 0.2239, 0.2985, 0.2985)$$

将  $V_1$  所属指标  $V_{1j}$  对各评价灰类的灰色评价向量综合后，可得  $V_1$  所属指标  $V_{1j}$  对于各评价灰类的灰色评价矩阵

$$R_1 = \begin{bmatrix} r_{11} \\ r_{12} \\ r_{13} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{111} & r_{112} & r_{113} & r_{114} \\ r_{121} & r_{122} & r_{123} & r_{124} \\ r_{131} & r_{132} & r_{133} & r_{134} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.2817 & 0.2958 & 0.1690 & 0.2535 \\ 0.2483 & 0.2690 & 0.1931 & 0.2896 \\ 0.1791 & 0.2239 & 0.2985 & 0.2985 \end{bmatrix}$$

对  $V_1$  综合评价。对  $V_1$  进行综合评价，其综合评价结果记为

$$B_1 = A_1 R_1 = (0.5002, 0.2499, 0.2499) \cdot \begin{bmatrix} 0.2817 & 0.2958 & 0.1690 & 0.2535 \\ 0.2483 & 0.2690 & 0.1931 & 0.2896 \\ 0.1791 & 0.2239 & 0.2985 & 0.2985 \end{bmatrix} \\ = (0.2477, 0.2711, 0.2074, 0.2738)$$

按照上述方法与步骤，得出  $V_2, V_3, V_4, V_5$  其综合评价结果  $B_2, B_3, B_4, B_5$  鉴于篇幅问题，在这只给出结果，具体步骤类似：

$$B_2 = A_2 R_2 = (0.4285, 0.4285, 0.1430) \cdot \begin{bmatrix} 0.2817 & 0.2958 & 0.1690 & 0.2535 \\ 0.2941 & 0.2647 & 0.1765 & 0.2647 \\ 0.1986 & 0.2340 & 0.2553 & 0.3121 \end{bmatrix} \\ = (0.2751, 0.2736, 0.1846, 0.2667)$$

$$B_3 = A_3 R_3 = (0.4002, 0.5998) \cdot \begin{bmatrix} 0.1905 & 0.2381 & 0.3175 & 0.2539 \\ 0.2817 & 0.2958 & 0.1690 & 0.2535 \end{bmatrix} \\ = (0.2452, 0.2727, 0.2284, 0.2537)$$

$$B_4 = A_4 R_4 = (0.3077, 0.4615, 0.2308) \cdot \begin{bmatrix} 0.2817 & 0.2958 & 0.1690 & 0.2535 \\ 0.2449 & 0.2653 & 0.2721 & 0.2177 \\ 0.1165 & 0.2039 & 0.4078 & 0.2718 \end{bmatrix} \\ = (0.2266, 0.2605, 0.2717, 0.2412)$$

$$B_5 = A_5 R_5 = (0.4546, 0.5454) \cdot \begin{bmatrix} 0.1905 & 0.2381 & 0.3175 & 0.2539 \\ 0.2817 & 0.2958 & 0.1690 & 0.2535 \end{bmatrix} \\ = (0.1554, 0.2039, 0.3689, 0.2718)$$

进而对  $V$  综合评价。由  $B_i$  得评估者  $V$  所属指标  $V_i$  对于各评价灰类的灰色评价矩阵

$$R = \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & b_{14} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & b_{24} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} & b_{34} \\ b_{41} & b_{42} & b_{43} & b_{44} \\ b_{51} & b_{52} & b_{53} & b_{54} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.2477 & 0.2711 & 0.2074 & 0.2738 \\ 0.2751 & 0.2736 & 0.1846 & 0.2667 \\ 0.2452 & 0.2727 & 0.2284 & 0.2537 \\ 0.2266 & 0.2605 & 0.2717 & 0.2412 \\ 0.1554 & 0.2039 & 0.3689 & 0.2718 \end{bmatrix}$$

于是，对评估系统  $V$  做综合评价，其评估结果记为  $B$

$$B = AR = (0.3243, 0.3243, 0.1622, 0.1081, 0.0811) \\ \cdot \begin{bmatrix} 0.2477 & 0.2711 & 0.2074 & 0.2738 \\ 0.2751 & 0.2736 & 0.1846 & 0.2667 \\ 0.2452 & 0.2727 & 0.2284 & 0.2537 \\ 0.2266 & 0.2605 & 0.2717 & 0.2412 \\ 0.1554 & 0.2039 & 0.3689 & 0.2718 \end{bmatrix} \\ = (0.2464, 0.2656, 0.2235, 0.2646)$$

假设“优”类的效能值为9，“良”类的效能值为8，“中”类的效能值为7，“差”类的效能值为6，则各评价灰类等级值向量：

$$C = (d_1, d_2, d_3, d_4) = 9, 8, 7, 6$$

综合评价价值  $W$  为

$$W = BC^T = (0.2464, 0.2656, 0.2235, 0.2646)(9, 8, 7, 6)^T = 7.4945 < 8$$

因此，该评估系统的综合效能评估值中等。

## 5. 结束语

针对体系系统复杂、信息不透明不确定的特点，利用灰色理论在信息模糊上的优势及ADC法的可拓展性，通过层次分析法确立准则层和指标层权重，提出了基于AHP灰色ADC效能评估模型。该方法既克服了AHP方法主观性太强，又解决了ADC方法在求解单一效能值E时向量难求的缺点，并且考虑了系统结构和技术特性之间的相关性，强调了系统的整体性，较好地解决了系统效能评估存在的不确定性问题。由于影响效能的因素众多且比较复杂，在建立评估模型时，用专家打分评估分析法确定遥感卫星应用体系效能评价指标权重，充分考虑各专家的定性分析与判断信息，并通过将其量化进行科学计算决策，评判出效能结果，较为准确地反映实际情况，验证了评估模型的可靠性。

但是凡是利用AHP法得到的准则层和指标层权重都具有一定的主观性，根据概率论的知识可以知道，要得到权重的准确值则要积累大量指标数据，如果进行更精细的效能指标梳理划分，就可以得到更准确的结果。本模型的优化还需要在以后的研究工作中进一步完善。

## 参考文献 (References)

- [1] 张永生, 巩丹超, 等. 高分辨率遥感卫星应用[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [2] 刘锋, 王雪. 浅析高分辨率遥感卫星的现状与发展[J]. 数字技术与应用, 2014(9): 209-209.
- [3] 万幼川. 我国遥感科学与技术发展现状[J]. 地理空间信息, 2003, 1(2): 12-17.
- [4] 姚华飞, 赵光磊. 基于灰色 AHP 的防空预警探测系统效能评估[J]. 国外电子测量技术, 2013, 32(5): 44-48.
- [5] 郑玉军, 田康生, 陈果, 王涛. 基于灰色 AHP 的反导预警雷达作战效能评估[J]. 装备学院学报, 2016, 27(1): 112-115.
- [6] 宋朝河, 王雪琴. 基于灰色层次分析法的侦察装备效能评估[J]. 指挥控制与仿真, 2008, 30(4): 65-68.
- [7] 张杰, 等. 效能评估方法研究[M]. 北京: 国防工业出版社, 2009: 107-110.

### 知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2324-8696，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>  
期刊邮箱：[mos@hanspub.org](mailto:mos@hanspub.org)