

doi: 10.7690/bgzdh.2019.05.015

# 基于多级可拓优度的军队院校数字化校园建设成熟度评估模型

王 丰, 林 瑜

(海军航空大学网管中心, 山东 烟台 264001)

**摘要:** 针对军队院校数字校园建设现状, 将多级优度评价方法和层次分析法相结合, 对军队院校数字化校园建设成熟度进行综合评估。通过建立军队高校数字化校园建设成熟度的多级评价指标体系, 建立关联函数, 计算关联度和规范关联度, 计算各级评价指标体系的优度值, 对军队高校数字化校园建设的成熟度进行综合评价, 并利用 Matlab 将多级优度评价方法实现了计算机程序化。实例结果表明: 该方法为军队高校数字化校园建设成熟度的综合评估提供一个新方法和新途径, 为军队高校的数字化校园建设和发展提供了较为重要的参考借鉴, 也为数字化校园成熟度评估软件的研究开发奠定了理论基础。

**关键词:** 军队高校; 数字化校园建设; 可拓学; 多级优度评价

**中图分类号:** TP302.1 **文献标志码:** A

## Maturity Evaluation Model of Digital Campus Construction in Military Academies Based on Multilevel Optimization

Wang Feng, Lin Yu

(Network Management Center, Navy Aeronautical University, Yantai 264001, China)

**Abstract:** In view of the present situation of the construction of digital campus in military academies, this paper combines the multilevel merit evaluation method and analytic hierarchy process (AHP), and makes a comprehensive evaluation on the maturity of the digital campus's maturity in military academies. The multistage evaluation index system of the maturity of the digital campus's maturity in military colleges is set up, the correlation function is established, the correlation degree and the correlation degree are calculated, the merit value of the evaluation index system at all levels is calculated. The maturity of the construction of the digital campus's maturity in military colleges is synthetically evaluated, and computer programming is realized with Matlab. The example shows that the method provides a new way for the comprehensive evaluation of the digital campus's maturity in military colleges. It also provides an important reference for the construction and development of the digital campus's maturity in military colleges. It also lays a theoretical foundation for the development of the research on the digital campus maturity evaluation software.

**Keywords:** military academies; digital campus construction; extenics; multilevel merit evaluation

## 0 引言

我国地方院校的信息化开始于 20 世纪 80 年代, 在 30 多年的发展过程中, 经历了电算化、校园网络建设、网络信息系统建设和数字校园整合集成等阶段。近几年, 各学校陆续开展了业务流程优化和服务整合工作, 信息技术越来越深度地融入了高校的教育教学业务中。军队院校担负着培养军官、士官等各种人才的重任, 其信息化建设是军队信息化建设的重要环节。由于政策引导、信息保密制度、军训网覆盖不足、军事数字资源匮乏<sup>[1-5]</sup>等原因, 数字化校园的建设起步较晚, 建设水平和成熟度比地方院校低。目前, 军队院校数字校园建设水平的评价指标体系和综合评价的研究还不成熟, 还没有相关文献涉及。

笔者在军队院校数字化校园建设水平的多级评价指标的基础上, 将可拓优度多级评价方法<sup>[6-7]</sup>应用于军队院校数字化校园的建设水平<sup>[8-14]</sup>评价中, 结合层次分析法, 利用 Matlab 将多级优度评价方法实现了计算机程序化, 确定评价指标的权系数, 建立了军队院校数字化校园建设成熟度的多级优度评价模型, 为军队院校数字化校园建设成熟度的量化测评, 提供了一种科学、有效的途径, 也为高校领导统一管理、发展、建设数字化校园提供了一个决策思路。

## 1 评价指标体系的建立

结合我军院校数字化校园建设的需求、实际和特色, 参考外军信息化建设的经验做法, 从“建”和“用”2 方面, 建立军队院校数字化校园建设成

收稿日期: 2019-01-14; 修回日期: 2019-02-28

基金项目: 国家军事学基金资助项目(15G007-306)

作者简介: 王 丰(1985—), 男, 山东人, 硕士, 工程师, 从事武器系统分析与计算机仿真研究。

熟度的评价指标体系<sup>[1-4]</sup>，分别是目标层、1 级评价指标和 2 级评价指标 3 层。其中目标层是军队高校数字化校园建设成熟度，1 级评价指标 6 项，记为  $I = \{I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6\}$ ，2 级评价指标为 14 项，记为  $I_1 = \{I_{11}, I_{12}, I_{13}\}$ ， $I_2 = \{I_{21}, I_{22}\}$ ， $I_3 = \{I_{31}, I_{32}, I_{33}\}$ ， $I_4 = \{I_{41}, I_{42}\}$ ， $I_5 = \{I_{51}, I_{52}\}$ ， $I_6 = \{I_{61}, I_{62}\}$  如图 1。

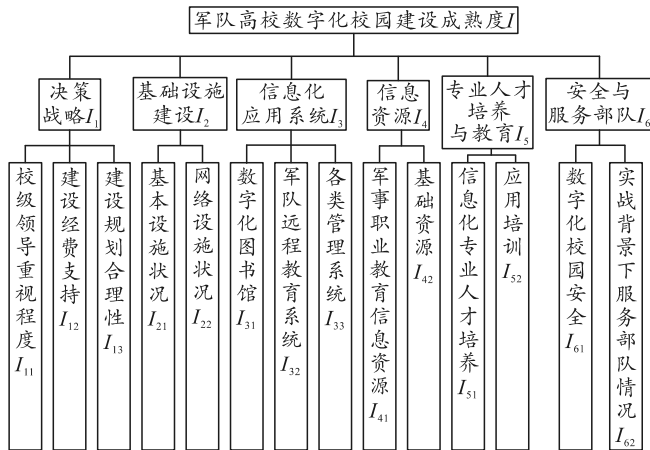


图 1 军队院校数字化校园建设成熟度的评价指标体系

## 2 评估模型的建立

### 2.1 确定评价指标的量值及权系数

根据历史资料和调研情况等确定军队院校  $M_i (i=1,2,\dots,n)$  关于 2 级评价指标的量值和量值域  $V$ 。量值域既可以是有限区间，又可以是离散数据的集合，如评价指标  $I_{52}$  的量值域可以为  $V_{52} = \{\text{优, 良, 中, 差}\}$ 。

各评价指标对其影响的上一级评价指标的重要程度不同。以权系数来刻画其重要程度<sup>[6]</sup>的大小，根据层次分析法分别赋予  $[0,1]$  的值。根据层次分析方法确定各级评价指标的权系数，记  $I = \{I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6\}$  的权系数为  $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6)$ ，其中

$\sum_{i=1}^6 \alpha_i = 1$ 。  $I_1 = \{I_{11}, I_{12}, I_{13}\}$  的权系数为

$\alpha_1 = (\alpha_{11}, \alpha_{12}, \alpha_{13})$ ，其中  $\sum_{j=1}^3 \alpha_{1j} = 1$ 。  $I_2 = \{I_{21}, I_{22}\}$  的

权系数为  $\alpha_2 = (\alpha_{21}, \alpha_{22})$ ，其中  $\sum_{k=1}^2 \alpha_{2k} = 1$ 。

$I_3 = \{I_{31}, I_{32}, I_{33}\}$  的权系数为  $\alpha_3 = (\alpha_{31}, \alpha_{32}, \alpha_{33})$ ，其中

$\sum_{k=1}^3 \alpha_{3k} = 1$ 。  $I_4 = \{I_{41}, I_{42}\}$  的权系数为  $\alpha_4 = (\alpha_{41}, \alpha_{42})$ ，

其中  $\sum_{k=1}^2 \alpha_{4k} = 1$ 。  $I_5 = \{I_{51}, I_{52}\}$  的权系数为

$\alpha_5 = (\alpha_{51}, \alpha_{52})$ ，其中  $\sum_{k=1}^2 \alpha_{5k} = 1$ 。  $I_6 = \{I_{61}, I_{62}\}$  的权系

数为  $\alpha_6 = (\alpha_{61}, \alpha_{62})$ ，其中  $\sum_{k=1}^2 \alpha_{6k} = 1$ 。

### 2.2 建立关联函数，计算关联度

根据各评价指标的实际情况，建立其关联函数。如果 2 级评价指标  $I_p$  的正域为  $X_p = \langle r_1, r_2 \rangle$ ，当  $x=r_2$  时，数字校园建设成熟度最高，量值越小，建设成熟度就越低，则建立关联函数<sup>[6,8]</sup>为

$$K_p(x) = \begin{cases} \frac{x-r_1}{r_2-r_1}, & x < r_2 \\ 1, & x = r_2 \\ \frac{r_2-x}{r_2-r_1}, & x > r_2 \end{cases} \quad (1)$$

式中临界值  $r_1$ 、 $r_2$  可根据历史资料、调研数据和专家的意见等方法确定。

如果 2 级评价指标  $I_q$  的量值域  $V_q = \{\text{优, 良, 中, 差}\}$ ，则可建立关联函数为

$$K_q(x) = \begin{cases} a, & x = \text{优} \\ b, & x = \text{良} \\ c, & x = \text{中} \\ d, & x = \text{差} \end{cases} \quad (2)$$

其中  $a, b, c, d$  的值可根据历史资料、调研数据和专家的意见等方法确定。

将军队院校  $M_i (i=1,2,\dots,n)$  关于各 2 级评价指标的量值代入相应的关联函数中，求出关联函数值，分别简记为  $K_{1k}(M_i)$ ， $K_{21}(M_i)$ ， $K_{3j}(M_i)$ ， $K_{4j}(M_i)$ ， $K_{5j}(M_i)$ ， $K_{6j}(M_i)$ ，则各军队高校  $M_i (i=1,2,\dots,n)$  的 1 级评价指标所对应的 2 级评价指标的关联度<sup>[6-7]</sup>分别为

$$K_{1j} = (K_{1j}(M_1), K_{1j}(M_2), \dots, K_{1j}(M_n)), \quad j = 1, 2, 3;$$

$$K_{2k} = (K_{2k}(M_1), K_{2k}(M_2), \dots, K_{2k}(M_n)), \quad k = 1, 2;$$

$$K_{3j} = (K_{3j}(M_1), K_{3j}(M_2), \dots, K_{3j}(M_n)), \quad j = 1, 2, 3;$$

$$K_{4k} = (K_{4k}(M_1), K_{4k}(M_2), \dots, K_{4k}(M_n)), \quad k = 1, 2;$$

$$K_{5k} = (K_{5k}(M_1), K_{5k}(M_2), \dots, K_{5k}(M_n)), \quad k = 1, 2;$$

$$K_{6k} = (K_{6k}(M_1), K_{6k}(M_2), \dots, K_{6k}(M_n)), \quad k = 1, 2。$$

利用公式

$$k_{1j}(M_i) = \frac{K_{1j}(M_i)}{\max_{r \in \{1, 2, \dots, n\}} |K_{1j}(M_r)|}, \quad k_{2k}(M_i) = \frac{K_{2k}(M_i)}{\max_{r \in \{1, 2, \dots, n\}} |K_{2k}(M_r)|},$$

$$k_{3j}(M_i) = \frac{K_{3j}(M_i)}{\max_{r \in \{1,2,\dots,n\}} |K_{3j}(M_r)|}, \quad k_{4k}(M_i) = \frac{K_{4k}(M_i)}{\max_{r \in \{1,2,\dots,n\}} |K_{4k}(M_r)|},$$

$$k_{5k}(M_i) = \frac{K_{5k}(M_i)}{\max_{r \in \{1,2,\dots,n\}} |K_{5k}(M_r)|}, \quad k_{6k}(M_i) = \frac{K_{6k}(M_i)}{\max_{r \in \{1,2,\dots,n\}} |K_{6k}(M_r)|} \quad (3)$$

计算出规范关联度<sup>[4-7]</sup>, 记为

$$k_{1j} = (k_{1j}(M_1), k_{1j}(M_2), \dots, k_{1j}(M_n)), \quad j = 1, 2, 3;$$

$$k_{2k} = (k_{2k}(M_1), k_{2k}(M_2), \dots, k_{2k}(M_n)), \quad k = 1, 2;$$

$$k_{3j} = (k_{3j}(M_1), k_{3j}(M_2), \dots, k_{3j}(M_n)), \quad j = 1, 2, 3;$$

$$k_{4k} = (k_{4k}(M_1), k_{4k}(M_2), \dots, k_{4k}(M_n)), \quad k = 1, 2;$$

$$k_{5k} = (k_{5k}(M_1), k_{5k}(M_2), \dots, k_{5k}(M_n)), \quad k = 1, 2;$$

$$k_{6k} = (k_{6k}(M_1), k_{6k}(M_2), \dots, k_{6k}(M_n)), \quad k = 1, 2。$$

### 2.3 计算一级评价指标的优度

各军队高校  $M_i(i=1,2,\dots,n)$  的一级评价指标关于其对应的二级评价指标的规范关联度分别为

$$k_1(M_i) = \begin{pmatrix} k_{11}(M_i) \\ k_{12}(M_i) \\ k_{13}(M_i) \end{pmatrix}, \quad k_2(M_i) = \begin{pmatrix} k_{21}(M_i) \\ k_{22}(M_i) \end{pmatrix},$$

$$k_3(M_i) = \begin{pmatrix} k_{31}(M_i) \\ k_{32}(M_i) \\ k_{33}(M_i) \end{pmatrix}, \quad k_4(M_i) = \begin{pmatrix} k_{41}(M_i) \\ k_{42}(M_i) \end{pmatrix},$$

$$k_5(M_i) = \begin{pmatrix} k_{51}(M_i) \\ k_{52}(M_i) \end{pmatrix}, \quad k_6(M_i) = \begin{pmatrix} k_{61}(M_i) \\ k_{62}(M_i) \end{pmatrix},$$

$(i=1,2,\dots,n)。$

则各军队高校  $M_i(i=1,2,\dots,n)$  的 1 级评价指标优度值分别为:

$$C_1(M_i) = (\alpha_{11}, \alpha_{12}, \alpha_{13})(k_{11}(M_i), k_{12}(M_i), k_{13}(M_i))^T = \sum_{j=1}^3 \alpha_{3j} \cdot k_{3j}(M_i); \quad (4)$$

$$C_2(M_i) = (\alpha_{21}, \alpha_{22})(k_{21}(M_i), k_{22}(M_i))^T = \sum_{k=1}^2 \alpha_{2k} \cdot k_{2k}(M_i); \quad (5)$$

$$C_3(M_i) = (\alpha_{31}, \alpha_{32}, \alpha_{33})(k_{31}(M_i), k_{32}(M_i), k_{33}(M_i))^T = \sum_{j=1}^3 \alpha_{3j} \cdot k_{3j}(M_i); \quad (6)$$

$$C_4(M_i) = (\alpha_{41}, \alpha_{42})(k_{41}(M_i), k_{42}(M_i))^T = \sum_{k=1}^2 \alpha_{4k} \cdot k_{4k}(M_i); \quad (7)$$

$$C_5(M_i) = (\alpha_{51}, \alpha_{52})(k_{51}(M_i), k_{52}(M_i))^T = \sum_{k=1}^2 \alpha_{5k} \cdot k_{5k}(M_i); \quad (8)$$

$$C_6(M_i) = (\alpha_{61}, \alpha_{62})(k_{61}(M_i), k_{62}(M_i))^T = \sum_{k=1}^2 \alpha_{6k} \cdot k_{6k}(M_i)。 \quad (9)$$

### 2.4 计算成熟度综合优度

利用优度表达式

$$C(M_i) = (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6) \cdot (C_1(M_i), C_2(M_i), C_3(M_i), C_4(M_i), C_5(M_i), C_6(M_i)))^T = \sum_{i=1}^6 \alpha_i \cdot C_i(M_i)。 \quad (10)$$

求出各军队高校  $M_i(i=1,2,\dots,n)$  的数字化校园建设成熟度综合优度。

对  $M_i(i=1,2,\dots,n)$  的数字化校园建设成熟度综合优度值进行比较: 如果  $C(M_0) = \max_{h \in \{1,2,\dots,n\}} \{C(M_h)\}$ , 则  $M_0$  为数字化校园建设成熟度较高的高校。

通过计算机进行仿真, 减少计算量, 增强文中方法的实用性。

## 3 实例

假设评价组对学院 A、学院 B 和大学 C 的数字化校园建设成熟度进行评价, 利用文中方法对其进行评估并排序。

建立我军军队高校数字化校园建设成熟度的评价指标体系如图 1。为方便起见, 仍以

$$I = \{I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6\}$$

表示 1 级评价指标。以

$$I_1 = \{I_{11}, I_{12}, I_{13}\}, \quad I_2 = \{I_{21}, I_{22}\}, \quad I_3 = \{I_{31}, I_{32}, I_{33}\},$$

$$I_4 = \{I_{41}, I_{42}\}, \quad I_5 = \{I_{51}, I_{52}\}, \quad I_6 = \{I_{61}, I_{62}\}$$

表示 2 级评价指标。

在现有资料和调研数据的基础上, 确定 A、B 和 C 关于 2 级评价指标的量值如表 1。

表 1 A、B 和 C 关于 2 级评价指标的量值

学校	$I_{11}$	$I_{12}$	$I_{13}$	$I_{21}$	$I_{22}$	$I_{31}$	$I_{32}$	$I_{33}$	$I_{41}$	$I_{42}$	$I_{51}$	$I_{52}$	$I_{61}$	$I_{62}$
A	高	600 万	0.70	优	0.70	0.80	0.75	0.90	0.65	中	0.6	良	0.85	0.60
B	中	500 万	0.75	良	0.75	0.80	0.80	0.80	0.70	良	0.5	中	0.90	0.70
C	中	550 万	0.65	优	0.75	0.75	0.80	0.85	0.70	优	0.7	中	0.85	0.75

根据各评价指标的相对重要程度<sup>[6]</sup>，确定 1 级评价指标  $I = \{I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6\}$  的权系数为

$$\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6) = (0.2, 0.15, 0.1, 0.13, 0.17, 0.25)。$$

2 级评价指标  $I_1 = \{I_{11}, I_{12}, I_{13}\}$ ， $I_2 = \{I_{21}, I_{22}\}$ ， $I_3 = \{I_{31}, I_{32}, I_{33}\}$ ， $I_4 = \{I_{41}, I_{42}\}$ ， $I_5 = \{I_{51}, I_{52}\}$  和  $I_6 = \{I_{61}, I_{62}\}$  的权系数分别为

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= (0.3, 0.45, 0.25), & \alpha_2 &= (0.45, 0.55), \\ \alpha_3 &= (0.3, 0.25, 0.45), & \alpha_4 &= (0.45, 0.55), \\ \alpha_5 &= (0.5, 0.5) \text{ 和 } \alpha_6 &= (0.55, 0.45)。 \end{aligned}$$

建立 2 级评价指标  $I_{11}$  的关联函数为

$$K(x_{11}) = \begin{cases} 0.8, & x_{11} = \text{高} \\ 0.6, & x_{11} = \text{中} \\ 0.3, & x_{11} = \text{低} \end{cases}。$$

建立 2 级评价指标  $I_{12}$  的关联函数为

$$K(x_{12}) = \frac{x_{12}}{1000}, \quad 0 \leq x_{12} \leq 1000。$$

建立 2 级评价指标  $I_{13}$ ， $I_{22}$ ， $I_{31}$ ， $I_{32}$ ， $I_{33}$ ， $I_{41}$ ， $I_{51}$ ， $I_{61}$  和  $I_{62}$  的关联函数为

$$K_y(x) = \begin{cases} x, & 0 \leq x \leq 1 \\ 0, & x > 0, x < 1 \end{cases}。$$

建立 2 级评价指标  $I_{21}$ ， $I_{42}$ ， $I_{52}$  的关联函数为

$$K(y) = \begin{cases} 0.85, & y = \text{优} \\ 0.7, & y = \text{良} \\ 0.5, & y = \text{中} \\ 0.3, & y = \text{差} \end{cases}。$$

把 A, B, C 关于 2 级评价指标的取值代入相应的关联函数中，求出 1 级评价指标关于 2 级评价指标的关联度，得：

$$\begin{aligned} K_{11} &= (0.8, 0.6, 0.6), & K_{12} &= (0.6, 0.5, 0.55), \\ K_{13} &= (0.7, 0.75, 0.65), & K_{21} &= (0.85, 0.7, 0.85), \\ K_{22} &= (0.7, 0.75, 0.75), & K_{31} &= (0.8, 0.8, 0.75), \\ K_{32} &= (0.75, 0.8, 0.8), & K_{33} &= (0.9, 0.8, 0.85), \\ K_{41} &= (0.65, 0.7, 0.7), & K_{42} &= (0.5, 0.7, 0.85), \\ K_{51} &= (0.6, 0.5, 0.7), & K_{52} &= (0.7, 0.5, 0.5), \\ K_{61} &= (0.85, 0.9, 0.85), & K_{62} &= (0.6, 0.7, 0.75)。 \end{aligned}$$

利用计算机 Matlab，仿真计算出 3 所高校关于 1 级评价指标  $I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6$  的优度值见图 2 一图 7。

3 所高校的总体建设成熟度优度见图 8。

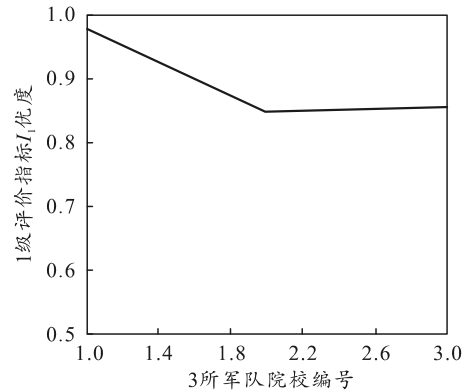


图 2 3 所高校关于 1 级评价指标  $I_1$  的优度

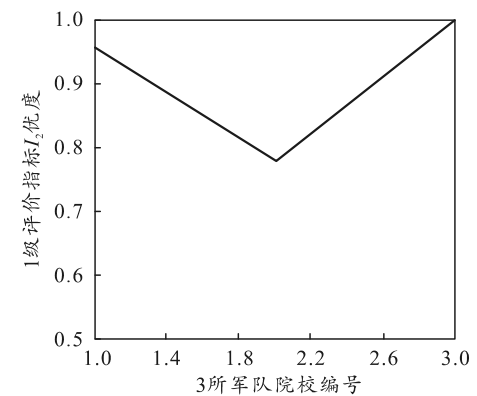


图 3 3 所高校关于 1 级评价指标  $I_2$  的优度

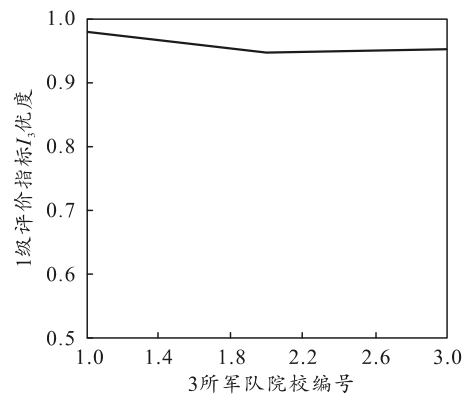


图 4 3 所高校关于 1 级评价指标  $I_3$  的优度

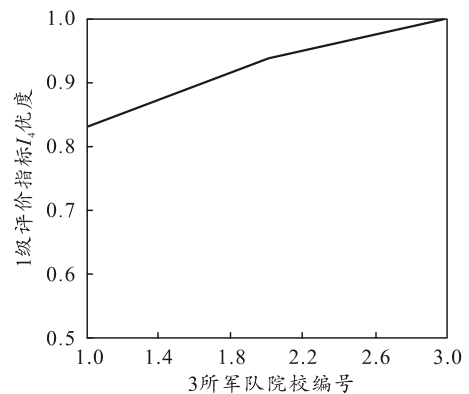


图 5 3 所高校关于 1 级评价指标  $I_4$  的优度

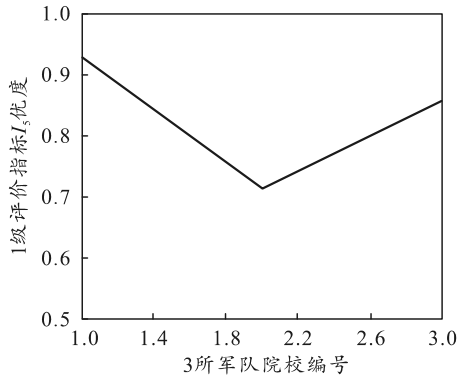


图 6 3所高校关于1级评价指标 I<sub>5</sub> 的优度

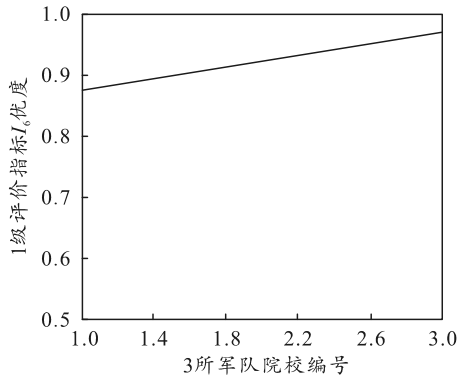


图 7 3所高校关于1级评价指标 I<sub>6</sub> 的优度

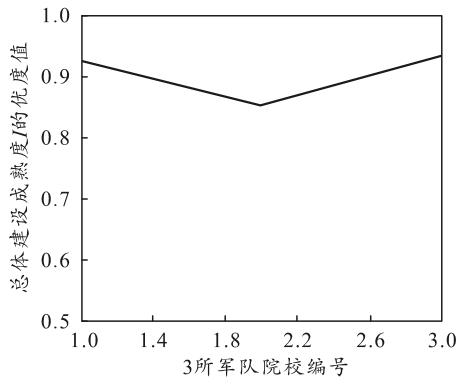


图 8 3所高校数字化校园总体建设成熟度 I 的综合仿真

1) 从图 2—图 7 可以看出 3 所高校数字化校园建设关于 1 级评价指标的优度值排序。各高校可以根据其 1 级评价指标在 3 所高校中的排序，从中发现劣势和不足，找到差距，有的放矢地对数字化校园进行有效建设。

2) 从图 8 可知，大学 C 的数字化校园建设成熟度最高。

### 4 结束语

实例结果表明：该方法简便、实用，评估结果可信度较高。由于军队高校的特殊性质，当前对军

队高校数字化校园建设成熟度的评价指标体系研究还不够完善，现有的研究也较为零散，缺乏科学系统的研究。已有的评价指标体系还存在许多不足之处：如指标体系的分类还不够细化，标杆库建立缺乏，定性问题的定量化处理不够等，这都是广大军队院校信息化建设者下一步研究、探索的重点。下一步，笔者将结合相关课题项目，进行评估软件的深入研究开发。

### 参考文献：

- [1] 秦嘉杭, 许鑫, 苏新宁. 高校信息化评价体系研究[J]. 网络资源与建设, 2006(4): 63-69.
- [2] 曹梅, 沈书生, 柏宏权. 数字化校园到智慧校园的差距与行动——来自南京市若干学校的调研分析[J]. 电化教育研究, 2018, 39(1): 49-54.
- [3] 张沛强. 基于数据包络分析的数字化校园应用绩效研究[J]. 机械设计与制造工程, 2017, 46(8): 119-123.
- [4] 曹振民, 陈年生, 沈学东. 基于云平台的数字化校园建设[J]. 工业控制计算机, 2016, 29(7): 124-129.
- [5] 王欣欣, 闫德勤, 胡卫星. 数字化校园评价指标体系的构建研究[J]. 中国管理信息化, 2013(7): 67-71.
- [6] 杨春燕, 蔡文. 可拓学[M]. 北京: 科学出版社, 2014: 23-78.
- [7] 周杭霞, 於可广, 钟梅. 高校数字化校园评价指标体系的研究[J]. 浙江水利水电专科学校学报, 2006, 18(1): 41-44.
- [8] 王丰, 林瑜, 于德海. 军队网络信息资源质量的多级可拓优选决策分析[J]. 舰船电子工程, 2019, 39(1): 73-77.
- [9] 王丰, 张春平, 顾佼佼, 等. 军队院校重点实验室建设水平的可拓多级优度评价模型[J]. 实验技术与管理, 2018, 35(7): 236-241.
- [10] 蒲芳, 刘琳琅, 徐萍. 数字化校园中一卡通数据集成的研究与应用[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2017(5): 14-19.
- [11] 李思寰. 高校教育信息化评价体系的构建[J]. 中国管理信息化, 2010, 13(1): 27-129.
- [12] 王阳, 穆俊鹏. 高职高专院校数字化校园评价的内容与指标探析——基于使用者的视角[J]. 现代教育技术, 2012, 22(9): 56-60.
- [13] 朱力纬, 刘丽勤, 王健. 高校基于大数据时代的数字化校园建设探讨[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 2015(S1): 104-110.
- [14] 曹晓静. 移动智慧校园规划与建设研究[J]. 中国教育信息化, 2017(19): 33-36.