

1-2-2019

Research and Simulation for Military Contests Based on AHP and Entropy Models

Rusheng Ju

Institute of Systems Engineering National University of Defense Technology, Changsha 410073, China;

Zhengqiu Zhu

Institute of Systems Engineering National University of Defense Technology, Changsha 410073, China;

Yunxiu Zeng

Institute of Systems Engineering National University of Defense Technology, Changsha 410073, China;

Ruixian Wang

Institute of Systems Engineering National University of Defense Technology, Changsha 410073, China;

See next page for additional authors

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the [Artificial Intelligence and Robotics Commons](#), [Computer Engineering Commons](#), [Numerical Analysis and Scientific Computing Commons](#), [Operations Research, Systems Engineering and Industrial Engineering Commons](#), and the [Systems Science Commons](#)

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

Research and Simulation for Military Contests Based on AHP and Entropy Models

Abstract

Abstract: The paper studies the comprehensive military contests which are held frequently among military universities. *Different from the qualitative analysis methods before, an analytic hierarchy process model is set up to analyze the effects which training programs have on students. A great amount of data is put into the entropy model to analyze the rationality of AHP model. This paper also sets the effect value as the input data of the emulating model to simulate the whole exercise process before contests which can verify the results received from AHP and entropy models.* Research findings are helpful for superior leaders to make more rational exercise schemes.

Keywords

AHP model, entropy model, discrete incident model, arena software

Authors

Rusheng Ju, Zhengqiu Zhu, Yunxiu Zeng, Ruixian Wang, and Xiaogang Qiu

Recommended Citation

Ju Rusheng, Zhu Zhengqiu, Zeng Yunxiu, Wang Ruixian, Qiu Xiaogang. Research and Simulation for Military Contests Based on AHP and Entropy Models[J]. Journal of System Simulation, 2018, 30(2): 679-690.

基于 AHP 和熵值模型的军事竞赛研究与仿真

鞠儒生, 朱正秋, 曾云秀, 王瑞贤, 邱晓刚

(国防科技大学系统工程学院, 湖南 长沙 410073)

摘要: 针对近来在军事院校间热门的综合军事竞赛进行深入研究, 不同于以往相关课题的定性分析方法, 本文通过建立 AHP 主成分分析模型, 分析了综合性军事竞赛中各个训练科目对于学员各项能力素质指标以及综合能力提升的影响, 之后运用大量数据通过熵值模型分析了 AHP 模型的合理性, 最后在文中将这些影响值作为仿真模型的输入, 建立了基于 Arena 软件的离散事件模型, 模拟了综合性军事竞赛前训练的整个过程, 进一步验证了研究结果。本文的研究成果对于提出和制定更加合理的训练方案有着很好的指导意义。

关键词: AHP 模型; 熵值模型; 离散事件仿真; Arena 软件

中图分类号: TP391.9 文献标识码: A 文章编号: 1004-731X (2018) 02-0679-12

DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.201802038

Research and Simulation for Military Contests Based on AHP and Entropy Models

Ju Rusheng, Zhu Zhengqiu, Zeng Yunxiu, Wang Ruixian, Qiu Xiaogang

(Institute of Systems Engineering National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: The paper studies the comprehensive military contests which are held frequently among military universities. Different from the qualitative analysis methods before, an analytic hierarchy process model is set up to analyze the effects which training programs have on students. A great amount of data is put into the entropy model to analyze the rationality of AHP model. This paper also sets the effect value as the input data of the emulating model to simulate the whole exercise process before contests which can verify the results received from AHP and entropy models. Research findings are helpful for superior leaders to make more rational exercise schemes.

Keywords: AHP model; entropy model; discrete incident model; arena software

引言

美国西点军校一年一度的桑赫斯特竞赛在国际军校之间占据着重要的地位。2012 年, 解放军理工大学派出代表队参加比赛, 促成桑赫斯特竞赛及其综合性军事竞赛理念引入中国。2014 年起,

总部先后开展桑赫斯特竞赛全军选拔赛及综合性军事技能竞赛集训与考核, 至 2015 年“勇士杯”竞赛开展, 综合性军事体能技能比武逐渐在我军军校学员之中普及与推广, 笔者深刻地认识到深入研究此类竞赛比武项目的合理性、训练的有效性以及学员的适应性对于我军军事训练乃至战斗力生成都有着重要的作用和影响。

在全军兴起院校军事比武的大背景下, 国内研究此类课题的人员几乎是凤毛麟角, 大多发表的文章都是描述军事比武过程^[1-4], 或者是研究军事比武中训练伤防护^[5], 没有深入挖掘训练数据的内



收稿日期: 2016-01-08 修回日期: 2016-04-27;

基金项目: 大学生创新项目(B43451332324);

作者简介: 鞠儒生(1976-), 男, 江苏泰兴, 博士, 副教授, 研究方向为系统仿真; 朱正秋(1994-), 男, 江苏淮安, 硕士生, 研究方向为系统仿真。

<http://www.china-simulation.com>

• 679 •

涵,更没有利用模型评判军事比武的影响,对于此类综合性军事比武的研究多停留在定性层面,缺乏理论基础^[6]。本课题采用定性与定量相结合的方法对训练数据进行分析,并通过仿真手段进行验证,在国内属于该领域前沿性研究,研究成果有一定的创新性与借鉴意义。

本文研究内容如下,第一节和第二节在大量收集数据的基础上,利用 AHP 主成分分析法^[7]和熵值分析法定量化研究综合性军事比武中训练科目对于学员的影响;第三节搭建基于 Arena 软件平台的综合性军事竞赛对学员影响的仿真模型,进行仿真研究,探究不同训练科目设置对集训学员不同能力素质影响效果,并由此确定一些优化的训练计划,实现了从理论、实验和仿真三个途径去研究综合性军事比武对于军校学员的影响,取得了较好的结果^[8-9];第四节为全文结论。

1 AHP 主成分分析模型

1.1 概述

通过分析,本文基于 AHP 主成分分析模型将评价体系分为三个层次,分别是目标层,准则层和方案层,这三个层次构成一个层次结构模型,具体如下(见图 1):

目标层:评价学员的综合能力素质

准则层:体能素质、团队能力、领导能力、创新能力(学员的主要能力素质评价指标)

方案层:选择集训学员参赛的训练项目作为方案层项目,包括步枪射击、手枪射击、武装组装、定向越野、引导打击、情报收集、救护与防护、障碍、索降、绳桥、手雷、指挥能力挑战、转场、操舟(陆)、操舟(水)、体能训练。

笔者通过专家打分法(专家为训练队教练和理论研究教员)以及问卷调查法(参与人员为集训队成员),所占比例分别为 8:2 来确定下层指标对于上层指标的影响大小。引用数字 1~9 及其倒数作为标度来定义判断矩阵 $A=(a_{ij})_{n \times n}$ (见表 1)。

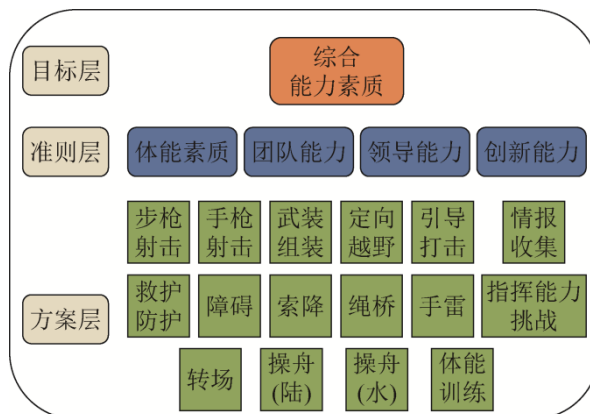


图 1 指标层次分析示意图

Fig.1 Diagram of different index level analysis

表 1 判断矩阵标度定义

Tab. 1 Definition of judgment matrix scale

标度含义	含义
1	表示两个因素相比,具有相同重要性
3	表示两个因素相比,前比后稍重要
5	表示两个因素相比,前比后明显重要
7	表示两个因素相比,前比后强烈重要
9	表示两个因素相比,前比后极端重要
2, 4, 6, 8	表示上述相邻判断的中间值
比较	因素i与因素j的重要性之比为 a_{ij}

1.2 准则层的权重及检验

分析体能素质、团队能力、领导能力和创新能力对于一名军校学员综合能力素质的影响(见表 2)。

表 2 中间层指标权值

Tab. 2 Index weight in the intermediate level

	体能素质	团队能力	领导能力	创新能力	权重
体能素质	1	9/8	9/7	9/6	0.300 0
团队能力	8/9	1	8/7	8/6	0.266 7
领导能力	7/9	7/8	1	7/6	0.233 3
创新能力	6/9	6/8	6/7	1	0.200 0

通过 MATLAB 编程计算得到判定矩阵的最大特征值为 $\lambda_{\max}=4$,一致性比例 $CR=0<0.1$,当 $CR<0.1$ 时,认为通过了一次性检验。

1.3 第 3 层(方案)对第 2 层每一元素(准则)的权重及检验

1.3.1 体能素质

分析每一项具体的训练科目对于体能素质增长的影响(见表 3)。

通过 MATLAB 编程计算得到判定矩阵的最大特征值为 $\lambda_{max}=16$, 一致性比例 $CR=0$, 当 $CR<0.1$ 时, 认为通过了一次性检验。

1.3.2 团队能力

分析每一项具体的训练科目对于团队能力增长的影响(见表 4)。

通过 MATLAB 编程计算得到判定矩阵的最大特征值为 $\lambda_{max}=16$, 一致性比例 $CR=1.4856e-16$, 当 $CR<0.1$ 时, 认为通过了一次性检验。

1.3.3 领导能力

分析每一项具体的训练科目对于领导能力增长的影响(见表 5)。

通过 MATLAB 编程计算得到判定矩阵的最大特征值为 $\lambda_{max}=16$, 一致性比例 $CR=0$, 当 $CR<0.1$

时, 认为通过了一次性检验。

1.3.4 创新能力

分析每一项具体的训练科目对于创新能力增长的影响(见表 6)。

通过 MATLAB 编程计算得到判定矩阵的最大特征值为 $\lambda_{max}=16$, 一致性比例 $CR=1.4856e-16$, 当 $CR<0.1$ 时, 认为通过了一次性检验。

1.4 层次合成计算

通过层次合成, 求得每一个训练科目对于一名学员的综合能力素质提升的权重, 然后排序就可以看出哪些项目对于学员能力素质的提高比较重要, 哪些相对不重要。

1.5 实验结果

通过对权值的排序比较发现, 指挥能力挑战, 障碍, 绳桥, 定向越野, 操舟(陆), 救护与防护这几个项目相对更加重要, 而情报收集, 索降, 手雷, 引导打击, 手枪射击, 武器组装这几个项目对于学员的能力增长可能影响偏小(见表 7)。

表 3 下层指标对体能素质的影响
Tab. 3 Influence of lower index on physical strength

体能素质	步枪 射击	手枪 射击	武器 组装	定向 越野	引导 打击	情报 收集	救护与 防护	障 碍	索 降	绳 桥	手 雷	指挥 能力 挑战	转 场	操舟 (陆)	操舟 (水)	体能 训练	权重
步枪射击	1/1	1/1	2/1	1/4	2/1	2/3	1/2	2/9	2/3	2/5	2/3	2/7	2/9	2/7	1/3	2/9	0.025 3
手枪射击	1/1	1/1	2/1	1/4	2/1	2/3	1/2	2/9	2/3	2/5	2/3	2/7	2/9	2/7	1/3	2/9	0.025 3
武器组装	1/2	1/2	1/1	1/8	1/1	1/3	1/4	1/9	1/3	1/5	1/3	1/7	1/9	1/7	1/6	1/9	0.012 7
定向越野	4/1	4/1	8/1	1/1	8/1	8/3	2/1	8/9	8/3	8/5	8/3	8/7	8/9	8/7	4/3	8/9	0.101 3
引导打击	1/2	1/2	1/1	1/8	1/1	1/3	1/4	1/9	1/3	1/5	1/3	1/7	1/9	1/7	1/6	1/9	0.012 7
情报收集	3/2	3/2	3/1	3/8	3/1	1/1	3/4	1/3	1/1	3/5	1/1	3/7	1/3	3/7	1/2	1/3	0.038 0
救护与防护	2/1	2/1	4/1	1/2	4/1	4/3	1/1	4/9	4/3	4/5	4/3	4/7	4/9	4/7	2/3	4/9	0.050 6
障碍	9/2	9/2	9/1	9/8	9/1	3/1	9/4	1/1	3/1	9/5	3/1	9/7	1/1	9/7	3/2	1/1	0.113 9
索降	3/2	3/2	3/1	3/8	3/1	1/1	3/4	1/3	1/1	3/5	1/1	3/7	1/3	3/7	1/2	1/3	0.038 0
绳桥	5/2	5/2	5/1	5/8	5/1	5/3	5/4	5/9	5/3	1/1	5/3	5/7	5/9	5/7	5/6	5/9	0.063 3
手雷	3/2	3/2	3/1	3/8	3/1	1/1	3/4	1/3	1/1	3/5	1/1	3/7	1/3	3/7	1/2	1/3	0.038 0
指挥能力挑战	7/2	7/2	7/1	7/8	7/1	7/3	7/4	7/9	7/3	7/5	7/3	1/1	7/9	1/1	7/6	7/9	0.088 6
转场	9/2	9/2	9/1	9/8	9/1	3/1	9/4	1/1	3/1	9/5	3/1	9/7	1/1	9/7	3/2	1/1	0.113 9
操舟(陆)	7/2	7/2	7/1	7/8	7/1	7/3	7/4	7/9	7/3	7/5	7/3	1/1	7/9	1/1	7/6	7/9	0.088 6
操舟(水)	3/1	3/1	6/1	3/4	6/1	2/1	3/2	2/3	2/1	6/5	2/1	6/7	2/3	6/7	1/1	2/3	0.075 9
体能训练	9/2	9/2	9/1	9/8	9/1	3/1	9/4	1/1	3/1	9/5	3/1	9/7	1/1	9/7	3/2	1/1	0.113 9

表 4 下层指标对团队能力的影响
Tab. 4 Influence of lower index on team ability

团队能力	步枪 射击	手枪 射击	武器 组装	定向 越野	引导 打击	情报 收集	救护与 防护	障碍	索降	绳桥	手雷	指挥能 力挑战	转场	操舟(陆)	操舟(水)	体能 训练	权值
步枪射击	1/1	7/4	7/5	7/6	7/4	7/3	1/1	7/9	7/2	7/9	7/3	7/9	7/5	7/8	1/1	7/1	0.078 7
手枪射击	4/7	1/1	4/5	2/3	1/1	4/3	4/7	4/9	2/1	4/9	4/3	4/9	4/5	1/2	4/7	4/1	0.044 9
武器组装	5/7	5/4	1/1	5/6	5/4	5/3	5/7	5/9	5/2	5/9	5/3	5/9	1/1	5/8	5/7	5/1	0.056 2
定向越野	6/7	3/2	6/5	1/1	3/2	2/1	6/7	2/3	3/1	2/3	2/1	2/3	6/5	3/4	6/7	6/1	0.067 4
引导打击	4/7	1/1	4/5	2/3	1/1	4/3	4/7	4/9	2/1	4/9	4/3	4/9	4/5	1/2	4/7	4/1	0.044 9
情报收集	3/7	3/4	3/5	1/2	3/4	1/1	3/7	1/3	3/2	1/3	1/1	1/3	3/5	3/8	3/7	3/1	0.033 7
救护与防护	1/1	7/4	7/5	7/6	7/4	7/3	1/1	7/9	7/2	7/9	7/3	7/9	7/5	7/8	1/1	7/1	0.078 7
障碍	9/7	9/4	9/5	3/2	9/4	3/1	9/7	1/1	9/2	1/1	3/1	1/1	9/5	9/8	9/7	9/1	0.101 1
索降	2/7	1/2	2/5	1/3	1/2	2/3	2/7	2/9	1/1	2/9	2/3	2/9	2/5	1/4	2/7	2/1	0.022 5
绳桥	9/7	9/4	9/5	3/2	9/4	3/1	9/7	1/1	9/2	1/1	3/1	1/1	9/5	9/8	9/7	9/1	0.101 1
手雷	3/7	3/4	3/5	1/2	3/4	1/1	3/7	1/3	3/2	1/3	1/1	1/3	3/5	3/8	3/7	3/1	0.033 7
指挥能力挑战	9/7	9/4	9/5	3/2	9/4	3/1	9/7	1/1	9/2	1/1	3/1	1/1	9/5	9/8	9/7	9/1	0.101 1
转场	5/7	5/4	1/1	5/6	5/4	5/3	5/7	5/9	5/2	5/9	5/3	5/9	1/1	5/8	5/7	5/1	0.056 2
操舟(陆)	8/7	2/1	8/5	4/3	2/1	8/3	8/7	8/9	4/1	8/9	8/3	8/9	8/5	1/1	8/7	8/1	0.089 9
操舟(水)	1/1	7/4	7/5	7/6	7/4	7/3	1/1	7/9	7/2	7/9	7/3	7/9	7/5	7/8	1/1	7/1	0.078 7
体能训练	1/7	1/4	1/5	1/6	1/4	1/3	1/7	1/9	1/2	1/9	1/3	1/9	1/5	1/8	1/7	1/1	0.011 2

表 5 下层指标对领导能力的影响
Tab. 5 Influence of lower index on leadership

领导能力	步枪 射击	手枪 射击	武器 组装	定向 越野	引导 打击	情报 收集	救护与 防护	障碍	索降	绳桥	手雷	指挥能 力挑战	转场	操舟 (陆)	操舟 (水)	体能 训练	权值
步枪射击	1/1	1/1	4/3	2/3	1/1	4/1	4/5	1/2	2/1	4/7	2/1	4/9	1/1	4/3	2/1	4/3	0.059 7
手枪射击	1/1	1/1	4/3	2/3	1/1	4/1	4/5	1/2	2/1	4/7	2/1	4/9	1/1	4/3	2/1	4/3	0.059 7
武器组装	3/4	3/4	1/1	1/2	3/4	3/1	3/5	3/8	3/2	3/7	3/2	1/3	3/4	1/1	3/2	1/1	0.044 8
定向越野	3/2	3/2	2/1	1/1	3/2	6/1	6/5	3/4	3/1	6/7	3/1	2/3	3/2	2/1	3/1	2/1	0.089 6
引导打击	1/1	1/1	4/3	2/3	1/1	4/1	4/5	1/2	2/1	4/7	2/1	4/9	1/1	4/3	2/1	4/3	0.059 7
情报收集	1/4	1/4	1/3	1/6	1/4	1/1	1/5	1/8	1/2	1/7	1/2	1/9	1/4	1/3	1/2	1/3	0.014 9
救护与防护	5/4	5/4	5/3	5/6	5/4	5/1	1/1	5/8	5/2	5/7	5/2	5/9	5/4	5/3	5/2	5/3	0.074 6
障碍	2/1	2/1	8/3	4/3	2/1	8/1	8/5	1/1	4/1	8/7	4/1	8/9	2/1	8/3	4/1	8/3	0.119 4
索降	1/2	1/2	2/3	1/3	1/2	2/1	2/5	1/4	1/1	2/7	1/1	2/9	1/2	2/3	1/1	2/3	0.029 9
绳桥	7/4	7/4	7/3	7/6	7/4	7/1	7/5	7/8	7/2	1/1	7/2	7/9	7/4	7/3	7/2	7/3	0.104 5
手雷	1/2	1/2	2/3	1/3	1/2	2/1	2/5	1/4	1/1	2/7	1/1	2/9	1/2	2/3	1/1	2/3	0.029 9
指挥能力挑战	9/4	9/4	3/1	3/2	9/4	9/1	9/5	9/8	9/2	9/7	9/2	1/1	9/4	3/1	9/2	3/1	0.134 3
转场	1/1	1/1	4/3	2/3	1/1	4/1	4/5	1/2	2/1	4/7	2/1	4/9	1/1	4/3	2/1	4/3	0.059 7
操舟(陆)	3/4	3/4	1/1	1/2	3/4	3/1	3/5	3/8	3/2	3/7	3/2	1/3	3/4	1/1	3/2	1/1	0.044 8
操舟(水)	1/2	1/2	2/3	1/3	1/2	2/1	2/5	1/4	1/1	2/7	1/1	2/9	1/2	2/3	1/1	2/3	0.029 9
体能训练	3/4	3/4	1/1	1/2	3/4	3/1	3/5	3/8	3/2	3/7	3/2	1/3	3/4	1/1	3/2	1/1	0.044 8

表 6 下层指标对创新能力的影响
Tab. 6 Influence of lower index on innovation ability

创新能力	步枪 射击	手枪 射击	武器 组装	定向 越野	引导 打击	情报 收集	救护与 防护	障碍	索降	绳桥	手雷	指挥能 力挑战	转场	操舟 (陆)	操舟 (水)	体能 训练	权值
步枪射击	1/1	2/1	4/5	1/1	2/1	4/1	1/2	4/7	4/3	4/7	2/1	4/9	4/1	2/3	2/3	1/1	0.056 3
手枪射击	1/2	1/1	2/5	1/2	1/1	2/1	1/4	2/7	2/3	2/7	1/1	2/9	2/1	1/3	1/3	1/2	0.028 2
武器组装	5/4	5/2	1/1	5/4	5/2	5/1	5/8	5/7	5/3	5/7	5/2	5/9	5/1	5/6	5/6	5/4	0.070 4
定向越野	1/1	2/1	4/5	1/1	2/1	4/1	1/2	4/7	4/3	4/7	2/1	4/9	4/1	2/3	2/3	1/1	0.056 3
引导打击	1/2	1/1	2/5	1/2	1/1	2/1	1/4	2/7	2/3	2/7	1/1	2/9	2/1	1/3	1/3	1/2	0.028 2
情报收集	1/4	1/2	1/5	1/4	1/2	1/1	1/8	1/7	1/3	1/7	1/2	1/9	1/1	1/6	1/6	1/4	0.014 1
救护与防护	2/1	4/1	8/5	2/1	4/1	8/1	1/1	8/7	8/3	8/7	4/1	8/9	8/1	4/3	4/3	2/1	0.112 7
障碍	7/4	7/2	7/5	7/4	7/2	7/1	7/8	1/1	7/3	1/1	7/2	7/9	7/1	7/6	7/6	7/4	0.098 6
索降	3/4	3/2	3/5	3/4	3/2	3/1	3/8	3/7	1/1	3/7	3/2	1/3	3/1	1/2	1/2	3/4	0.042 3
绳桥	7/4	7/2	7/5	7/4	7/2	7/1	7/8	1/1	7/3	1/1	7/2	7/9	7/1	7/6	7/6	7/4	0.098 6
手雷	1/2	1/1	2/5	1/2	1/1	2/1	1/4	2/7	2/3	2/7	1/1	2/9	2/1	1/3	1/3	1/2	0.028 2
指挥能力挑战	9/4	9/2	9/5	9/4	9/2	9/1	9/8	9/7	3/1	9/7	9/2	1/1	9/1	3/2	3/2	9/4	0.126 8
转场	1/4	1/2	1/5	1/4	1/2	1/1	1/8	1/7	1/3	1/7	1/2	1/9	1/1	1/6	1/6	1/4	0.014 1
操舟(陆)	3/2	3/1	6/5	3/2	3/1	6/1	3/4	6/7	2/1	6/7	3/1	2/3	6/1	1/1	1/1	3/2	0.084 5
操舟(水)	3/2	3/1	6/5	3/2	3/1	6/1	3/4	6/7	2/1	6/7	3/1	2/3	6/1	1/1	1/1	3/2	0.084 5
体能训练	1/1	2/1	4/5	1/1	2/1	4/1	1/2	4/7	4/3	4/7	2/1	4/9	4/1	2/3	2/3	1/1	0.056 3

表 7 下层指标对综合素质的影响
Tab. 7 Influence of lower index on comprehensive quality

	体能素质	团队能力	领导能力	创新能力	综合素质
权重	0.300 0	0.266 7	0.233 3	0.200 0	1
步枪射击	0.025 3	0.078 7	0.059 7	0.056 3	0.053 767 30
手枪射击	0.025 3	0.044 9	0.059 7	0.028 2	0.039 132 84
武器组装	0.012 7	0.056 2	0.044 8	0.070 4	0.043 330 38
定向越野	0.101 3	0.067 4	0.089 6	0.056 3	0.080 529 26
引导打击	0.012 7	0.044 9	0.059 7	0.028 2	0.035 352 84
情报收集	0.038 0	0.033 7	0.014 9	0.014 1	0.026 683 96
救护与防护	0.050 6	0.078 7	0.074 6	0.112 7	0.076 113 47
障碍	0.113 9	0.101 1	0.119 4	0.098 6	0.108 709 39
索降	0.038 0	0.022 5	0.029 9	0.042 3	0.032 836 42
绳桥	0.063 3	0.101 1	0.104 5	0.098 6	0.090 053 22
手雷	0.038 0	0.033 7	0.029 9	0.028 2	0.033 003 46
指挥能力挑战	0.088 6	0.101 1	0.134 3	0.126 8	0.110 235 56
转场	0.113 9	0.056 2	0.059 7	0.014 1	0.065 906 55
操舟(陆)	0.088 6	0.089 9	0.044 8	0.084 5	0.077 908 17
操舟(水)	0.075 9	0.078 7	0.029 9	0.084 5	0.067 634 96
体能训练	0.113 9	0.011 2	0.044 8	0.056 3	0.058 868 88

2 基于实际训练数据的熵值分析法

AHP 主成分分析方法易于操作, 专家能够考虑到个体差别和方法的适用性, 但是由于专家对方案层指标打分的相对主观性, 不同专家给出的结果

可能存在一定差异性, 这种差异性会导致仿真模型的输入完全不同, 从而导致仿真结果的不同, 有可能会出现不合理的状况。

在这一节, 我们希望通过熵值分析法从实际数据出发, 分析训练项目对于学员的影响程度大小,

并与 AHP 模型得到的结果进行比较, 完善和改进 AHP 模型, 同时提出建议意见。

2.1 基本原理介绍

在信息论中, 熵是对不确定性的一种度量。信息量越大, 不确定性就越小, 熵也就越小; 信息量越小, 不确定性越大, 熵也越大。根据熵的特性, 我们可以通过计算熵值来判断一个事件的随机性及无序程度, 也可以用熵值来判断某个指标的离散程度, 指标的离散程度越大, 该指标对综合评价的影响越大。

2.2 建模步骤

(1) 选取普通学员和集训队人员集训前/后($n=3$)作为对比, 底层指标有 5 000 m、400 m 障碍、游泳、引体向上、俯卧撑、仰卧起坐、深蹲起、100 m 冲刺、100 m 步枪射击这 9 项($m=9$), 其中 x_{ij} 为第 i 类人的第 j 个底层指标的数值。($i=1, 2, 3; j=1, 2, \dots, 9$)。

(2) 指标的同质化: 由于各项指标的计量单位并不统一, 因此在用它们计算综合指标前, 我们先要对它们进行标准化处理, 即把指标的绝对值转化为相对值, 并令 $x_{ij} = |x_{ij}|$, 从而解决各项不同指标值的同质化问题。而且, 由于正向指标和负向指标数值代表的含义不同(正向指标数值越高越好, 负向指标数值越低越好), 因此, 对于高低指标我们用不同的算法进行数据标准化处理。显然, 5 000 m、400 m 障碍、游泳、100 m 冲刺这些底层指标是负向指标, 而引起向上、仰卧起坐、深蹲起、俯卧撑、100 m 步枪射击、这些底层指标是正向指标。

其具体方法如下:

正向指标:

$$x_{ij} = \left[\frac{x_{ij} - \min(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})}{\max(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj}) - \min(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})} \right] \times 100\%$$

负向指标:

$$x_{ij} = \left[\frac{\max(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj}) - x_{ij}}{\max(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj}) - \min(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})} \right] \times 100\%$$

式中: x_{ij} 为第 i 个中层指标的第 j 个底层指标的数值。($i=1, 2, 3; j=1, 2, \dots, 9$)。为了方便起见, 仍记数据 $x_{ij}=x_{ij}$ 。

(3) 计算第 j 项底层指标下第 i 类人占该底层指标的比重:

$$p_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^n X_{ij}}, (i=1, 2, \dots, n, j=1, 2, \dots, m)$$

(4) 计算第 j 项底层指标的熵值:

$$e_j = -k \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln(p_{ij}), \text{ 其中, } k > 0, k=1/\ln(n), e_j \geq 0.$$

(5) 计算第 j 项底层指标的差异系数。对第 j 项底层指标, 指标值的差异越大, 对中间层评价的左右就越大, 熵值就越小, 定义差异系数:

$$g_j = \frac{1 - e_j}{m - E_e}$$

式中 $E_e = \sum_{j=1}^m e_j$, $0 \leq g_j \leq 1$, $\sum_{j=1}^m g_j = 1$ 。

$$(6) \text{ 求取权值: } w_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^m g_j} \quad (1 \leq j \leq m)$$

(7) 计算各中间指标的综合得分:

$$s_i = \sum_{j=1}^m w_j \cdot p_{ij} \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

2.3 具体实现

我们通过大量收集集训队成员参加集训前后以及普通学员的体能训练数据, 进行筛选和处理。对同类人员的每一个科目的训练成绩求取平均值, 然后带入到上面的模型中进行计算。具体过程为:

(1) 选取项目数据对比(见表 8);

(2) 指标的同质化(见表 9);

(3) 计算第 j 项底层指标下第 i 类人员占该底层指标的比重(见表 10);

- (4) 计算第 j 项底层指标的熵值(见表 11);
- (5) 计算第 j 项底层指标的差异系数(见表 12):

(6) 求取权值: $w_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^9 g_j} = g_j$;

(7) 计算三类人员的综合得分: $\begin{cases} s_1 = 0 \\ s_2 = 0.394 \\ s_3 = 0.606 \end{cases}$

2.4 实验结果

通过对差异系数数值大小的排序,我们发现对学员体能成绩影响程度大小顺序为仰卧起坐、400 m 障碍、深蹲起、俯卧撑、引体向上、蛙泳、5 km、100 m 步枪射击和 100 m 冲刺。另外,根据实际数据算出的值可知普通学员的体能综合数值为 0,集训队成员集训前的体能综合数值为 0.394,集训队成员集训后的体能综合数值为 0.606。与实际情况相仿,比较有说服力。

表 8 各项目体能数据平均值展示
Tab. 8 Average physical data of each project

人员 i 项目 j	未参训	集训队人员前(前)2	集训队人员后(后)3
5 km	1 320 s	1 131 s	1 080 s
400 m 障碍	130 s	118 s	110 s
俯卧撑	70 个	95 个	113 个
引体向上	8 个	21 个	25 个
仰卧起坐	65 个	84 个	116 个
深蹲	100 个	126 个	145 个
蛙泳	1 320 s	1 185 s	1 153 s
100 m 冲刺	13.7 s	13.21 s	13.09 s
100 m 步枪射击	37.2 环	41.8 环	46.3 环

表 9 同质化后的数据
Tab. 9 Data after homogenization

$x_{11}=0$	$x_{12}=0$	$x_{13}=0$	$x_{14}=0$	$x_{15}=0$	$x_{16}=0$	$x_{17}=0$	$x_{18}=0$	$x_{19}=0$
$x_{21}=0.79$	$x_{22}=0.6$	$x_{23}=0.58$	$x_{24}=0.77$	$x_{25}=0.37$	$x_{26}=0.58$	$x_{27}=0.81$	$x_{28}=0.8$	$x_{29}=0.75$
$x_{31}=1$	$x_{32}=1$	$x_{33}=1$	$x_{34}=1$	$x_{35}=1$	$x_{36}=1$	$x_{37}=1$	$x_{38}=1$	$x_{39}=1$

表 10 比重矩阵
Tab. 10 Proportion matrix

$p_{11}=0$	$p_{12}=0$	$p_{13}=0$	$p_{14}=0$	$p_{15}=0$	$p_{16}=0$	$p_{17}=0$	$p_{18}=0$	$p_{19}=0$
$p_{21}=0.44$	$p_{22}=0.37$	$p_{23}=0.37$	$p_{24}=0.43$	$p_{25}=0.27$	$p_{26}=0.37$	$p_{27}=0.45$	$p_{28}=0.45$	$p_{29}=0.43$
$p_{31}=0.56$	$p_{32}=0.63$	$p_{33}=0.63$	$p_{34}=0.57$	$p_{35}=0.73$	$p_{36}=0.63$	$p_{37}=0.55$	$p_{38}=0.55$	$p_{39}=0.57$

表 11 各层指标熵值展示
Tab. 11 Entropy of each level

k	e_1	e_2	e_3	e_4	e_5	e_6	e_7	e_8	e_9
0.91	0.624 4	0.589	0.611	0.621	0.532	0.6	0.619	0.625	0.622

表 12 各层指标差异系数展示
Tab. 12 Index difference coefficient of each layer

E_e	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7	g_8	G_9
5.443 4	0.106	0.116	0.109	0.107	0.132	0.112	0.107	0.105	0.106

3 验证与仿真

3.1 模型说明

3.1.1 输入数据来源

本实验是在数学模型结果的基础上,综合原始数据,将各个科目对学员各种素质的影响值设为服从某种与真实情况最相契合分布的随机数,兼顾了实际情况与随机性。

3.1.2 实体数目

由于本实验中不涉及排队问题,并且忽略学员间的相互影响,故在模型中设置每一次仿真实验都只有一个实体产生,模拟一个学员在该种设置的课程的情况下,各种能力素质的改变情况。将该实验大量重复实验,即模拟对整个集训队参训学员的平均影响情况。

3.1.3 仿真时间

数据来源于2014年8~11月间学校综合性军事竞赛集训队为期将近百日的集训,同期技术类、指挥类500名学员的日常训练,故本次实验对其分别进行模拟,将仿真时间设置为100天,每天设置为24h。因此数据具有一定的普适性。

3.2 实验假设

由于实验目的是模拟整个集训过程中的训练科目(见表13)对参训学员各项能力增长的影响,故忽略对训练效果影响不明显的因素;对训练效果影响明显,但对于各个科目影响相近的因素忽略(如气象因素)。综合考察,故将以下因素忽略:

- 1.忽略气候原因对训练计划及实施的影响
- 2.忽略学员初始水平的影响
- 3.忽略心理状态程度对学员的影响
- 4.忽略生理状态程度对学员的影响
- 5.不考虑学员之间的相互影响作用

此外,在现实训练中疲劳和伤病影响训练效果不可忽略的因素,在模型中保留并重点分析。

3.3 仿真目标及参数变量

(1) 能力素质类: 体能素质、团队能力、领导能力、创新能力。

目标: 以上4个指标在数值上取得较高水平。

(2) 影响训练因素类: 累计受伤时间、受伤次数。

目标: 将该指标在数值上最小化。

3.4 输入数据分析及随机数确定

以指挥能力挑战对体能水平影响值为例:

(1) 整理问卷调查结果,统计相关数据,将数据存储于输入分析器可识别文件类型中(如 excel);

(2) 计算参与问卷调查学员的指挥能力提升平均值以及与平均值的差异;

(3) 利用 excel 作图功能将(2)中得到的各个学员指挥能力的提升分布情况进行图形化显示,计算拟合曲线的函数表达式;

(4) 使用输入分析器处理数据,输入学员指挥能力提升平均值,并选择分布曲线(如:泊松分布)通过对比输入分析器得到的拟合曲线以及(3)中拟合的曲线,选择误差最小的分布曲线作为最终的概率分布。

3.5 仿真建模模块介绍

3.5.1 总体结构

对应整体训练计划,如图2所示。

3.5.2 模块一: 实体产生模块

模块作用及数据说明:

本模型只产生一个实体,在赋值模块对各项赋初值。

3.5.3 模块二: 训练主体模块

用途: 模拟训练的计划,以一周为一个周期。

(1) 日期判断

模块作用及数据说明:

设置每天24h,一周有7天则一共168h,该选择器通过当前仿真时间除以168的余数,判断当前为周几,并进行相应的科目的训练。

表 13 原始训练计划表
Tab. 13 Original training schedule

时间	周一	周二	周三	周四	周五	周六	周日
6:10-7:10	体能	体能	体能	体能	体能	障碍	
8:20-10:00	障碍	索降		野炊	电台	索降	
10:10-12:00	投弹	操舟	院内小连	射击	战术	步枪	
14:30-16:10	操舟	电台	贯训练	索降	障碍	帐篷	休息
16:20-18:00	障碍	战术		操舟	绳桥	障碍	
20:00-22:00	体能	体能	体能	体能	体能	体能	

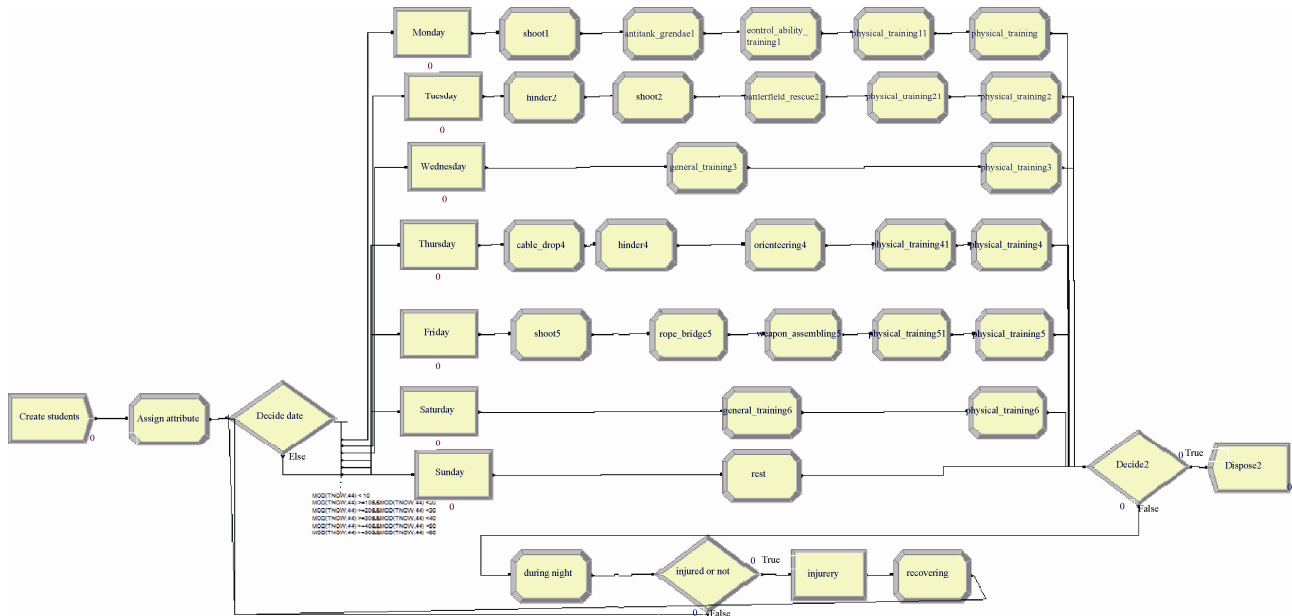


图 2 仿真模型总体模块
Fig.2 Overall module of simulation model

(2) 每日训练

以周一的指挥能力挑战为例:

模块作用及数据说明:

两个模块共同模拟一次指挥能力挑战训练, 该模拟时间的推进 1 h, 并对参训学员的各种状态产生一定的变化。

3.5.4 模块三: 夜间休息及伤病分析模块

用途: 模拟每日晚上休息与判断产生伤病可能性。

(1) 模拟夜晚

计算伤病概率及每晚疲劳恢复情况。

模块作用及数据说明:

由统计数据得到每天训练伤病的概率, 通过每天的训练劳累程度此外该模块模拟夜晚休息对学

员疲劳恢复情况。

(2) 受伤判断及康复

模块作用及数据说明:

通过在 night 模块里计算的受伤概率(get_injured_probability)值判断, 是否受伤, 受伤则进入受伤及休养模块, 否则进入下一天的训练循环。

(3) 受伤时间模拟

模块作用及数据说明:

此模块模拟学员因受伤耽误的训练时间。

(4) 康复阶段

模块作用及数据说明:

康复阶段学员的状态改变情况。

3.6 仿真结果

在此模型的基础上,采取将强度大的科目向后安排的策略,将课表重新排列,得到如表 14 的训练计划。

对课表建立仿真模型,并运用输出分析器将各个模型重复运行 100 次,可得结果如图 3 所示。

故可得结论,此种训练计划比原计划好。

在每周的集训中,参训者的疲劳程度是逐日积累的。故在休息前进行大强度的训练,就可以避免对后续训练产生的负面影响。

3.7 模型的有效性与其可行性分析

在上一节中,我们设置了多组不同的训练科

目组合并且对这些训练科目组合进行了仿真,仿真结果表明不同的训练科目组合对于学员的能力素质和伤病情况有着不同的影响(见图 4~6),并且我们发现了一组训练科目组合可以使得各项能力素质的体能到达最优,并且训练伤病情况降到最低^[10]。此外,目前普遍在实际训练中使用的训练科目组合并不是最优的,我们将本文中发现的最优训练科目配置运用到连队实际训练中,通过几个月的跟踪调查发现,学员的能力素质提升更快、训练伤病更少。实际的训练结果表明仿真模型有着不错的效益与可行性。

表 14 改进后的训练计划
Tab. 14 Improved training schedule

时间	周一	周二	周三	周四	周五	周六	周日
6:10-7:10	体能	体能	体能	体能	体能	体能	
8:20-10:00	野炊	索降	障碍	电台	障碍		
10:10-12:00	射击	操舟	索降	战术	投弹	院内小连贯	
14:30-16:10	索降	电台	步枪	障碍	操舟	训练	休息
16:20-18:00	操舟	战术	帐篷	绳桥	障碍		
20:00-22:00	体能	体能	体能	体能	体能	体能	

User Specified

Output

Output

Value

a_control ability_1	1 750.59
b_physical level_1	2 539.23
c_cooperation_1	2 019.79
creation_1	1 941.95
d_all_injured_time_1	440.31
e_injured_times_1	5.000 0

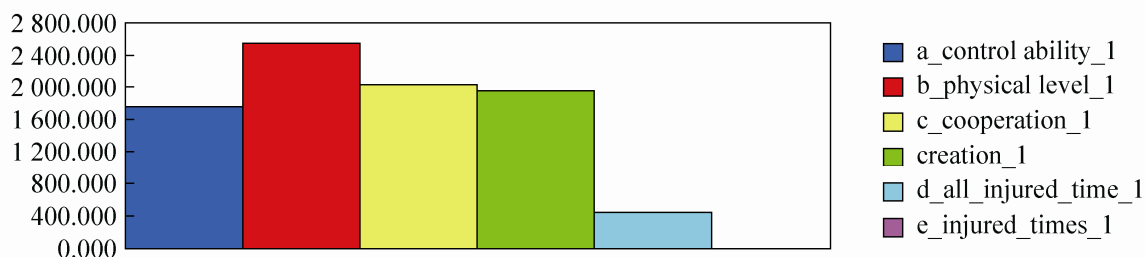


图 3 结果输出

Fig.3 Output result of simulation

Scenario Properties				Control	Responses					
S	Name	Program File	Reps	Num Reps	control ability	creation	cooperation	physical level	injuredtimes	all_injuredtime
	initial	4 : 1.p	100	100	2013.628	2240.946	2387.571	2860.636	4.500	308.836
	improved	3 : 2.p	100	100	2229.734	2480.420	2655.580	3178.325	1.240	93.843

图 4 过程分析器结果

Fig.4 Results from process analyzer

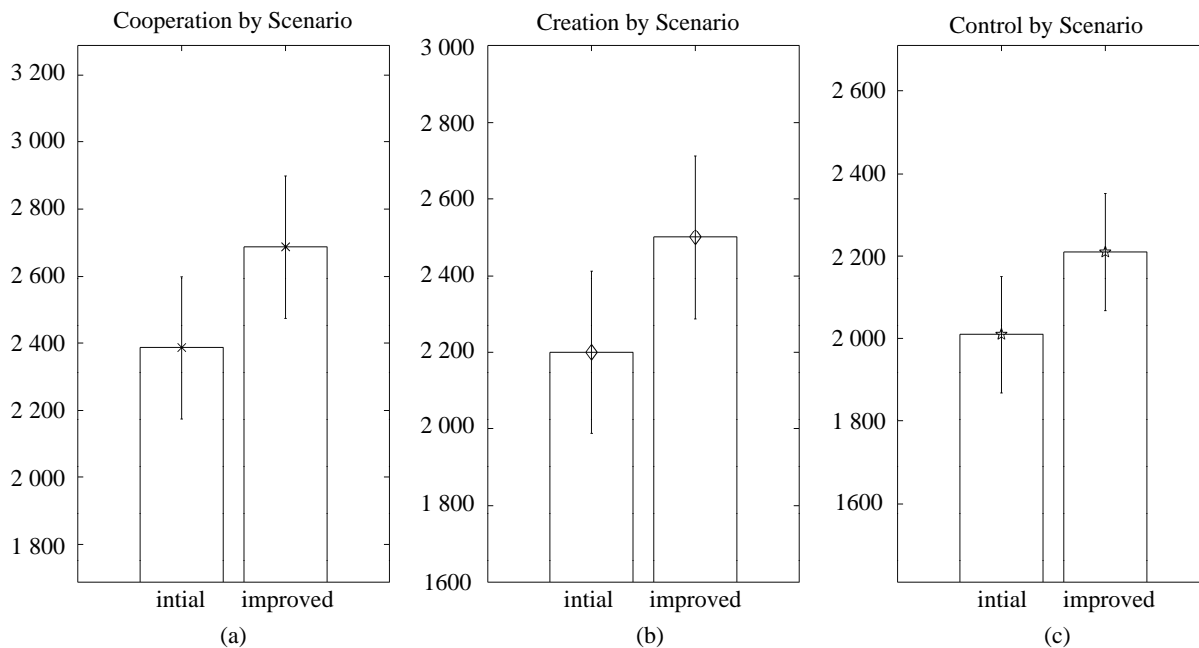


图 5 团队能力/创新能力/指挥能力比较

Fig.5 Comparisons on team ability, innovation ability and leadership

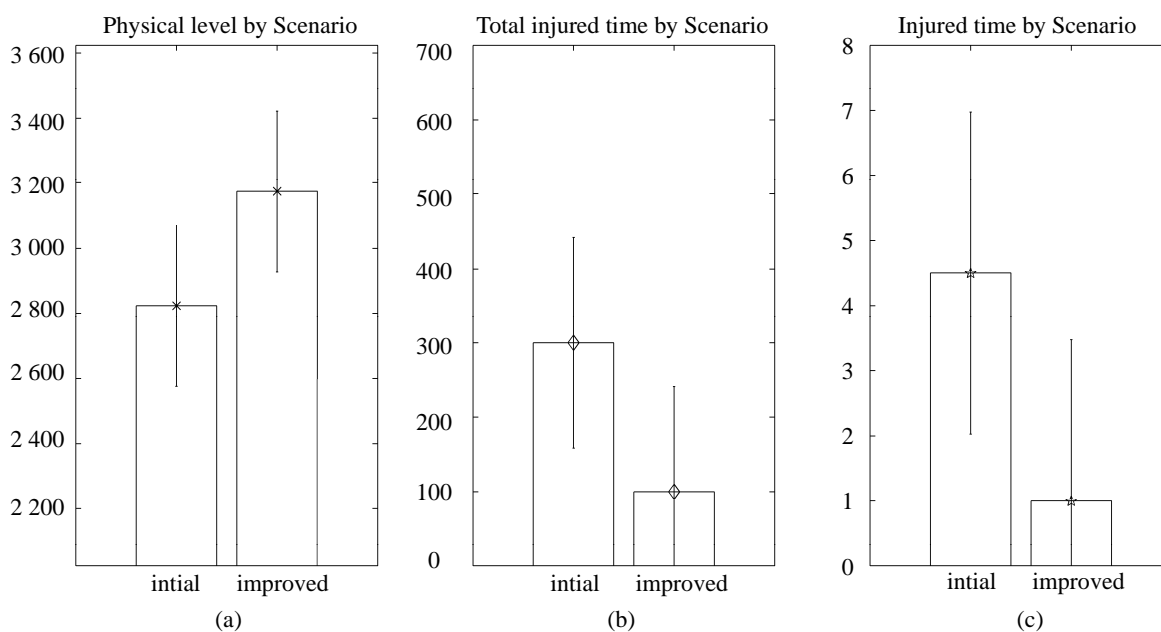


图 6 体能水平/平均受伤时间/平均受伤次数比较

Fig.6 Comparisons on physical agility, averaged injury period and averaged injury number

4 结论

本文的研究表明,参加过综合性军事比武的学员在体能素质、团队能力、创新能力和领导能力上有了明显的提升,并且大幅度超过普通学员。另外,本文对综合性军事比武的训练科目的组合进行了多次仿真,实验结果表明有效的科目配置与组合对学员能力的提升更加快速有效,能够使得学员的训练伤病降到最低。本文的研究成果对于提出和制定更加合理的训练方案有着很好的指导意义。

参考文献:

- [1] 朱泉红, 丁勇. 军事技能比武中官兵常见心理问题调试[J]. 基层政治工作研究, 2011(11): 43-58.
Zhu Quanhong, Ding Yong. Common mental problems among officers and soldiers in military skill competitions[J]. Research on Political Work at Grass Roots, 2011(11): 43-58.
- [2] 李家访, 吴晶. 西点桑赫斯特军事素质竞赛及启示[J]. 军事体育学报, 2014, 33(2): 37-42.
Li JiaFang, Wu Jing. West Point Sandhurst 's Military Qualities Competition and Its Enlightenment[J]. Journal of Military Sports, 2014, 33(2): 37-42.
- [3] 高博, 雍成纲, 黄成军. 西点桑赫斯特竞赛对学历教育院校实战化训练的启示[J]. 高等教育研究学报, 2013, 36(2): 14-15.
Gao Bo, Yong Chenggang, Huang Chengjun. The Enlightenment of the Sandhurst Competition for the Warfighting-oriented Training in Credential Education Academies[J]. Journal of Higher Education Research, 2013, 36(2): 14-15.
- [4] 刘晓才, 汪长传, 张铁良. 桑赫斯特竞赛对卓越指挥人才培养的启示[J]. 南京政治学院学报, 2014(5): 114-116.
Liu Xiaocai, Wang Changchuan, Zhang Tieliang. Enlightenment of Sandhurst Competition on Cultivating Excellent Command Talents[J]. Journal of Nanjing University of Politics, 2014(5): 114-116.
- [5] 郑素贞, 肖宁. 综合心理干预对预防新入伍学员训练伤的影响[J]. 解放军医药杂志, 2010, 22(1): 65-67.
Zheng Suzhen, Xiao Ning. Impact of Comprehensive Psychological Intervention on Training Injuries of New Cadets[J]. MEDICAL JOURNAL OF NATIONAL DEFENDING FORCES IN NORTH CHINA, 2010, 22(1): 65-67.
- [6] 郭萍. 浅析军队综合性大学青年学员创新素质养成[J]. Theory Research, 2010, 28(14): 209-210.
Guo Ping. Analysis on the Cultivation of Innovative Quality of Students in Comprehensive Military University [J]. Theory Research, 2010, 28(14): 209-210.
- [7] 武赵斌, 陈黎, 赵春霞. 基于灰色聚类 and 层次分析的模拟训练成绩评定[J]. 系统仿真学报, 2016, 28(2): 416-427.
Wu Zhaobin, Chen Li, Zhao Chunxia. Evaluation Method of Training Simulation Result Based on Grey Clustering and Analytic Hierarchy Process[J]. Journal of System Simulation, 2016, 28(2): 416-427.
- [8] 陈志佳, 朱元昌. 一种 IaaS 模式“云训练”系统设计[J]. 系统仿真学报, 2015, 27(5): 1095-1104.
Chen Zhijia, Zhu Yuanchang. Design of IaaS Mode "Cloud Training" System[J]. Journal of System Simulation, 2015, 27(5): 1095-1104.
- [9] 薛青, 徐文超, 郑长伟, 等. 基于多层决策的作战群体行为建模研究[J]. 系统仿真学报, 2015, 27(3): 494-499.
Xue Qing, Xu Wenchao, Zheng Changwei, et al. Combat Crowd Behavior Modeling Based on Multilayered Decision-making[J]. Journal of System Simulation, 2015, 27(3): 494-499.
- [10] 纪雯, 王建辉, 方晓柯, 等. 脑卒中康复训练智能方法及实现[J]. 系统仿真学报, 2014, 26(4): 836-842.
Ji Wen, Wang Jianhui, Fang Xiaoke, et al. Method and Realization of Intelligent System of Rehabilitation Training for Stroke[J]. Journal of System Simulation, 2014, 26(4): 836-842.