

# 变电站仿真系统中的智能评价系统设计

李薛剑, 刘 锋

(安徽大学 计算机科学与技术学院, 安徽 合肥 230039)

**摘要:**文中针对目前计算机自动评分功能的现状,对变电站仿真系统的几种评判方案的可行性进行了分析,提出一种人机结合的变电站仿真智能评价方法。该方法通过设置串行规则、并行规则、主干规则和细化规则来实现对学员操作的复杂性、顺序不一致性等做出准确的判断,从而灵活地完成诸如变电站正常和事故巡视、倒闸操作等培训任务,给予学员全面、客观的操作评价,进一步提高了评判的客观性。该系统的构建有效地提高了变电站仿真培训的效果。

**关键词:**仿真系统;变电站;智能评价

**中图分类号:**TP302.1

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2014)01-0126-04

**doi:**10.3969/j.issn.1673-629X.2014.01.001

## Design of Intelligent Evaluation System in Substation Simulation System

LI Xue-jian, LIU Feng

(School of Computer Science and Technology, Anhui University, Hefei 230039, China)

**Abstract:** In view of the present situation of computer automatic scoring function, feasibility of several evaluation scheme of substation simulation system is analyzed, present the substation intelligent evaluation method of man-machine integration. The method by setting the serial, parallel, primary and detailed rules to evaluate exactly the complex operation steps, thus completing the training task such as normal and accident inspection, substation switching operation. The method gives students comprehensive and objective evaluation, further improving the objectivity and the accuracy of the evaluation. The construction of the system can effectively improve the substation simulation training effect.

**Key words:** simulation system; substation; intelligent evaluation

## 0 引言

在新型变电站系统中,由于各电气设备之间的联系越来越紧密,电气设备的构造日趋精密复杂,因而对变电站运行人员的操作技能水平都提出了更高更严格的要求。目前电力公司及相关电力院校正在加紧建设变电站仿真系统,用于变电运行人员的技能培训<sup>[1-2]</sup>。仿真培训是一种简单有效的操作技能培训方式。为了真实有效地对培训人员进行考核,需要在培训结束后提供一种评估机制,帮助教员方便、快捷、客观地对学员所有的处理或操作步骤给出一个合理的评价。然而,在事故处理的评价方面,除了事故处理的实例<sup>[3-4]</sup>以及专家系统的理论体系<sup>[5]</sup>外,至今还没有一种全面的方法能结合智能系统对学员的事故处理操作进行客观的评价。这里,很大程度上是因为针对一个具体的变电站事故,不同学员分析和看待该事故的角度存在

差异,具体的处理方法也就各有差别,操作步骤更是有顺序颠倒的情况。因此,即使是经验丰富的教练员也无法对众多学员的处理程序给出一个客观、合理的评价结果。

目前的变电站仿真智能评价系统主要包括智能打分表<sup>[6-7]</sup>、利用纯数学的加权函数法<sup>[8-9]</sup>、基于人工神经网络和智能专家系统的自动打分系统<sup>[10-12]</sup>,但这些系统大多仍处于理论研究阶段,距离实际应用还有很大的距离,对智能评价系统要求的精确性和客观性,还需要进一步完善。

在笔者研制的电力仿真培训系统中,结合实地和用户需要,提出了一种人机结合的智能评价系统,而这种评价方法的提出,也为今后仿真培训试题专家系统的提出打下了基础。

收稿日期:2013-06-26

修回日期:2013-09-28

网络出版时间:2013-12-20

基金项目:安徽省高校自然科学基金重点项目(kj2009a60)

作者简介:李薛剑(1981-),男,硕士,讲师,研究方向为智能软件、可信软件;刘 锋,博士,教授,研究方向为并行计算、智能软件。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20131220.1053.001.html>

## 1 计算机“智能”评判模式分析

为了在培训结束后提供一种评估机制,帮助教练员方便快捷地对所有的处理或操作步骤给出一个评判,首先需要系统提供或者教练员给出一个正确的处理或操作流程(类似于标准答案),作为对学员操作进行评价的依据;然后需要完整地记录学员的所有操作,作为学员的答题记录;最后系统依据所给出的标准答案与学员操作比照,根据两者的差异自动评判并给出评判结果。

## 2 目前的评判方案对比

现阶段,针对变电仿真培训评判的实现方法有 3 种方案:深入开发仿真系统的智能评判功能、全人工传统阅卷评判、计算机与人工阅卷结合评判。

深入开发仿真系统的智能评判功能,能够严格准确自动评分,考核工作将变得简单、方便,节省人力、物力和时间。但开发一套这样的系统需要投入巨大的人力、资金,开发周期长,并且大多还处于理论研究阶段。

全人工传统阅卷评判,能够依据教案和考核内容,制定出考核大纲和打分细则。教练员将学员的操作记录与正确答案相比对,根据打分细则对考试结果打分,这样做节省建设资金,易于实现。但不足之处在于,不同学员看待问题的角度不同,解决问题的方法也不尽相同,因而教练员在评分的过程中,或者依据答案对学员的正确操作给出错误的评判,或者带有很大的主观性,无法做到公正、客观、准确地进行评判。

计算机与人工阅卷结合评判,不仅可以突出自动评判的快速、方便性,又可以相对保障评分的准确性。对于处理方式灵活的题目交由计算机自动评判,对于计算机依据标准答案无法判断的情况则交由教练员人工进行评判。这种方法将前 2 种评判方法的优点集合在一起,灵活、快捷、准确度高。

## 3 智能评价系统的评价原则

在仿真培训的操作中,学员操作除正确操作外(这里的正确指所做操作与标准答案一致,同时该操作出现的位置也与标准答案一致),还包括有:漏做、多做、操作顺序错三种错误操作。漏做指标准答案中出现的操作,在学员操作中未出现;多做指学员操作在标准答案中未出现,或者该操作在标准答案中出现次数少于学员操作中出现的次数;顺序错指学员操作与标准答案中顺序不一致<sup>[13-14]</sup>。

### 3.1 智能评价系统运作方式

(1)将标准答案与学员操作进行匹配,如标准答案第 1 个操作在学员操作列表中的顺序为 3,则标准

答案的第 2 个操作在学员操作中从第 3 个往后开始匹配;若标准答案的某一操作在学员操作中全都匹配失败,则进行标准答案的下一操作与学员操作进行匹配,此时在学员操作中仍从上一个匹配成功处往下查找;直至标准答案的所有操作与学员操作全部匹配完成,每一对匹配成功的标准答案操作和学员操作,都将它们的“是否标记”属性更改为已标记。

(2)学员中未被标记的操作说明是学员多做的,或者是顺序有误的操作(如上述例中的标准答案的第 2 个操作在学员中对应的为第 3 个之前的操作(设为 1),而匹配时是从第 3 个之后开始找,说明学员第 1 步和第 3 步顺序做颠倒了(分别对应标准答案的第 2、1 步)。

(3)标准答案中未被标记的操作说明是学员漏做的。

(4)将学员操作中未被标记的操作,与标准答案中未被标记的操作进行匹配,若匹配成功,则说明该学员操作顺序错。

### 3.2 对顺序可颠倒操作的评判

根据上述评价算法,系统就可以对学员操作进行比较完整的标记和评判;但是,有些情况下由于学员看待问题的角度不同,给出的操作步骤可能与标准答案中顺序不一致,而这种学员的顺序客观上也是可以被接受的。针对这种情况,系统需要预先在标准答案中设置好允许顺序颠倒的操作,笔者研制的仿真系统是通过让教练员对标准答案中的操作设置串并行来实现的。

教练员对标准答案操作中进行一系列的规则设置,除了可以设置单步操作的分值和重要级别等常规属性,还可以进行串行或并行规则的设置,例如 2,3 串行表示 2 必须在 3 之前执行;2,3 并行表示 2,3 的执行顺序可以颠倒。设置界面如图 1 所示,设置后可在界面主干规则窗口动态查看规则的串并行情况。

根据设置好的串、并行规则,在对操作进行匹配查找时,串行操作可直接依据 3.1 中的评价算法进行匹配查找;但是对于存在有并行规则的操作,在进行与学员操作匹配时,不能按照并行规则设置前的先后顺序进行查找。比如上述设置的标准操作 2、3 为并行规则,则在查找学员操作,如标准操作中的操作 1 对应学员操作的操作 3,则接着对标准操作 2 进行处理时,需要从学员操作中的操作 3 之后的操作往后开始匹配。当标准操作 2 匹配完成后(无论匹配是否成功),在对标准操作 3 进行匹配时,都需要从学员操作中的操作 3 之后的操作开始往后匹配。

### 3.3 对可出现在某一区间内操作的评判

某些情况下,标准答案中的操作(不妨设为操作

4),在操作 2 与操作 8 之间出现都算做正确,则系统对这样的操作需要教练员对每个步骤出现的区间进行设定,即每个操作可以设置相应的细化规则(比如这里设置  $2<4<8$  表示操作 4 可接受的出现在操作 2 与操作 8 之间)。



图 1 设置串、并行规则

但是对于  $1<2<3<7$  这样的串行规则,仅设置  $2<3<7$  是不够的,因为此时的规则为  $1<2<4$ ,只有教练员设定  $1<2<7, 2<3<7$  才能达到 2,3 在 7 之前且 2 在 3 之前的效果。对于  $1<2, 3<7$  这样的并行规则,需要设置  $1<2<7, 1<3<7$ ,才能达到 2,3 在 1,7 之间任意位置出现都正确,且 2,3 顺序可以颠倒。需要注意的是设定了细化规则的操作不可以再设置串、并行规则。

对于存在如  $1<2<5$  的细化规则,在主干规则匹配过程中,若学员做的为  $2<3<5$ ,则操作 2 会被判为顺序错。对这种情况,通过检查细化规则,可将上述匹配过程中误判的顺序错的操作,纠正为正确。

4 实验结果

对于标准操作顺序为 0 到 8 的操作,如图 2 所示,通过对学生操作可能出现的情况,进行了实验,检查算法的正确性。

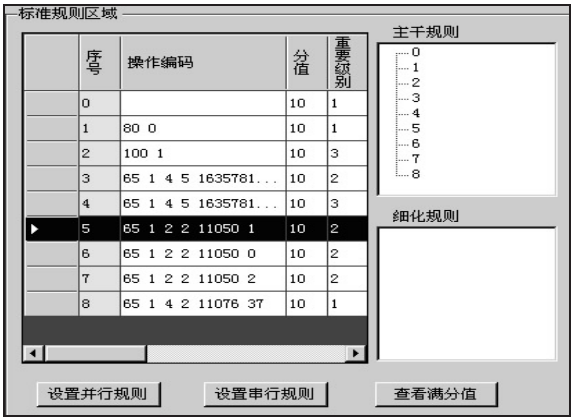


图 2 标准操作

(1)顺序错、漏做、多做。

当学生操作对应到标准操作中的顺序为  $0 \rightarrow 5 \rightarrow 1 \rightarrow 4 \rightarrow 3 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 8$  时,对照到标准操作,知道该学生:漏做了操作 2,操作 3 和 4 顺序颠倒,操作 5 出现在了错误的位置。评判结果如图 3 所示。

(2)设置了并行规则和细化规则。

当教练员对标准操作设置了并行规则(3,4 并行)和细化规则(5 可在 6 之前的任意位置执行),此时,知道该学生操作步骤符合规则。规则设置如图 4 所示,评判结果如图 5 所示。

5 结束语

变电站仿真培训系统的最终目的就是要高效地培训出具有丰富操作经验的变电运行人员。如何建立一套行之有效的智能评价系统以配合变电站仿真培训的实施,已经成为仿真变电站研究中不可或缺的一环。变电站仿真培训评价的难点在于其过于灵活,不同的学员可能采用完全不同的操作办法来处理事故,利用计算机来评价各种方法的优劣是一大难点。文中提出的人机结合的方法灵活、可行,适应性广泛,对不同学员的操作在自动评判的基础上又不失灵活,允许教练员介入修正标准答案。并且在此基础上,可将教练员

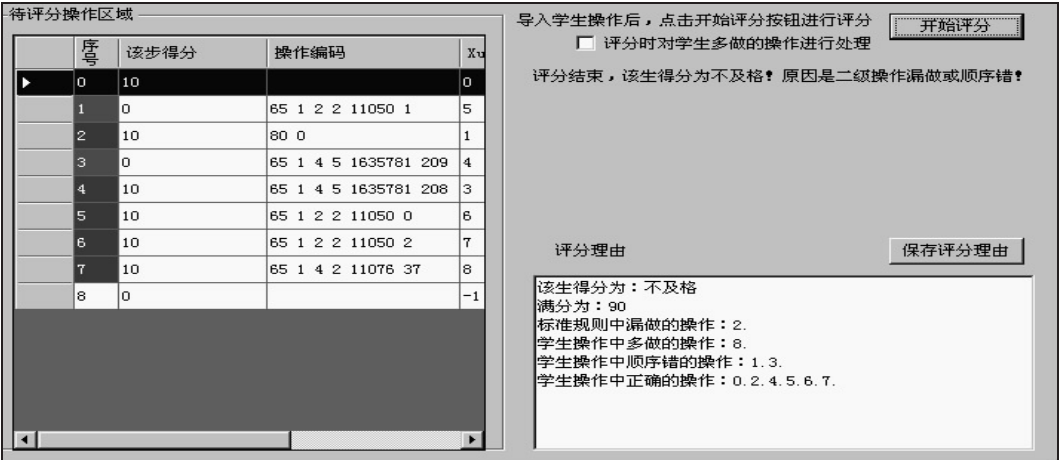


图 3 评判结果 1



图 4 设置了并行规则和细化规则

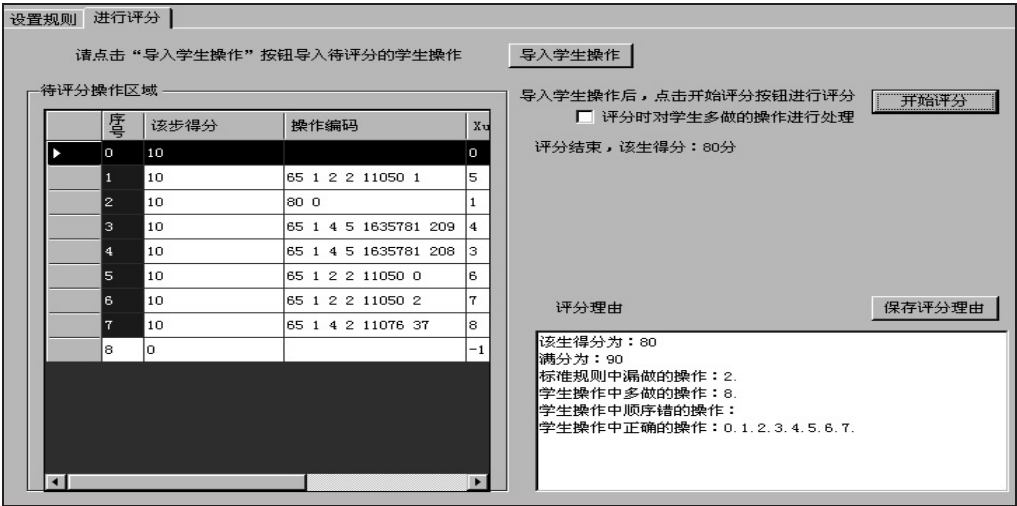


图 5 设置了并行规则和细化规则后的评判结果

多次调整后的标准答案汇总成为试题库,为之后的仿真培训提供智能评判依据。今后的研究工作在于如何将学员操作的时效性、电量的损耗等纳入评判范围中,形成一整套的变电站仿真系统智能评价方案。

参考文献:

[1] Zhang Bingda, Xie Shiwei, Wu Dong. The training simulation system for substation based on network and expert system [C]//Proceedings of the 5th international conference on advances in power system control, operation and management. Hong Kong: [ s. n. ], 2000:532-536.

[2] Li Zhi, Wu Chengqi. The present situation of the power system in northeastern China [J]. Northeastern electric power, 1997, 18(4):35-39.

[3] 符飞虎,杨峰,董朝霞. 仿真培训中的操作票专家系统研究与应用 [J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(10):223-225.

[4] Dean T, Allen J, Aloimonos Y. Artificial intelligence theory and practice [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2004.

[5] 刘元津,吴涛,李志文,等. 变电运行与事故处理-基本技

能及实例仿真 [M]. 北京:中国水利水电出版社, 2002.

[6] 徐晓慧. 变电站仿真培训中缺陷查找及处理的自动评分系统 [J]. 电力自动化设备, 1999, 19(4):47-49.

[7] 范永胜,程芳真, 眭喆,等. 电站仿真机的培训评分系统研究 [J]. 系统仿真学报, 2000, 12(3):282-286.

[8] 项曙光,李玉刚,岳金彩. 过程仿真培训成绩的自动评定及其实现 (I)-仿真培训成绩的评分方法 [J]. 计算机仿真, 1999, 16(1):69-71.

[9] 项曙光,岳金彩,李玉刚. 过程仿真培训成绩的自动评定及其实现 (II)-仿真培训成绩的评分方法 [J]. 计算机仿真, 1999, 16(2):6-10.

[10] 王积新,董朝霞. 基于 SOFM 的调度员培训仿真系统智能评估 [J]. 计算机与数字工程, 2005, 33(9):35-37.

[11] 唐胜利,何祖威,常涛,等. 电站仿真机中智能培训功能的实现 [J]. 系统仿真学报, 2000, 12(3):278-281.

[12] 李朝晖,孙宏斌,潘哲龙. 调度员培训模拟器智能培训评估方案的分析 [J]. 广东电力, 2001, 14(2):35-37.

[13] 张帆,金红核,袁成,等. 变电站仿真培训的智能评估系统 [J]. 电力科学与技术学报, 2009, 24(4):98-102.

[14] 张帆,金红核,袁成,等. 基于目标优先的变电站仿真智能评价方法 [J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(19):33-38.



# 变电站仿真系统中的智能评价系统设计

作者：[李薛剑](#)，[刘锋](#)，[LI Xue-jian](#)，[LIU Feng](#)  
作者单位：[安徽大学 计算机科学与技术学院, 安徽 合肥, 230039](#)  
刊名：[计算机技术与发展](#)

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：2014(1)

本文链接：[http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjfz201401032.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201401032.aspx)