

Doi:10.3969/j.issn.1672-0105.2019.04.002

数学建模竞赛成果诊断倒逼教学 资源库优化的机制研究*

王积建, 章纪顺

(浙江工贸职业技术学院, 浙江 温州 325003)

摘要: 为了提高大学生的数学建模能力, 建立了以数学建模竞赛论文诊断倒逼教学资源库优化的正反馈闭环系统, 开展了10年的实证研究, 结果表明, 随着教学资源库的逐年优化和完善, 大学生的数学建模竞赛论文水平呈现逐年上升的态势。

关键词: 数学建模竞赛; 教学资源库; SD方法; 正反馈闭环系统; 实证研究

中图分类号: G712

文献标识码: A

文章编号: 1672-0105(2019)04-0005-06

A Systematic Study on Results Analysis of Mathematical Modelling Contest Driving the Reform of Teaching Database

WANG Ji-jian, ZHANG Ji-shun

(Zhejiang Industrial & Trade Vocational College, Wenzhou, 325003, China)

Abstract: To enhance mathematical modeling performance of university students, it founds a positive feedback closed-loop system on mathematical modelling contest paper driving the teaching database upgrade. An empirical study on the last ten years has been conducted. Results shows that as teaching database upgrades and advances, mathematical contest thesis by university students takes a upward trend on a yearly basis.

Key Words: mathematical modelling contest; teaching database; SD model; closed-loop system of positive feedback; empirical study

一、引言

自从教育部颁布《关于开展高等职业教育专业教学资源库2010年度项目申报工作的通知》以来, 高职院校开展了轰轰烈烈的教学资源库建设工作, 建设成果促进了优质教学资源的共建共享和高职教育的协同发展, 尤其在专业建设、课程改革、校企合作等方面成效显著^[1]。然而, 由于教学资源库的建设存在供需错配、持续更新机制缺乏、内容适切性不足、重建设轻应用、重数量轻质量、重实践轻理论等问题^[2-6], 使得教学资源库的应用与推广效果大打折扣。

数学建模是沟通数学和应用的桥梁。为了培养大学生的数学建模能力, 高职院校普遍开设了数学建模和数学实验课程, 并且积极参加全国大学生数学建模竞赛。该项赛事创办于1992年, 每年一届, 是教育部首批列入“高校学科竞赛排行榜”的19项竞赛之一^[12]。数学建模教学资源库建设对于促进数学建模课程改革、提高教学质量、增强数学建模能力具有显著的作用, 同时也能够显著提高数学建模竞赛的成绩。本文从数学建模教学资源库建设与数学建模竞赛成绩的关系出发, 探索建立数学建模教学资源库逐年持续优化的机制, 为解决教学资源库

收稿日期: 2019-10-09

基金项目: 浙江省教育厅高等教育“十三五”第一批教学改革研究项目“高等数学CDIO-MEM教育模式改革的研究与实践”(jg20180747); 浙江工贸职业技术学院教学创新项目“竞赛分析机制倒逼课程改革”(浙工贸院〔2018〕61号)

作者简介: 王积建(1966—), 男, 甘肃景泰人, 浙江工贸职业技术学院副教授, 硕士, 主要从事应用数学、应用统计和数学教育研究; 章纪顺(1960—), 男, 浙江温州人, 浙江工贸职业技术学院高级实习指导老师, 本科, 主要研究方向: 教学管理与研究。

建设存在的诸多问题提供一个有效的途径。

二、相关理论简介

(一) SD方法

系统动力学(System Dynamics, SD)是由美国麻省理工学院福雷斯特(Forrester, J.W.)教授于1956年创立的,适合于针对战略性、长期性、周期性、动态性、精度要求不高的复杂问题的研究与分析。SD方法最初应用于企业管理领域,被称为工业动力学,主要解决工业企业生产、销售、市场配置等问题,后来扩展到宏观领域的区域经济发展问题,再扩展到生态环境、社会管理等领域,SD方法作为研究复杂系统问题的有效方法得到了认证,并在20世纪90年代得到了广泛传播与应用^[8-10]。

(二) 闭环系统

钱学森先生对系统是这样定义的:系统是由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合成的、具有特定功能的有机整体^[11]。系统分为闭环系统和开环系统,闭环系统又分为正反馈闭环系统和负反馈闭环系统,正反馈闭环系统具有循环自激功能^[12]。

三、竞赛成果诊断倒逼课程体系优化的机制

截至2018年,全国大学生数学建模竞赛已经成功举办27年了。因为该竞赛具有系统性、周期性、动态性、长期性的特点,所以SD方法和闭环系统适合于研究数学建模教学资源库建设与数学建模竞赛论文水平的复杂联动关系。

为方便起见,将数学建模竞赛成果诊断倒逼数学建模教学资源库建设与优化的机制称为“倒逼机制”。另外,数学建模竞赛是以论文的形式提交研究成果的,竞赛成果实际上就是竞赛论文。

(一) 倒逼机制闭环系统的建立

本研究的基本假设如下:

(1) 优化数学建模教学资源库,能够完善学生的数学建模知识结构,提高数学建模能力、培养创新思维和团队合作精神,从而能够有效提高数学建模竞赛论文的水平。

(2) 针对数学建模竞赛论文的诊断,反过来能够刺激数学建模教学资源库的优化。

基于以上假设,建立数学建模教学资源库优化倒逼机制的系统结构,如图1所示。

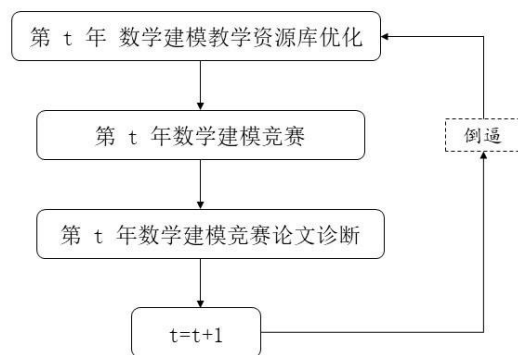


图1 数学建模教学资源库优化倒逼机制的系统结构

由图1可知,倒逼机制的系统由数学建模教学资源库优化子系统、数学建模竞赛子系统、数学建模竞赛论文诊断子系统组成。数学建模教学资源库优化子系统是指通过对数学建模资源库的优化,达到完善学生数学建模知识体系、提高数学建模能力、培养创新思维和团队合作精神的目標。数学建模竞赛子系统是指系统地组织大学生参加当年(第t年)的全国大学生数学建模竞赛;数学建模竞赛论文诊断子系统是指通过对当年(第t年)竞赛论文的诊断,总结经验与教训,寻找差距和不足,为下一年(第t+1年)数学建模教学资源库的优化打好基础。

由图1可知,倒逼机制系统是一个闭环系统,即“数学建模教学资源库优化→数学建模竞赛→数学建模竞赛论文诊断→再优化→…”。

(二) 倒逼机制闭环系统中各子系统的结构

1. 数学建模教学资源库优化子系统

数学建模教学资源库优化子系统如图2所示。

数学建模教学资源库由4个一级子库组成,分别是数学模型资源库、建模方法资源库、算法资源库、数学实验资源库。一级子库还可以细分为二级子库,二级子库细分为三级子库,等等。

数学模型资源库包含各类数学模型,如线性规划模型、多目标规划模型等;建模方法资源库包含各类建模方法,如层次分析法、灰色预测法、逼近理想解法等;算法资源库包含求解模型用到的各种算法,如遗传算法、蒙特卡洛模拟法等;数学实验资源库包含MATLAB、LINGO、SPSS等数学软件的计算命令等,如使用MATLAB软件求解多元线性回归模型的regress命令等。

通常我们无法对下一年数学建模竞赛试题或者

涉及的领域(如物理、化学、生物、经济、管理等)做出精准预测,但是可以对下一年竞赛的重点或热点做出大致预测。例如,从数学应用角度预测,竞赛热点是最优化、大数据等;再如,从社会热点角度预测,2009年竞赛热点可能与地震有关(2008年5月12日发生了汶川地震)。基于此,我们在第 t 年数学建模竞赛论文诊断报告的基础上,开展数学建模教学资源库优化,优化的目标是让第 t 年的

竞赛论文得分趋于100分,即“论文得分 $\rightarrow$ 100分”。

优化目标“论文得分 $\rightarrow$ 100分”具有“反射镜”的作用,通过这面镜子,将处于资源库之外的建模知识纳入资源库,并通过有效教学使学生熟练掌握这些内容,由此可见,倒逼机制系统是一个正反馈闭环系统。

2. 竞赛子系统

竞赛子系统如图3所示。

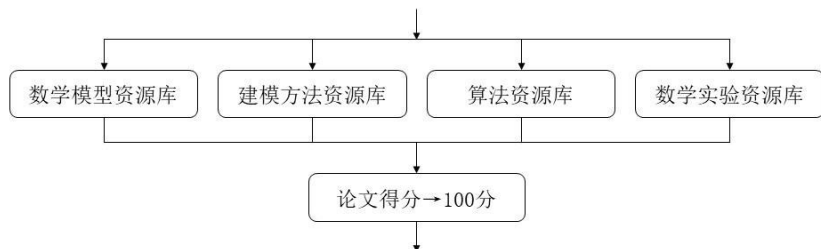


图2 数学建模教学资源库优化子系统

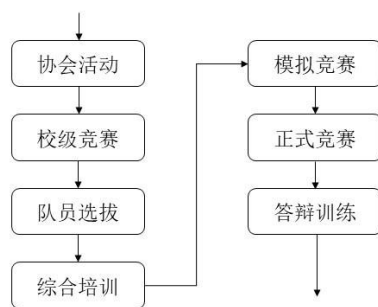


图3 竞赛子系统

3. 竞赛论文诊断子系统

竞赛论文诊断子系统如图4所示(图中实线方框表示实物或行为,虚线方框表示维度)。

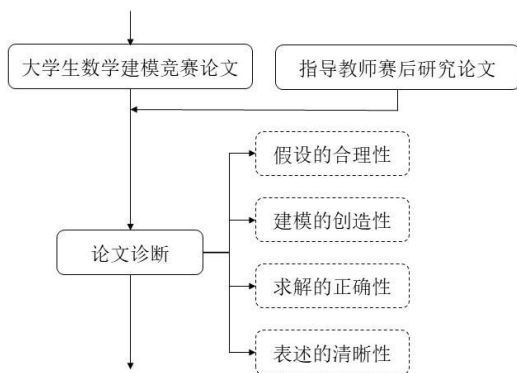


图4 竞赛论文诊断子系统

指导教师赛后研究论文是指竞赛指导教师对赛题深入研究后所撰写的研究论文或专著。数学建模赛题来自于经济、社会、管理等领域需要解决的真实问题,而且不能从任何文献(包括书籍、论文、网络等)中找到答案。竞赛由3名学生组成一个团队,在连续72小时内完成研究,以研究论文的形式上交研究成果。由于竞赛只有3天时间,即使是获得国家级一等奖的研究成果,也存在很多不足和缺憾,有的甚至有明显的错误,于是从2012年开始,竞赛组委会倡导和鼓励广大竞赛指导教师进行“赛后继续研究”,以得到准确无误的研究成果^[13]。

所谓“论文诊断”是指以指导教师所完成的研究论文为比较对象,分析学生参赛论文是否达到“最好”的水平,评分的维度有4个,分别是假设的合理性、建模的创造性、求解的正确性和表述的清晰性^[6]。

四、倒逼机制的实证研究

(一) 研究对象、条件保障和研究目标

以浙江工贸职业技术学院(下称“工贸学院”)数学建模教学资源库优化为研究对象,以数学建模竞赛为观察窗口,考察倒逼机制的效果。数学建模竞赛论文,既是倒逼资源库优化的动力源,又是检验资源库优化成效的客观指标。

为了保障倒逼机制能够长期持续开展下去,需要具备以下基本条件:

(1) 在研究期限内,数学建模竞赛指导教师团队基本稳定,特别是骨干教师不会离开教学一线。

(2) 在研究期限内,能够连续组织学生参加每年一届的全国大学生数学建模竞赛,不会出现断断续续的情况。

(3) 在研究期限内,竞赛奖励政策保持基本稳定或者逐步加大奖励力度,不会出现降低奖励力度的情况。

倒逼机制的研究目标:以数学建模竞赛为观察

窗口,以竞赛论文诊断为手段,以倒逼为动力,通过历时数年的实践研究,建立逐年优化并适应竞赛需求的教学资源库,形成数学建模竞赛论文诊断倒逼教学资源库优化的机制。

(二) 研究过程和结果分析

1. 阶段划分

工贸学院从2005年开始参加全国大学生数学建

模竞赛,在最初的4年中,数学建模竞赛处于摸索阶段,不但没有启动教学资源库建设,更没有建立倒逼机制。以2009年笔者发表第一篇赛题研究论文《饮酒驾车模型的进一步研究》^[4]为标志,正式建立了竞赛论文诊断倒逼资源库优化的机制,故以2009—2018年为研究期限,历时10年。

研究过程按照时间节点划分为4个阶段,如表1所示。

表1 研究阶段划分

阶段名称	起止年份	标志性事件
建立阶段	2009—2011年	2009年发表第一篇赛题研究论文《饮酒驾车模型的进一步研究》
夯实阶段	2012—2014年	2012年立项了第一个赛题研究(院级)课题《大型会议筹备问题研究》
成熟阶段	2015—2017年	2015年出版第一部专著《全国大学生数学建模竞赛试题研究》
推广阶段	2018—2019年	2018年在浙江省数学会职教分会上做专题报告

2. 竞赛论文打分及分析方法

对于某个参赛队竞赛论文的打分方法,如表2所示。

表2 参赛队竞赛论文打分方法

打分指标	假设的合理性	模型的创新性	求解的正确性	表述的清晰性
打分范围	0~100	0~100	0~100	0~100
指标权重	0.2	0.4	0.3	0.1

某参赛队竞赛论文的得分为

$$b = \sum_{i=1}^4 w_i a_i \quad (1)$$

其中, b 表示某参赛队的竞赛论文得分, a_i 表示第 i 个指标的得分, w_i 表示第 i 个指标的权重。

如果全校有若干参赛队,则取这些参赛队的竞赛论文得分的平均值作为全校整体论文得分,即

$$c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n b_i \quad (2)$$

其中, c 表示全校整体论文得分, b_i 表示第 i 个参赛队的论文得分, n 表示参赛队数量。

3. 结果分析

由于倒逼系统是闭环系统,必须在结果反馈机制下不断优化教学资源库,所以必须一边实践一边反馈,因此,首先需要交代观察指标情况。

统计工贸学院数学建模竞赛论文得分及平均分,如表3所示。

根据表3,将论文平均分按照年份画图,如图5所示。

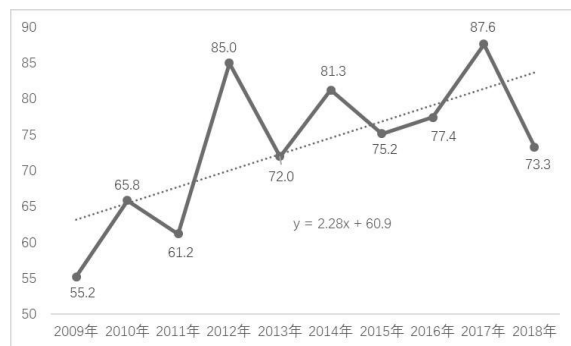


图5 论文平均分的演变趋势(注:虚线是趋势线)

表3 数学建模竞赛论文得分及平均分

年份	假设的合理性	建模的创造性	求解的正确性	表述的清晰性	平均分
2009	40.0	56.0	62.0	62.0	55.2
2010	40.0	70.0	75.0	73.3	65.8
2011	66.0	54.0	66.0	66.0	61.2
2012	80.0	85.0	90.0	80.0	85.0
2013	60.0	74.0	76.0	76.0	72.0
2014	72.5	82.5	85.0	82.5	81.3
2015	70.0	71.7	81.7	80.0	75.2
2016	82.0	76.0	76.0	78.0	77.4
2017	82.5	86.3	90.0	96.3	87.6
2018	67.1	77.1	71.4	75.7	73.3

从图5可知,竞赛论文水平呈现逐年上升的态势。

以 t 表示年份,取2009年为 $t=1$,使用最小二乘法拟合论文平均分方程为

$$c = 2.28t + 60.9, t = 1, 2, \dots \quad (3)$$

从方程(3)可知,竞赛论文水平每年以增加2.28分的速度在上升,说明倒逼机制具有一定的效果。

4. 实施方法

倒逼机制的做法如下:

(1) 根据上一年的竞赛论文诊断报告,对教学资源库进行优化,具体包括数学模型资源库优化、建模方法资源库优化、算法资源库优化和数学实验资源库优化,然后在当年的数学建模选修课和数学建模竞赛培训中实施。

(2) 组织学生开展数学建模系列活动,并参加当年的数学建模竞赛。

(3) 指导教师对当年的竞赛C题、D题作赛后研究,撰写研究论文。

(4) 对学生竞赛论文打分,统计竞赛论文平均得分,并撰写竞赛论文诊断报告,为倒逼下一年教学资源库优化做准备。

5. 优化过程

以2016年的竞赛倒逼2017年的教学资源库优化为例进行详细说明。

首先,针对2016年竞赛试题C题、D题进行简要分析。

2016年C题是《电池剩余放电时间预测》,本题是数据拟合问题。在保证拟合精度的条件下,参数越少、适用范围越广的模型就是越好的结果。数据拟合需要进行交叉验证,应当有明确的相对误差结果。根据放电曲线的物理意义,放电曲线应当是单调的、凸的(电压越接近最低保护电压放电越慢);不同电流的放电曲线不能有交叉,相邻电流下的放电曲线较为接近。违反这些定性性质的论文是不好的。

2016年D题是《风电场运行状况分析及优化》,本题是集数据建模与机理建模于一体的综合性问题,具有大数据特征。第一小题主要考察大数据处理与分析的能力,应在熟悉风力发电问题背景基础上,依据《中国风电场工程建设标准》,对风场的平均风速数据进行统计分析,对风速、风功率密度、有效风时等决定风力资源优劣的主要指标作出定量评价;同时对输出功率数据进行统计分析,

计算不同时段的实际发电量以掌握风力资源的利用情况。本小题的重点在于所用统计模型与方法的有效性和规范性。

第二小题主要研究风速分布对风机利用率的影响。以风机的年均功率系数为测度,建立年均功率系数与当地风速的关系模型,进而计算出不同型号风机在不同地点(风速)的年均功率系数,从而选出最适合该地点的风机型号。解答此小题时应注意不同空气环境对风机输出功率的影响,以及理论发电量和实际发电量之间的区别。

第三小题主要研究风机维护计划和维修人员排班方案的制定。可建立多目标数学规划模型,第一目标是经济效益,第二目标是维护任务均衡,第三目标是值班任务均衡,还有可能第四目标是加班任务均衡。优秀论文应包含对所得方案在均衡性和有效性等方面性能的分析,以及对模型和算法如何推广到一般情形的考虑。

其次,优化过程分步骤展开。

第一步,竞赛试题的赛后研究。针对2016年C题、D题作赛后研究。以赛后研究论文为比较对象,对学生竞赛论文进行打分,再将所有竞赛论文的得分取平均值,为77.4分。从分项得分看,建模创造性(76.0分)和求解正确性(76.0分)较低。

第二步,竞赛论文诊断。2016年的竞赛论文诊断报告,如表4所示。其中的“有”是指教学资源库里已经存储了该知识点;“无”是指教学资源库里目前尚未存储该知识点。

第三步,教学资源库优化。在2016年竞赛论文诊断报告基础上,对2017年的教学资源库进行优化,如表5所示。

第四步,在2017年的数学建模教学中实施(略)。

第五步,开展2017年数学建模系列活动,并参加全国大学生数学建模竞赛(略)。

第六步,2017年竞赛论文诊断。2017年的竞赛论文得分87.6分,创下历史新高。有一个队不但获得了国家级一等奖,而且由于是全国总排名第二而获得了优秀论文奖,竞赛论文发表在《工程数学学报》(增刊)上。

五、结束语

依据系统动力学和闭环系统理论,建立了以数学建模竞赛论文诊断倒逼教学资源库优化的正反馈

表4 2016年的竞赛论文诊断报告

教学资源库	赛题涉及到的知识点	有或无
数学模型资源库	函数拟合	有
	函数插值	有
	数学规划模型, 包括连续规划、整数规划、0-1规划、混合规划	有
	多目标规划模型	有
	威布尔分布的密度函数、分布函数、期望和方差	无
建模方法资源库	(未涉及)	-
算法资源库	数学规划模型的LINGO软件编程	有
	序贯算法等算法的LINGO软件编程	无
数学实验资源库	画散点图的命令	有
	求极限的命令	有
	求导数的命令	有
	求定积分的命令	有
	函数拟合的命令	有
	函数插值的命令	有
	矩阵运算的命令	有
	威布尔分布的参数估计命令、求期望和方差的命令	无
	MATLAB读取多张表格数据的命令	无

注:数学软件为EXCEL、MATLAB、LINGO。

表5 2017年教学资源库优化

教学资源库	赛题涉及到的知识点	措施
数学模型资源库	威布尔分布的密度函数、分布函数、期望和方差	补充
算法资源库	序贯算法等算法的LINGO软件编程	补充
数学实验资源库	威布尔分布的参数估计、求期望和方差	补充
	MATLAB读取多张表格数据的命令	补充

闭环系统, 然后以年为周期, 从2009年开始至2018年结束, 开展了累计10年的实践研究, 考察了教学资源库建设和优化的成效。结果表明, 随着教学资源库逐年优化和完善, 大学生数学建模竞赛论文水平呈现上升态势, 学生的数学建模能力、创新思维能力和团队合作能力正在逐年提升。

参考文献:

- [1] 周建松,张国民,郭福春.推进高等职业院校内涵建设的策略和路径研究——基于专业教学资源库建设的理论与实践分析[J].职业技术教育,2016,37(34):13-18.
- [2] 李漪.基于“互联网+”的职业院校教学资源库建设探讨[J].职业技术教育,2018,39(26):48-51.
- [3] 张国民,周建松,孔德兰.基于资源、平台、机制三协同的专业教学资源库建设机理研究[J].职业技术教育,2017,38(19):24-29.
- [4] 王长文,宗诚.当前高等职业教育专业教学资源库面临的困境与对策[J].黑龙江高教研究,2018,36(12):122-125.
- [5] 卢小平,张海建,李红.职业教育教学资源库建设中的供需错配问题研究[J].中国职业技术教育,2018(17):23-27.
- [6] 杨浩,付艳芳,杨陟卓.教学资源库建设存在的问题及对策探析[J].职业教育研究,2017(2):55-60.
- [7] 全国大学生数学建模竞赛.欢迎参加世界上规模最大的数学建模竞赛[EB/OL].[2019-5-4].<http://www.mcm.edu.cn/>.
- [8] 许光清,邹骥.系统动力学方法:原理、特点与最新进展[J].哈尔滨工业大学学报(社会科学版),2006,8(4):72-77.
- [9] 连莲.基于系统动力学视角的产业经济增长研究[D].北京交通大学,2017.
- [10] 邵青.资源配置视角下经济社会协调发展:政策绩效、仿真模拟及政策优化[D].浙江大学,2014.
- [11] 钱学森.论系统工程(增订本)[M].长沙:湖南科学技术出版社,1988.
- [12] 雷蕾.正反馈闭环管理系统在广播节目管理中的应用[J].中国广播,2009(11):64-65.
- [13] 王积建.全国大学生数学建模竞赛试题研究[M].北京:国防工业出版社,2015.
- [14] 王积建.饮酒驾车模型的进一步研究[J].数学的实践与认识,2009,39(12):86-91.

(责任编辑:尹清杰)