

基于自适应遗传算法的自动组卷策略研究

余 颖^{1,2}, 李晓昀^{1,2}, 左贵启², 陈 波¹, 罗 昭²

(1.南华大学 计算机科学与技术学院, 湖南 衡阳 421001; 2.南华大学 船山学院, 湖南 衡阳 421001)

摘 要:随着计算机辅助教学和网络的迅速发展,在线考试将逐步替代传统的考试方式而被广泛应用.利用计算机完成自动组卷也将替代原有的人工出卷方式,成为在线考试系统的核心功能之一.本文在量化组卷需求的基础上,提出了一种基于遗传算法的自动组卷策略,将试卷抽象为染色体,每道题抽象为染色体中的一个基因,不断抽取相应的试题组成多份试卷,最终根据用户设置的组卷参数,选择与用户期望值最接近的一份试卷,本文选取试题号作为单个基因编号对染色体进行编码,避免了解码和多余空间搜索的时间消耗,实验表明基于遗传算法的自动组卷结果较符合出卷要求.

关键词:遗传算法;自动组卷;在线考试系统

中图分类号:TP311

文献标识码:B

Research on Test Paper Auto-generation Strategy Based on Adaptive Genetic Algorithm

YU Ying^{1,2}, LI Xiao-yun^{1,2}, ZUO Gui-qi², CHEN Bo¹, LUO Zhao²

(1.School of Computer Science and Technology, University of South China, Hengyang, Hunan 421001, China; 2.Chuangshan College, University of South China, Hengyang, Hunan 421001, China)

Abstract: With the development of computer-assisted instruction and networking, online examination will gradually replace the traditional exam methods and be used widely. Test paper auto-generating by computer will replace manual way and become one of the core functions of the online examination system. This paper proposed an automatic strategy of test paper generation based on genetic algorithm, taking the quantification of test paper's requirements as precondition. We saw a paper as a chromosome, and each problem as a gene of the chromosome, constantly extracted out corresponding questions to composite several copies of papers, eventually selected the most corresponding copy with the parameters set

收稿日期:2016-03-07

基金项目:南华大学教改基金资助项目(2014XJ-YB13);南华大学船山学院教改基金资助项目(2012CY001)

作者简介:余 颖(1980-),女,湖南津市人,南华大学计算机科学与技术学院讲师.主要研究方向:知识发现与数据挖掘,软件工程.

by user. We chose the number of question as genetic code to encode the chromosome, avoiding the time consumption caused by decoding and search of extra space. The result of experiment shows that the composition of the test paper is more corresponding to the requirements of user.

key words: genetic algorithm; test paper auto-generation; online examination system

0 引言

随着计算机的广泛应用与网络的飞速发展,在线考试已经开始逐步替代传统的考试方式,越来越多的出现在人们的生活中.很多大型考试都使用了在线考试系统,如思科认证、TOEFL、GRE 考试、微软认证等.上机考试有效避免了传统笔试存在的许多弊端,比如人力物力的耗费、保密性差、考务工作繁重等等.然而,已有的在线考试系统大多是专用在线考试系统,它们针对特定的考试或者固定科目,不能直接照搬照用,将其作为高校进行相关课程考试的工具,因此,针对高校课程考核特点设计实现较为通用的在线考试系统,改变现有的传统考核方式对于高等教育改革十分有意义.

在线考试系统的核心环节之一即为组卷,如何在保证试卷结构合理,知识点覆盖充分,并且符合考试组织者的要求,满足考试意图的前提下,快速完成试题选择,这是自动组卷应满足的需求.本文以程序设计类课程在线考试系统的设计开发为应用背景,采用基于遗传算法的自动组卷策略完成了自动组卷.

1 组卷方法分类

目前已有的考试系统组卷方法可分为四种,第一种是从试题库人工选取试题.即由经验丰富的教师直接从试题库中选取试题.这样的方式比较原始,但能最大限度的符合试卷要求,比较通用,但也最耗费人力物力财力.第二种是从试卷库随机抽取套题.也就是把试卷一套一套存储起来,并不需要从试题库中选题,每次直接从试卷库中选择一套或多套试卷.这种方法最不灵活,既不能改变试卷结构,也不能修改试卷中的试题.第三种是传统出卷方法的无纸化形式.不需要试题库,教师根据个人意愿出一份 Word 文档的试卷,利用 Word 文档导入试卷进行考试.最后一种是机器自动组卷,也是最灵活、最科学方法.选择一种组卷策略对试题库进行抽取,利用教师提供的卷面参数进行组卷,以自动生成合理试卷.

自动组卷方法的基本原理就是:先量化用户

的需求条件,再采用一些随机组卷策略,从试题库中抽取出符合需求的试题集合,即完成了组卷.自动组卷方法又可细分为三类:

1) 基于随机函数或者随机变量算法的自动组卷方法.比如采用直接随机组卷算法、采用优先权算法等.这一类方法实现简单,一般应用于有固定题库的考试,像驾考科目一的考试.

2) 基于深度或广度搜索算法的自动组卷方法.比如采用回溯试探法等.这一类方法使用得较少,因为深度优先搜索对内存的占用率很高,很容易出现内存溢出的情况.

3) 基于智能搜索算法的自动组卷方法,比如采用遗传算法等.这一类方法是现在研究的重点,也是本文所采用的方法.

2 基于遗传算法的自动组卷方法

一份合理完整的试卷应该是体现在其考试范围的完整性,试题难度系数的合理性以及整体卷面难度系数的合理性.传统方式下,出卷者通过考试大纲规定事先选定好考试的范围,而后根据考试范围拟定相应的试题,由各个不同题型的试题组成一份完整的试卷,最后排版保存.自动组卷过程只需要教师设定好考试的相关要求,考试系统根据组卷参数自动从题库中选择试题,生成符合要求的试卷.

2.1 量化组卷需求

在一次自动组卷开始之前,教师对卷面的题型构成、考试的知识点及比重、试卷整体难度等内容进行设置,作为组卷的目标.所以,组卷问题实际上可以理解为一组多目标问题的优化.

首先,设置六个属性来描述试卷中每道试题,使用向量表示其中一道试题,如下:

$$s_i = [a_{i1}, a_{i2}, a_{i3}, a_{i4}, a_{i5}, a_{i6}], 0 \leq i \leq m$$

其中, m 为试题总数, s_i 表示第 i 道试题,其各个属性分别为:

题号 a_{i1} , 题型 a_{i2} , 所属知识点 a_{i3} , 难度系数 a_{i4} , 试题曝光度(即使用频率) a_{i5} , 题分 a_{i6} , 最终满足用户要求的整张试卷就由 m 个这样的向量组成.

组卷参数由用户指定,其中总分 P , 题型分值 A , 考试知识点分值 B , 试卷难度系数 D .由此定义

五个指标来约束一张试卷的生成:

$$(1) \text{总分约束 } \sum_{i=1}^m a_{i6} = p$$

$$(2) \text{题分值约束 } \sum_{i=1}^m H_1 a_{i6} = A_j$$

其中,题型由 j 表示,题型 j 所占分值由 A_j 表示.当 $a_{i2}=j$ 时 $H_1=1$,否则 $H_1=0$.

$$(3) \text{知识点分值约束 } \sum_{i=1}^m H_2 a_{i3} = B_k$$

其中, k 表示知识点, B_k 表示该知识点所包含的分值,当 $a_{i3}=k$ 时 $H_2=1$,否则 $H_2=0$.

$$(4) \text{难度系数约束 } \text{avg} \left(\sum_{i=1}^m H_3 a_{i4} \right) = D_i$$

其中, D_j 表示题型 j 所表示的难度系数,当 $a_{i4}=j$ 时 $H_3=1$,否则 $H_3=0$.

(5) 试题曝光度约束 $\min \left(\sum_{i=1}^m a_{i5}/m \right)$,表示各个试题的试题曝光度大小.

以上的五个约束条件中,第一个和第二个约束为组卷的必要指标,其他的为可选指标.

2.2 自动组卷策略

遗传算法是一种启发式搜索算法,具有收敛速度快以及全局寻优的特点,本文采用自适应遗传算法,将每张试卷抽象为一条染色体,试卷中每道题抽象为染色体中一个基因,根据初始种群的数量,不断抽取相应的试题组成多份试卷,即组成初始种群群落,按照图1流程进行遗传操作,最终根据用户填写的组卷参数生成与用户期望值最接近的一份试卷.

适应度表示个体接近最优解的程度,个体适应度越高,则选择它的概率就越大,由于试卷各项指标持有不同的重要程度,所以各项指标与用户误差绝对值加权和就是 $f(x)$.设定整套试卷适应度函数 $f(x)$ 表示试卷与用户期望值之间的误差.即:

$$f(x) = \sum_{i=1}^5 f_i \times w_i \quad (1)$$

表1 染色体编码

Table 1 Chromosome coding

	选择题					判断题					
染色体1	12	23	34	53	...	87	102	132	156	...	
染色体2	43	56	78	90	...	111	153	213	233	...	

染色体编码中的基因编号采用试题编号,这样可以避免染色体在编码的时候还要进行解码,同时表达的意义清楚、明确,所得出的试题就是算法的解,无需搜索多余的解空间,同时也避免了由于编码变换所导致的搜索空间增大,从而降低算

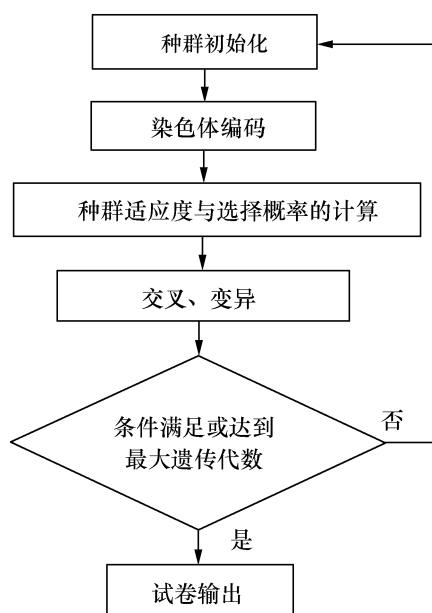


图1 算法流程图

Fig.1 The flow chart of algorithm

式(1)中, f_i 表示用户的期望值与第 i 个组卷约束条件实际的误差绝对值, w_i 表示第 i 个组卷约束条件的加权值.

一般来说,染色体的编码采用的最多的方式为二进制编码,即染色体的每一基因编号都是一位二进制数,这样的编码方式的好处是方便简单,而且更加直观.但其缺点是要对染色体进行解码.

本系统染色体编码采用单个基因编号的形式进行,即将染色体中的每个基因按照一定的规则进行编号,本算法采用的编码方式为将试题的编号作为染色体基因的编号.在对染色体基因编号之前,首先要将染色体的基因根据试题的类型进行分段标记如表1,之后染色体基因的编号工作就在这个基础上进行.

法性能的问题.

染色体促进操作包含记忆优秀抗体和染色体选择两部分.在记忆优秀抗体时,迭代过程中会将本次遗传代数产生的最差个体与上一代种群中的最优个体进行交换,确定最优解不会被丢失.

具体做法为:

$$x_{t+1}^{worst} = x_t^{best} f(x_t^{best}) < f(x_{t+1}^{best}) \quad (2)$$

式(2)中, x_{t+1}^{worst} 表示第 $t+1$ 遗传代数中的最差个体, x_t^{best} 表示第 t 遗传代数中最优秀个体.

染色体的选择操作基于适应度函数 $f(x)$,个体 x 和解的接近程度由 $f(x)$ 代表,故而个体适应度越优被选择的概率越大.染色体 i 被选择的概率为:

$$p_x = f_i / \sum_{i=1}^N f_i \quad (3)$$

式(3)中, f_i 表示第 i 个染色体的适应度值, N 表示种群大小.

经过算法的计算与选择,在某一遗传代中由算法预先设置的输出条件阈值决定是否满足组卷条件输出试卷,如不满足则继续执行下一代遗传过程,达到遗传最大代数后即可输出适应度最优

的染色体作为试卷输出.

3 结果分析

本文以程序设计类课程在线考试系统的研发为背景,对基于遗传算法的自动组卷方法进行了测试,首先在题库中输入了一部分测试用的模拟试题,包括选择题、填空题和改错题三种题型,共计模拟题题量为 1000 道.

组卷参数设置时,不仅对试题的类型、数量、分值、难度系数(本系统中,试题的难度系数从易到难分为 1~5 级)进行设置,还可以指定每个知识点所占的分值,进而更加明确每个知识点在整份试卷中的重要程度,可以有效地控制试题的分布范围,以达到更加准确的组卷效果.

采用基于遗传算法的自动组卷模块生成试卷,试卷的组成情况如表 2 所示.

表 2 自动组卷结果统计表
Table 2 The statistic table of auto-generation result

知识点	包含试题(编号)	题型	分值	难度系数	期望分值	实际分值
Java 数组	question490	选择题	4	1	0	45
	question396	填空题	1	2		
	question328	改错题	20	4		
	question101	改错题	20	2		
Java 继承	question162	选择题	4	2	0	16
	question265	选择题	4	1		
	question479	选择题	4	1		
	question59	判断题	2	1		
	question273	填空题	1	2		
	question88	填空题	1	1		
Java 多态	question84	选择题	4	1	20	19
	question338	选择题	4	1		
	question371	选择题	4	1		
	question192	判断题	2	1		
	question400	判断题	2	2		
	question425	判断题	2	1		
	question225	填空题	1	1		
Java 异常机制	question258	选择题	4	1	0	8
	question164	判断题	2	2		
	question302	填空题	1	2		
	question85	填空题	1	1		
Java 面向对象	question483	选择题	4	1	10	12
	question431	选择题	4	1		
	question72	填空题	1	2		
	question32	填空题	1	1		
	question335	填空题	1	2		
	question386	填空题	1	1		
期望难度系数	1.0	实际难度系数		1.4		

由上表可知,组卷效果基本能够满足实际需求,试题分布较合理,分值误差基本可接受,虽然组卷的实际难度系数与期望的难度系数存在一定的误差,但误差的大小与题库的大小有着密切的联系,一般来说题库的题量越多,系统的组卷误差会相对较小,反之则越大.我们还尝试采用直接随机组卷算法和回溯试探算法进行了组卷,同样存在难度系数的误差,直接随机组卷算法尽管时间效率略优于遗传算法,但题目组成上遗传算法得到的结果更加合理,而回溯试探算法的时间效率则较差.

4 总 结

一个良好完善的在线考试系统可以在检查教学成果方面发挥着巨大作用,它能够使得每位学生的水平得以公平准确地得到检查.组卷过程是在线考试系统的核心要素之一,一个高效智能的组卷算法可以在很大程度上使得出卷出错率大大降低,使整个考试变得合理,公平,更能满足进行考试的验证目的.本文利用遗传算法实现了一个快速有效的自动组卷过程,但面对题库规模过大的情况,算法的效率还须进一步改进.

参考文献:

- [1] 朱杰.在线考试系统的发展现状与趋势[J].无线互联科技,2014(4):76-77.
- [2] 陈思慧.基于网络的无纸化考试系统设升与关键技术研究[J].电脑知识与技术,2011,7(5):989-991,993.
- [3] Hu Jianjun, Sun Yuehong, Xu Qingzhen. The genetic algorithm in the test paper generation[C]//Web Information Systems and Mining International Conference, WISM 2011, 2011, 6987:109-113.
- [4] 刘怀兰,牛辉,王佳.基于改进遗传算法的智能组卷模型优化[J].华中科技大学学报(自然科学版),2013,41(5):82-85.
- [5] Lu X B, Hao L Z, Yan L F. Test Paper Materials Auto-Generation System[J]. Applied Mechanics & Materials, 2014, 484-485:808-811.
- [6] Li J J, Wang M. Research on Intelligent Generating Test Paper Based on Parallel Genetic Algorithm[J]. Software Engineering and Knowledge Engineering: Theory and Practice, 2012, 115:161-167.
- [7] Chen Lihua, Mei Yadong, Dong Yajie, et al. Improved genetic algorithm and its application in optimal dispatch of cascade reservoirs[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2012, 39(5):550-556.
- [8] 黄宝玲.自适应遗传算法在智能组卷中的应用[J].计算机工程,2011,37(14):161-163.
- [9] 许永达.基于改进遗传算法的智能组卷研究[J].计算机与数字工程,2013,280(2):176-178,207.
- [10] Wang L, Tang D B. An improved adaptive genetic algorithm based on hormone modulation mechanism for job-shop scheduling problem[J]. Expert Systems with Applications, 2011, 38(6):7243-7250.
- [11] 东苗.基于混合智能算法的组卷策略研究[J].微型电脑应用,2013,30(5):36-38.
- [12] 李娅.基于遗传算法的在线考试系统的设计与实现[J].中国科教创新导刊,2013(25):21-22.