

基于粒子群 - 遗传算法的智能选题组卷系统优化设计

许小红¹
XU Xiaohong

摘要

智能选题组卷系统受题型及知识点变化影响,生成速度较慢,影响并发处理效率,基于此,文章提出了一个基于粒子群-遗传算法的优化方案。硬件架构集成 PXIe 数据处理卡和机箱,结合 DSP 和 C2000 芯片,实现试卷题目的实时处理与输出。软件优化采用粒子群算法初步选题,通过适应度函数确保试卷质量,设计更新公式指导粒子移动。再利用遗传算法进行二次优化,考虑到多种因素,以粒子群结果作为遗传算法初始种群,通过选择、交叉和变异操作生成新个体,最终输出最优选题组卷结果。测试结果显示,系统并发处理效率平稳,达到 4.5 以上,表明优化处理真实可靠,能快速适应题型及知识点变化,覆盖和综合处理能力强,选题组卷效果显著提升,实践目标得以验证。

关键词

粒子群-遗传算法;智能选题;选题组卷;实时筛选;选择排布

doi: 10.3969/j.issn.1672-9528.2025.06.039

0 引言

选题组卷以人工的方式进行,不仅耗时费力,而且难以保证试卷的科学性和合理性。为提升选题组卷效率及质量,许多智能化选题组卷系统相继被提出。陆秀欢^[1]提出的人工鱼群算法在 C 语言考试系统智能组卷方法通过模拟鱼类的觅食、聚群和追尾行为,在所有可能的试卷方案中搜索较优的试卷组合,但题型与知识点变化时,鱼群信息共享不足,导致搜索方向偏差,影响试卷生成速度。赵舜^[2]提出的 VBA 编程控制组卷系统通过编写特定的宏代码,实现对试题库的管理、试卷的自动生成以及试卷格式的调整等功能,但题型和知识点变化时需调整代码,无法快速提供试卷。咸赵倍等人^[3]利用 ASP.NET 框架设计了一个低耦合、可测试选题机制,通过预设模块的辅助来完成环节的处理,有助于降低程序间的耦合性,提高系统的可扩展性,但预设模块无法直接适配智能选题组卷中新题型和知识点的变化,也影响试卷快速生成。

针对上述问题,本研究提出了一种基于粒子群-遗传算法的智能选题组卷系统的优化设计方案。粒子群算法具有快速收敛、全局搜索能力强的特点;而遗传算法则通过模拟自然选择和遗传机制,能够有效地解决复杂优化问题。本研究将两种算法融合,应用于智能选题组卷系统中,最终生成了既符合教学要求,又能有效评估学生学习水平的试卷,增加了系统的灵活性与完整性,为相关技术的发展与创新实践奠定基础。

1 选题组卷系统硬件结构

本研究设计的选题组卷系统硬件架构,其核心在于数据处理与筛选环节。系统集成 PXIe 数据处理卡和 PXIe-2315 数据处理机箱,结合 DSP 技术和 C2000 系列芯片,实现试卷题目信息的实时采集、处理、重组和输出。

硬件运行流程中,系统通过 PXIe 数据处理卡和机箱精准识别并组合试卷题目信息,进行实时处理与分析,完成组卷任务。系统配置 8 个通道,输入范围 $\pm 1.5\text{ V}$ 至 $\pm 10\text{ V}$,实时采样速率高达 168.5 kS/s 。DSP 作为硬件核心支撑,C2000 系列芯片作为核心处理器,初始工作频率 $200\text{ MHz}\sim 250\text{ MHz}$,各组件在 PXIe 卡及机箱调控下协同工作,确保系统关联控制性能^[4-6]。

系统功能模块紧密相连,题目信息采集模块录入、整合题目信息;智能组卷模块根据采集信息重组设计试卷;汇总输出模块核验标定试卷,输出完整组卷结果。同时,引入实时环境控制机制,形成更完善的控制模式,具体结构如图 1 所示,确保 C2000 芯片稳定运行,保护控制元件,优化硬件结构,提高数据传输效率。

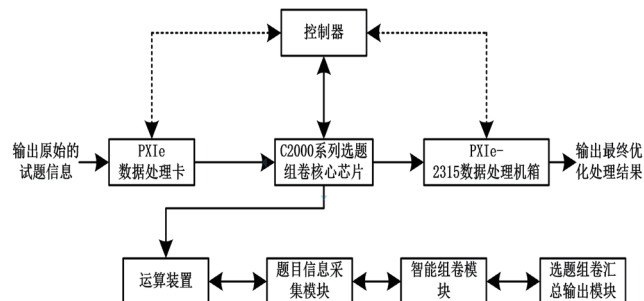


图 1 智能选题组卷系统硬件模块及数据流设计

2 选题组卷系统软件优化策略

2.1 利用粒子群架构优化选题组卷

试题库选题组卷是复杂的组合优化问题，粒子群算法因其强大搜索能力适用于此。系统利用该算法智能选题，动态更新粒子状态以快速适应组卷要求，确保试卷在题型、知识点、难度上达标。图2展示了基于粒子群算法设计的选题组卷系统基础执行架构。

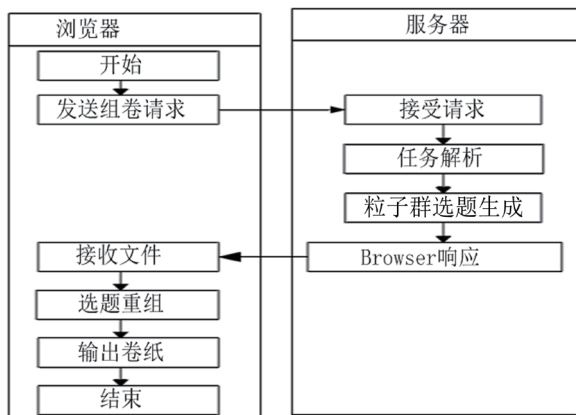


图2 粒子群选题组卷架构

在设计架构中，粒子群算法用于初步选题，每道试题视为一个粒子，代表潜在试卷解。粒子位置向量含试题编号，速度向量指导移动方向。通过适应度函数计算难度、类型等，确保试卷难度适中^[7-8]。适应度函数如公式所示：

$$g(x) = a \times \sum_{u=1}^d \partial u(d-h) \quad (1)$$

式中： $g(x)$ 代表适应度函数； a 代表权重系数； ∂ 代表选题目标； u 代表选题数量； d 代表第 u 道试题的实际难度值； x 代表题目难度、类型等变量； h 代表违反约束条件的惩罚函数。

当接收到选题组卷的请求时，系统会将其传输到预设的位置，并对请求进行解析。按照组卷要求，系统会先进行智能选题，并设计相应的更新处理公式来指导粒子的移动。其公式分别为：

$$V_i^{u+1} = \omega \cdot V_i^u + c_1 \cdot (V_i^u \cdot c_2)^2 \quad (2)$$

$$Z_i^{u+1} = Z_i^u + V_i^{u+1} \quad (3)$$

式中： V_i^{u+1} 代表粒子更新速度； V_i^u 代表前一次迭代的速度； Z_i^{u+1} 代表试卷优化更新处理结果； ω 代表惯性权重； c_1 和 c_2 分别代表自我认知系数和全局认知系数。

完成更新后，系统会对选题进行重组处理，并比较适应度函数是否满足所设定的值。如果满足，则输出当前完整的试卷；如果不满足，则返回继续迭代更新。

2.2 基于遗传算法与自适应调度的选题组卷二次优化

考虑到知识点覆盖数、曝光度、试卷难度、区分度等因

素对试卷质量的影响，设计适应度函数来评估这些因素，适应度函数用公式表示为：

$$F = \frac{1}{\sum_{n=1}^4 w_n c_n + 1} \quad (4)$$

式中： w_n 为知识点覆盖数、曝光度、试卷难度和区分度4个指标的实际值同期望值的差值的绝对值； c_n 为上述指标在目标函数中的占比，且比例之和为1。

以粒子群算法得到的试卷作为遗传算法的初始种群，设种群规模为 m 。每个个体（试卷）用染色体表示，染色体的基因表示题目的选择情况（与粒子群算法中的表示类似）。通过轮盘赌选择法，根据个体的适应度函数值计算每个个体被选中的概率。设个体 i 的适应度为 F_i ，则个体 i 被选中的概率 P_i 为：

$$P_i = \frac{F_i}{\sum_{j=1}^m F_j} \quad (5)$$

式中： F_j 为个体 j 的适应度。根据所得的概率结果选择一定数量的个体进入下一代种群。

在遗传算法的进化过程中，采用单点交叉，随机选择一个交叉点，将两个个体在交叉点前后的基因进行交换，生成新的个体。设两个父代个体为 $A=(a_1, a_2, \dots, a_d)$ 和 $B=(b_1, b_2, \dots, b_d)$ ，交叉点为 k ，则交叉后的子代个体为 $A'=(a_1, a_2, \dots, a_k, b_{k+1}, \dots, b_d)$ 和 $B'=(b_1, b_2, \dots, b_k, a_{k+1}, \dots, a_d)$ 。

对种群个体以一定概率变异，随机选出与变异位置题型相同且不重复的试题替换，增加多样性。通过重新组合题库题目逐步变异，生成新个体，并利用式(4)计算适应度。若适应度大于给定值，终止算法；否则，继续交叉变异，直至满足条件，输出最优选题组卷结果。

3 系统测试

3.1 测试准备

为验证所提方法进行选题组卷的有效性，现进行测试相关准备，其实验测试场景如图3所示。



图3 实验测试场景

本次以K区域的选题组卷系统作为目标对象，利用MyEclipse平台作为选题组卷的测试系统，系统内包含650道试题作为测试的目标对象，并接入MySQL数据库进行辅助，

形成基础的测试环境，具体的选题组卷现场执行如图 4 所示。



图 4 选题组卷现场执行示意图

为确保测试所得结果的可靠性，现对测试相关参数进行设置，如表 1 所示。

表 1 参数设定

基础测试指标	预设参数标准值
初始种群规模 / 个	50
精英保留个 / 个	5
变异概率	0.01
种群交叉概率	0.65
最大迭代次数 / 次	100
适应度函数值	0.35~0.49
目标相似度	0.12
目标区分度	0.45

基于表 1 的参数设定，接下来设计 K 选题组卷系统的基础测试流程，如图 5 所示。

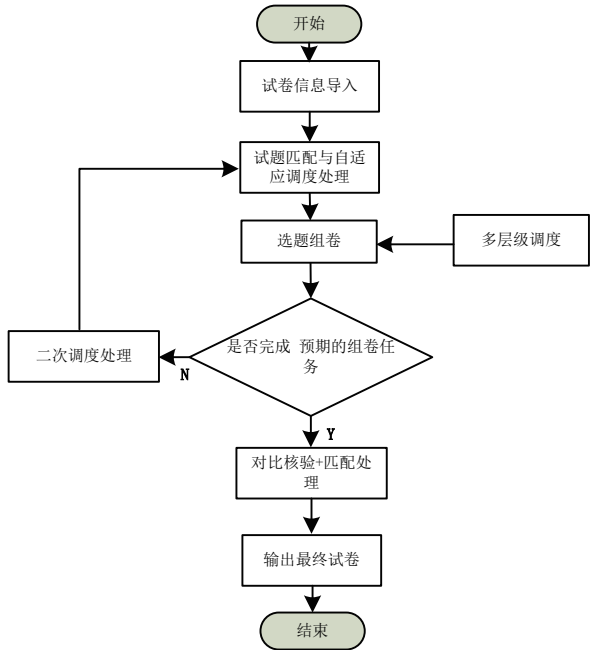


图 5 K 选题组卷系统测试流程

综上，完成对测试环境的设定及部署，随后，应用选题组卷方法展开测试分析。

3.2 指标设置

选用文献 [1] 中人工鱼群算法的 C 语言考试系统智能组卷方法研究和文献 [2] 中基于 VBA 编程控制的组卷系统作为对比，根据选题组卷处理延时、并发处理效率、个性化需求下处理量等指标，与所提系统展开对比分析。选题组卷处理延时是指在执行组卷任务时所产生的延时，其结果越小，说明选题组卷执行速度越快。并发处理效率是指在大批量的组卷任务中的处理效率，其计算公式为：

$$\nu = \frac{\mathfrak{Z}}{\tau} \tag{6}$$

式中： ν 代表并发平均处理效率； $\mathfrak{Z}$ 代表处理任务总量； τ 代表平均处理时间。其结果越大，说明在大批量的组卷任务中应用性能越强。

个性化需求下处理量是指在面对不同用户的个性化需求下，可完成选题组卷的处理数量。其值越大，说明组卷效果越好。

3.3 测试过程与结果研究

预设 8 个批次的选题组卷处理目标任务，在不同的迭代处理次数背景下，测定出当前的选题组卷处理延时，结果对比如图 6 所示。

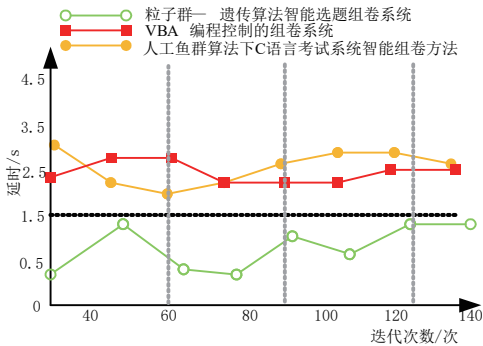


图 6 不同迭代次数下选题组卷延时对比

分析图 6 可知，与人工鱼群算法下的 C 语言考试系统智能组卷方法和 VBA 编程控制的组卷系统相比，本次设计的粒子群—遗传算法智能选题组卷系统延时更小，均控制在 1.5 s 以下。这表明该系统对设定任务的执行速度较快，覆盖性与综合处理能力较强，选题组卷处理效果得到了明显提升，具有实际的应用价值。本文系统的主要优势在于利用遗传算法对初步选题结果进行二次变异和优化操作，在这个过程中，遗传算法的局部搜索优势得以发挥。与一些简单的组卷系统相比，它不是仅仅按照固定规则选择试题，而是根据已经初步确定的选题结果进行有针对性地优化。这种优化在保证试卷质量的同时，避免了因为后续调整而可能带来的大量重复搜索，从而减少了整体的延时。

针对设置的 8 个批次选题组卷任务，根据用户需求，如题型、难度、知识点等的变化，利用式 (6) 计算出系统任务

的并发处理效率,结果如图7所示。

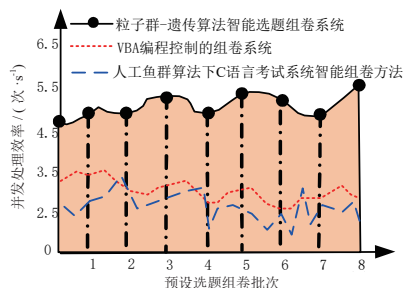


图7 选题组卷系统平均处理效率结果分析

从图7中可以看出,面对题型、难度、知识点等的变化,系统的平均处理效率始终保持平稳且均衡,且都能达到4.5以上。这表明本研究对系统的优化处理是真实可靠的,具有较高的实用性。在面对复杂多变的环境时,系统能够实时调度处理,以最短的时间完成选题组卷的任务。本系统的优势主要体现在软件设计中,尤其是结合自适应调度技术设计的试题库自适应匹配调度环节。这一环节能够根据当前的组卷情况动态调整试题的选择。当发现某种题型已经满足要求时,自适应调度技术可以及时调整搜索方向,避免在该题型上继续浪费时间,从而提高整体的处理效率,确保在最短时间内完成选题组卷任务。

面对不同用户的个性化需求,可能需要设置特定题型、难度范围等,在测试的系统之中添加12组个性化的选题组卷任务,每一组的任务数量均是不同的,分析其对于目标试卷的生成数量,如图8所示。

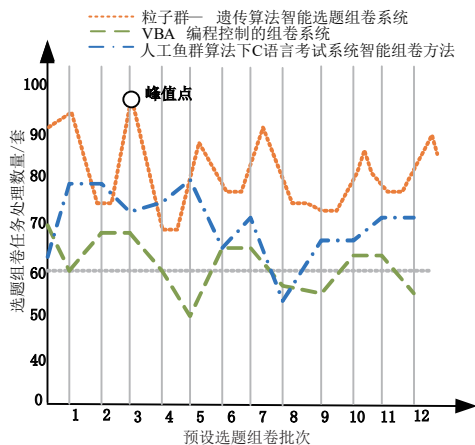


图8 个性化需求下选题组卷任务处理数量结果

分析图8可知,针对添加的12组个性化的选题组卷任务,与人工鱼群算法下C语言考试系统智能组卷方法、VBA编程控制的组卷系统相比,本文设计的粒子群-遗传算法的智能选题组卷系统最终生成的目标试卷数量均能达到60套以上,最高可达90套以上。这充分表明该系统经过优化处理后,对个性化需求的处理速度有所提高,系统整体的灵活性和应变性较好,在处理能力优化方面,处理效果更为显著。本系

统的优势在于结合自适应调度技术设计的试题库自适应匹配调度环节。面对个性化需求时,该环节可依据组卷情况动态调整试题选择。当某题型满足用户设定的数量或难度要求时,自适应调度技术能及时调整搜索方向,满足其他需求(如其他题型或知识点要求),充分利用试题库资源,提高系统灵活性,增加目标试卷生成数量。

4 结语

当面临复杂或海量需求时,受题型及知识点变化影响,试卷生成速度慢,系统并发处理效率降低。为解决此问题,本研究提出基于粒子群-遗传算法的智能选题组卷系统优化设计方案。软件设计过程中,通过融合粒子群算法与遗传算法,系统实现了对试题的高效筛选与组卷,同时结合定向排序与精细评估分析,确保试卷质量,提升了智能选题组卷的能力。测试与实践证明,该系统不仅显著提高了并发处理效率,还能灵活适应题型及知识点的变化,展现出强大的覆盖范围与综合处理能力。因此,该系统为教学创新与技术升级提供了坚实而有力的支撑。

参考文献:

- [1] 陆秀欢. 基于人工鱼群算法的C语言考试系统智能组卷方法研究[J]. 信息与电脑(理论版), 2023, 35(22):151-153.
- [2] 赵舜. 一个基于VBA编程控制的组卷系统的设计[J]. 电脑知识与技术, 2024, 20(3): 56-59.
- [3] 咸赵倍, 郭雨佳, 郜娅, 等. 基于ASP.NET的高职院校毕业设计选题系统设计[J]. 信息与电脑(理论版), 2024, 36(2): 7-9.
- [4] 董卫, 王婷婷, 徐剑. 基于Java Web的毕业设计选题系统设计与实现[J]. 科技资讯, 2022, 20(3):1-3.
- [5] 何琦敏, 宋康明, 李黎, 等. 智能化测量学教学辅助系统与组卷策略的设计及研究[J]. 苏州科技大学学报(自然科学版), 2024, 41(1):61-68.
- [6] 王艺, 曹越. AIGC技术赋能下图书选题智能策划系统的技术逻辑与体系构建[J]. 出版发行研究, 2024(2):31-37.
- [7] 史杨. 基于改进遗传算法的智能组卷系统的研究[J]. 中关村, 2023(10):112-113.
- [8] 王孟玉. 基于多目标遗传算法的智能组卷系统研究与设计[J]. 南宁师范大学学报(自然科学版), 2023, 40(3):57-62.

【作者简介】

许小红(1979—),女,江西万安人,硕士研究生,副教授,研究方向:考务管理。

(收稿日期:2024-12-17 修回日期:2025-06-04)