

基于模糊聚类分班的排课表系统设计与实现^①

Design and Implementation of Automated Timetabling System Based on FCM Sectioning

章小莉^{1,2} 王文杰¹ 赵 耿² (1.中国科学院研究生院 远程与继续教育学院 北京 100049;

2.北京电子科技学院 计算机科学与技术系 北京 100070)

摘要: 讨论一个学分制管理模式下“先选后排”流程排课表系统的实现。系统打破传统的“先排后选”流程排课表做法,设计了教学计划发布、学生选课、教学班组织、自动排课表几个环节,并提出用模糊C聚类算法组织选修课教学班,以尽力满足学生选课意愿的同时组织好选修课教学班,减少排课资源的冲突,提高自动排课表系统有效解概率。

关键词: 学分制 先选后排 教学班 模糊C聚类算法

尽管大学课程表问题受到相当多的关注,有若干可行解决方案^[1]在实际中应用,但是完全针对学分制管理模式的系统却很少。所谓学分制是以学生选课为基础,根据绩点学分计算学习量和质,据此作为学生学习、毕业的标准,并辅之以教师指导制的一种综合性的教学管理制度。学分制犹如一个教育超市,学生可以根据自己的经济承受能力、兴趣爱好、学习潜质,自主安排学习。学习期间,学生自己选择攻读学位的个数、毕业的时间、是否跨专业、跨系科选修课程等。学分制的目的是使学生获得更多自主权,享受教育的公平。但要真正在学分制模式下尽可能满足学生个人的学习愿望,就必然改变传统的“依据教学计划,安排课表,进行授课”的教学管理模式。人们一般采取的方法是“安排课表,让学生选课,开展教学活动”,这种“先排后选”流程已难于满足“大基础小专业”教育改革新方向,学生在授课时间冲突时要放弃自己的选择,教学班生源也很复杂,课表难排。本文设计的系统采用“先选后排”课表流程,并基于模糊C聚类算法按学生个体学习计划组织选修课教学班,最大限度地满足学生选课愿望,解决教学班组织难问题,减少自动排课表系统中资源的关联性,提高自动排课表算法产生有效解的概率。

1 “先选后排”排课流程

教育改革30年,为适应市场需要,“大基础小专业”教学模式正在大学试行。学生低年级只有学科方向,高年级才进入专业方向细化,按班或其组合的“先排后选”传统排课表流程难于适合时代的需要。为适应以学生为主的学分制管理模式,学校教学组织模式发生了一系列变化,让学生对教学工作的组织有深入了解,对课程设置以及课程间关系有清醒认识,明确

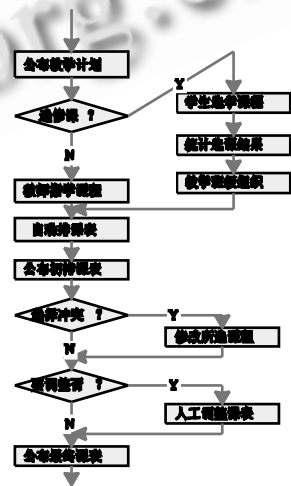


图1 “先选后排”排课表流程

^① 基金项目:国家自然科学基金(70431002);北京电子科技学院重点实验室资助项目(70431002)

收稿时间:2009-01-13

自己学习方向，制定相应的学习计划。对此本文设计实现的“先排后选”排课表系统中，增加了学生选课环节^[2]，以及相应的教学计划公布模块。这种自动排课表系统流程如图1所示。

2 系统结构设计

根据“先选后排”排课表流程的需要，对该排课表系统设计如图2所示功能模块：

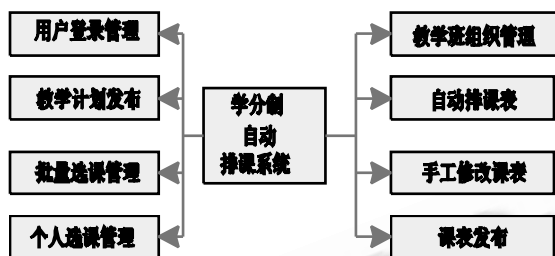


图2 功能模块划分图

自动排课表系统模块的运转必须体现实际流程中各个环节的前后关系，因此系统实现时在不同时候登录系统可以实际操作的模块不同，不同人员登录系统可以操作的模块也不相同。其中，任何时候，所有人员可以查看“计划”和“课表”（不存在时，为空表），学生还可以在课表为空或初始课表发布时，完成“选课”，其他模块则只有教学管理人员可以操作，批量选课和教学班组织是自动排课表的前提条件。

由于流程涉及多个工作环节，且参与的角色有“教学管理人员”、“学生”，最终发布的结果面对全院师生，故此系统结构设计为B/S结构的Web应用程序，使用J2EE技术开发^[3,4]。系统完全基于Web接口，其中主要框架用struts架构实现^[5-7]，用Hibernate实现模型组件中对SQL关系数据库MySQL的数据持久化^[7]。系统结构如图3所示：

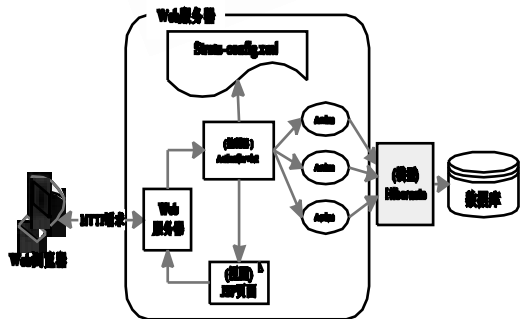


图3 系统体系结构

自动排课表系统特殊之处是排课表和教学班组织问题解决过程中人工交互不多，但它们产生的结果可以由管理人员手工修改。所以把排课表和模糊聚类分班算法实现为一组Java类，作为类库的扩展件，由自动排课表系统调用，它们运算的结果直接保存在MySQL数据库库表中，供手工调整班级和课表时取用。

3 系统的实现

3.1 系统用户分类设置

自动排课表系统只允许合法用户使用，其中所有人员可以查看计划和课表，学生可以定期选课，教学管理人员可以做所有操作。当选课时间结束，学生与教师的功能相同。对此，设计employee(empID, pwd, powerID)和power(powerID, name, remark)对用户进行分类管理，当不允许学生选课时将他们的powerID改为与教师同，实现选课环节的关闭。

3.2 教学计划发布

教学计划是培养学生的指导性文件，常以表格形式按专业方向和学期来呈现。这不利于学生的理解，为此系统中还用课程大纲中要求的课程前后关系图展示计划，让学生容易理解计划中所列课程之间先后序关系以及专业能力所需知识。另外还呈现了每学期该学哪些课程的建议，方便学生制定自己的学习计划。

教学计划呈现形式虽然多样，但很少发生更改。因教学计划数据本身按专业、年级存储于数据库表，技术实现时，用户只要选择“专业”，默认显示出已经制作好的课程关系图，它是使用HTML的frameset标签辅助于JavaScript实现，图片或数据库表中计划数据库用struts标签库显示，此时如果改选“教学计划表”或“授课时间建议”，就会用呈现出数据库中的教学计划数据或者制作好的按学期需要完成授课时间建议图。

3.3 选修课程

这项工作分为两类：一类是必修课，由教学管理人员按班级指定该学课程学习人员，即批量选课。另一类是选修课，由学生自己选课。

必修课还是按自然分班来开展教学，提供的操作界面依次呈现“专业方向”“班级”“课程”，用户逐项选择相关内容，即指定学生必修的课程。

选修课在用户登录之后，将看到学期开设的所有

选修课程,如果继续设定“年级”“专业方向”,可缩小选课范围。一旦点击“选课结束”,汇总“选课单”供用户确认,“重选”“撤销”“确认”结束选课操作。

个人选课工作是阶段性的,可用期间使用频度高,会发生瞬时峰值,为减少客户端与服务器交互,没有设计及时反馈课程已选修人数等信息。

3.4 教学班组织

学分制排课难点是选修课不再按自然班或其组合来组织,这使得传统上按自然班或其直接组合的排课系统资源相关性增大,排出的课表会因为某班几个人选修一门课时,其他同学时间被闲置,也因资源冲突导致排课算法求解效率下降。在此使用模糊 C 聚类算法实现教学班组织^[8],改按班排课做法为按人排课。具体实现时,首先设定学生选学课程为聚类算法的样本空间值(称为学生选课数据特征参数),数据描述为:

$$V_i=(V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{ip})$$

其中:

$$V_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{如果学生选学课程} \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

并依据教学管理规则“小于 20 选学人数的课程不开课,多余 90%人选学的课程为必修课”,设计以下算法改进原始的分班特征参数,缩小分班聚类空间范围:

AllLessons=教学计划所列全部可选课集合;

List1=每门课选课人数集合;

List2=每门课选课人数百分比;

Thresholds1=20; //最低开课人数

Thresholds2=90%; //视为必修课选择概率。比例值高低依据管理策略而定

SelectedLessons= AllLessons; //选定的要排课时的课程集合。初始值为空

SelectedFeatures= AllLessons; //分班特征参数

for i:=1 to length(AllLessons) do

begin

MaxSet=选学人数<Thresholds1 值的集合;

MinSet=选学百分比>Thresholds2 值的集合;

合;

End

SelectedFeatures=AllLessons-(MaxSet,MinSet)

SelectedLessons= AllLessons-MinSet;

这里所求的 SelectedFeatures 能对 $V_i=(V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{ip})$ 进行优化,降低样本空间尺度。SelectedLessons 集合即为课表上待排课时的选修课程。

然后,依据约束条件:

(1) 教室容量。即课程教学班听课人数不超出授课教室的最大容纳能力。

(2) 不违背学院管理策略。即教学班人数不可以超过学院规定的最大听课人数,也不能低于最少听课人数。

(3) 学生的选择必须尽可能被满足;

(4) 教学班人数尽可能均衡;

假设 Xdat 是待聚类数据, K 是聚类数, mfuz 是模糊参数取经验值 1.5; epsilon 是偏差值; itmax 是聚类迭代次数,取经验值 10; Umat 模糊聚类矩阵; Cmat 为聚类中心 s 矩阵; it 是迭代次数; valJ 是标准差。用表 1 所列函数按图 4 所示流程实现教学班组织。

FCM 聚类算法流程如图 4 所示。

表 1 FCM 聚类算法所用函数一览表

序号	子程序名	说明
1	[moy, dev, cv, cvp] =calcStatYm(Y, m, p)	计算均值、标准差和距离集系数
2	[Umat, Cmat, it, valJ] =fcm(Xdat, K, mfuz, epsilon, itmax)	FCM 算法实现数据集模糊聚类
3	Cmat =fcm_calcC(Xdat, K, mfuz, Umat)	求聚类中心矩阵
4	Dmat =fcm_calcD(Xdat, Cmat)	求样本数据和聚类中心间距离矩阵
5	Umat =fcm_calcU(mfuz, Dmat)	用距离矩阵计算符合度
6	Cmat =fcm_dataInitC(Xdat, K)	设数据集 K 个样本为初始聚类中心
7	valJ =fcm_evalJ(Xdata, Cmat)	估算聚类效果

再设计班级组织效果的评估参数“Reselect(不满足数)”、“Density(密度)”和“N1PerN2(N1/N2)”

评估聚类组成的教学班效果。

* Reselect 是聚类后一类中选课不满足的总数，聚类后 Reselect 越小，学生需改选课程人次越少。

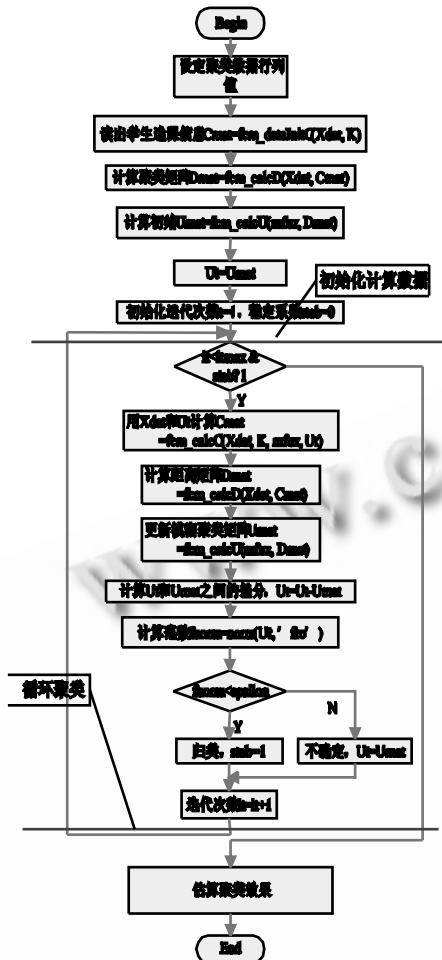


图 4 FCM 聚类算法流程图

* Density 是同一教学班中每对学生共学课程的总数。具体规格化 Density 的做法是：找出最大的 Density 值，用所有的 Density 值除以最大值，使 Density 取值在(0,1)之间，越趋于 1 表示教学班学生同时选学的课程数越多，分班结果好。

* N1PerN2 用于保证教学班人数的均衡。N2 是某班最多的人数，N1PerN2 取值也在[0, 1]之间。N1PerN2 越趋于 1，班级人数越均衡。

制定表 2 所示的聚类结果值判定原则。

聚类分班迭代运算经过评价原则的使用将完成选修课教学班的组织。

3.5 自动排课表

当所有资源准备停当，进行“课程”“教学班”“授

表 2 聚类算法所用判定原则

Reselect	Density	N1/N2	结果
低	高	趋于1	特好
低	高	0.5左右	好
中等	中等	趋于1	好
中等	中等	0.5左右	中等
高	低	趋于1	一般

课教师” 3 项资源的组合分配，使排课算法简化成“时间”“课程”“教室” 3 类资源组合的问题，进入自动排课表，这项工作复杂度高，系统利用课程分组优先法思想[9]实现课表的自动编排，且允许“甩掉”确实无法排出的课程，由后期人工处理。自动排课表类 pre_timetable 在实际排课时，按“年级”“专业”读取数据库数据，然后排出相应课表，并保存到 course_Table 表中，它不负责实现课表的显示。这样设计的目的是便于今后更换或改进排课算法的时候，不影响系统的整体运行。

排出的课程表另外由表示层的视图 show_timetable 和 show_timetableForm 完成界面显示。

3.6 手工修改课表或班级组合

本系统中教学班级的组织和排课结果都允许管理人员进行手工调整，因此上这两种结果被对应算法开发的类 auto_section 和 pre_timetable 产生之后在数据库中按“年级”“专业”实际存储，当手工调整时，相应的交互页面 art_section 和 art_timetable 显示相应的结果，其样式与发布课表时的形式相同，只是这时所有课程表内容允许人工编辑，并用 art_sectionForm 和 art_timetableForm 保存调整结果到教学班组织表 section_Table 和课程表 course_Table 中，已备发布所用。具体编程时，用 struts 的 <html:text><html:checkbox><html: select> 等标签页面信息的呈现，并提供提交操作按钮，使得可以提交修改结果，通过相应的 ActionForm 完成内容修改。

4 小结

学年制的缺点显而易见，市场经济对人才多样性的需求，催促学分制在各种教学单位实施。好的课程表是任何一个教学单位完成教学任务的必要条件，研究适合于学分制的自动排课表系统具有非常重要的现实意义。但排课表问题是一个 NP 完全问

(下转第 169 页)

(上接第 116 页)

题, 求解算法强烈地依赖个体特性。本文所做研究针对的是小规模教学单位, 上万人的大学使用本算法时, 需要将任务按系或专业来组织, 减小问题规模, 并将系统改进为分布式结构模型, 依然会有实用价值。

参考文献

- 1 李端明, 李宇翔. 学分制下排课的数据组织与算法. 计算机工程与设计, 2006, 27(19): 3709 - 3712.
- 2 Amintoosi M, Haddadnia J. Feature Selection in a Fuzzy Student Sectioning Algorithm. PATAT 2004—Proc. of the 4th International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling 2005. PATAT 2004, LNCS 3616, 2005: 147 - 160.
- 3 王毅, 尹相群, 编. Struts 应用开发完全手册. 北京: 人民邮电出版社, 2007.
- 4 王国辉, 马文强, 编. Hibernate 应用开发完全手册. 北京: 人民邮电出版社, 2007.
- 5 连洪武, 编. Eclipse Web 开发从入门到精通(实例版). 北京: 清华大学出版社, 2007.
- 6 陈松, 编. J2EE 电子商务系统开发从入门到精通. 北京: 清华大学出版社, 2007.
- 7 刘聪, 等, 编. 零基础学 Java Web 开发. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- 8 章小莉, 王文杰, 赵耿. 基于聚类算法的教学班组织策略研究. 北京电子科技学院学报, 2008, 16(4): 4 - 7.
- 9 王祐民, 赵致格. 排课表问题中的分组优化决策算法. 控制与决策, 1999, 14(3): 109 - 114.