

基于分层分次、贪心算法的排课系统的设计与实现

Design and Implementation of Course Arrangement for Gym

(重庆工学院)唐洪英 周 敏

Tang, Hongying Zhou, Min

摘要: 课程表问题是一类应用非常广泛的问题, 本文针对一类排课问题, 提出排课分层分次等思想、策略, 设计了选教练、课程的贪心算法, 及排课总算法, 并用 PB9+SQLServer2000 进行了实现。测试数据表明, 文中提出的思想、策略, 设计的算法是高效可行的。

关键词: 课程表; 规则与约束; 回溯法; 贪心算法

中图分类号: TP18 **文献标识码:** A

Abstract: Course arrangement is widely used. Based on course arrangement for Gym, present a idea that course arrangement is divided into two times, and solve a task each time, design different greedy- methods to choose teachers and to choose courses, and design the whole algorithm for course arrangement for Gym. Implement the course arrangement software by using PB9+SQLServer2000, and experiments indict that the idea and algorithms are efficient.

Keyword: course arrangement table; restrictions; backtracking; greedy method

技术创新

1 引言

课程表问题, 是典型的组合优化和不确定性调度问题, 是解决对时间和空间资源争夺而引起的冲突。20 世纪 50 年代末, 国外有人开始研究课表编排问题; 1962 年, Gottlieb 曾提出一个课表问题的数学模型, 并用匈牙利算法解决了三维线性运输问题; 20 世纪 70 年代中期, 美国人 SEven 等论证了课表问题是 NP 完全问题。进入 20 世纪 90 年代后, 国外对课表问题的研究仍然十分活跃, 比较有代表性的有印度 Vastapur 大学管理学院的 Arabinda Tripathy, 加拿大 Montreal 大学的 Jean Aubin 和 Jacques Ferland 等。

笔者曾与重庆一个较大规模的健身城 (以 CJ 表示) 联合, 由 CJ 提出健身城排课问题的规则与约束, 笔者负责设计、开发一个通用的健身城排课软件, 最后由 CJ 测试、运行。健身城排课不是一类特殊问题, 很多培训机构等都存在与健身城排课相似的规则与约束: 兼职教师、分散的分点、约束 12-15 (见 2.2) 等。本文结合笔者完成的项目, 深入分析、探讨了解决这类问题的思想、策略及算法。为叙述方便, 本文以健身城排课问题进行分析。但文中提出的解决思想、策略及设计的算法可供培训机构等的排课参考。

2 健身城排课问题的规则与约束

尽管在自动排课方面有一些可借鉴的算法、思

路, 但健身城等有很多特殊的排课规则与约束 (见 2.1), 使现有的排课算法、思路不适用。健身城设置了若干地理位置分散的分点, 各个分点设置一个健身场地, 分点有具体的开课时间。健身城排课是为各个分点的各天的各个时段 (一个时段安排一节课, 下同) 安排一名教练和一门课程, 并满足所有的规则与约束。

2.1 健身城排课问题的特殊规则与约束

(1) 同一名教练在同一分点的同一时段若排课只排一次 (教练强要求除外), 如教练 A 在分点 B 的周 1 第 1 时段排了一次课, 则 A 在 B 的周 2 以后的第 1 时段不再排课;

(2) 同一名教练同一天在同一分点的所有时段若排课只排一次 (教练强要求除外);

(3) 同一门课程在同一分点的同一时段若排课只排一次 (课程强要求除外);

(4) 同一门课程在同一分点的同一天若排课只排一次 (课程强要求除外);

(5) 约束 1-4 尽量满足, 当不能满足时, 将其改为有距离, 如约束 1 的例子变为: 教练 A 除了在 B 的周 1 第 1 时段外, 还可在 B 的周 3 的第 1 时段排课, 但不能在周 2 的第 1 时段排课;

(6) 健身城的教练是兼职的, 各个教练对上课时间、分点有具体要求; 若教练强烈要求在某个分点的某时段上课 (教练强要求), 必须满足;

(7) 教练擅长不同的课程, 若教练被安排上课, 其所上的课程应是其最擅长的;

(8) 各个教练所排学时尽量不低于其最小学时, 不超过其最大学时;

唐洪英: 硕士

项目来源: 重庆市重大科技项目, 项目名称: 信息化软件关键技术研究 (合同编号: CSTC.2004AA2001)

(9) 分点可指定各时段的课程(部分或全部),也可不指定;对指定的课程,可以是强制要求(课程强要求,必须安排),可以是一般要求(尽量安排);

(10) 对分点要求的课程,选择的教练应是上该门课最好的教练;

(11) 课表每周排一次,相邻周的课表不能相同;

2.2 健身城排课问题的隐含规则与约束(硬约束)

(12) 同一名教练在同天的同一时段不能在两个分点上上课;

(13) 应为同一天在不同分点上课的教练留出充足的交通时间;

(14) 同一分点同天的同一时段只能有一名教练上课;

(15) 同一分点同天的同一时段不能安排两门课程。

约束6中教练的要求可能是否定的,如教练A要求在分点B上课,则教练A可被安排在其他分点。教练对上课时间、分点可提出强烈要求,对课程,根据教练的特长由系统自动安排。级别高的教练其最小学时大,级别低的教练其最大学时小,规则8的制订是尽量让级别高的教练多排课,级别低的教练少排课。

根据健身中心的要求,教练的强要求必须首先满足(若教练强要求相冲突,以级别高的教练优先),其次满足分点的课程强要求(与教练强要求冲突时,以教练强要求优先),分点一般要求的课程尽量满足(与约束3、4冲突时,以约束3、4为主);当分点未报课时,健身中心对课程的安排除了约束3、4,没有其他要求。教练及分点提要求时间在周末,要求排课在1-2小时内完成。

2.3 健身城排课问题的形式化描述

定义如下资源集合:

教练集合 $T=\{t_1, t_2, \dots, t_n\}$, 分点集合 $D=\{d_1, d_2, \dots, d_m\}$, 一周的各天集合 $W=\{w_1, w_2, \dots, w_7\}$, 一天的各个时段集合 $S=\{s_1, s_2, \dots, s_k\}$, 课程集合 $C=\{c_1, c_2, \dots, c_c\}$ 。健身城排课问题转换为为每个 $\langle d, w, s \rangle$ 三元组寻找合适的 t 和 c , 以下将 $\langle d, w, s \rangle$ 简称为时点。若各个分点一周开课天数相同、每天的上课节数相同,则一个健身城共有 $|D| \cdot |W| \cdot |S|$ 个时点。

3 基于任务分层分次的贪心排课算法

3.1 任务分层分次、贪心排课算法的分析

尽管教练的要求有强烈与一般之分,下面的选教练算法、策略适用于两种情况,选课程算法、策略同样适用于分点的课程强要求、课程一般要求。

课程表问题随着资源数量的增大,会导致课程表编排选择方案的剧增,直接影响课表编排的解。当健身城的 $N=|T| \cdot |D| \cdot |W| \cdot |S| \cdot |C|$ 较大时,将5种资源信息组合在一起,选择教练与课程同时进行,就可能出现“组合爆炸”。笔者提出任务分层的思想,即将整个排课任务分解为两个层次处理:先为各个时点 $\langle d, w, s \rangle$ 安

排教练 t , 再为 $\langle d, w, s, t \rangle$ 选择课程 c (教练强要求、课程强要求除外,二者优先单独处理),可大大减少排课时间。采用任务分层思想排课后,问题规模变小,再将剩余数据进行组合,将选教练、选课程同时进行。这样既考虑了排课时间,又能得到较好的解。

完全按约束1-4、12-15排课(以下称按理想情况排课),可能不存在课表编排的解;完全按约束5、12-15排课,当教练要求少时,得到的不是理想情况的解。因此,笔者提出分次排课的思想,即先尽可能地按理想情况排课,当存在未排出课的时点时,对剩余时点放松条件,按约束5、12-15排课。分次排课的思想对约束1-5的情况非常适合,避免了按任一种情况排课的缺陷,又尽可能地先找更好的解。

贪心算法采用逐步构造最优解的方法,它对很多问题产生整体最优解,即使不能得到整体最优解,也能找到最优解的很好的近似解。健身城排课系统中,选教练时,采用笔者设计的贪心算法ALG1。先引入教练的时点度的概念,教练A的时点度是指某个时刻,教练A被安排时有多少时点可供选择,即不同的 \langle 教练A-时点 \rangle 对的数目。教练A的初始时点度 d 反映了教练A最多可排 d 次课, d 根据教练的时间、分点要求得到。教练的时点度随教练的选择不断变化,如教练A的初始时点度 d 为4,教练B被选择后,因为受某约束(如14)的限制,教练A的时点度变为3。教练A尽管是级别最高的教练之一,但可能一次也没有排课,因为其时点度随其他教练的选取变为0。

贪心算法ALG1: $r=r_1 \cdot d + r_2 \cdot (-x)$, 用 r 作为每次选教练的依据,每次为 $\langle d, w, s \rangle$ 选择教练 t 时,计算所有教练的 r 值,选择 r 值最小的教练,若 r 值最小的教练有多个,随机选一个。其中 r_1 、 r_2 分别表示教练的时点度、最小学时的绝对权(如各占50%),其值由用户根据需要设置, x 表示教练的最小学时, d 表示教练的时点度。某个时刻,当教练A比教练B的时点度小,两人的最小学时相同时,系统通过计算知A的 r 小于B的 r ,会选择教练A,与A同级别的教练B可进入下一轮选择。采用算法ALG1选择教练,兼顾了教练的级别和教练的要求,排出的课表其教练级别之和更高,课表编排的解更优(约束8)。

分点不报课时,分点的课程只受约束3、4制约。因此,为 $\langle d, w, s, t \rangle$ 选择课程 c 时,在满足约束3、4的课程中,直接从 t 最熟练的课程中随机选一门(约束7)。该贪心算法及ALG1,都从最优的多个选择中随机选一个,可满足约束11。

为分点的课程选择时点时,采用了笔者设计的贪心算法ALG2。分点的报课要求通常是模糊的,如:分点B1周1排1次“拉丁”、1次“跆拳道”,B2周2排1次“自由舞”和1次“健美操”等。初始时,根据分点的课程要求形成课程时点度。课程的时点度:课程被安排

时有多少时点可供选择,课程的时点度随课程的选择不断变化。

贪心算法 ALG2: 为分点的课程选择时点时,从时点度最小的课程开始,时点度最小的课程有多个,随机选一个。若 B1 周 1 有 6 个开课时段, B2 周 2 有 4 个开课时段,则“拉丁”与“跆拳道”的初始时点度为 6,“自由舞”和“健美操”的时点度为 4,根据算法 ALG2,“自由舞”或“健美操”被优先安排,采用贪心算法 ALG2,时点度最小的课程优先被考虑,分点要求的课程能尽可能多地被安排(约束 9)。

约束 6 使教练的选择存在时间、分点的制约,排课时,按理想情况,每次选教练受规则 1、2、12-14 的约束,选课受规则 3、4、15 的约束。笔者提出一种想法:每次选教练或课程时,表中都是不受规则 1-4(或 5)、12-14 约束的数据,只需根据算法 ALG1 或 ALG2 等进行选择,该思想可极大简化排课的总算法、简化设计和处理。以选教练为例阐述这种思想,初始时,将教练的所有要求转换成肯定的“教练-时点”表,如教练 A 要求不在分点 B 的周 2 第 2 时段上课,则表中存放了 A 该时点外的所有“教练-时点”数据。选择教练后,凡与约束 1-4(或 5)、12-14 冲突的数据均从表中删除。如教练 A 被安排在分点 B 的周 1 的第 1 时段,则在“教练-时点表”中删除 A 在 B 的周 2 以后的第 1 时段的所有数据(约束 1,教练强要求除外),删除 A 在 B 的周 1 的其余时段的数据(约束 2,教练强要求除外),若 B 的周 1 的第 1 时段的结束时间+交通时间>其余分点周 1 的其余时段的开始时间,删除 A 符合该条件的数据(约束 13),删除 A 在其余分点周 1 的第 1 时段的数据(约束 12),删除其余所有教练在 B 的周 1 的第 1 时段的数据(约束 14)。下次选教练时,不再受任何规则的约束,直接按算法 ALG1 进行选择。

算法 ALG1 及 3.2 中算法的第 3、4 步满足约束 10。

3.2 健身城排课的总算法

结合 3.1 中的算法及健身城排课的优先级,健身城排课的总算法描述如下:

(1)初始化

排课所需数据的输入,如教练要求,交通时间,分点上报的课程等,并形成教练时点度、课程时点度、时点表、肯定的教练-时点表 P 等。

(2)if 有教练强要求

根据算法 ALG1,计算对同一时点有强要求的教练的 r 值,该时点被分配给 r 最小的教练,删除教练冲突(约束 1-2(教练强要求除外)、12-14)

(3)if 有课程强要求

(A)if 课程强要求与教练强要求有冲突
忽略课程强要求

(B)根据算法 ALG2,为强要求的课程分配时点,并形成<强课程-时点>,删除课程冲突(约束 3-4(课程强

要求除外)、15);

(C)for (i=1; i<<强课程-时点>数; i++)

if P 中有与<强课程-时点>匹配的强要求教练

按算法 ALG1 选强要求教练,删除教练冲突(约束 1-2(教练强要求除外)、12-14)

else

按算法 ALG1 选一般要求教练,删除教练冲突(约束 1-2(教练强要求除外)、12-14)

(4)if 有一般要求课程

(A)根据算法 ALG2,为一般要求的课程分配时点,形成<课程-时点>,删除课程冲突(约束 3、4、15);

(B)for (i=1; i<<课程-时点>数; i++)

if P 中有与<课程-时点>匹配的强要求教练

按算法 ALG1 选强要求教练,删除教练冲突(约束 1-2(教练强要求除外)、12-14)

else

按算法 ALG1 选一般要求教练,删除教练冲突(约束 1-2(教练强要求除外)、12-14)

(5)按算法 ALG1 为其余时点选择教练,删除教练冲突(约束 1-2、12-14)

(6)为已排的<d,w,st>(教练强要求的优先)按贪心算法选择课程 c,删除课程冲突(约束 3、4、15)

(7)if 有剩余时点<d,w,s> //该步可重复几次

(A)为剩余<d,w,s>按图 1 方式形成时点-教练-课程表

(B)在时点-教练-课程表中删除与已排课的教练、课程冲突的数据(约束 1-4、12-15)

(C)在时点-教练-课程表中按贪心算法同时选择教练和课程,删除教练冲突、课程冲突(约束 1-4、12-15)

(8) if 有剩余时点 //该步可重复几次

(A)为剩余时点按图 1 方式形成时点-教练-课程表

(B)在时点-教练-课程表中删除与已排课的教练、课程冲突的数据(约束 5、12-15)

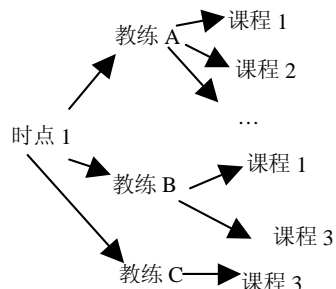


图 1 时点-教练-课程表的形成方式

(C) 在时点-教练-课程表中按贪心算法同时选择教练和课程,删除教练冲突、课程冲突(约束 5、12-15)

说明: 算法第 3 步完成后,分点的强要求课程全部排完;算法第 4 步完成后,分点的一般要求课程在不与约束 3、4 冲突的情况下全部排完,与约束 3、4 冲突的被忽略。算法第 6 步完成后,所剩时点不多,算法第 7

步为剩余时点组合教练、课程要求,并将与以排的教练、课程冲突的数据按理想情况删除,再按理想情况排课。算法的第7步若重复几次仍有剩余时点,第8步再次为剩余时点组合教练、课程要求,按约束5、12-15对剩余时点降低要求排课。

若健身城的N值不大,算法第5-6步可省略,直接从第7步开始排课,可得到更好的课表编排的解。

4 健身城排课系统的设计与实现

健身城排课系统的总体设计如图2所示,我们用PB9.0+SQLServer2000实现了该排课软件。我们将时点设计成3位代码,第1位表示分点,第2位表示周几,第3位表示时段。判断冲突时,只要取出相应位进行匹配即可。几个约束经常被使用,我们将其设计成函数,如约束1、2,约束3、4,约束12-15等。某些约束处理时按理想情况、放松条件稍有不同,用参数进行区分。

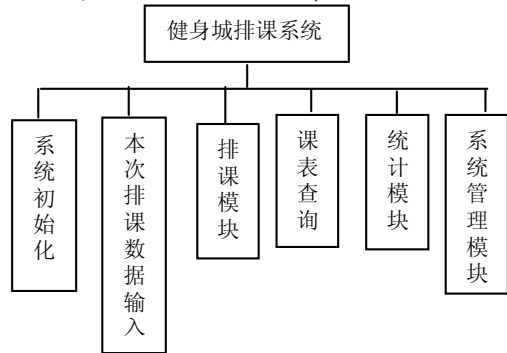


图2 排课系统的总体设计

我们用CJ提供的数据进行了测试,下表是用不同的数据测试的结果。分点不报课与分点报课所用的排课时间不同,前者小,后者大,表中的平均排课时间是二者的平均值,各个分点所报的课程数平均为总课程数的1/2。下表中3种测试数据得到的都是理想情况的课表,并完全符合约束9-11。对约束7,有极个别教练所排的课不是其最擅长的,但都是熟练程度第2高的课程;对约束8,所有教练的总课时都没有超过其最大学时,有1-2名教练没有满足其最小学时,但只相差1或2个学时。经分析,对约束7,所排课程不是教练最擅长的原因是这些教练所擅长的课程只有2-3名教练会上,该课也是这些教练的特长,但这些教练或级别更高,或初始时点度更小。不满足约束8的教练级别不高,要求太多。

教练数	分点数	平均排课 天数/周	平均时 段数	课 程 数 (门)	平均排课 时间(分)
26	5	6	5.5	20	1.5
35	8	6	6	26	2.4
47	12	6	6	30	5.6

5 结束语

本文对一类排课问题,提出了排课分层、分次等思想,设计了选教练、选课程的贪心算法、排课总算法,用PB9.0+SQLServer实现了排课软件,并用实际数

据进行了测试。测试数据表明,文中设计的选教练、选课程的贪心算法、排课总算法,及提出的设计思想、策略等是切实可行的。本文作者创新点:根据该类问题域的规则与约束,提出了任务分层、排课分次等思想,及一些排课策略,并根据具体的规则与约束,设计了选教练的贪心算法ALG1,为课程分配时点的贪心算法ALG2,根据该类问题域处理优先级设计了排课的总算法,并用PowerBuilder9.0+SQLServer实现该排课软件。

参考文献:

[1]郑琦,李兰友.PowerBuilder中数据窗口的使用技巧.微计算机信息,2004年第20卷第9期,125,32.

[2]业宁,梁作鹏,董逸生.一种基于遗传算法的TTP问题求解算法.东南大学学报(自然科学版),2003.6 42-45.

作者简介:唐洪英,女,出生于1970年6月19日,汉族,硕士,专业:计算机软件与理论,现主要从事信息安全研究、计算机应用研究;e-mail:thy@cqit.edu.cn;周敏,女,出生于1971年,汉族,硕士研究生,现主要从事操作系统及网络安全的研究。

Author brief introduction:Tang, Hongying, femail, was born on June 19th 1970, and she specialized in Software and Theory. She has got the master degree of engineering in June 2002. Now, she has been conducting research on Information Security and Computer Applications.

(400050 重庆工学院计算机科学与工程学院)唐洪英 周敏
(School of Computing & Engineering, Chongqing Institute of Technology, Chongqing 400050, China)
Tang, Hongying Zhou, Min

通讯地址:(400050 重庆工学院A区计算机科学与工程学院)唐洪英 (投稿日期:2005.12.7) (修稿日期:2005.12.16)

(接193页)[3]张弛,李召瑞,崔佩璋等,交织码在无线通信可靠性中的应用研究[J],微计算机信息,2005,1:117-118

作者简介:王颖,女,1982.1,汉,硕士,专业:信息安全,现主要从事信息安全的研究。Email:wangying_0515@163.com李立新,男,1967.5,汉,博士,专业:计算机软件,信息系统安全 现主要从事信息系统安全应用。黄伟健,男,1978.9,汉,硕士,专业:网络安全,通信技术。

Author brief introduction:Wang Ying: Female, 1982.1, the Han nationality, master, specialty: information security, be engaged on study of information security. Li LiXin: Male, 1967.5, the Han nationality, doctor, specialty: computer software, information system security, be engaged on security applications in information system.
(450004 河南郑州解放军信息工程大学电子技术学院研究所)王颖 李立新 黄伟健

(Institute of Information Engineering, the PLA Information Engineering University, Zheng Zhou 450004, China) Wang, Ying Li, Lixin Huang, Weijian
(投稿日期:2005.7.7) (修稿日期:2005.7.16)