遗传算法应用干排课问题中的时间表最优化

顾运筠

(上海体育运动技术学院 上海 200237)

摘要 介绍由计算机根据教师的意愿 利用遗传算法自动进行排课 最大限度地满足教师的愿望 对资源作出优化合理的安排。 而且 利用 Excel 实现排课的遗传算法。排课分为教师安排和课程时间的安排两部分。这里论述课程时间的安排。

关键词 排课 时间表 遗传算法 Excel VBA

APPLYING GENETIC ALGORITHM FOR TIME TABLE OPTIMIZATION IN COURSE ARRANGEMENT

Gu Yunyun

(Shanghai Sport Technique College Shanghai 200237 China)

Abstract In this paper genetic algorithm is applied to make the course arrangement. The algorithm is achieved by using VBA in Excel. Anyone using Microsoft Office can have the algorithm done in Excel. Course arrangement is accomplished in two steps. One is teacher assignment. The next is course scheduling. All of that take teacher's preference into consideration. The paper has two writings. This is the second part of the article that focuses on course scheduling.

Keywords Course arrangement Timetable Genetic algorithm Excel VBA

1 引 言

本文是排课问题的遗传算法的下篇,论述课程的时间安排。 即在任课教师已经排定的情况下根据教师的要求编排课程表。

2 数学模型

在建立数学模型时,为了简化问题,这里假设:1)学校从周一到周五上课,每天上8节课,上午4节,下午4节,每两节课休息一下,为一个授课单元。所以每周有20个授课单元。这里每个授课单元从周一上午(12)节到周五下午(34)节,分别由1,2,…20来表示,如:10表示周三上午(34)节。2)不考虑教室和教学设备的因素,即认为教室和教学设备总是可以使用的。3)教师可以提出自己希望被安排的授课时间。教师所希望的授课时间不存在优先级,且对该教师任教的所有课程都适用。

课程时间安排的遗传算法的适应度函数由三部分组成:

$$Fit = \alpha F_n - \beta F_c - \gamma F_o \tag{1}$$

式中 $\alpha \setminus \beta \setminus \gamma$ 是加权系数 $\gamma > \beta > \alpha > 0$ 。

 F_{p} 衡量教师的授课意愿 : $F_{p} = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{20} P_{ij}$ (2) 其中 P_{ii} 表示教师 i 在 j 时间的授课意愿 :

$$P_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{教师 } i \text{ 希望在 } j \text{ 时间授课} \\ 0 & \text{教师 } i \text{ 不希望在 } j \text{ 时间授课} \end{cases}$$
 (3)

 F_a 的值越高 则有越多的教师的意愿得到满足。

 F_c 表示连续性。有些课时多的课,教师希望排在一起上。如课程 C_c 每周有数据授课单元(6节课)。希望两个授课单元

处在同一个上午或同一个下午,另外一个授课单元处在不同天。 用 A_1 、 A_2 和 A_3 按它们在一周中的时间的先后,分别表示课程 C_i 的 3 个授课单元。满足要求的课程的编排有: $A_{D_1}=[(A_1A_2)A_3$ 【 A_1 和 A_2 在同一个上午或同一个下午 A_3 和它们不在同一天)和 $A_{D_2}=[A_1(A_2A_3)$ 【 A_2 和 A_3 在同一个上午或同一个下午 A_1 和它们不在同一天)。 A_{D_1} 的连续性函数为:

$$W_{course}(A_{D_1}) = \operatorname{sgn}(A_2 - A_1 - 1) + \operatorname{sgn}(\inf((A_2 - 1)/2) - \inf((A_1 - 1)/2)) + \inf(\frac{1}{(\inf((A_3 - 1)/4 - \inf((A_2 - 1)/4 + 1))})$$

其中 $\operatorname{sgr}(A_2 - A_1 - 1)$ 衡量 A_1 和 A_2 是否是连续的。如果 A_1 和 A_2 是连续的 则 A_2 比 A_1 大 1 $\operatorname{sgn}(A_2 - A_1 - 1) = 0$ 。否则 $A_2 - A_1 - 1 > 0$ 。 A_2 和 A_1 不连续的情况下,不管 A_1 和 A_2 相隔时间多长,我们认为情况是一样的。所以利用符号函数,只要 $A_2 - A_1 - 1 > 0$,则取 $\operatorname{sgn}(A_2 - A_1 - 1) = 1$ 。 $\operatorname{sgn}(\operatorname{int}((A_2 - 1)/2) - \operatorname{int}((A_1 - 1)/2))$ 衡量 A_1 和 A_2 是否在同一个上午或同一个下午。如 A_1 在周一上午(3 A)节 A_2 在周一下午(1 A_2)节,则 $\operatorname{sgn}(\operatorname{int}(A_2 - 1)/2) - \operatorname{int}((A_2 - 1)/2) = \operatorname{sgn}(\operatorname{int}(A_2 - 1)/2) - \operatorname{int}((A_2 - 1)/2) - \operatorname{int}((A_2 - 1)/2) - \operatorname{int}((A_1 - 1)/2))$ 的值才为 A_1 。 A_2 是在同一个上午或同一个下午时, $\operatorname{sgn}(\operatorname{int}(A_2 - 1)/2) - \operatorname{int}((A_1 - 1)/2))$ 的值才为 A_2 。 A_3 和 A_4 及 A_4 是否在同一天。若在同一天,则:

$$int\left(\frac{1}{(inf((A_3-1)/4)-inf((A_2-1)/4)+1)}\right)=1$$

收稿日期 2004-07-26。 顾运筠,硕士,主研领域,软件应用。

若不在同一天 则:

$$\inf \left(\frac{1}{(\inf((A_3 - 1)/4) - \inf((A_2 - 1)/4) + 1)} \right) = 0$$
 类似的 得到 A_{D_2} 的连续性函数为:

$$W_{course}(A_{D_2}) = \text{sgn}(A_3 - A_2 - 1) + \text{sgn}(\inf(A_3 - 1)/2) - \inf(A_2 - 1)/2) +$$

$$int\left(\frac{1}{(int((A_2-1)/4)-int((A_1-1)/4)+1)}\right) \quad (5)$$

课程 C_i 的连续性函数为:

$$F_{C_i} = \min(W_{course}(A_{D_1}), W_{course}(A_{D_1}))$$
 (6)

如果课程 C_j ,分为两个授课单元 ,而又希望排在同一个上午或同一个下午。则它的连续性函数为:

$$F_{c_j} = \operatorname{sgn}(A_2 - A_1 - 1) + \\ \operatorname{sgn}(\inf(A_2 - 1)/2) - \inf((A_1 - 1)/2))$$
 (7)

如果课程 C_k ,分为两个授课单元 ,而不希望排在同一天中。 则它的连续性函数为:

$$F_{c_k} = \inf \left(\frac{1}{\left(\inf \left((A_2 - 1)/4 \right) - \inf \left((A_1 - 1)/4 \right) + 1 \right)} \right)$$
 (8) 适应度函数中连续性的惩罚函数为:

$$F_c = \sum_{i=1}^m F_{c_i}$$
 ($i = 1, 2, ..., m$ 加 为课程总数 \mathcal{L}_i 代表课程 i)

 F_{o} 衡量授课时间是否有冲突。因为一个教师无法同时在两个以上的班级上课,所以教师授课的时间不能重迭。课程时间安排的最基本的要求是 $F_{o}=0$ 。

$$F_o = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{20} O_{ij}$$
 (10)

其中 O_{ij} 表示教师 i 在 j 时间授课安排的重迭次数(j 为一周授课时间的编号 ,从 1 到 20 分别对应周一上午(1 2)节、周一上午(3 4)节、...、周五下午(3 4)节)。

3 遗传算法描述

遗传算法是根据生物染色体自然进化的模型,它仿照染色体的基因在进化的过程中进行选择、交叉、变异生成下一代种群。计算开始时对种群进行初始化,并计算每一个个体的适应度函数,生成第一代。如果生成的种群不满足优化条件,则按照适应度选择个体,父代进行交叉或变异生成子代。然后子代取代父代,再生成下一个子代。这一过程循环执行,直到满足优化准则为止。

3.1 基因表示

课程时间安排的遗传算法的个体如图 1 所示。

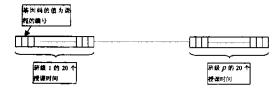


图 1 课程时间安排的个体

3.2 初始种群的生成

对每个班级的基因段内的基因作不同的排列,生成初始种群。

万方数据

3.3 排课时间表遗传算法的杂交和变异的特点

课程时间安排的遗传算法主要通过变异来实现。因为如果采取杂交,即使在每个班级的分界处选取交叉点,都会破坏已调整好的重迭性,使原来为 0 的 F_o 又大于 0 ,需要再一次调整使 F_o = 0。因为每个班级的课程不可能安排到另一个班级中,所以变异在相同的班级中进行,相同班级的两个课程的位置进行相互交换。在起初的算法中,相同班级的课程随机选择两个进行互换。进行计算以后发现,几乎不可能使 F_o = 0 ,而且 F_e 变得相当大 F_p 的值也不理想。因此,课程时间安排的遗传算法的变异分成有目的的四步:

- 1)调整连续性:把需要安排在一起的两个授课单元调整到同一个上午或同一个下午。
 - 2)调整授课时间 尽量满足教师的意愿。
 - 3)调整授课安排 使 $F_a = 0$ 。
- 4)在不改变 $F_a = 0$ 的情况下,再一次调整连续性并兼顾教师的意愿。(这里只做了部分的调整。做更深入的调整,需要进一步改进程序。)

变异完成规定要求以后,再进行杂交。对时间表问题的遗传算法的杂交,交叉点必须选在每个班级的分界处,若不是如此,则同一班级的课程在杂交后出现重复和遗漏。

3.4 适应度函数

适应度函数为公式(1)。

3.5 计算过程

- 1)编码:根据基因表示进行编码。
- 2)产生初始种群。
- 3) 计算适应度函数。
- 4) 遗传操作 对每一个个体进行变异直到 $F_o=0$ 。然后在种群中按适应度函数选择个体进行杂交 ,再进行变异 ,使 $F_o=0$ 。

4 实例计算结果

下面时用 Excel 中的 VBA 实现的授课时间安排的遗传算法的计算数据。

表1 课程和教师授课时间意愿

| 教师 | 课程 编号 | 课时 | 连续性 | 愿意授课时间 | 教师 | 课程 编号 | 课时 | 连续性 | 愿意授课时间 |
|------------|----------|----|-----|--------------------------|-----|----------|----|-----|--------------------------|
| <i>T</i> 1 | 1-1 | 6 | 3-2 | Mon-1 Mon-2 Mon-3 | T14 | 2-57 | 4 | 2-2 | Mon-1 Mon-2 Tue-5 |
| <i>T</i> 1 | 2-2 | 6 | 3-2 | Mon-4 ,Tue-7 ,Tue-8 , | T14 | 1-58 | 4 | 2-2 | Tue-6 ,Wed-9 ,Wed-10 , |
| <i>T</i> 1 | 1-3 | 2 | 1 | Wed-9 ,Wed-10 ,Thu-13 , | T14 | 2-59 | 2 | 1 | Thu-13 ,Thu-14 ,Fri-17 , |
| <i>T</i> 1 | 2-4 | 2 | 1 | Thu-14 ,Thu-15 ,Thu-16 | T14 | 7-60 | 2 | 1 | Fri-18 |
| <i>T</i> 1 | 8-5 | 6 | 3-2 | | T14 | 8-61 | 2 | 1 | |
| T2 | 3-6 | 6 | 3-2 | Mon-3 Mon-4 Tue-5 , | T15 | 7-62 | 2 | 1 | Mon-3 Mon-4 Tue-7 , |
| <i>T</i> 2 | 4-7 | 6 | 3-2 | Tue-6 ,Tue-7 ,Tue-8 , | T15 | 8-63 | 2 | 1 | Tue-8 ,Wed-11 ,Wed-12 , |
| <i>T</i> 2 | 5-8 | 4 | 2-1 | Wed-9 ,Wed-10 ,Wed-12 | T15 | 6-64 | 4 | 2-2 | Thu-15 ,Thu-16 ,Fri-19 , |
| <i>T</i> 3 | 9-9 | 4 | 2-2 | Tue-5 ,Tue-6 ,Tue-7 , | T15 | 9-65 | 4 | 2-2 | Fri-20 |
| <i>T</i> 3 | 10-10 | 4 | 2-2 | Tue-8 ,Wed-9 ,Wed-10 , | T15 | 10-66 | 2 | 1 | |
| <i>T</i> 3 | 2-11 | 2 | 1 | Wed-11 ,Wed-12 ,Thu-13 | , | | | | |
| <i>T</i> 3 | 3-12 | 6 | 3-2 | Thu-14 | | | | | |
| | | | : | | | | | : | |
| T13 | 7-53 | 4 | 2-1 | Wed-9 ,Wed-10 ,Wed-11 | T26 | 9-113 | 4 | 2-1 | Wed-9 ,Wed-10 ,Wed-11 , |
| T13 | 8-54 | 4 | 2-1 | Wed-12 ,The-13 ,Thu-14 | T26 | 10-114 | 4 | 2-1 | Wed-12 ,Thu-13 ,Thu-14 |
| T13 | 4-55 | 2 | 1 | Thu-15 ,Thu-16 ,Fri-17 , | T26 | 9-115 | 4 | 2-1 | Thu-15 ,Thu-16 ,Fri-17 , |
| T13 | 3-56 | 4 | 2-2 | Fri-18 | T26 | 10-116 | 4 | 2-1 | Fri-18 Fri-19 Fri-20 |

注:课程编号: - "前是班级编号; - "后是课程编号。连续性:1—只含一个授课单元 2-1—两个授课单元 希望排在不同天 2-2—两个授课单元, 希望排在同一上午或下午 3-2—三个授课单元 2 个单元希望排在同一上午或下午。另一个排在不同天。

表 2 利用 VBA 实现的遗传算法求出的课程时间安排 班级 1 课表

| | 周一 | 周二 | 周三 | 周四 | 周五 |
|--------|---------|---------|---------|------------|------------|
| 上午1-2节 | T18(81) | T14(58) | T17(76) | T5(18) | T22(98) |
| 上午3-4节 | T16(71) | T14(58) | T17(74) | T5(18) | T23(100) |
| 下午1-2节 | T1(1) | T18(81) | T1(1) | T23(100) | T18(79) |
| 下午3-4节 | T1(3) | T16(71) | T1(1) | T23(100) | T4(13) |

班级2课表

| | 周一 | 周二 | 周三 | 周四 | 周五 |
|--------|------------|----------|----------|---------|------------|
| 上午1-2节 | T1(2) | T17(75) | T14(57) | T22(99) | T14(59) |
| 上午3-4节 | T5(19) | T17(75) | T14(57) | T22(99) | T18(80) |
| 下午1-2节 | T23(101) | T3(11) | T4(14) | T1(2) | T23(101) |
| 下午3-4节 | T23(101) | T11(45) | T4(14) | T1(2) | T1(4) |

班级 10 课表

| | 周一 | 周二 | 周三 | 周四 | 周五 |
|--------|-----------|----------|-----------|------------|------------|
| 上午1-2节 | T22(97) | T9(38) | T3(10) | T8(32) | T26(114) |
| 上午3-4节 | T22(97) | T9(38) | T3(10) | T15(66) | T10(44) |
| 下午1-2节 | T5(21) | T4(16) | T21(93) | T26(116) | T26(114) |
| 下午3-4节 | T5(21) | T4(16) | T21(93) | T26(116) | T19(83) |

(数据项为教师编号和课程编号,如 T6(9)表示教师 T6 教授课程编号为9的课程。)

5 结 论

整个计算过程不超过 5 分钟。计算完成以后 ,把结果输出在 Excel 的 Sheet 中。

参考文献

- [1] Yen-Zen Wang. Using Genetic Algorithm Methods to Solve Course Scheduling Problems. Expert Systems with Applications 25(2003) 39 ~50.
- [2] 王小平、曹立明 遗传算法——理论、应用与软件实现 西安 西安交通大学出版社 2002 』1.
- [3] 张文修、梁怡,遗传算法的数学基础,西安:西安交通大学出版社, 2000.5.
- [4] Masood A. Badri. A two-stage multiobjective scheduling model for [faculty-course-time] assignments. European Journal of Operational Research 74 79 50 50 ~ 28.

- [5] Siu Cheung Kong ,Lam For Kwok. A conceptual model of knowledge-based time-tabling system. Knowledge Based System ,12(1999) 81 ~ 93.
- [6] Masood A. Abdri , Donald L. Davis , Donna F. Davis and John Hollingsworth. A Multi-objective course scheduling Model :combining faculty preferences for courses and times. Computer Ops. Res. Vol. 25 , No. 4 , pp. 303 ~ 316 , 1998.
- [7] Fariborz Y. Partovi and Bay Arinze. A Knowledge Based Approach to the Faculty-course Assignment Problem. Socio-Econ. Plann. Sci. Vol. 29, No. 3, pp. 245 ~ 256, 1995.

(上接第84页)

PDA 的 CF 卡相连接的 GPS 接收机 ,具有内置和外接天线 ,12 通道 ,支持 NMEA0183 协议。源数据格式转换部分在普通 PC 上利用 Visual C++6.0 平台实现。PDA 的操作系统为 Windows CE 3.0(Pocket PC 2002) ,开发平台采用 Microsoft Embedded Visual C++3.0 和 Microsoft Visual C++6.0。系统在仿真器 Desktop Pocket PC Emulation 上运行界面如图 3 和图 4。图中以郑州市为实验数据。



图 3 图层管理界面

图 4 路测试验结果

4 结束语

移动导航定位系统作为一个独立的 GIS 应用系统,可以满足用户对当前地理位置信息获取的需求,而且在大多数情况下,它是很多集成的移动监控系统中必不可少的用户终端部分。它能满足公安、消防、交通、旅游、医疗、保险、邮政快递、野外测量、勘探、搜救及军事等领域的地理位置信息获取、移动目标调度及信息互动等特征需求,与行业的特点结合紧密,具有广泛的应用前景。

参考文献

- [1] 张时煌、方裕 ; 微型嵌入式 GIS 软件平台的重要意义及发展动态 [J]"《图象图形学报》2001 6(9)900~906.
- [2] 陈波 基于北斗导航系统的战场态势监控技术研究 D],郑州:信息工程大学 2005.
- [3] 赵亦林 车辆定位与导航系统 M] 北京 :电子工业出版社 ,1999.
- [4]华一新、吴升、赵军喜 地理信息系统原理与技术[M]北京 解放军 出版社 2001.
- [5] Dr. CHANG Yongku ,KANG Donghyun ,LEE Junsuk and Prof. KANG Injoon ,Republic of Korea. The Development of Digital Map Using GPS in 3-Dementional Heighway Desigh[A]. International Conference on Spatial Information for Sustainable Development. Nairobi ,Kenya ,October 2001.