

求解人力资源分配问题的多目标和声搜索算法

吴昊^{1,2}, 杨佳^{1,2}, 王会颖^{1,2}, 尹道明^{1,2}

(1. 合肥工业大学管理学院, 安徽合肥 230009;
2. 教育部过程优化与智能决策重点实验室, 安徽合肥 230009)

摘要: 人力资源分配问题是将若干个人力资源合理分配给若干个工作任务, 从而达到人力生产效率最大化与人力生产成本最小化。文中提出一种改进的多目标和声搜索(MOIHS)算法来求解人力资源分配问题。MOIHS算法是通过改变记忆考虑的选择机制与微调概率来改进基本的和声算法提高算法收敛稳定性, 并采用快速非支配排序方法与建立动态拥挤的距离来获得一个分布良好的 Pareto 解集。在求解人力资源分配问题时, 同时优化人力生产成本最小化与效率最大化两个目标, 最后通过一个实例可以得到在解决该问题上多目标改进和声搜索算法优于多目标遗传算法, 求出的解集也具有良好的分布性。

关键词: 资源分配问题; 多目标优化; 和声搜索算法

中图分类号: TP31

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2013)02-0065-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.02.016

Multi-objective Harmony Search Algorithm for Solving Human Resource Allocation Problem

WU Hao^{1,2}, YANG Jia^{1,2}, WANG Hui-ying^{1,2}, YIN Dao-ming^{1,2}

(1. School of Management, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China;
2. Key Laboratory of Process Optimization and Intelligent Decision-making
of Ministry of Education, Hefei 230009, China)

Abstract: The human resource allocation problem seeks to find the expected objectives by allocating the limited amount of resource to various activates. In this paper, a new multi-objective improved harmony search (MOIHS) has been proposed and applied to human resource allocation problem to simultaneously optimize two goals about the cost minimization and efficiency maximization. MOIHS improves the base harmony search by changing the selection mechanism of memory consideration and the fine-tuning probability. It also uses the rapid non-dominate sorting method and establishes the dynamic crowded distance to get a good distribution of Pareto solution set. The experiment results show that, the improved harmony search is better than genetic algorithm for multi-objective resource allocation problem, it is able to give a well distributed Pareto-optimal solution.

Key words: resource allocation problem; multi-objective optimization; harmony search algorithm

0 引言

多目标优化问题普遍存在于日常生活中, 如择优选住满意旅馆问题、证券交易组合投资问题等, 对这一类问题的研究有着重要的科研及应用意义。在多目标优化问题中, 由于目标之间的冲突, 其中一个目标的最优解可能是另一目标的最差解。针对这种情况,

不能简单地比较几个目标, 而应存在最优解集合, 对于这样的解集, 称之为非支配或 Pareto 最优解集^[1]。资源分配问题是将数量一定的资源合理分配给若干个使用者以达到利润最大化或成本最小化。这些资源可能是人力、财产或材料可以用来完成目标。目标可以是单目标或多目标, 这源于特定的经济需求^[2]。随着人力资本在企业资本中的比重中的提升, 人力资源分配被许多企业重视。人力资源分配问题是将若干个人力资源合理分配给若干个工作任务, 从而达到人力生产效率最大化与人力生产成本最小化, 属于多目标优化问题。

针对人力资源分配问题, 国内外进行了一些研究, 文献[3]主要是通过建立软件项目人力资源调度模型

收稿日期: 2012-06-07; 修回日期: 2012-09-11

基金项目: 国家“863”云制造主题项目(2011AA040501); 国家自然科学基金资助项目(70871033); 安徽省教育自然科学基金重点项目(KJ2011A006)

作者简介: 吴昊(1973-), 男, 安徽合肥人, 在职博士生, 主要研究方向为智能计算。

采用遗传算法来求解软件研发的人力资源分配。文献[4]提出了一种求解多项目多模式进度管理下人力资源分配问题的免疫遗传算法。上述两个文献提出的方法都是通过加权法将多目标转化为单目标优化问题进行求解,但这一方法不仅费时且每次优化结果只能得到一个妥协解。文献[1]建立了人力资源分配的数学模型,并采用多目标混合遗传算法进行求解。近年来,一种新出现的启发式全局搜索算法——和声搜索算法(HS),由于它具有结构简单、容易实现、求解速度快和鲁棒性好等特点,因此在多个优化问题中得到了成功应用。文献[5]总结了近年来和声搜索算法在各种优化问题中的应用以及和声搜索算法的目前发展状况。文献[6]利用和声搜索算法有效地解决了最短路径问题。

文中利用和声搜索算法对人力资源分配问题进行优化,为企业实现人力生产成本最小化与生产效率最大化目标。建立了人力资源分配问题的数学模型,提出了一种有效求解该问题的改进的多目标和声搜索算法(MOIHS):通过改变记忆考虑的选择机制与微调概率来改进基本的和声算法提高算法收敛稳定性,并采用快速非支配排序方法与建立动态拥挤的距离来获得一个分布良好的 Pareto 解集。

1 问题描述

人力资源分配问题是一类典型的资源分配问题,即通过把若干个人力资源合理地分配给若干个工作任务,从而达到人力生产效率最大化和人力生产成本最小化,属于多目标优化问题。人力资源是社会各项资源中最关键的资源,对人力资源的合理分配可以给企业带来效率对企业至关重要。人力资源分配问题可以用网络图形象表示,如图 1 所示。

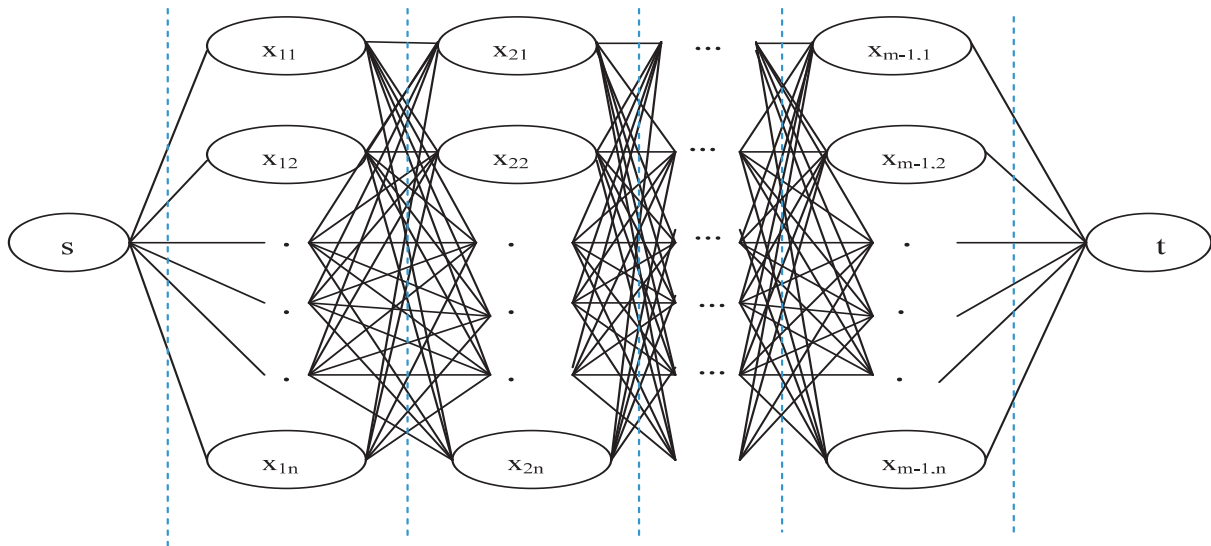


图 1 网络图表示人力资源分配问题

1.1 目标函数

1) 效率目标。

此目标是使得人力生产总效率最大化,其目标函数:

$$f_1(X) = \max \sum_{i=1}^N \sum_{j=0}^M e_{ij} X_{ij} \quad (1)$$

这里, i 与 j 分别表示工作序号与员工序号, M 与 N 分别表示员工总数与工作量总数。

e_{ij} 指将工作 i 分给员工 j 的工作效率。

决策变量 $X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{若工作 } i \text{ 分配给员工 } j \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$

2) 成本目标。

此目标是使得人力生产总成本最小化,其目标函数:

$$f_2(X) = \min \sum_{i=1}^N \sum_{j=0}^M c_{ij} X_{ij} \quad (2)$$

这里, c_{ij} 指将工作 i 分给员工 j 的工作成本。

1.2 约束条件

1) 分配的员工数不能超过总员工数。

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=0}^M j X_{ij} \leq M \quad (3)$$

2) 对工作 i 只能分配一次。

$$\sum_{j=0}^M X_{ij} = 1 \quad \forall i \quad (4)$$

3) 变量约束。

$$X_{ij} = 0 \text{ 或 } 1 \quad \forall i, j \quad (5)$$

2 求解人力资源分配问题的 MOIHS

和声搜索算法是在 2001 年新提出的算法。它是对乐队和声调谐的原理的模拟,在音乐演奏中,乐师凭借记忆反复调整乐器的音调最终获得一个最佳和声。乐曲创造过程就类似于寻找最优解的优化过程^[7]。和

声搜索算法参数少、求解速度快、实现简单且成功应用于许多优化问题,但也存在收敛不稳定的缺点,这里通过改变记忆考虑的选择机制与微调概率来改进基本的和声算法提高算法收敛稳定性。为了将其应用于人力资源分配问题这一多目标优化问题中,充分利用快速非支配排序方法与动态拥挤距离策略使得和声库为不断更新的动态 Pareto 解集库,提出了求解问题的多目标改进和声搜索算法(MOIHS)。

2.1 基本和声搜索算法(BHS)

BHS 算法过程如下:

Step1 初始化优化问题与算法参数。参数主要包括和声记忆库的大小 HMS、和声记忆考虑概率 HM-CR、和声微调概率 PAR、调节的频宽 BW 以及算法迭代次数 NI。

Step2 初始化和声记忆库(HM)。HM 是在定义域内随机均匀产生 $N \times \text{HMS}$ 大小的矩阵, N 为决策变量的个数。

Step3 生成新和声。新的和声矢量是由记忆考虑、随机选择、微调扰动 3 种规则产生的。

Step4 更新和声记忆库。产生的新和声相对于目标函数值优于和声库中的最差和声,则将产生的新和声替换和声库中的最差和声。

Step5 判断是否到达终止条件。若是算法结束,否则重复 3、4 过程。

2.2 改进和声搜索算法(IHS)

在 BHS 中,在 HMCR 下新解是从 HM 中随机选择,每个解的选择概率是相等的。文中利用线性排列的选择方案^[8]与轮盘赌法^[9]来选择解,提高算法性能。

设 $\eta^+ = \text{HMS} \times P_1$, $\eta^- = \text{HMS} \times P_{\text{HMS}}$, 这里, P_1 为最优解的选择概率, P_{HMS} 是 HM 中最差解的选择概率,则 η^+ 为 HM 中最优解的期望值, η^- 为 HM 中最差解的期望值,它们决定线性函数的斜率,得到 x^i 解的选择概率 P_i 的计算式为:

$$P_i = \frac{1}{\text{HMS}} \times (\eta^+ - (\eta^+ - \eta^-) \times \frac{i-1}{\text{HMS}-1}) \quad (6)$$

其中, i 是解 x^i 的序列号, $i \in (1, 2, \dots, \text{HMS})$ 。 η^+ 值提前设定,一般设置为 1.1, $\eta^- = 2 - \eta^+$ 。

选择出来的新解 $x_i' = x_i^k$, i 为决策变量的序列号, HM 中解 K 是用轮盘赌法选择的解。

在 BHS 中,微调概率 PAR 与带宽 BW 是固定不变的。为了改善其性能,在每次迭代过程中,PAR 与 BW 值也随之变化^[10]。

$$\text{PAR}(t) = \text{PAR}_{\min} + \frac{\text{PAR}_{\max} - \text{PAR}_{\min}}{\text{NI}} \times t \quad (7)$$

$$\text{BW}(t) = \text{BW}_{\max} \exp\left(\frac{\ln(\text{BW}_{\min}/\text{BW}_{\max})}{\text{NI}} \times t\right) \quad (8)$$

其中, t 为当前迭代次数。

2.3 多目标改进和声搜索算法(MOIHS)

针对多目标优化寻求 Pareto 最优前沿的问题,文中利用快速非支配排序方法^[11]与动态拥挤距离策略^[12]扩展 IHS 来寻找 Pareto 最优解。

2.3.1 快速非支配排序

把在即兴创造过程中生成的新 HM 与已经存在的 HM 结合在一起,产生具有 $2 \times \text{HMS}$ 个解向量的群体,然后对其群体进行快速非支配排序。具体方法如下:

对于群体中每个个体设有两个参数 n_p 和 s_p , n_p 为在种群中支配个体的解个体的数量, s_p 为被个体所支配的解个体的集合, $i = 1$ 。

1) 找到种群中所有 $n_p = 0$ 的个体,将它们存入当前集合 F_i 。

2) 对于当前集合 F_i 中的每个个体 q 考察它所支配的个体集合 S_q , 将 S_q 中的每个个体 r 的 n_r 减 1, 即支配个体 r 的个体数减 1, 若 $n_r - 1 = 0$, 则将个体 r 存入另一个集合 Q 。

3) 将 F_i 作为第一非支配前端,并赋予 F_i 中每个个体一个相同的非支配序 $P_{\text{rank}} = i$, $i = i + 1$, $F_i = Q$ 。

4) 若 F_i 不为空,则转入第 2 过程,否则停止。

2.3.2 动态拥挤距离

在多目标进化算法中, Pareto 最优解的多样性非常重要。利用动态拥挤距离策略可以在寻求 Pareto 最优前沿过程中保持解的多样性。

个体 i 的动态拥挤距离可以计算为:

$$\text{DCD}_i = \frac{\text{CD}_i}{\log(1/V_i)} \quad (9)$$

这里, CD_i 是个体 i 的拥挤距离, 计算为

$$\text{CD}_i = \frac{1}{k} \sum_{r=1}^k |f_{i+1}^r - f_{i-1}^r| \quad (10)$$

(k 为目标数量, f_{i+1}^r 与 f_{i-1}^r 是个体 $i+1$ 与 $i-1$ 的目标函数值)

V_i 是个体 i 的邻域, 计算为:

$$V_i = \frac{1}{k} \sum_{r=1}^k (|f_{i+1}^r - f_{i-1}^r| - \text{CD}_i)^2 \quad (11)$$

2.4 MOIHS 的实现

(1) 确定待解决问题的目标函数和约束条件。

(2) 确定算法的相关参数值。

(3) 初始化和声记忆库 HM。

(4) 开始即兴创造。

(5) 对和声记忆库中的每个解, 计算它的目标函数值。

(6) 根据 2.2 节中的方法产生新的 HM。

(7) 将旧的 HM 与新的 HM 合并产生具有 $2 \times \text{HMS}$ 个解向量的群体。

(8)根据 2.3.1 与 2.3.2 节的方法从群体中选择出最佳和声。

(9)判断是否到达终止条件。若达到最大迭代次数则结束,和声库中非支配解向量就是 Pareto 解集,否则返回(5)。

3 实验结果

为了验证文中算法的有效性,选取文献[1]的实例,对文中算法与文献[1]中算法进行了对比实验。实验实例描述为:将问题设置为分配十个员工到一组特定的四个工作中,表 1 与表 2 给出它们的预期效率与预期成本。

表 1 预期成本 c_{ij}

工作 数量	员工数量										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	41	38	46	32	78	76	72	84	80	92	96
2	45	54	36	55	87	82	90	132	97	121	134
3	36	43	68	56	72	59	32	67	86	88	100
4	46	78	88	64	90	80	120	104	96	86	120

表 2 预期效率 e_{ij}

工作 数量	员工数量										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	37	42	50	54	56	58	65	72	80	95
2	1	49	55	59	62	67	73	80	87	95	102
3	1	45	49	57	64	77	88	92	100	105	110
4	1	60	67	72	79	83	880	97	102	110	120

MOIHS 的参数设置为 $HMS = 5, HMCr = 0.94, PAR_{min} = 0.01, PAR_{max} = 0.99, FW_{min} = 0.45, FW_{max} = 0.9$, 为与文献[1]中所述遗传算法进行比较,采用与其近似相同的累积迭代计算次数 1000 次。表 3 与表 4 分别显示了用 MOGA 算法与 MOIHS 解决多目标资源分配问题得到的 Pareto 解。

表 3 MOGA 的非支配 (Pareto) 解

解 k	jX_{1j}	jX_{2j}	jX_{3j}	jX_{4j}	总成本	总效率
1	3	2	1	4	201	229
2	0	2	6	2	197	210
3	3	2	5	0	173	182
4	3	1	6	0	164	175
5	1	1	6	2	212	241
6	1	0	6	3	191	209

表 4 MOIHS 的非支配 (Pareto) 解

解 k	jX_{1j}	jX_{2j}	jX_{3j}	jX_{4j}	总成本	总效率
1	1	2	6	1	184	240
2	3	2	2	3	200	226
3	2	2	6	0	160	186
4	3	0	6	1	187	199

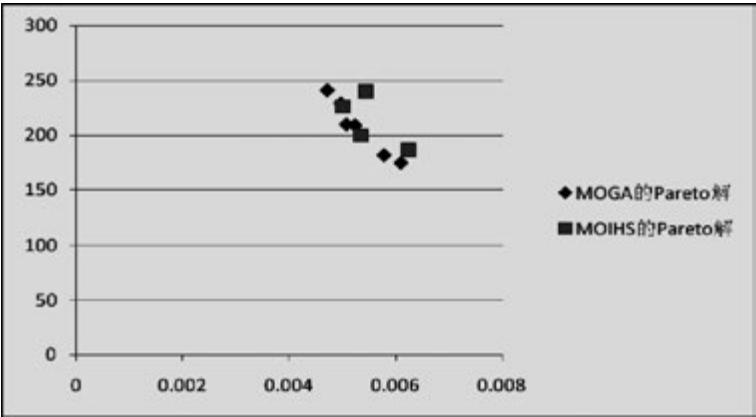


图 2 MOGA 与 MOIHS 的比较

图 2 表示 MOIHS 支配了 MOGA 的大部分 Pareto 解,并且 MOGA 不支配 MOIHS 的任一 Pareto 解,由此得出,在解决多目标资源分配问题上,文中提出的多目标改进和声算法优于多目标遗传算法,具有更好分布的 Pareto 解集。

4 结束语

文中提出了一种新的多目标和声搜索算法,并将该算法应用到人力资源分配问题。通过快速非支配排序方法与动态拥挤距离策略扩展和声搜索算法。资源分配问题被定义为具有两个相冲突的目标如最小成本与最大效率的多目标问题。为了验证该算法的有效性,将该算法与多目标遗传算法的实验结果进行了对比分析,表明了该算法比多目标遗传算法获得更好分布的 Pareto 解。

文中提出的算法主要是在单机环境下运行,下一步工作将把文中算法部署在云计算框架下,实现分布式并行运算,并且进一步优化和声搜索算法。

参考文献:

[1] 刘 彤.解多目标优化问题的进化算法[D].西安:西安电子科技大学,2010.

[2] Lin C,Gen M. Multi-objective resource allocation problem by multistage decision-based hybrid genetic algorithm[J]. Applied Mathematics and Computation,2007,187(2):574-583.

[3] 任守纲,徐焕良,李相全.基于遗传算法的软件项目人力资源调度研究[J].计算机应用研究,2008,25(12):3563-3567.

[4] 付 芳,周 泓.基于免疫遗传算法和列生成的多项目人力资源调度研究[J].中国管理科学,2010,18(2):121-127.

[5] Geem Z W. State-of-the-art in the structure of harmony search algorithm[J]. Studies in Computational Intelligence, 2010,270:1-10.

[6] 高立群,依玉峰,郑 平,等.和声搜索算法在求解最短路

结果的不明确性以及对于如何评价数据挖掘结果的不明确性等。

针对以上提出的问题,后续工作可以从以下几个方面着手:

1)基础设施建设方面,根据多样化和个性化需求,并综合考虑到各领域各行业的特点,构建专属的数据挖掘云服务平台。

2)虚拟化技术为数据挖掘云服务提供了重要的技术支持,后续应加大对虚拟化技术的研究开发,并促进其成果的广泛应用,高效地对计算资源实现自主分配和调度。

3)在云服务应用产品的研发环节中,应多考虑社会实际需求,并大力引导公众积极参与其中,这样就可以更好地满足数据挖掘个性化、多样化的需求。

4)在可信性方面,使用的算法最好具有通用性,并且可以随时进行检查、调整以及查看。

5)数据安全^[13]问题不能像一般的信息安全那样直接加密,应该是由客户根据自己的需求,在自己的平台终端上自主通过适当加密措施对数据进行保护。

3 结束语

由于云计算高效率、低成本、高可用性等优势,文中将云计算技术引入到数据挖掘中,提出了基于云计算的海量数据挖掘服务,分析了基于云计算的数据挖掘服务的具体层次结构和优势,总结了云数据挖掘中存在的一些缺陷及问题,并针对这些问题提出了一些简单建议。

未来数据挖掘云服务将会有很好的势头,更多的专业人士会成为服务的供应商,公众和各种企业组织机构会从这项服务中受益良多,数据挖掘研究受计算环境的影响将降低,其应用范围也将大大拓宽。但是由于云计算的安全还没有得到完全的证实,所以接下

来的工作在云计算安全方面应得到加强。

参考文献:

- [1] 张建勋,古志民,郑超. 云计算研究进展综述[J]. 计算机应用研究,2010,27(2):429-433.
- [2] 李凯,常征. 基于云计算的并行数据挖掘系统设计与实现[J]. 微计算机信息,2011,27(6):121-123.
- [3] 刘鹏. 云计算[M]. 北京:电子工业出版社,2010.
- [4] Armbrust M, Fox A, Griffith R, et al. Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing [EB/OL]. [2011-01-10]. <http://www.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2009/EECS-2009-28.pdf>.
- [5] 李成华,张新访,金海,等. MapReduce:新型的分布式并行计算编程模型[J]. 计算机工程与科学,2011,33(3):129-135.
- [6] 李军华. 云计算及若干数据挖掘算法的 MapReduce 化研究[D]. 成都:电子科技大学,2010.
- [7] Wang Jianzong, Wan Jiguang, Liu Zhuo, et al. Data Mining of Mass Storage Based on Cloud Computing [C]//International Conference on Grid and Cooperative Computing. [s.l.]: [s.n.], 2010:426-431.
- [8] 罗军舟,金嘉晖,宋爱波,等. 云计算:体系架构与关键技术[J]. 通信学报,2011,32(7):3-21.
- [9] 拓守恒. 云计算与云数据存储技术研究[J]. 电脑开发与应用,2010,23(9):1-3.
- [10] 李玲娟,张敏. 云计算环境下关联规则挖掘算法的研究[J]. 计算机技术与发展,2011,21(2):43-46.
- [11] Li Lingjuan, Zhang Min. The Strategy of Mining Association Rule Based on Cloud Computing [C]//2011 International Conference on Business Computing and Global Informatization (BCGIN). [s.l.]: [s.n.], 2011:475-478.
- [12] 冯朝一. 云理论在数据挖掘中的应用研究[D]. 南宁:广西大学,2007.
- [13] 陈丹伟,黄秀丽,任勋益. 云计算及安全分析[J]. 计算机技术与发展,2010,20(2):99-102.
- [10] Mahdavi M, Fesanghary M, Damangir E. An Improved Harmony Search Algorithm for Solving Optimization Problems [J]. Applied Mathematics and Computation, 2007, 188(2): 1567-1579.
- [11] 卫田, 范文慧. 基于 NSGA II 的物流配送中车辆路径问题研究[J]. 计算机集成制造系统, 2008, 14(4): 776-784.
- [12] 罗彪, 郑金华. 多目标进化算法中基于动态聚集距离的分布性保持策略[J]. 计算机应用研究, 2008, 25(10): 2934-2938.
- [7] 赵鹏军, 刘三阳. 一种新的智能优化及其改进研究[J]. 小型微型计算机系统, 2010, 31(5): 955-958.
- [8] Al-Betar M A, Doush I A, Khader A T, et al. Novel selection schemes for harmony search [J]. Applied Mathematics and Computation, 2012, 218(10): 6095-6117.
- [9] 陈有青, 徐蔡星, 钟文亮, 等. 一种改进选择算子的遗传算法[J]. 计算机工程与应用, 2008, 44(2): 44-49.

(上接第 68 页)

径问题中的应用[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2011, 31(7): 1378-1386.