

# PSO、本体及市场机制相结合的服务调度方法研究

钟生海<sup>1</sup> 王 刚<sup>1,2</sup> 邱玉辉<sup>2</sup>

(安康学院电子与信息工程系 安康 725000)<sup>1</sup> (西南大学语义网格实验室 重庆 400715)<sup>2</sup>

**摘 要** 根据语义进行服务调度,是服务计算的重要内容,服务调度是一个寻优的过程。为了解决当前服务调度不能很好地兼顾语义、效率与收益这个问题,提出了粒子群寻优算法(PSO)、本体和市场相结合的服务调度方法,开发了粒子群寻优算法与本体和市场机制相结合进行服务调度的算法 SBPOM(Service scheduling Based on PSO, Ontology and Market),从而为用户获取满意的服务提供了一种有效的方法。实验表明,利用粒子群算法寻优,既提高了寻找服务调度方案的速度,同时也兼顾了根据语义进行服务调度,保证了资源的高效使用。

**关键词** PSO,本体,市场机制,相似度计算,服务

## Study on Service Scheduling Based on PSO, Ontology and Market Mechanism

ZHONG Sheng-hai<sup>1</sup> WANG Gang<sup>1,2</sup> QIU Yu-hui<sup>2</sup>

(Dept. of Electronic & Information Engineering, Ankang University, Ankang 725000, China)<sup>1</sup>

(Semantic Grid Laboratory of South West University, Chongqing 400715, China)<sup>2</sup>

**Abstract** Service scheduling based on semantic is important in service computing, and service scheduling is an optimal process. As the current service scheduling method can not very well considerate the efficiency and the semantic, we researched the way to combine the PSO, ontology and market mechanism, and proposed the method SBPOM to schedule service based on them. This method may improve the service scheduling and it provides an efficiency method for users to get the service satisfied. Experiment shows that our method takes full advantage of the capability of PSO, service scheduling and resource using are efficiency also.

**Keywords** PSO, Ontology, Market mechanism, Similarity measurement, Service

## 1 引言

粒子群寻优算法<sup>[1]</sup>起源于对简单社会系统的模拟,它是模拟鸟群觅食的过程,是一种很好的优化工具。每个优化问题的解都是搜索空间中一只“鸟”,称为“粒子”。PSO 初始化为一群随机粒子(随机解),然后通过迭代求出最优解<sup>[2]</sup>。在每一次迭代中,粒子通过跟踪两个“极值”来更新自己,第一个极值就是粒子本身所找到的最优解,这个解叫做个体极值,记为 pbest,另一个极值是整个种群目前找到的最优解,记为 Gbest<sup>[3]</sup>。在找到这两个最优值时,粒子通常根据如下的公式来更新自己的“速度”和“位置”<sup>[4]</sup>:

$$v = v + c_1 \times \text{rand}() \times (\text{pbest} - \text{present}) + c_2 \times \text{rand}() \times (\text{Gbest} - \text{present})$$

式中,  $\text{present} = \text{persent} + v(b)$ ,  $v$  是粒子的速度,  $\text{persent}$  是当前粒子的位置,  $\text{pbest}$  和  $\text{Gbest}$  如前定义,  $\text{rand}()$  是介于 (0, 1) 之间的随机数,  $c_1, c_2$  是学习因子。

哲学上的本体被用来描述事物的本质,在人工智能领域,本体被用来获取、描述和表示相关领域的知识,提供对该领域知识的共同理解,确定该领域内共同认可的词汇,并从不同层次的形式给出这些词汇和词汇间相互关系的明确定义。目

前,本体已经是知识工程和人工智能研究的核心问题之一,而且在知识管理、自然语言处理、电子商务、信息检索、数据库设计与集成、生物信息学等领域应用极为广泛。服务调度中融入语义有利于服务的发现、选择与寻优。我们认为:如果两个本体完全相同,则其包含的语义完全一样;如果两个本体完全不同,则其包含的语义就不会完全一样;本体相似程度越高,其包含的语义越接近。以此为基础,相似度为用户和资源之间进行语义操作架起了桥梁,通过计算相似度,可以实现服务的发现与选择,从而实现根据语义进行服务的有效调度。

服务的调度不仅要考虑使某个主体获取最佳或最优服务,而且要让整个系统根据语义获取满意的服务,以实现人们追求的目标。熟知的重要调度策略是面向资源市场的调度,它把资源调度(服务调度)和市场环境进行类比,用户作为买方,而资源的拥有者(服务提供者)作为卖方,资源调度的过程就是买卖双方的交易过程<sup>[9]</sup>。市场机制适合解决资源的分配,可以确保最佳分配资源,提高资源的使用效率,同时获得最大利润。在 20 世纪 50 年代,著名经济学家阿罗和德布鲁用数学模型严格证明了一般均衡的条件<sup>[10,11]</sup>。

实验表明,一般均衡方法采用整数规划,在高维度空间中寻找最优解,开销很大,有时甚至找不到最优解。PSO 算法

到稿日期:2009-09-02 返修日期:2009-12-14 本文受陕西省教育厅项目(09JK317),安康学院项目(Akxy2008005)资助。

钟生海 男,副教授,主要研究方向为服务计算, E-mail: wangg@swu.edu.cn; 王 刚 男,博士,副教授,主要研究方向为人工智能、服务计算; 邱玉辉 男,教授,博士生导师,主要研究方向为人工智能。

在寻优方面的能力已经被广大学者认同,据此,我们把 PSO、本体和市场机制相结合,发挥它们各自的优点,并提出了基于 PSO、语义和市场机制的服务调度方法 SBPOM,目的是既要让用户获取满意的服务,又要让系统的开销相对较小,且整个系统效率更高。在已有研究工作的基础上<sup>[5,6]</sup>,通过计算本体的相似度,把追求用户收益最大化与资源效率最大化作为服务调度的目标,给定一个随机初始值作为 PSO 的初始解,通过不断地寻优,得到资源的分配方案,实现了根据语义选择用户满意的服务,同时又充分利用了资源,为市场机制与语义相结合提供了方法与途径。

本文第 2 节讨论基于语义的相似度计算;第 3 节把粒子群寻优算法、本体和市场相结合,开发了粒子群寻优算法、本体和市场机制相结合的服务调度算法 SBPOM;第 4 节对算法 SBPOM 进行实验,验证了其可行性和有效性;最后进行小结和讨论。

## 2 基于语义的相似度计算

本体相似性度量包括概念相似性度量和关系相似性的度量<sup>[6]</sup>。当前,本体相似性度量,主要集中在度量词汇相似性以及关系相似性。词汇相似性度量通过计算词语之间的距离来实现。这些方法的困难在于基于层次结构来比较概念的相似性<sup>[7]</sup>,需要专家来精心安排概念所处的层次,以及层次中概念所处的位置,然后计算概念的距离。在实际应用中,面对大量概念与关系,这几乎是不可能完成的事情;另外,两个相同的概念,无论位于什么层、什么位置,计算出的距离应该相同,而同一概念理论上其可以位于任何层的任何位置,但基于距离的方法严格限制了概念的位置,使得相似度计算面临很多困难<sup>[8]</sup>。

基于语义元比较的概念相似度计算,淡化了概念所处的位置,而强调概念内涵语义的表示。把概念分解为语义元。语义元是表示语义的不能再划分的基本单位,例如,雪: {冷,冬天,毛衣,棉衣,0°C,风,水,···}等。

下面,简明地给出有关计算的概念。

由于语义元是最基本的语义单位,可以按照语义元的名称来判断语义元是否匹配。

设有概念  $c_1: \{e_1, e_2, \dots, e_m\}; c_2: \{e_1', e_2', e_3', \dots, e_n'\}$ , 其语义元相似度为

$$\text{sim}(e_i, e_j) = \begin{cases} 0, & e_i \neq e_j \\ x, & e_i \text{ 与 } e_j \text{ 模糊相似} \\ 1, & e_i = e_j \end{cases}$$

“=”表示语义元的匹配,包括不等、相似、相同等。如果语义元之间等价,则  $\text{sim}(e_i, e_j) = 1$ , 例如:  $e_1 = \text{“中国”}$ ,  $e_2 = \text{“China”}$ ,  $\text{sim}(e_1, e_2) = 1$ 。否则  $\text{sim}(e_i, e_j) = 0$ , 如果  $e_i$  与  $e_j$  模糊相似,则  $\text{sim}(e_i, e_j) = x, x \in [0, 1]$ , 假设  $e_i = \text{“红色”}$ ,  $e_j = \text{“粉红色”}$ , 为了简化,本文不讨论模糊语义元的比较。

概念  $c_1$  与  $c_2$  的相似度为

$$\text{sim}(c_1, c_2) = \frac{1}{m \times n} \times \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \text{sim}(e_i, e_j)$$

式中,  $m, n$  为概念  $c_1, c_2$  中语义元的个数。

本体的概念相似度为

$$\text{sim-concept}(O_1, O_2) = \frac{1}{n_1 \times n_2} \times \sum_{i=1, j=1}^{i=n_1, j=n_2} \text{sim}(c_i, c_j)$$

式中,  $n_1, n_2$  为  $O_1, O_2$  中概念的个数。

关系由概念和关系名组成。例如最基本的关系  $R_1 = \{c_1, c_2, r_1\}, R_2 = \{c_3, c_4, r_2\}$ , 关系  $R_1$  包含概念  $c_1, c_2$ , 关系名为  $r_1$ , 关系  $R_2$  包含概念  $c_3, c_4$ , 关系名为  $r_2$ 。

设有关系  $R_1 = \{c_1, c_2, r_1\}$  和  $R_2 = \{c_3, c_4, r_2\}$ ,  $R_1, R_2$  的相似度为

$$\text{sim}(R_i, R_j) = \text{sim}(c_i^1, c_j^1) \times \text{sim}(c_i^2, c_j^2) \times \text{sim}(r_i, r_j)$$

对于上述关系  $R_1, R_2$ , 它们的相似度计算包括概念的相似度与关系名的相似度计算, 如图 1 所示,  $\text{sim}(R_1, R_3) = \text{sim}(c_1, c_3) \times \text{sim}(c_2, c_4) \times \text{sim}(r_1, r_3)$ 。

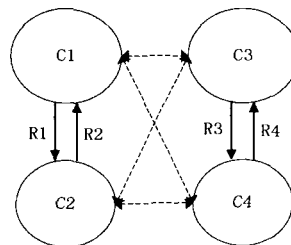


图 1 概念之间的比较

本体中, 关系相似度为

$$\text{sim-relation}(O_1, O_2) = \frac{1}{m \times n} \times \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \text{sim}(R_i, R_j)$$

式中,  $m, n$  为  $O_1, O_2$  中关系的数目。  $R_i \in O_1, R_j \in O_2$ 。

本体的相似度为

$$\text{sim}(O_x, O_y) = \text{sim-concept}(O_x, O_y) \times \text{sim-relation}(O_x, O_y)$$

## 3 SBPOM 算法

消费心理学认为, 用户往往倾向于购买性价比高的商品。在市场环境中, 商品的价格往往与成本成比例。据此, 我们给出效用函数为

$$u_i(x) = g_1 \frac{s_{ij}}{c_{ij}}(x)$$

式中,  $g_1$  为常数,  $s_{ij}$  为本体相似度,  $c_{ij}$  为对应的成本。

确定服务的成本是非常困难的事情, 本文把预计服务完成需要的时间作为服务的重要成本, 用户的收益表示为

$$B(f) = (g_1 \frac{s}{c} g_2 \cdot c) \times f$$

式中,  $g_1$  为常数,  $g_2$  为常数,  $s$  和  $c$  为对应矩阵的列向量。

相似度矩阵为

$$S = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & s_{13} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & s_{23} & \dots & s_{2n} \\ s_{31} & s_{32} & s_{33} & \dots & s_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ s_{n1} & s_{n2} & s_{n3} & \dots & s_{nn} \end{bmatrix}$$

代价矩阵为

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} & \dots & c_{2n} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} & \dots & c_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{n1} & c_{n2} & c_{n3} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix}$$

求上述解向量  $f$  的过程就是如下约束条件下多目标优化的求解问题<sup>[9,11]</sup>。

$$\text{Max}(B_i(f)) = s, t \begin{cases} \sum_{i=1}^n f_{ij} \leq 1 \\ \sum_{j=1}^m f_{ij} \leq 1 \\ f_{ij} \geq 0, 1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m \\ f_{ij} \leq 1 \end{cases}$$

$s_{ij}$  为  $O_i$  与  $O_j$  的相似度,  $c_{ij}$  为资源  $i$  提供给服务者  $j$  需要的代价,  $B_i(f) \in B(f)$ 。

有了上述准备,我们给出算法主要步骤如下:

(1) 随机初始化“速度”矩阵(对应了分配方案)

$$V = \begin{bmatrix} V_{11}, V_{12}, V_{13}, \dots, V_{1n} \\ V_{21}, V_{22}, V_{23}, \dots, V_{2n} \\ V_{31}, V_{32}, V_{33}, \dots, V_{3n} \\ \dots \\ V_{n1}, V_{n2}, V_{n3}, \dots, V_{nm} \end{bmatrix}, \sum_{i=1}^m V_{ij} = 1, \sum_{j=1}^n V_{ij} = 1$$

(2) 随机初始化位置矩阵

$$X = \begin{bmatrix} X_{11}, X_{12}, X_{13}, \dots, X_{1n} \\ X_{21}, X_{22}, X_{23}, \dots, X_{2n} \\ X_{31}, X_{32}, X_{33}, \dots, X_{3n} \\ \dots \\ X_{n1}, X_{n2}, X_{n3}, \dots, X_{nm} \end{bmatrix}$$

(3) 计算用户收益  $B_i(f) = (g_1 \frac{s}{c} - g_2 \cdot c) \times v, s$  为本体相似度,  $c$  为对应的成本,  $\text{percent}_i = X_i$ , 由  $X_i$  矩阵  $X$  中行值为  $i$  的向量, 得到个体极值  $Pbest_1, Pbest_2, Pbest_3, \dots, Pbest_n$ ;

(4)  $Pbest_i \in \{Pbest_1, Pbest_2, Pbest_3, \dots, Pbest_n\}$ ;

$gbest = \text{Max}(Pbest_i)$ , // 求最大值

(5) 判断  $Gbest$  是否满足精度或者达到迭代次数, 如果满足转(7) 否则转(6):

(6)  $V_{j+1} = V_j + c_1 * \text{rand}() * (Pbest_j - \text{present}_j) + c_2 * \text{rand}() * (Gbest - \text{present}_j)$ ; 本文中  $c_1 = c_2 = 2$

$\text{Present}_{j+1} = \text{percent}_j + V_{j+1}$

$$\sum_{i=1}^m V_{ij} = 1; \sum_{j=1}^n V_{ij} = 1$$

(7)  $Gbest$  对应的  $Pbest_i, Pbest_i$  对应的矩阵值  $V_{ij}$  就是所得调度方案,  $j \in [1, n]$ 。

## 4 实验分析

有  $m$  个用户,  $n$  个资源, 每个用户根据各自的要求, 需要使用这些资源, 每个用户使用某个资源可以获取自己的收益, 同时由于获取了服务, 就要付出一定的代价, 用户获取不同的资源, 其付出的代价可能不同, 满意度也不一样, 另外, 一个资源在为某个用户提供服务的时候, 不允许另外一个用户获取该资源。需要寻找到一个较好的方案, 让用户获取的收益和服务的满意度最大, 同时使整个系统的收益与满意度也达到最大, 而且使系统得到这个方案所花费的时间最短。

例如: 推荐商店任务, 有 5 个顾客要购物, 5 个商店可选, 购物成本称为代价, 顾客对某个商店的满意度用语义相似度来刻画, 如表 1、表 2 和表 3 所列。目标是寻找一个方案, 让 5 个顾客花费最少, 满意度最高, 而且得到该方案的时间最短, 要求在某个时间段内, 每个人只能去 1 个商店, 每个商店也只允许有 1 个顾客(为了简化进行的假设)。为了验证本文的方法, 本文假设  $m=n$ , 其值分别为 5, 10, 15, 20, 直到 50, 实验发现, 随着  $m, n$  值的加大, 有些方法花费的时间增长很快, 达到

难以忍受的地步, 本文选取 5~50 之间的值,  $m=5$  时的值为学校对学生进行调查所得, 如表 1、表 2 所列, 其它的值由随机函数生成。

表 1 相似度表

	商店 1	商店 2	商店 3	商店 4	商店 5
顾客 1	0.5	0.6	0.4	0.3	0.3
顾客 2	0.2	0.7	0.4	0.6	0.4
顾客 3	0.7	0.3	0.4	0.6	0.5
顾客 4	0.5	0.4	0.3	0.4	0.6
顾客 5	0.3	0.5	0.2	0.4	0.7

表 2 代价表

	商店 1	商店 2	商店 3	商店 4	商店 5
顾客 1	0.2	0.7	0.2	0.2	0.1
顾客 2	0.3	0.4	0.5	0.4	0.5
顾客 3	0.5	0.5	0.3	0.5	0.3
顾客 4	0.2	0.2	0.1	0.3	0.4
顾客 5	0.1	0.3	0.4	0.1	0.2

表 3 满意度与成本代价比值表

	商店 1	商店 2	商店 3	商店 4	商店 5
顾客 1	2.5	0.86	2	1.67	3
顾客 2	0.66	1.75	0.8	1.67	0.8
顾客 3	1.4	0.6	1.33	1.2	1.67
顾客 4	2.5	2.0	3	1.33	1.5
顾客 5	3	1.67	0.5	4	3.5

考查的指标为运行时间、系统的收益及效率。本文采用 matlab 编程, 软件运行环境为 windows XP, CPU 为 2.2GHZ, Dual E2200, 迭代次数设为 100, 对结果求平均值,  $m=5$  时的调度顺序为: 顾客 1 去商店 5; 顾客 2 去商店 2; 顾客 3 去商店 1; 顾客 4 去商店 3; 顾客 5 去商店 4。图中方法 1 为本文的算法, 方法 2、方法 3、方法 4 采用参考文献[5]中提供的算法, 具体比较结果如图 2、图 3、图 4 所示。实验表明, 方法 1 执行开销相对较少, 增长趋势比较平缓, 方法 2 执行的时间开销最大, 特别是随着  $m, n$  值的增加, 开销快速增加。方法 1 中资源的使用率接近方法 2, 比方法 3 和方法 4 好。方法 1 的收益比方法 3 和方法 4 好, 与方法 2 接近。综合比较, 方法 1 整体优于其它 3 种方法。

(1) 运行时间比较

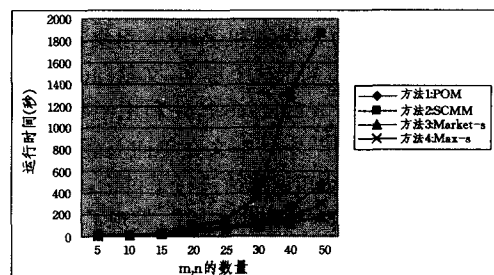


图 2 算法的运行时间比较

(2) 收益比较

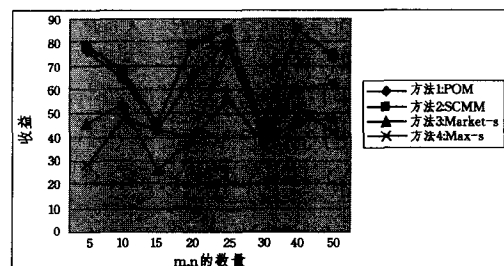
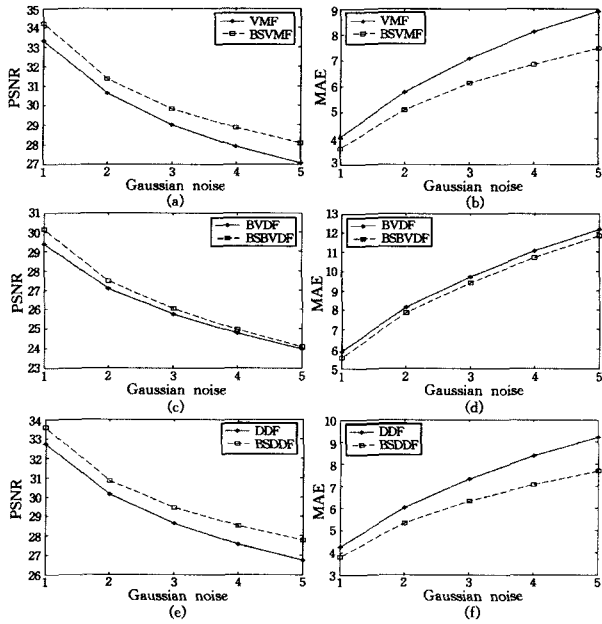


图 3 调度算法收益比较

(下转第 275 页)

PSNR 和 MAE。水平  $x$  轴为高斯噪声的强度大小,从左向右,分为 5 个等级,逐渐增大。从图 3 中可以明显看出,新滤波器的性能要优于与其相应的传统滤波器。



水平  $x$  轴方向,从左向右,高斯噪声(5 个等级)逐渐增大。

图 3 3 种基于球尺度的新滤波器和 3 种传统的滤波器的滤波性能对比

**结束语** 本文将基于球尺度的滤波方法从灰度医学图像滤波推广到矢量(彩色)医学图像滤波中。在 3 种传统滤波方法基础上,相应地提出了 3 种基于球尺度的矢量滤波方法。

(上接第 241 页)

### (3)资源使用效率比较

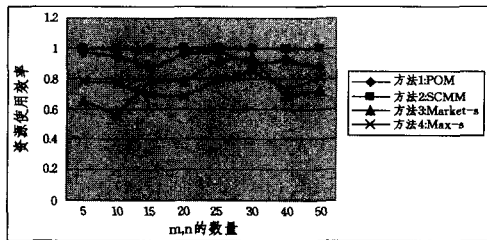


图 4 调度算法资源使用效率比较

**结束语** 寻找较优的服务调度方案,为用户提供满意的服务是服务计算的主要内容,本研究是在原有研究的基础上进一步进行的探索,把 PSO 寻优与本体和市场机制相结合,目的是为了解决当前服务调度过程中寻找调度方案速度慢、服务调度时缺少语义,以及资源利用效率不高的问题,编程及对比实验表明,本文方法执行时间较短,收益较好,效率较高,为根据语义获取满意的服务提供了一条途径。将来的研究包括进一步改进语义相似度本身的度量方法,把粒子群寻优算法的最新成果应用在本研究中以改进运算结果,获取更好的调度方案。

### 参考文献

[1] Kennedy J, Eberhart R C. Particle Swarm Optimization[C]// Proc. of the IEEE Conf. on Neural Networks, IV. Perth; IEEE

基于球尺度的新滤波方法能根据图像中像素的结构(尺度)信息,自适应地选择滤波窗口,从而达到噪声滤除及保留边缘和细节之间的平衡。从实验的定量和定性分析中,我们可以看出新滤波方法在消除噪声的同时,能很好地保留图像中的边缘和细节特征。

### 参考文献

[1] Astola J, Haavisto P, Neuvo Y. Vector median filters[J]. Proceedings of the IEEE, 1990, 78(4): 678-689  
 [2] Trahanias P E, Venetsanopoulos A N. Vector directional filters—a new class of multichannel image processing filters[J]. Image Processing, IEEE Transactions on, 1993, 2(4): 528-534  
 [3] Karakos D G, Trahanias P E. Combining vector median and vector directional filters: the directional-distance filters[C]// Proceedings, International Conference on Image Processing, 1995: 171-174  
 [4] Saha P K, Udupa J K. Scale-based diffusive image filtering preserving boundary sharpness and fine structures[J]. IEEE Transactions on Medical Imaging, 2001, 20(11): 1140-1155  
 [5] Saha P K. Tensor scale: A local morphometric parameter with applications to computer vision and image processing[J]. Computer Vision and Image Understanding, 2005, 99(3): 384-413  
 [6] Souza A, Udupa J K, Madabhushi A. Image filtering via generalized scale[J]. Medical Image Analysis, 2008, 12(2): 87-98  
 [7] Zhuge Y, Udupa J K, Saha P K. Vectorial scale-based fuzzy-connected image segmentation[J]. Computer Vision and Image Understanding, 2006, 101(3): 177-193

Press, 1995: 1942-1948

[2] 胡旺,李志蜀. 一种更简化而高效的粒子群优化算法[J]. 软件学报, 2007(4)  
 [3] Shi Y, Eberhart R C. A modified particle swarm optimizer[C]// Proc. of the IEEE Int'l Conf. of Evolutionary Computation. IEEE Press, 1998: 69-73  
 [4] Clerc M. The swarm and the queen: Towards a deterministic and adaptive particle swarm optimization[C]// Proc. of the ICEC. Washington, 1999: 1951-1957  
 [5] 王刚,邱玉辉. 基于市场和本体的服务调度模型[J]. 计算机科学, 2008(8)  
 [6] 王刚,邱玉辉. 基于语义元的相似度计算[J]. 计算机应用研究, 2008(11)  
 [7] Paolucci M. Semantic Matching of Web Service Capabilities[C]// Proceedings of the First International Semantic Web Conference, 2002  
 [8] Weinstein P, Birmingham W. Comparing concepts in differentiated ontologies[C]// Proceedings of the Twelfth Workshop on Knowledge Acquisition, Modeling and Management, October 1999  
 [9] 易纲,海闻. 微观经济学[M]. 上海:上海人民出版社, 2003: 185-201  
 [10] 曹鸿强,肖依. 一种基于市场机制的计算网络资源分配方法[J]. 计算机研究与发展, 2002(8)  
 [11] 鲁昌,许永国. 一般均衡理论[M]. 上海:上海财经大学出版社, 2003