

基于主客观综合权重的云服务时间序列选择算法^①

李 珊, 俞 瑛, 宋 波

(南京航空航天大学 经济与管理学院, 南京 211100)

摘要: 目前已有的云服务时间序列选择算法没有很好地考虑用户的 QoS(quality of service)偏好信息, 而传统的用户偏好算法只适用于 QoS 指标值为单一数值的情况, 在 QoS 指标值为时间序列向量的情况下无法进行有效计算. 因此, 本文提出了一种基于主客观综合权重的云服务时间序列选择算法(Time series of cloud services selection algorithm employing subjective and objective weight, 简称 TCSOW). 此算法从基于用户 QoS 偏好层次的主观权重计算方法和基于 QoS 指标相关性的客观权重计算方法这两个角度进行详细描述, 通过结合时间序列 QoS 模型进行云服务选择. 实验分析表明, 提出的 TCSOW 算法在有效解决用户 QoS 偏好的同时又充分考虑云服务集的 QoS 指标数据分布特性, 使最终的度量结果具有较高的准确性与科学性.

关键词: 云服务选择; 服务质量(QoS); 时间序列; 主观权重; 客观权重

Time Series of Cloud Services Selection Algorithm Employing Subjective and Objective Weight

LI Shan, YU Ying, SONG Bo

(College of Economic and Management, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 211100, China)

Abstract: The current methods for selecting time series of cloud services are failed to take into account the user preference, while the traditional user preference algorithms are only applied to the case that QoS indicators values are single numerical. QoS indicators values for time series vector case cannot be effectively quantified. This paper proposed a time series of cloud services selection algorithm which employs subjective and objective weight. The new algorithm could adapt to the different level of user preference with a subjective weight calculation method, and could evaluate correlation with an objective weight calculation method. Experiments show that the algorithm not only avoids the vagueness of user preference, but also accurately reflects the performance of the services. So the results have high accuracy and scientificity.

Key words: cloud services selection; quality of service (QoS); time series; subjective weight; objective weight

随着大量服务涌上云端, 基于服务质量(quality of services, 简称 QoS)感知的云服务选择成为研究热点^[1], 尤其是 Ye Zhen 等人提出“考虑云服务的长期性问题”的研究算法已成为近几年新的算法分支^[2-4]. 文献[2-4]认为在云环境下, 某些云服务的 QoS 在执行初期并非最优, 但一段时间后会表现良好. 此类算法考虑了云服务的时间因素, 通过时间序列建模将云服务选择转化成时间序列的相似度对比问题. 但目前该类研究的算法模型大多只满足用户的 QoS 需求, 很少考虑用户

的 QoS 偏好信息. 在多 QoS 指标决策过程中, 用户对不同的 QoS 指标具有不同的敏感度, 因此在服务选择中要充分考虑到用户偏好信息. 偏好信息的描述一般为权重法, 目前已有的 QoS 权重方法多侧重于在主、客观两个视角下考虑, 生成综合权重作为 QoS 度量的主要依据^[5], 如基于 AHP-熵权法的综合权重法^[6]、基于 Delphi-熵权法的结构熵权法^[7]、基于粗糙集理论的综合权重求解法^[8]、基于灰色关联度的方法^[9]等. 纵观以上的研究方法, 存在一定的局限性: 1. 已有的 QoS 综合

^① 基金项目: 教育部人文社科基金(10YJCZH073); 江苏省自然科学基金(BK2012385); 博士点基金(20123218120034); 南京航空航天大学基本科研业务费(NS2013083)

收稿时间: 2016-03-06; 收到修改稿时间: 2016-04-14 [doi:10.15888/j.cnki.csa.005458]

权重中常用的主观权重计算方法如层次分析法、基于模糊理论的分析法等,其标度方法要求标度以实数形式明确给出,没有很好地考虑决策者思考的模糊性,最终会影响决策结果的准确性。2.研究算法复杂度普遍比较高,尤其是 Delphi 法,过程复杂,时间周期长,在一定程度上影响其应用性。3.以上研究方法多适用于 QoS 指标为单一数值的情况,对 QoS 指标呈现时间序列向量时算法的有效性和实用性还有待检验。

基于上述分析,本文对已有的 QoS 综合权重算法进行了改进;结合时间序列的 QoS 效用函数,提出一种基于主客观综合权重的云服务时间序列选择算法。该算法首先由用户对 QoS 指标的偏好差异性和 QoS 指标之间的相关性入手,分别计算出主客观权重。然后通过综合考虑主客观权重的时间序列效用函数对云服务进行 QoS 度量。与已有的主客观综合权重研究算法相比,该算法中基于用户偏好层次的主观权重计算方法通过引入“偏好层次”、“偏好差异度”的处理方式能真正有效地解决用户偏好的模糊性问题,提高决策结果的准确性。而且最终的实验结果也证明了算法对于处理 QoS 指标值呈现时间序列向量的情况表现出高效的适用性。

1 TCSOW算法框架

本文所提出的 TCSOW 算法主要包含主观权重计算、客观权重计算和基于时间序列的 QoS 效用函数这 3 大内容,图 1 所示为算法框架:

主观权重计算:为了合理量化用户对服务集各 QoS 指标的模糊偏好程度,在主观权重计算方法中引入偏好层次的概念,划分在同一层次内的 QoS 指标表示其在用户体验中有相似的偏好,同时定义偏好差异度参数用以表示不同层次指标之间的偏好差异度,然后基于划分的层次以及差异度参数建立主观权重约束条件,通过计算该条件得出主观权重。

客观权重计算:QoS 指标之间的相关性会影响 QoS 度量结果,进而影响用户做出最优决策,因此通过分析指标的数据分布特征,确定各指标之间的相关关系,纠正由用户 QoS 偏好的片面性所带来的误差,在客观计算方法中以各 QoS 指标相关性为依据,提出指标冲突度 C 的概念,并根据指标冲突度计算出客观权重。

基于时间序列的 QoS 效用函数:对数据进行标准

化处理,由主、客观权重计算方法计算候选服务的主、客观权重,且根据用户指定的偏好关注度参数 β ,利用基于时间序列 QoS 效用函数计算各候选云服务与用户的 QoS 需求序列的相似度大小,其中相似度越小的服务越接近用户的需求。

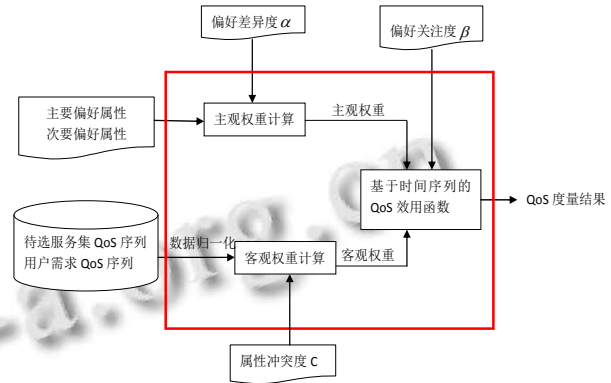


图 1 TCSOW 算法框架

2 TCSOW算法描述

2.1 基于用户偏好层次的主观权重计算方法

2.1.1 偏好层次和偏好差异度

在基于服务质量的云服务选择过程中,用户希望其选择的最优服务在每个 QoS 指标下的性能表现都最优,但在实际服务运行情况下,由于某些因素互相制约,服务在所有 QoS 指标上都表现出高水平的质量是不现实的,因此用户最终希望服务能在其最关注的部分指标上有良好的表现,而适当忽略对其他指标的要求,这便产生了用户偏好现象。本文引入“偏好层次”对用户偏好进行处理,将服务的 QoS 指标划分成不同层次,称用户最关注的指标层次称为主要偏好层次,其他指标为次要偏好层次。划分在同一层次内的指标表示其在用户体验中有相似的偏好,而不同层次间指标存在一定的差异性,因此又引入“偏好差异度”参数,其作用是量化不同层次间指标的差异程度。显然地,用户更关心主要偏好层次内的指标性能,因此其在 QoS 度量中贡献大于次要偏好层次内的指标,即主观权重相对更大。

2.1.2 主观权重计算

为方便计算,本文作如下定义: WS 代表服务候选集中的所有子服务的集合, P 代表服务候选集的所有 QoS 指标的集合, P_p 代表用户偏好涉及的指标集合且 $P_p \subseteq P$, P_m 、 P_s 分别表示主要偏好层次内的指标集合和次要偏好层次内的指标集合,且有 $P_m \subseteq P_p$,

$P_s \subseteq P_p, P_m \cap P_s = \emptyset, P_m \cup P_s = P_p.$

对于 $\forall p \in P_p$, 指标 p 的主观权重记为 $sw(p)$, 由主要偏好指标的权重应大于次要偏好指标的权重为依据, $sw(p)$ 应满足如下条件:

$$\begin{cases} \sum_{p \in P_p} sw(p) = 1 \\ P \in P_p \\ \text{对 } \forall P \in P_m, \forall p' \in P_s, \text{ 有 } sw(p) \geq sw(p') \end{cases} \quad (1)$$

然而公式(1)中的约束条件并不能确定指标的主观权重, 因此增加约束条件: 认为用户对于同一层偏好内的指标拥有相似的重要程度, 即同一层偏好内的指标的主观权重相同; 同时, 假定主要偏好层次内的指标权重与次要偏好层次内的指标权重的差异程度为 α . 此时扩展公式(1):

$$\begin{cases} \sum_{p \in P_p} sw(p) = 1 \\ \text{对 } \forall P \in P_m, \forall p' \in P_m, \text{ 有 } sw(p) = sw(p') \\ \text{对 } \forall P \in P_s, \forall p' \in P_s, \text{ 有 } sw(p) = sw(p') \\ \text{对 } \forall P \in P_m, \forall p' \in P_s, \text{ 有 } sw(p') = \alpha \cdot sw(p), 0 \leq \alpha \leq 1 \end{cases} \quad (2)$$

通过公式(2)的约束条件, 只需要指定偏好差异度参数 α 的值就可以求解各指标的主观权重 $sw(p)$:

$$sw(p) = \begin{cases} 1/(|P_m| + |P_s|) & P \in P_m, \\ \alpha/(|P_m| + \alpha|P_s|) & P \in P_s \end{cases} \quad (3)$$

2.2 基于属性相关性的客观权重计算方法

2.2.1 QoS 指标相关性分析

多数情况下, 服务各 QoS 指标之间是存在一定的相互影响关系. 例如用户希望服务的执行时间越短越好, 此时通常需要服务开发商与提供商付出更多的脑力劳动、投入更好的硬件环境, 因此该服务的执行费用也就相对较高. 再者, 若要求服务的安全性能越高, 则在保护消息上所消耗的时间也就越多, 因此可能导致服务执行时间越高. 这种指标相关性会对服务质量产生一定的影响. 假设某一服务由时间(T)、成本(C)作为 QoS 评价模型的指标, 其权重分别由 w_T 、 w_C 表示. 服务的 QoS 度量公式如式(4)所示:

$$QoS = w_T \cdot T + w_C \cdot C \quad (4)$$

当指标 T、C 存在相关性时, 对式(4)中的 T、C 分别求偏导, 如式(5)所示:

$$\frac{\partial QoS}{\partial T} = w_T + w_C \frac{\partial C}{\partial T} \quad \frac{\partial QoS}{\partial C} = w_C + w_T \frac{\partial T}{\partial C} \quad (5)$$

从式(5)可以得出结论: 当 T、C 这两个指标存在一定相关关系时, QoS 指标的权重作用将不再是式(4)中的权重比例大小, 其值有可能被缩小或夸大. 从信息角度来说, 指标间相关程度越高表明其相互解释的成分越多, 各指标的鉴别能力就越小, 在统计指标体系整体中的功能就越低^[10]. 所以这种情况下, 需要对

候选服务的 QoS 指标进行相关性分析, 以此消除其对计算带来的影响.

2.2.2 客观权重计算

首先, 计算各 QoS 指标之间的相关性. 采用 Pearson 提出的积矩相关计算方法得到各 QoS 指标之间的相关系数, 计算公式如式(6)如下:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (6)$$

其中: r_{xy} 为相关系数; X_i 、 Y_i 分别为指标 x 和 y 的第 i 个时间点的值; \bar{X} 和 \bar{Y} 分别表示指标 x 和 y 的均值, n 为时间节点数.

获得 QoS 指标的相关系数之后, 可通过式(7)计算 QoS 指标间的冲突度. 指标间冲突表示某指标与其余指标之间的冲突程度; 当某两个指标间冲突度越小时, 表明这两个指标变化时所反映的信息量相似; 反之, 表示这两个指标变化时所反映的信息量不同^[10]. 通过引入冲突度的概念, 说明冲突性越强的指标在 QoS 评价中的影响作用越大, 即该 QoS 指标的客观权重比例越大.

指标冲突度计算方法为:

$$C_i = \sum_{j=1}^m (1 - r_{ij}); i = 1, 2, \dots, m \quad (7)$$

其中, r_{ij} 为指标 x 与 y 间的相关系数, m 为指标个数. 最后, 由指标冲突度计算各指标 p 的客观权重:

$$cw(p) = \frac{C_i}{\sum_{i=1}^m C_i} \quad (8)$$

2.3 基于时间序列的 QoS 效用函数

本文提出的 TCSOW 算法通过式(9)所示的效用函数计算 QoS 度量值. 其中 $Sq(WS)$ 表示服务 WS 的主观 QoS 相似度量值, $Oq(WS)$ 表示服务 WS 的客观 QoS 相似度量值. β 代表偏好关注度即用户在 QoS 度量中对主、客观 QoS 相似度量值的关注比例, 当用户完全关注于偏好进行服务选择时, $\beta=1$; 当不存在用户偏好时, $\beta=0$; 无特殊情况下, $\beta=1-\beta=0.5$.

$$q(WS) = \beta Sq(WS) + (1-\beta) Oq(WS) \quad (9)$$

参考云服务时间序列选择算法^[3], 主、客观 QoS 相似度量值的计算公式分别如下:

$$S_q(WS) = \sqrt{\sum_{k=1}^m sw(p_k)(MTS_0(p_k) - MTS_i(p_k))^2} \quad (10)$$

$$O_q(WS) = \sqrt{\sum_{k=1}^m cw(p_k)(MTS_0(p_k) - MTS_i(p_k))^2} \quad (11)$$

其中, $sw(p_k)$ 表示第 k 个指标 p 的主观权重, $cw(p_k)$ 表示第 k 个指标 p 的客观权重. $MTS_0(p_k)$ 表示用户需求序列中第 k 个指标 p 的 QoS 时间序列向量, $MTS_i(p_k)$ 表示服务候选集 $WS_i(i=1,2,3\dots)$ 序列中第 k 个指标 p 的 QoS 时间序列向量.

3 实验验证

3.1 实验建立

实验采用真实服务数据集^[11-12], 该数据集来源于 XMethods.net、XMLLogic 及 StrikeIron.com 网站, 其中的服务集来自不同的领域, 每个服务的服务质量由 7 个指标进行描述, 该指标如表 1 所示.

表 1 数据集中的 QoS 指标

| 指标 | 描述 |
|---------------------|---------------------------|
| response time(Rt) | 用户提出请求到系统接受请求的时间 |
| availability(Ava) | 成功调用次数/总调用次数 |
| throughput(Thr) | 每秒内可被调用的最大次数 |
| successability(Suc) | 回应过的请求数量/请求总数量 |
| reliability(Rel) | 正确的回应信息数/回应信息总数 |
| best practices(Bp) | 服务符合WS-I Basic Profile的程度 |
| latency(Lat) | 服务执行1次请求所花费的时间 |

实验进行脏数据清洗同时筛选了 6 个相似领域的服务集, 每个待选服务共记录 10 个时间点, 形成

待选服务集 QoS 序列, 分别命名为 WS1~WS6. 同时, 根据用户的服务需求, 制定相关的用户需求 QoS 序列 WS0.

3.2 验证 TCSOW 算法对用户偏好把握的有效性

由于用户偏好的模糊性和不确定性, 用户不可能完全给出精确、量化的权重值, 因此模糊理论中的三角模糊数法已经成为一种常用的方法来分析带有模糊信息的指标权重^[13-14]. 本实验为了证明 TCSOW 算法对用户偏好把握的有效性, 采用文献[13]的三角模糊数处理算法与 TCSOW 算法作比较. 其中文献[13]的算法是将偏好指标的重要程度分成 5 级: VL, L, M, H, VH, 分别用模糊数 $\tilde{D}_1=(0,0.1,0.2)_1$ 、 $\tilde{D}_2=(0.2,0.4,0.6)_1$ 、 $\tilde{D}_3=(0.6,0.7,0.8)_1$ 、 $\tilde{D}_4=(0.8,0.85,0.9)_1$ 以及 $\tilde{D}_5=(0.9,0.95,1)$ 表示. 其中权重计算公式为 $w_i = a(\tilde{D}_i, \tilde{0}) / \sum_{i=1}^m a(\tilde{D}_i, \tilde{0})$.

本实验假定某个服务由 successability, availability, best practices 以及 response time 这 4 个指标来描述其服务质量, 比起 response time 指标, 用户更希望保障前 3 个指标的性能, 即认为该用户的主要偏好是 successability, availability 和 best practices, 次要偏好是 response time. 无特殊情况, 实验设置 $\alpha=0.5$, 由于本实验只依赖用户偏好进行服务选择, 所以令 $\beta=0$. 同时, 根据假定的用户偏好, 由文献[13]的重要等级划分认为 $Rt=M$, $Suc=Ava=Bp=H$.

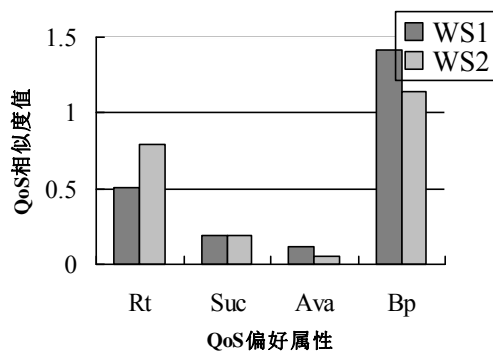
文献[13]的算法与本文算法计算得到的 QoS 相似度排名结果如表 2 所示.

表 2 文献[13]算法和 TCSOW 算法 QoS 度量结果对比

| 服务名 | 偏好指标 | | | | QoS相似度结果 | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|----------|----|-------|----|
| | | | | | 文献[13] | | 本文 | |
| | Rt | Suc | Ava | Bp | QoS | 排名 | QoS | 排名 |
| WS ₁ | 0.511 | 0.195 | 0.118 | 1.413 | 0.727 | 5 | 0.742 | 6 |
| WS ₂ | 0.788 | 0.189 | 0.050 | 1.145 | 0.738 | 6 | 0.736 | 5 |
| WS ₃ | 0.527 | 0.166 | 0.041 | 0.601 | 0.553 | 2 | 0.570 | 2 |
| WS ₄ | 0.254 | 0.067 | 0.016 | 1.143 | 0.622 | 3 | 0.613 | 3 |
| WS ₅ | 0.740 | 0.259 | 0.404 | 0.484 | 0.658 | 4 | 0.678 | 4 |
| WS ₆ | 0.321 | 0.152 | 0.018 | 0.575 | 0.509 | 1 | 0.514 | 1 |

表 2 中, 两种算法的结论基本一致, 仅 WS₁ 和 WS₂ 的排名不同, 根据 TCSOW 算法, WS₂ 的排名高于 WS₁, 与文献[13]中的结果截然相反. 图 2 表示 WS₁ 和 WS₂ 在 4 个偏好指标上各自的 QoS 相似度值,

由图 2 可知, WS₁ 和 WS₂ 在 Response time 和 Best practices 两个指标上有明显差别, WS₂ 中 Best practices 指标表现优于 WS₁ 而 Response time 指标则劣于 WS₁(如图 2 所示).

图2 WS₁与WS₂在偏好指标上的QoS相似度值

但在实验假定中用户偏好更关心 Best practices, 因此认为用户主要偏好指标表现更好 Best practices 指标

表现优于 WS₁ 而 Response time 指标则劣于 WS₁, 但在实验假定中用户偏好更关心 Best practices, 因此认为用户主要偏好指标表现更好的 WS₂ 应为最优服务. 这一结论也与 TCSOW 算法得出的结果一致, 因此认为 TCSOW 算法不仅在处理时间序列云服务选择时具有较高的有效性, 并且在把握用户偏好上更具准确性.

3.3 验证 TCSOW 算法的准确性

本实验通过 TCSOW 算法综合考虑主客观权重来选择最优服务. 假定某用户的主要偏好为 Response time、Successability、Availability 及 Best practices, 次要偏好为 Latency、Throughput 和 Reliability. 无特殊情况, 令 TCSOW 算法中, 得到各候选服务的 QoS 相似度排名, 见表 3.

表3 综合考虑主观、客观权重的 QoS 度量结果

| 服务名 | 非偏好指标 | | | 偏好指标 | | | | TCSOW ($\alpha = 0.5 \beta = 0.5$) | | | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------------------------|----|-------|----|-------|----|
| | Lat | Thr | Rel | Rt | Suc | Ava | Bp | QoS | 排名 | Sq | 排名 | Oq | 排名 |
| WS ₁ | 0.823 | 1.216 | 0.715 | 0.511 | 0.195 | 0.118 | 1.413 | 0.847 | 5 | 0.811 | 5 | 0.882 | 5 |
| WS ₂ | 0.484 | 0.868 | 1.720 | 0.788 | 0.189 | 0.050 | 1.145 | 0.886 | 6 | 0.820 | 6 | 0.952 | 6 |
| WS ₃ | 0.301 | 0.841 | 0.813 | 0.527 | 0.166 | 0.041 | 0.601 | 0.684 | 3 | 0.648 | 3 | 0.720 | 3 |
| WS ₄ | 0.309 | 0.650 | 1.126 | 0.254 | 0.067 | 0.016 | 1.143 | 0.703 | 4 | 0.669 | 4 | 0.737 | 4 |
| WS ₅ | 0.843 | 0.553 | 0.624 | 0.740 | 0.259 | 0.404 | 0.484 | 0.623 | 2 | 0.526 | 1 | 0.720 | 2 |
| WS ₆ | 0.121 | 0.232 | 0.714 | 0.321 | 0.152 | 0.018 | 0.575 | 0.548 | 1 | 0.539 | 2 | 0.577 | 1 |

从表 3 中可以看出, WS₆ 的综合 QoS 相似度量值最小即为最优服务, 然而 WS₆ 的 Sq 排名竟次于 WS₅, 即若从主观权重角度出发, 最符合用户偏好的服务并不是 WS₆, 但表 3 显示 WS₆ 在用户主要偏好之外的 3 个次要指标上表现最优, 特别是 Latency 和 Throughput 这两个指标远比其他服务好, 实际上 Latency 和 Throughput 在用户体验中也起着一定的作用, 因此也应得到重视. 此外由于该算法引入了基于 QoS 指标相关性的客观权重, 也纠正了单纯由用户偏好决定服务带来的盲目性, 表 4 中显示 WS₆ 的 Oq 表现最好, 说明该服务 QoS 指标之间相互独立性较高, 服务的性能更稳定. 该实验结果表明: 用户偏好的盲目性与片面性可能会导致 QoS 度量出现一定误差, 影响用户选择最优服务; 而 TCSOW 算法能够帮助用户纠正此类误差, 进而做出最准确的服务选择.

4 结语

本文主要讨论了基于时间序列的云服务 QoS 综合权重算法问题, 并在此基础上提出了一种新型的 QoS 度量方法. 分别通过分析在用户体验中待选服务的各 QoS 指标的偏好差异性 & QoS 指标之间的数据分布特征, 以此为依据计算出每个候选服务的 QoS 指标的主客观权重, 极大程度上避免了用户偏好所带来的盲目性和片面性. 与已有的 QoS 综合权重研究算法相比较, 本文提出的算法能有效地解决用户偏好的模糊性问题, 并且针对 QoS 指标为时间序列向量的情况, 实验结果也证实了 TCSOW 算法的有效性和实用性. 但是从中也存在一些问题, 比如偏好差异度和关注度为固定不变的值, 在接下来的工作中, 我们将对这些参数选取不同的值进行研究来进一步提高 QoS 度量效果. 此外, 如何处理 QoS 指标中无法定量获取的模糊指标也是值得进一步深入研究的课题.

参考文献

- 1 Strunk A. QoS aware service composition: A survey. Proc of the 2010 8th IEEE European Conference on Web Services (ECOW 2010). Ayanapa. IEEE. 2010. 67-74.
- 2 Ye Z, Bouguettaya A, Zhou XF. Economic model- driven cloud service composition. ACM Trans. on Internet Technology, 2014: 255-273.
- 3 Ye Z, Bouguettaya A, Zhou XF. QoS aware cloud service composition using time series. Proc of the 11th International Conference on Service Oriented Computing(ICSOC 2013). Berlin. Springer-nerlag berlin. 2013. 9-22.
- 4 肖文娟,段玉聪.基于时间序列的感知 QoS 的云服务组合. 计算机工程与科学,2014,11:2061-2066.
- 5 马友,王尚广,孙其博,杨放春.一种综合考虑主客观权重的 Web 服务 QoS 度量算法.软件学报,2014,11:2473-2485.
- 6 刘大海,宫伟,邢文秀,李晓璇,马雪健,于莹.基于 AHP-熵权法的海岛海岸带脆弱性评价指标权重综合确定方法.海洋环境科学,2015,3:462-467.
- 7 程启月.评测指标权重确定的结构熵权法.系统工程理论与实践,2010,30(7):1225-1228.
- 8 曹秀英,梁静国.基于粗集理论的属性权重确定方法.中国管理科学,2002,10(5):98-100.
- 9 崔杰,党耀国,刘思峰.基于灰色关联度求解指标权重的改进方法.中国管理科学,2008,16(5):141-145.
- 10 罗赟骞,夏靖波,陈天平.网络性能评估中客观权重确定方法比较.计算机应用,2009,10:2624-2626,2631.
- 11 Al-Masri E, Mahmoud QH. Discovering the best Web service. Proc. of the 16th Int'l Conf. on World Wide Web(WWW 2007). New York. ACM Press. 2007. 1257-1258.
- 12 Al-Masri E, Mahmoud QH. Qos-based discovery and ranking of Web services. Proc. of the 16th Int'l Conf. on Computer Communications and Networks(ICCCN 2007). New York. IEEE. 2007. 529-534.
- 13 Xiong PC, Fan YS. Qos-aware web service selection by a synthetic weight. Proc. of the 4th Int'l Conf. on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery(FSKD 2007). New York. IEEE. 2007. 632-637.
- 14 Wu ZP, Yuan M. User-preference-based service selection using fuzzy logic. Proc. of the 6th Int'l Conf. on Network and Service Management(CNSM 2010). New York. IEEE. 2010. 342-345.