

基于灰色 BP 神经网络的 Web 组合服务选择研究 *

廖辰瀚¹ 郑建国¹ 宋 华²

(1 东华大学旭日管理学院 上海 201100)(2 安徽财经大学信息工程学院 蚌埠 233041)

摘 要:提出灰色 BP 神经网络 Web 组合服务选择模型,并通过 MATLAB 仿真实验,验证此模型能较好地处理不确定性情况下的 Web 组合服务选择问题,获得全局服务质量(QoS)最优的组合服务方案,明显提高了组合服务 QoS 指标的预测精度。

关键词:Web 组合服务 服务质量 GM(1,1)模型 神经网络 灰关联度

中图分类号:TP389.1

文献标识码:A

doi:10.3969/j.issn.1005-8095.2012.01.002

1 引言

随着 Web 服务的发展,单个 Web 服务已经无法满足用户的需求,Web 组合服务应运而生,且相同功能的 Web 组合服务增加迅速。但是这些 Web 组合服务的服务质量(Quality of Service,简称 QoS)相差很大。如何从大量的具有相同功能的 Web 组合服务中,选择出一组服务,使得所组合出的服务具有最好的质量、最高的用户满意度成为 Web 组合服务研究的热点。

在全局优化的 QoS 选择方法的研究中,基于路径拆分的方法^[1]将复杂路径的 Web 组合服务拆分为

多个相对简单的路径的组合服务,将服务选择问题转换为整数规划问题进行服务的选择工作,但满足一定约束条件下的服务选择问题最终证明是 NP (Non-deterministic Polynomial)难问题^[2]。为此,人们提出了许多方案来解决基于 QoS 的 Web 组合服务选择问题,其中基于遗传算法的解决方案^[3]是一种新颖的全局优化解决方案,但针对海量 QoS 数据,这些方案算法的运行效率不高,而且结果往往局部最优而不是全局最优。D. Chakraborty 等^[4]根据 QoS 指标不确定性特点,建立了基于指标依赖的单目标满足、多目标优化的 QoS 评价模型,此模型以 QoS 指

(1)统计文本集里独立词的个数,并分别计算它们的 IDF;(2)对每个文本统计每一个独立词出现的次数,计算 TF 值;(3)用独立词的 IDF 与每个文本中独立词的 TF 进行计算,得到每个文档中每个独立词的 TF-IDF;(4)根据每个独立词的情况,给出加权的系数,得到最后的 ω 值。

4 TF-IDF 值改进算法的实例分析

某个科技项目的名称为:“三维模型脚型驱动的个性化鞋楦定制 CAD 关键技术研究”,经过公式(3)和公式(5)两种方法计算后得到 TF-IDF 值最大的 10 个特征值以及进行加权后的前 10 个特征词如表 1 所示(表格中深色底纹的特征词为在项目标题中出现的特征词)。

表 1 某项目特征词权值加权前后比较

序号	特征词	TF-IDF	加权后的特征词	加权后的 TF-IDF
1	楦型	0.142 608	三维模型	0.169 565(加权 1.5)
2	鞋楦	0.117 392	鞋楦	0.158 479(加权 1.35)
3	实体模型	0.114 123	楦型	0.142 608
4	三维模型	0.113 043	实体模型	0.114 123
5	路径	0.104 349	路径	0.104 349
6	轨迹	0.060 870	轨迹	0.060 870
7	参数值	0.052 173	参数值	0.052 173
8	坐标	0.050 349	坐标	0.050 349
9	解调	0.047 827	解调	0.047 827
10	光栅	0.013 043	光栅	0.013 043

从直观的文字理解上看,这个项目标题中的“三

维模型”、“鞋楦”这两个词较为明显地体现了项目的内容特征,经过加权计算,这两个词的权重上升到了第一和第二的位置,比原计算得到的 TF-IDF 值更具有合理性。因此,我们认为本文所使用的加权公式(5)是有一定的改善效果。

5 结语

引入 IDF 可以消除一个文档内无意义高频词的影响,但是也带来了一些问题,如一些偶然出现的低频词的权值计算值比较大,可能在事实上放大了这些低频词的重要性。另外,一些热点词汇并非无意义,却因为在大量文档中出现而降低了重要性,比如“网络”这个词,不仅仅出现在信息类、软件类的科技项目文档中,各行各业的项目都可能出现这个词,它的 IDF 值较低,而实际上它在很大程度上还是可以体现一个项目的内容特点的。本文采用的权值计算方法在上述两个方面存在着相应的缺点。

参考文献

- [1] 张鹏飞,等. 基于相对词频的文本特征抽取方法[J]. 计算机应用研究,2005(4):23-26
- [2] 李爱红. 试论自动摘要技术[J]. 图书情报工作,2000(4):40-42
- [3] 王海涌,等. 基于文本表示的特征项权值确定方法研究[J]. 甘肃科学学报,2005(117):86-89
- [4] 刘海峰,等. 文本分类中基于位置和类别信息的一种特征降维方法[J]. 计算机应用研究,2008,25(8):2292-2294

标的历史数据为基础,分析指标预测值和指标权重。王宇喜等^[5]采用的基于灰色理论的预测方法部分预测结果误差较大,难以得到可信的 Web 组合服务选择目标的需求。

综上所述,现在关于支持 Web 组合服务选择的 QoS 指标预测研究存在以下问题:

首先,由于服务本身及服务所在计算和网络环境等因素的影响使得 QoS 指标呈现出一种不确定性,且 Web 组合服务的自治性可能具有信息灰色等特性,故传统的针对大样本、海量数据的数理统计、数据挖掘等方法并不适用于处理这种不确定性。

其次,满足一定约束条件下的服务选择问题是 NP 难问题。

最后,灰色理论在很好地解决不确定性和信息灰色性问题时,预测精确度难以满足可信 Web 组合服务选择的需求。

本文首先界定 QoS 指标,并在充分研究以往研究成果的基础上,系统阐述 QoS 指标不确定性的特点,试图在不确定性存在的情况下,通过对 QoS 指标的历史数据的分析,吸收灰色 GM(1,1)模型在处理 QoS 指标不确定性和信息灰色的优越性,并将 BP 神经网络与灰色 GM(1,1)模型相结合提高 QoS 指标预测精度,采用灰色理论处理 QoS 指标权重不确定性问题,很好地支持了 QoS 服务选择。

2 Web 服务及其 QoS 指标

2.1 Web 服务概述

Web 服务是由 URL 标识的软件系统,其接口和绑定可以通过 XML 进行定义、描述和发现,Web 服务支持通过基于 Internet 的协议,使用基于 XML 的消息,与 Web 服务或者其他软件系统直接交互^[6]。

Web 服务的体系结构是在 3 种角色和 3 种操作基础上构建的。3 种角色是指服务提供者(Service Provider)、服务注册中心(Service Registry)、服务请求者(Services Requestor);3 种操作是指发布、发现、绑定。事实上,Web 服务是 SOA(面向服务的体系结构)的一种实现方式,在提供服务描述、注册和发现机制的基础上,将进一步实现服务环境中的事务机制、安全机制等^[7]。

2.2 Web 服务的 QoS 指标定义及其不确定性

QoS 指标是 Web 服务非功能性的描述,本文从消费者的角度考虑并关注与 Web 服务性能有关的 QoS 指标,包括:响应时间、费用、可靠性、可用性、信誉度。

定义: $QoS = (Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5)$, 在这里 QoS 是一个五元组,它表示请求服务对服务质量的需求,其中:

Q_1 表示响应时间:表示从请求者发出请求消息开始,直到其接收到 Web 服务的响应为止的这段时间。该时间可分为“传输时间”(传输请求消息的时间与传输响应消息的时间的统称)与“处理时间”(服务提供者处理该服务请求的时间)。“传输时间”因网络而具有随机不确定性,以此响应时间存在不确定性。

Q_2 表示费用:指服务消费者购买服务所支付的费用。

Q_3 表示可靠性:指在特定时间段内,系统无失效运行所占总时间的比例或百分比。可靠性包括 3 部分:Web 服务本身的可靠性、Web 服务所在主机的可靠性和 Web 服务所在主机之间网络的可靠性。由于不同请求者与 Web 服务所在主机之间网络的可靠性相差很大,在一定程度上干扰服务“自身可靠性”,而 Web 服务所在主机之间网络的可靠性因网络而具有随机不确定性。

Q_4 表示可用性:指服务在一定时期内可以运行的时间比例,它表示了服务可以访问的概率,它是一段时期以来服务可以访问的时间统计值。因此,可用性具有随机不确定性。

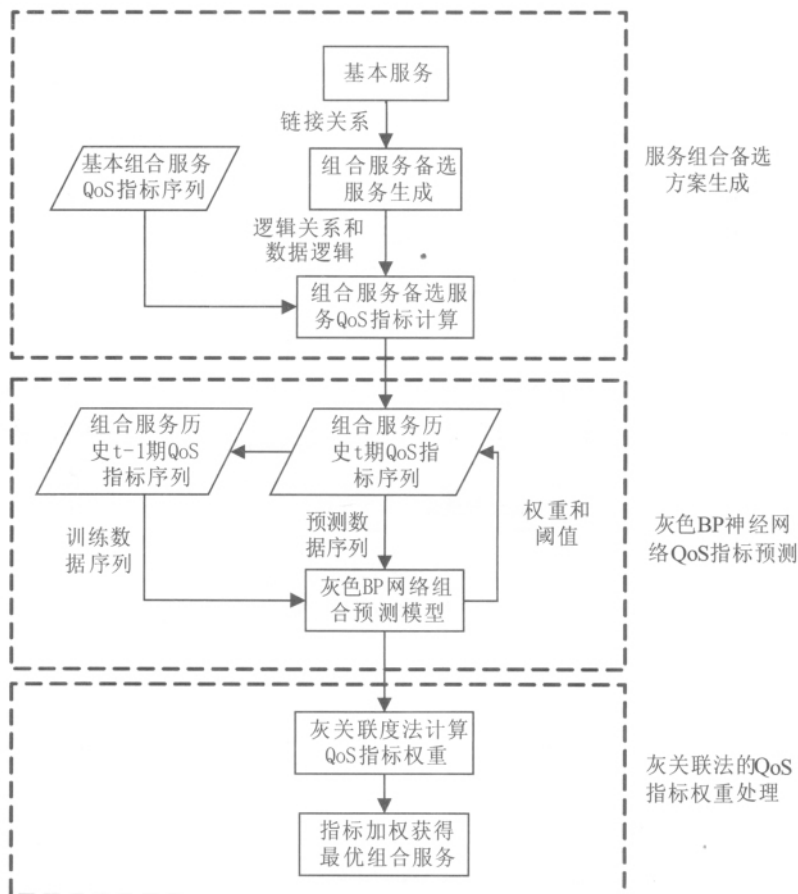


图 1 Web 组合服务选择模型

Q_5 表示信誉度:反映用户对 Web 服务的满意程度,是用户的一种评价反馈,由于信誉度无法用简单的等级精确来描述,具有模糊不确定性。

综上所述,Web 组合服务 QoS 指标中,响应时间、可靠性、可用性、信誉度均存在不确定性。

3 灰色 BP 网络的 Web 组合服务选择模型

本文提出了如图 1 所示的灰色 BP 神经网络 Web 组合服务选择模型,模型包括服务组合备选方案生成、灰色 BP 神经网络 QoS 指标预测、灰色关联法的 QoS 指标权重处理 3 个部分。模型首先获得组合服务的备选服务并计算备选服务 QoS 指标,然后对备选服务 $t+1$ 期 QoS 指标进行预测,最后对备选服务 QoS 指标做加权处理并获取最优组合服务。此模型可以在基本 Web 服务历史 1 至 t 期的 QoS 指标已知的情况下,预测备选服务 $t+1$ 期的 QoS 指标,并选择最优的备选服务提供给消费者。

3.1 服务组合备选方案生成

Web 组合服务选择需要从众多组合服务备选服务中选择出最优的组合,假设组合服务 CWS 的服务集合有 $n+1$ 个基本服务为 $WS_0, WS_1, WS_2, \dots, WS_n$, 其中 WS_0 为初节点, WS_n 为终结点。但实际中,并非所有的组合服务备选服务都能生成,还需要受到其他条件的约束。

从服务消费者角度考虑,组合服务备选服务受到基本服务间是否存在链接关系的约束。即基本服务 WS_i 和 WS_j 要形成组合服务,其必要条件是 WS_i 的入链包含 WS_j 的出链或者 WS_j 的入链包含 WS_i 的出链。

基本 Web 服务链接关系的确定,即对于组合服务中任意两个基本服务 WS_i 和 WS_j ,若 WS_j 的入链包含 WS_i 的出链,则称 WS_i 和 WS_j 之间具有链接关系 $LinkRelation(WS_i, WS_j)$ 。

本文采用一种“生长树”的方法获取组合服务备选服务。生长树的步骤是:

- (1)以 WS_0 为根节点;
- (2)对于每个节点 WS_i 若存在 $LinkRelation(WS_i, WS_j)$ 且 WS_j 在 WS_i 所在的层之前未作为根节点,则将 WS_j 作为 WS_i 的叶子节点;
- (3)重复步骤(2)直到终结点 WS_n 成为叶子节点。

3.2 组合服务选择的 QoS 指标预测

Web 组合服务的 QoS 指标预测主要是指基于历史 t 期的 QoS 指标数据,通过对 QoS 指标的预测来确定 $t+1$ 期的 QoS 指标值。根据 BP 神经网络预测与灰色 GM(1,1)模型的组合方法,可将灰色 BP 神经网络组合预测模型分为:串联型、并联型、嵌入型、混合型。混合型灰色 BP 神经网络根据灰色系统模型构建 BP 神经网络模型。

灰色补偿 BP 神经网络模型就是一种典型的混合型灰色 BP 神经网络,它将原始的具有不确定性的数据序列通过固定长度的等维动态灰色建模的方法进行预测,将预测结果和原始数据序列相减,得到残差。然后基于残差和原始的数据序列建立 BP 神经网络逼近模型,对 BP 神经网络进行训练,达到 BP 神经网络各节点的权值。最后,用灰色补偿 BP 神经网络模型进行预测时,使用 BP 神经网络对误差进行补偿。本文采用混合型灰色 BP 神经网络进行组合预测。

3.2.1 灰色 BP 神经网络的训练

组合服务 CWS_i 1 至 $t-1$ 期的 QoS 指标为:

$$CWS_i = \begin{bmatrix} CWS_i(1) \\ CWS_i(2) \\ \dots \\ CWS_i(t-1) \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} CWS_i \cdot Q_1(1) & CWS_i \cdot Q_2(1) & \dots & CWS_i \cdot Q_5(1) \\ CWS_i \cdot Q_1(2) & CWS_i \cdot Q_2(2) & \dots & CWS_i \cdot Q_5(2) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ CWS_i \cdot Q_1(t-1) & CWS_i \cdot Q_2(t-1) & \dots & CWS_i \cdot Q_5(t-1) \end{bmatrix}$$

组合服务 CWS_i 第 t 期的 QoS 指标为:

$$CWS_i(t) = [CWS_i \cdot Q_1(t), CWS_i \cdot Q_2(t), \dots, CWS_i \cdot Q_5(t)]^T$$

对于 1 至 t 期组合服务 CWS_i 每项 QoS 指标,可形成一个 QoS 指标序列。

$$CWS_i Q_j(t) = [CWS_i \cdot Q_j(t), CWS_i \cdot Q_j(t), \dots, CWS_i \cdot Q_j(t)]^T$$

灰色 BP 神经网络的训练过程:

先使用 GM(1,1)模型对 1 至 $t-1$ 期的每一项 QoS 指标序列进行预测,获得 GM(1,1)模型预测的组合服务 t 期 QoS 值:

$$CWS_i'(t) = [CWS_i' \cdot Q_1(t), CWS_i' \cdot Q_2(t), \dots, CWS_i' \cdot Q_5(t)]^T$$

而后,将此值作为 BP 数据网络的输入,将 CWS_i 第 t 期的 QoS 指标作为 BP 神经网络的期望输出,获得 BP 神经网络的权重和阈值。

最后,使用此权重和阈值重新设置 BP 神经网络则灰色 BP 神经网络训练完成。

3.2.2 灰色 BP 神经网络的 QoS 指标预测

组合服务 CWS_i 1 至 t 期的 QoS 指标为:

$$CWS_i = \begin{bmatrix} CWS_i(1) \\ CWS_i(2) \\ \dots \\ CWS_i(t) \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} CWS_i \cdot Q_1(1) & CWS_i \cdot Q_2(1) & \dots & CWS_i \cdot Q_5(1) \\ CWS_i \cdot Q_1(2) & CWS_i \cdot Q_2(2) & \dots & CWS_i \cdot Q_5(2) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ CWS_i \cdot Q_1(t) & CWS_i \cdot Q_2(t) & \dots & CWS_i \cdot Q_5(t) \end{bmatrix}$$

灰色 BP 神经网络的预测过程:

先采用 GM(1,1)模型对 1 至 t 期的每一项 QoS 指标进行预测,获得 GM(1,1)模型预测的组合服务

$t+1$ 期 QoS 值:

$$CWS_i'(t+1)=[CWS_i' \cdot Q_1(t+1), CWS_i' \cdot Q_2(t+1), \dots, CWS_i' \cdot Q_5(t+1)]^T$$

而后,将此值作为已训练完成 BP 神经网络的输入,最终得到 $t+1$ 期 QoS 值:

$$CWS_i''(t+1)=[CWS_i'' \cdot Q_1(t+1), CWS_i'' \cdot Q_2(t+1), \dots, CWS_i'' \cdot Q_5(t+1)]^T$$

3.3 灰色关联法的 QoS 指标权重处理

3.3.1 确定参考 QoS 指标

灰色关联法的 QoS 指标权重处理可以获得组合服务每个 QoS 指标的权重,并将指标预测的 $t+1$ 期的组合服务 QoS 值加权。

组合服务 CWS_i 1 至 t 期的 QoS 指标为:

$$CWS_i = \begin{bmatrix} CWS_i(1) \\ CWS_i(2) \\ \dots \\ CWS_i(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} CWS_i \cdot Q_1(1) & CWS_i \cdot Q_2(1) & \dots & CWS_i \cdot Q_5(1) \\ CWS_i \cdot Q_1(2) & CWS_i \cdot Q_2(2) & \dots & CWS_i \cdot Q_5(2) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ CWS_i \cdot Q_1(t) & CWS_i \cdot Q_2(t) & \dots & CWS_i \cdot Q_5(t) \end{bmatrix}$$

首先,确定参考 QoS 指标由于 Web 组合服务是用来描述组合服务的非功能性的,从用户角度来说,最能代表非功能性的 QoS 指标应该是信誉度 Q_5 ,因为信誉度代表了该服务的可信赖程度,它依赖于服务最终消费者对它的评价。因此选信誉度 Q_5 作为 Web 组合服务的参考 QoS 指标记作:

$$CWS_i Q_5 = [CWS_i \cdot Q_5(1), CWS_i \cdot Q_5(2), \dots, CWS_i \cdot Q_5(t+1)]^T$$

3.3.2 QoS 指标的权重计算

对 QoS 指标序列用关联算子进行无量纲化,无量纲化后的数据序列形成如下矩阵:

$$CWS_i = \begin{bmatrix} CWS_i(1) \\ CWS_i(2) \\ \dots \\ CWS_i(t+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} CWS_i'' \cdot Q_1(1) & CWS_i'' \cdot Q_2(1) & \dots & CWS_i'' \cdot Q_5(1) \\ CWS_i'' \cdot Q_1(2) & CWS_i'' \cdot Q_2(2) & \dots & CWS_i'' \cdot Q_5(2) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ CWS_i'' \cdot Q_1(t+1) & CWS_i'' \cdot Q_2(t+1) & \dots & CWS_i'' \cdot Q_5(t+1) \end{bmatrix}$$

计算灰色关联系数: $\gamma_{j,5}(t+1) = \gamma[CWS_i Q_j(t+1),$

$$CWS_i \cdot Q_5(t+1)] = \frac{a + \xi \cdot b}{c + \xi \cdot b}, \text{ 其中:}$$

$$a = \min_i \min_k |CWS_i Q_5(t+1) - CWS_i Q_5(t+1)|,$$

$$b = \max_i \max_k |CWS_i Q_5(t+1) - CWS_i Q_5(t+1)|,$$

$$c = |CWS_i Q_5(t+1) - CWS_i Q_5(t+1)|。$$

并获得对每个 QoS 指标计算其余参考指标的灰色关联度,获得组合服务 $t+1$ 期的灰色关联度矩阵:

$$W(t+1) = [\gamma_{1,5}(t+1), \gamma_{2,5}(t+1), \gamma_{3,5}(t+1), \gamma_{4,5}(t+1)]$$

3.4 灰色 BP 神经网络最优组合服务的选择

由灰色 BP 神经网络预测模型组合服务 CWS_i $t+1$ 期的 QoS 指标值:

$$CWS_i''(t+1) = [CWS_i'' \cdot Q_1(t+1), CWS_i'' \cdot Q_2(t+1), \dots, CWS_i'' \cdot Q_4(t+1)]^T$$

由灰色关联法得到组合服务 CWS_i $t+1$ 期的 QoS 指标权重:

$$W(t+1) = [\gamma_{1,5}(t+1), \gamma_{2,5}(t+1), \gamma_{3,5}(t+1), \gamma_{4,5}(t+1)]$$

将组合服务 CWS_i $t+1$ 期的 QoS 指标值和其权重进行加权处理,得到 QoS 值:

$$CWS_i(t+1) \cdot QoS = CWS_i''(t+1) \times W(t+1) = [CWS_i'' \cdot Q_1(t+1), CWS_i'' \cdot Q_2(t+1), \dots, CWS_i'' \cdot Q_4(t+1)] \times [\gamma_{1,5}(t+1), \gamma_{2,5}(t+1), \dots, \gamma_{4,5}(t+1)] = [CWS_i'' \cdot Q_1(t+1) \times \gamma_{1,5}(t+1) + CWS_i'' \cdot Q_2(t+1) \times \gamma_{2,5}(t+1) + \dots + CWS_i'' \cdot Q_4(t+1) \times \gamma_{4,5}(t+1)]$$

最后将组合服务的 5 项 QoS 指标值合并成一项综合的 QoS 值,从而得到组合服务备选方案的 QoS 值排序和最优的组合服务方案。

4 实验设计与分析

本文以“旅游计划”组合服务为例进行了仿真实验。在“旅游计划”中,服务消费者在“订机票”和“订旅馆”的同时,“搜索旅游景点”,并“计算景点和旅馆的距离”,最终获得满意的结果。

4.1 QoS 指标的获取

图 2 为“旅游计划”组合流程图,“旅游计划”包括基本 Web 服务: $WS_0, WS_1, WS_2, WS_3, WS_4, WS_5$ 。在 t 时刻有多项备选 Web 组合服务分别为: $CWS_1(t), CWS_2(t), CWS_3(t), CWS_4(t), CWS_5(t)$ 。 $CWS_i(t)$ 表示 Web 组合服务的第 i 个备选服务在 t 时刻的运行情况,执行时间单位为秒,执行费用单位为元。 WS_i 表示单个的 Web 服务, $WS_i(t)$ 表示 t 期备选的 Web 组合服务备选服务。由图 2 可知组合服务共有 5 种备选 Web 组合服务:

$$CWS_1 = \{WS_0, WS_1, WS_2, WS_3\};$$

$$CWS_2 = \{WS_0, WS_1, WS_3\};$$

$$CWS_3 = \{WS_0, WS_3, WS_5\};$$

$$CWS_4 = \{WS_0, WS_1, WS_2, WS_4, WS_5\};$$

$$CWS_5 = \{WS_0, WS_3, WS_4, WS_5\}。$$

然后,计算每个备选 Web 组合服务的 QoS 指标。

4.2 QoS 指标的处理

$CWS \cdot Q_2$ 表示费用为固定值,不做处理;响应时间($CWS \cdot Q_1$)、可靠性($CWS \cdot Q_3$)、可用性($CWS \cdot Q_4$)与时刻相关。我们以 $t1-t4$ 备选组合服务 QoS 指标作为训练样本,以 $t5$ 期备选组合服务 QoS 指标作为期望输出,对灰色 BP 神经网络进行训练,获取 BP 神经网络各节点的权值。然后,再以 $t1-t5$ 备选组合服务 QoS 指标作为灰色 BP 神经网络的输入,对 $t6$ 期的备选组合服务 QoS 指标结果进行预测。

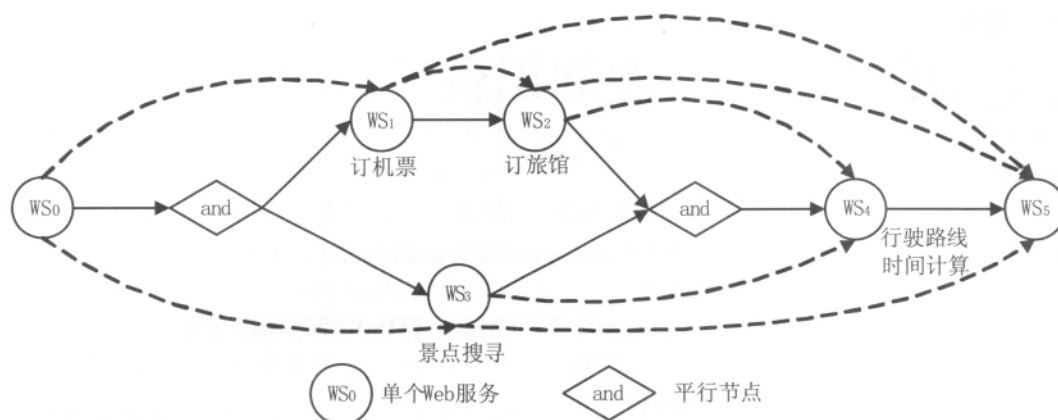


图 2 “旅游计划”组合服务流程

4.3 QoS 指标权重的处理

在不确定性存在的情况下,通过灰色关联法计算备选服务的 QoS 指标权重,并对权重进行归一化处理得到 QoS 指标如下:

$$\begin{aligned} CWS_1: w_{15} &= 0.241 \quad w_{25} = 0.241 \quad w_{35} = 0.284 \quad w_{45} = 1.094; \\ CWS_2: w_{15} &= 0.207 \quad w_{25} = 0.270 \quad w_{35} = 0.259 \quad w_{45} = 0.259; \\ CWS_3: w_{15} &= 0.257 \quad w_{25} = 0.281 \quad w_{35} = 0.239 \quad w_{45} = 0.239; \\ CWS_4: w_{15} &= 0.248 \quad w_{25} = 0.252 \quad w_{35} = 0.260 \quad w_{45} = 0.258; \\ CWS_5: w_{15} &= 0.231 \quad w_{25} = 0.274 \quad w_{35} = 0.244 \quad w_{45} = 0.244. \end{aligned}$$

4.4 模型生成和实验结果

将 4.2 节的预测结果和 4.3 节的权重合成 QoS 的比较模型:

$$CWS \cdot QoS = \sum_{i=1}^n (WebQoS \cdot Q_i \cdot w_{is})$$

将 t6 期 $CWS \cdot Q_1$ 、 $CWS \cdot Q_3$ 、 $CWS \cdot Q_4$ 指标预测值、 $CWS \cdot Q_4$ 的指标值以及处理后得到 CWS_1 、 CWS_2 、 CWS_3 、 WS_4 、 CWS_5 的 QoS 指标权重带入比较模型可以求得 t6 期的 $CWS \cdot QoS$ 值如下:

$$\begin{aligned} CWS_1: QoS(6) &= 1.9400; \\ CWS_2: QoS(6) &= 0.6900; \\ CWS_3: QoS(6) &= 0.7380; \\ CWS_4: QoS(6) &= 0.9590; \\ CWS_5: QoS(6) &= 0.9180. \end{aligned}$$

从 t6 期 QoS 值可知, CWS_1 的 Web 组合服务质量最高, CWS_4 次之, CWS_2 的 Web 组合服务质量最低, 5 个组合服务的优势排序是 CWS_1 、 CWS_4 、 CWS_5 、 CWS_3 、 CWS_2 。

4.5 实验结果分析

将 4.4 节的实验结果和参考 QoS 指标 Q_5 进行比较, 其 Web 组合服务的备选服务优劣排序完全相同。从最终结果可以看出, GM(1,1) 与 BP 神经网络相结合的组合预测模型能较好地处理不确定性情况下的 Web 组合服务选择中 QoS 指标预测。而以 QoS

指标的历史数据为基础, 构建的基于灰色 BP 神经网络的 QoS 选择模型能选择出最优的 Web 组合服务。

参考文献

- [1] Steams M, Piccinelli G. Managing interaction concerns in web-service systems [C]//ICDCSW, Vienna, Austria, 2002(7): 424-429.
- [2] Papazoglou M P. Service-Oriented Computing: concepts, characteristics and directions [C]//The 4th International Conference on Web Information Systems Engineering (WISE 2003), IEEECS, Roma, Italy, 2003: 3-12.
- [3] 高聪. 基于改进遗传算法的支持 QoS 的语义 Web 服务选择[D]. 北京邮电大学, 2008
- [4] Chakraborty D, Perich F, Joshi A, et al. A reactive service composition architecture for pervasive computing environments[C]//7th Personal Wireless Communications Conference (PWC 2002), Singapore
- [5] 王宇熹, 汪泓, 肖峻. 基于灰色 GM(1,1) 模型的上海城镇养老保险人口分布预测 [J]. 系统工程理论与实践, 2010, 30(12): 2244-2253
- [6] 朱红宁, 张斌. 支持服务选取的 QoS 评价相关的不确定性的处理方法 [J]. 小型微型计算机系统, 2009, 30(9): 1767-1773
- [7] 张成文. 基于遗传算法的具有全局 QoS 限制的 Web 服务选择[D]. 北京邮电大学, 2007
- [8] 蒋哲远, 韩江洪, 王钊. 动态的 QoS 感知 Web 服务选择和组合优化模型 [J]. 计算机学报, 2009, 32(5): 1014-1025

收稿日期: 2011-07-25

* 本文系国家自然科学基金项目“多智能体量子进化模型研究”(项目编号: 70971020)。

作者简介: 廖辰瀚(1981—), 男, 博士, 研究方向为网格资源发现、网格副本算法、数据挖掘和机器学习; 郑建国(1969—), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为技术经济分析方法、数据挖掘与智能决策、运营管理、智能信息处理等; 宋华(1984—), 男, 2008 级硕士研究生, 研究方向为信息检索与数据挖掘方向。