

面向设计产业链的需求服务映射及评价算法*

惠乐^a, 郭钢^b

(重庆大学 a. 机械工程学院; b. 汽车工程学院, 重庆 400020)

摘要: 为了满足用户个性化产品设计需求、对接优质设计服务资源以及提升设计过程中的服务质量, 基于云服务平台运行机制开发一种面向设计产业链的需求与服务映射云服务平台。根据服务资源描述框架和模糊语义相似度算法构建设计产业链需求与服务映射模型; 分析了一些设计公司的需求, 提出业务服务协同管理模型; 最后利用统计得到服务质量数据, 根据线性回归方程计算出服务评价各项指标等。结合实际案例对平台进行应用, 并筛选出最优服务方。验证表明, 上述算法和模型实现了对需求服务的匹配和设计服务方的客观评价。

关键词: 个性化产品; 设计产业链; 云服务; 映射模型; 协同管理

中图分类号: TH166; TP301.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3695(2018)07-1937-05

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2018.07.003

Arithmetic for matching demands and services and evaluation oriented design industrial chain

Hui Le^a, Guo Gang^b

(a. College of Mechanical Engineering, b. College of Automotive Engineering, Chongqing University, Chongqing 400020, China)

Abstract: In order to meet the design requirement of personalized products, provide quality design service resources, and improve the service quality in the process of product designing, this paper developed a cloud services platform for matching demands and services oriented designing chain using the cloud service platform operation mechanism. Firstly, it built a model for matching demands and services oriented designing chain by the service resource description framework(RFD) and the fuzzy semantic similarity algorithm. Secondly, it proposed a model for business service collaborative management by analyzing some demands from designing companys. At last, it calculated the services evaluation indexes using statistical services data and the linear regression equation. It applied in the platform by combining with actual cases, and selected the best server. Experiment shows that the proposed arithmetic and models can realize matching demands and services and giving objective evaluation to designers.

Key words: personalized products; design industrial chain; cloud service; model of matching; collaborative management

目前我国供给体系出现的问题是中低端产品有余、高端产品严重不足^[1]。Men 等人^[2]认为高端设备是国家制造业实力的体现, 经济下行, 低端产品市场竞争的加剧迫使制造业另寻出路。最近五年, 我国社会消费品零售总额增长速度不断降低, 但是广大用户对个性化创新产品的需求日益强烈^[3]。随着 Fab Lab 网络的迅速发展, 程时伟等人^[4]提出在以用户需求为中心、创新为驱动的引导下, 个人的设计创造力越来越被社会所重视。因此出现一系列的社区平台为追求自身创意实现的人交流创意思路、产品线上线下相结合提供帮助。设计产业链线上平台是随着“互联网+”和 O2O 平台的发展不断兴起的^[5], 云制造 O2O 平台^[6]的运行模式能够培养出创新思维的人才, 推动社会制造业的发展, 让每一个拥有创业思想的人发挥自己的作用。郑镁等人^[7]通过设计基于 Web 语义的云服务平台建立客户需求表达模型, 通过资源虚拟化和云资源池的施工方法实现设计资源整合共享。如今创新设计平台已经在国内多个城市出现, 一些平台利用了线上线下相结合的方式^[8]凸显出了各自的主题, 如深圳柴火创客空间线下拥有举办活动和仪器设备加工的场所, 线上主要用于活动和资讯的发布、创意项目的展示。

已有的创新设计平台相对来说资源比较匮乏, 原因在于无法解决产业链资源整合这一难题。要为个性化需求提供满意的解决方案, 需要做到互联网以及线下能够利用的设计服务资源无缝对接^[9]。尹翰坤等人^[10]提出了利用互联网和云服务的

优势按个性化需求组织资源进行服务、达到分散需求集中服务、分散资源集中使用的效果。Chen 等人^[11]提出了一种协同任务分配方法的设计结构矩阵, 用来解决在云平台中产品设计协同过程中不确定的任务分配。潘浩^[12]将联盟能力作为切入点, 结合产业链相关理论研究影响新兴产业发展的驱动因素, 最终构建出产业链整合与战略新兴产业发展的关系模型。

上述文献对制造业发展状况、创新产品设计需求、产业链资源整合等方面进行了详细研究, 也有了相应的供需匹配算法和业务协同模式。但需求与服务资源的分类状况没有进行描述, 使得供需映射模型映射的准确性得不到保证。供需双方建立合作关系之后, 服务方业务的协作过程缺乏管理、服务质量的评价体系不够完善。因此, 本文对设计产业链的需求与服务映射云平台的需求特点和服务资源进行了调研并描述, 建立需求与服务映射模型、业务服务系统管理及质量评估引擎, 并结合实际案例在相关平台上进行验证性应用。

1 设计产业链需求调研及需求特点

1.1 设计产业链需求调研

通过对重庆市一些设计服务相关企业业务现状和存在的需求进行实地考察, 调研方式以问卷调查、电话访谈和现场座谈为主, 调研目标、现状及需求汇总如表 1 所示。

调研后发现设计产业链相关企业或机构存在以下的一些问题: a) 业务宣传模式多为微信公众号和官方网站, 只能进行

收稿日期: 2017-03-10; **修回日期:** 2017-04-24 **基金项目:** 国家科技支撑计划资助项目(2012BAH32F04); 国家自然科学基金面上项目(51375510)

作者简介: 惠乐(1991-), 男, 陕西渭南人, 硕士研究生, 主要研究方向为信息化制造、先进制造技术(1483093586@qq.com); 郭钢(1960-), 男, 重庆人, 教授, 博士, 主要研究方向为汽车数字化设计与制造、需求挖掘交互设计与用户体验测试评价、汽车—互联网融合技术与云服务平台。

消息推送和业务展示,不能进行交易和业务的开展;b)缺乏专业的项目协同软件来管理线上的设计需求,业务得不到拓展,线下拥有的设备资源、设计研发资源和场地资源没有很好地调用起来;c)缺乏对服务方的服务评价标准和方法,获取不到用户的真实评价。

表1 设计产业相关企业业务现状和需求

调研目标	行业类型	业务现状	需求描述
重庆浪尖渝力科技有限公司	设计公司	a) 提供企业管理咨询,企业形象设计 b) 提供创新创业服务平台系统服务,物联网、工程设备智能化工程技术服务,网络技术开发,计算机软硬件的开发 c) 产品造型设计,包装设计,国内外广告、平面设计	a) 需要专用软件对设计方案和工业设计产品进行客观评价 b) 缺乏业务服务管理系统对项目 and 文档进行管理 c) 获取更多的材料供应商
沙坪坝区创新生产力促进中心	科技交流和推广服务业	a) 提供科学技术中介、咨询及交流合作服务 b) 组织新技术、新工艺、新材料的开发应用、示范及推广 c) 提供计算机软件开发及产品网络通信产品、办公设备及其零配件销售	a) 对设计制造服务过程和计划进行管控 b) 能够在线为客户提供解决问题的平台
重庆浪尖创课科技有限公司	设计公司	a) 从事教育科技、信息科技领域内的技术开发、技术咨询、技术服务、技术转让,教育项目与教育科研文献研究与开发,教育软件的研究与开发,承办教育文化交流活动 b) 提供计算机软硬件技术服务、电子设备租赁、创意设计,教育文化用品、工具、办公文化用品批发和零售	a) 希望通过多种渠道扩大公司在教育界的影响力 b) 培训场地和闲置工具能够得以利用 c) 需要物流管理系统来实时获取物流信息
重庆方正高精密电子有限公司	电子设备企业	a) 提供生产和销售自产的双面、多层刚性和柔性印刷电路板、高密度互连印刷电路板、刚柔结合印刷电路板 b) 提供柔性电路板材料、电子计算机配件、数码电子产品及相关技术的咨询、服务	a) 通过互联网渠道找到更多的材料供应商以及将部分业务外包出去 b) 在线会议工具为客户进行问题解答并形成会议记录
重庆激光快速原型及磨具制造生产促进中心	科研院所	a) 从事激光应用技术研发、先进制造技术应用研究和技术服务推广 b) 先进的数字化制造、检测设备使用率不高,资源闲置 c) 提供快速原型及磨具制造、工程样机制造、三维检测、激光加工服务、结构设计及数据分析	a) 宣传先进制造设备以及技术服务推广 b) 将闲置资源进行预约租赁,提高使用率 c) 测试实验过程的数据进行管理并反馈给用户

1.2 设计产业链需求特点描述

面向设计产业链的需求与服务映射云平台开发过程比较复杂,包含业务流程多、管理要求高、资源整合难等特点,但成功的开发为设计产业链发展所带来的影响深远。因此平台的开发还包括以下需求:

a) 产业链资源分类。云服务的目的是实现互联网上的资源共享,但是受需求订单的多样性和个性化定制程度差异大的要求,有关设计制造的产业链资源规模庞大、资源属性变动频繁,因此整合的前提是对所有可用资源进行分类,从个性化需求到多服务方业务协作、从线上到线下、从软件到硬件等。因此云服务平台需要满足产业链相关的资源合理分类需求。

b) 便捷的业务协作。面向设计产业链的需求与服务映射云平台开发过程是复杂的,包括需求订单快速响应、业务服务协同设计、优质项目跨平台分享等多个业务环节。刘金彪^[13]提出不同业务环节需要多方用户协作完成,用户类型的多样性使得需要针对不同用户类型设计相应的后台功能和业务流程,使各用户之间业务协作方便快捷,因此平台需要满足产品设计

过程中的业务协作便捷需求。

c) 高效的资源匹配。很多产品的设计需求停留在概念阶段,工业产品的造型和色彩搭配需要专业设计师进行设计,产品制造加工需要多方服务商提供材料和专业设备等。出于对物流成本和方便交易对接的考虑,宋庭新等人^[14]认为对于加工制造等线下服务,资源需求方很大程度上有优先考虑本地资源的意愿,如产品设计、项目孵化等线上服务可以利用云平台产业链资源整合为供需双方快速地对接优质资源,加速需求和项目的实现。因此,云平台需要满足产品设计过程中的产业链资源高效匹配。

2 设计产业链资源描述及供需模型描述

2.1 设计产业链资源描述

设计产业链的资源集成和共享是该云服务平台的基础和关键之一,而资源的属性和描述又是共享的前提。为实现面向设计产业链的需求与服务映射云平台合理准确的资源分类需求,本文运用资源描述框架(resource description framework, RDF)模型表达 Web 资源的元数据^[15],并利用其构建了该平台产业链资源数据元模型,如图1所示。

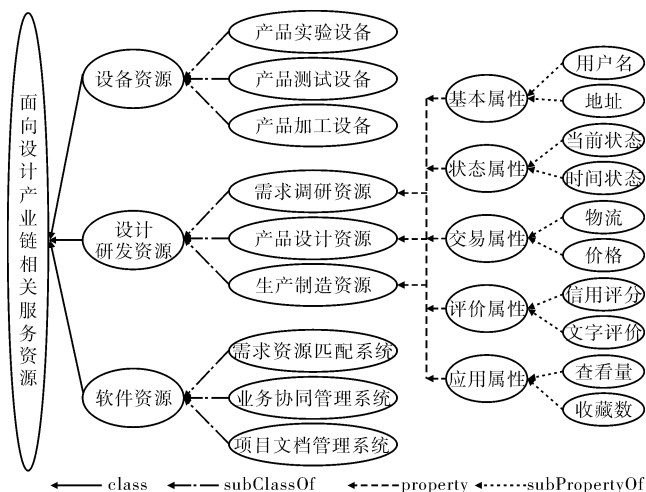


图1 设计产业链资源描述框架的基本数据元模型

1) 资源分类

在设计产业链 RDF 数据模型中,各资源间的相互关系可以用主语(资源)、谓词(属性)、客体(值)三者表示,根据实例可进行细化。

结合前文云平台需求特点描述,提出面向设计产业链服务资源数据元模型。面向设计产业链相关资源按类型可分为设备资源(E_resource)、设计研发资源(D_resource)、软件资源(M_resource)等。设备资源涉及到产品生产阶段所有的加工制造设备,包括产品实验设备(E_equipment)、产品测试设备(T_equipment)、产品加工设备(P_equipment)等;根据云服务平台运行模式,设计研发资源按照创意产品发布前可分为需求调研资源(requirement_resource)、产品设计资源(design_resource)、生产制造资源(manufacture_resource)等;软件资源是连接设备资源和设计研发资源的枢纽,包括需求资源匹配系统(M_system)、业务协同管理系统(S_system)、项目文档管理系统(D_system)等。本文重点研究设计产业链相关的软件资源。

2) 资源描述

利用 RDFS (RDF schema) 语言对设计产业链资源 RDF 数据模型进行描述,可支撑庞杂词汇进行语义建模,其中包含类(class)、属性(property)元素等。产业链资源具有基本属性、状态属性、交易属性、评价属性、应用属性等五个属性,其中每个属性又可以继续细分。当要进行实际的创新型工业产品设计研发时,通过五个属性对这个特定实体进行描述,便可生成一个设计产业链资源描述的基本数据元模型。

在图1的元基本数据模型中,主语是各个细分资源,谓词

是五个基本属性,客体是每个属性对应的值,由此可以根据实例将其量化。根据上述产业链资源数据模型,可以基于 RDFS 建立资源描述文档,通过对属性中各参数的赋值来对产业链资源进行实例化。部分分类及属性描述 RDFS 文档如下:

```

...
<rdfs:Class rdfs:ID = "D_resource" rdfs:about = http://119.84.8.147/CloudPlatform D_resource>
<rdfs:Property rdfs:ID = "id" rdfs:about = http://119.84.8.147/CloudPlatform D_resource>
<rdfs:Range rdfs:resource = "rdfs:new Product design" />
<rdfs:domain rdfs:resource = "D_resource" />
...

```

2.2 需求与服务映射模型描述

结合以上功能提出面向设计产业链的需求及服务映射模型,如图2所示。

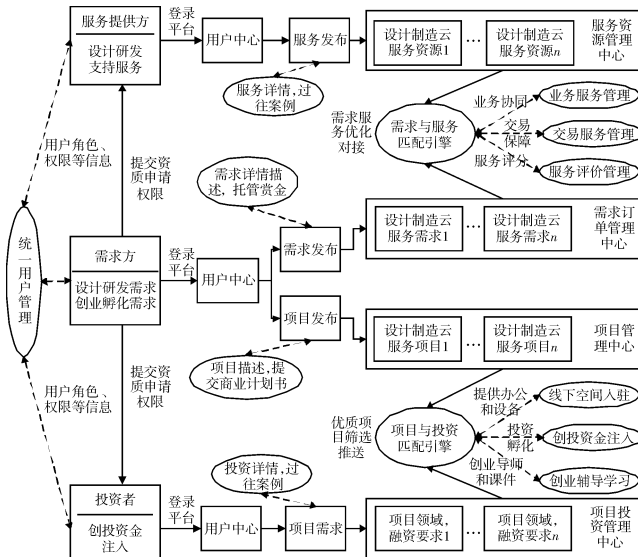


图2 面向设计产业链的需求与服务映射模型

a) 普通用户通过平台的需求板块编辑和发布需求,如设计研发,向第三方平台托管赏金后在规定时间内等待服务方响应。所有已发布的需求都通过需求订单中心进行管理,根据需求的行业分类和其他需求属性来匹配提供解决方案的服务方;也可以通过平台项目板块发布需求,如创意项目孵化,描述和发布创意产品、运营方案、商业计划,以吸引投资者关注,获得创业资金和入驻线下空间资格。

b) 服务方通过需求订单管理中心匹配搜索进行需求筛选,得到设计制造产品需求列表,并对需求进行优化选择和响应;需求方在已发布的需求详情界面中可以查看到多个服务方提供的初步设计方案,从中选取一个或多个服务方为其提供服务,供需双方签订平台协议,建立正式的合作关系。

c) 当悬赏交易确定以后,需求方通过业务服务协同管理引擎对服务方业务流程监管,包含业务服务流程、供需双方合同、服务方案文件等方面的管理,实现合作进程中的实时交流,最终确保需求得到满意的服务成果。

d) 当业务流程到达终点,需求方确认服务结束,并通过评价管理对服务进行评分,包括服务效率、服务品质、服务态度、服务性价比四个方面,作为服务方信用评估的依据。

需求和服务映射过程中存在两方主体:需求方和服务方。设需求方的需求集合为 $D = \{D_1, D_2, D_3, \dots, D_n\}$, D_n 表示第 n ($n = 1, 2, 3, \dots, i$) 个需求;服务方服务集合为 $S = \{S_1, S_2, S_3, \dots, S_m\}$, S_m 表示第 m ($m = 1, 2, 3, \dots, j$) 个服务。映射的属性为 $[name, category, detail, QoS]$, $name$ 表示服务名称, $category$ 表示服务类别, $detail$ 表示服务详情, QoS 表示服务质量。 $Dcategory$ 表示需求方所需的服务类别, $Scategory$ 表示服务方所提供的服务类别。设需求方所需服务名称集合为 $Dname = \{Dname_1, Dname_2, Dname_3, \dots, Dname_n\}$, $Dname_n$ 表示 D_n 的需

求名称;服务方提供的服务名称集合为 $Sname = \{Sname_1, Sname_2, Sname_3, \dots, Sname_m\}$, $Sname_m$ 表示 S_m 的服务名称。需求方所需服务详情的集合为 $Ddetail = \{Ddetail_1, Ddetail_2, Ddetail_3, \dots, Ddetail_n\}$, $Ddetail_n$ 表示 D_n 的服务详情;服务方提供的服务详情的集合 $Sdetail = \{Sdetail_1, Sdetail_2, Sdetail_3, \dots, Sdetail_m\}$, $Sdetail_m$ 表示 S_m 的服务详情。 $DQoS = \{DQoS_1, DQoS_2, DQoS_3, \dots, DQoS_n\}$ 是需求方对服务 QoS 的属性指标集合, $DQoS_n$ 是第 n ($n = 1, 2, 3, \dots, q$) 个指标。

首先进行 $Dname$ 与 $Sname$ 的相似度映射,得出模糊相似度值 Sim_n ,随后 $Ddetail$ 与 $Sdetail$ 进行相似度映射,得出模糊相似度值 Sim_d 。根据名称和详情的综合模糊相似度 $sim(n, d)$ 的大小,筛选出满足设定的 $sim(n, d)$ 值的服务,即功能相近的服务。最后在已经筛选出的服务中通过质量评价体系对服务质量进行排序,得出最优服务方。同理,项目与投资匹配模型与上述方法类似。

3 设计产业链供需映射及评价模型

3.1 设计产业链需求与服务映射模型

需求名称和需求详情通常是以词组、句子的形式出现,与之映射的服务名称和服务详情也是相同的形式。采用模糊语义相似度算法,其本质是运用了向量空间这个数学模型。服务名称和服务详情的相似度计算采用文献[16]中所用的方法,具体描述如下:

对于两个句子,分别设为需求向量 D 和服务向量 S :

$$D = (D_1, D_2, D_3, \dots, D_n)$$

$$S = (S_1, S_2, S_3, \dots, S_m)$$

a) 构造 D 与 S 的模糊相似矩阵 E_{DS} ,其中 $D_n S_m$ 表示关键词 D_n 和 S_m 的语义相似度。

$$E_{DS} = \begin{pmatrix} D_1 S_1 & D_1 S_2 & \dots & D_1 S_j \\ D_2 S_1 & D_2 S_2 & \dots & D_2 S_j \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ D_i S_1 & D_i S_2 & \dots & D_i S_j \end{pmatrix}$$

b) 将矩阵 E_{DS} 压缩至一维:

$$\text{similarity}(D, S) = \frac{1}{i} \times \sum_{n=1}^i (\max(D_n S_m) \quad m \in [1, j]) \quad (1)$$

即对矩阵中的每行取最大,然后对这些最大值取平均值。由于矩阵中的每一行列举了句子 D 中的某一个关键词和句子 S 中所有词语的语义相似度,求最大值,其实就是求句子 D 中的这个关键词与句子 S 的最大相似度;再计算平均值,其实就是计算句子 D 中所有词语与句子 S 的语义相似度的平均值。最后用这个平均值来表示句子 D 与句子 S 的语义相似度。同理可得 $\text{similarity}(S, D)$ 。

c) 计算 D 和 S 的模糊语义相似度为

$$\text{similarity}(|DS|) = \frac{1}{2} \times [\text{similarity}(D, S) + \text{similarity}(S, D)] \quad (2)$$

这种方法计算的句子之间的语义相似度的准确性主要依赖词语之间的语义相似度的计算,即 $D_n S_m$,而对于词语之间的语义相似度计算已有很多方法,本文参考文献[17]中的方法,这里就不作详细说明。

使用上述方法进行 $Dname$ 与 $Sname$ 、 $Ddetail$ 与 $Sdetail$ 模糊相似度计算,得出模糊相似度值 Sim_n 、 Sim_d ,再计算名称和详情的综合模糊相似度 $sim(n, d)$ 的大小。

$$sim(n, d) = \alpha \times Sim_n + \beta \times Sim_d \quad (3)$$

其中: α, β 为权重系数, $0 < \alpha < 1, 0 < \beta < 1$ 且 $\alpha + \beta = 1$ 。

3.2 业务协同管理及服务质量评估模型

1) 业务服务协同管理引擎

面向设计产业链的需求与服务映射云平台的一大难点是需求方和多个服务方达成交易关系后,须在平台合同管理模块中签订电子订单合同。为了保障交易双方的利益,对服务方的服务效率、服务品质、服务态度和服务性价比进行监管。本文设计的业务服务协同管理引擎主要提供业务服务流程、供需双

方合同、服务方案文件等三个方面的管理功能。根据以上功能提出业务协同管理引擎,其工作流程如图3所示。

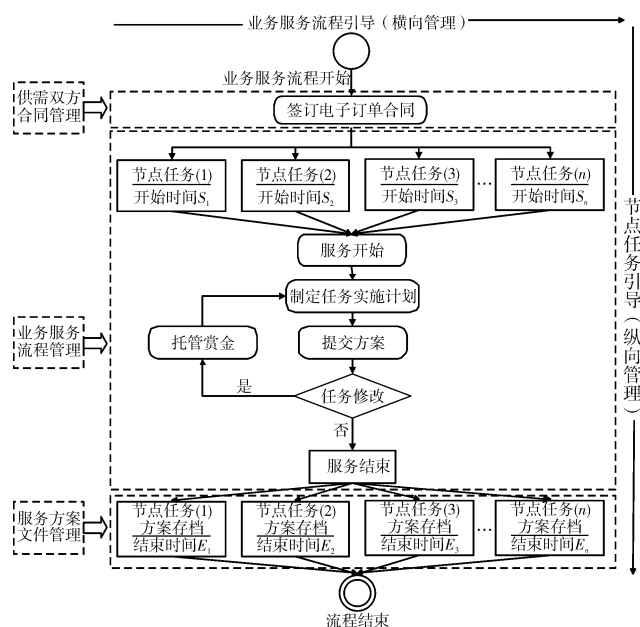


图3 业务服务协同管理引擎

在图3中,签订电子订单合同作为交易保障后,将项目合同分为 n 个节点任务,每一个任务添加到业务流程的任务列表中,可以分配给不同的服务方,实现业务流程的细化管理。节点任务有时间约定,从接受任务时间 S_n 算起,到提交任务方案存档时间 E_n 为一个时间段,形成了业务服务流程以时间为顺序由上至下的纵向管理。为了让项目合同中的所有任务都能可靠完成,供需双方根据实际情况制定详细的节点任务流程,节点任务流程由左至右形成了业务服务流程的横向管理。通过纵向时间和横向执行过程两种管理模式,本文设计的业务服务流程管理引擎实现了业务多个进程的协同化管理。项目合同中的任务全部完成之后,需求方可以对本次服务在线评价。

2) 业务服务质量 QoS 评估算法

为了合理地评估服务方的服务质量,根据国际标准 ISO 8402,本文采用四项信用评估指标。设服务方四项信用评估标准服务效率 e_n 、服务品质 q_n 、服务态度 a_n 和服务性价比 c_n 分别赋予权重 w_1 ($0 < w_1 < 1$)、 w_2 ($0 < w_2 < 1$)、 w_3 ($0 < w_3 < 1$)和 w_4 ($0 < w_4 < 1$),设权重和为1,即 $w_1 + w_2 + w_3 + w_4 = 1$ 。

$$T_n = E_n - S_n \quad (4)$$

$$e_n = \frac{T_n - t_n}{t_n} \quad (5)$$

其中: n 为该需求的第 n 个节点任务; t_n 为节点任务(n)的规定服务时间; T_n 为节点任务(n)的实际服务时间; S_n 为节点任务(n)的任务开始时间; E_n 为节点任务(n)的任务结束时间。其中服务效率 e_n 设五个等级,从 e_n^i 中取值,服务效率取值如表2所示。

表2 服务效率取值

e_n	e_n^i	等级	e_n	e_n^i	等级
1	$e_n^1 \leq -0.5$	非常快	0.4	$0.25 < e_n^4 \leq 0.5$	比较慢
0.8	$-0.5 < e_n^2 \leq 0$	比较快	0.2	$0.5 < e_n^5$	非常慢
0.6	$0 < e_n^3 \leq 0.25$	一般			

服务品质 q_n 设五个等级,由用户进行五星打分,一星代表0.2, q_n^i 取值如表3所示。

表3 服务品质取值

q_n	1	0.8	0.6	0.4	0.2
q_n^i	q_n^1	q_n^2	q_n^3	q_n^4	q_n^5
等级	非常满意	比较满意	一般	比较不满意	非常不满意

服务态度 a_n 设五个等级,由用户进行五星打分,一星代表0.2, a_n^i 取值如表4所示。

表4 服务态度取值

a_n	1	0.8	0.6	0.4	0.2
a_n^i	a_n^1	a_n^2	a_n^3	a_n^4	a_n^5
等级	非常好	比较好	一般	比较差	非常差

$$c_n = \frac{R_n - D_n}{D_n} \quad (6)$$

其中: R_n 为任务(n)的服务报价费用; D_n 为任务(n)的服务实际费用。

服务性价比 c_n 设五个等级,从 c_n^i 中取值如表5所示。

表5 服务性价比取值

c_n	c_n^i	等级	c_n	c_n^i	等级
1	$0.5 < c_n^1$	非常高	0.4	$-0.5 < c_n^4 \leq 0$	比较低
0.8	$0.25 < c_n^2 \leq 0.5$	比较高	0.2	$c_n^5 \leq -0.5$	非常低
0.6	$0 < c_n^3 \leq 0.25$	一般			

为了得到可靠的服务质量权重比参数,本次调研满足统计学样本的数量要求,随机抽取平台上32个服务方作为样本进行分析,对已有服务质量总分和各项指标分数进行平均计算之后统计,如表6所示。

表6 服务质量指标分数调查

参数/序号	服务总分 s_n	服务效率 e_n	服务品质 q_n	服务态度 a_n	服务性价比 c_n
1	0.84	0.85	0.90	0.68	0.75
2	0.74	0.70	0.85	0.78	0.58
3	0.82	0.88	0.80	0.90	0.75
4	0.67	0.60	0.52	0.80	0.75
5	0.59	0.49	0.54	0.73	0.67
6	0.78	0.86	0.72	0.83	0.68
7	0.62	0.66	0.73	0.46	0.49
8	0.91	0.92	0.95	0.88	0.81
9	0.58	0.49	0.46	0.80	0.74
10	0.87	0.88	0.79	0.91	0.90
11	0.68	0.60	0.69	0.74	0.76
12	0.54	0.53	0.51	0.61	0.58
13	0.72	0.68	0.74	0.65	0.79
14	0.69	0.72	0.74	0.61	0.62
15	0.59	0.48	0.5	0.74	0.82
16	0.49	0.43	0.56	0.58	0.42
17	0.76	0.80	0.69	0.85	0.72
18	0.63	0.68	0.65	0.50	0.52
19	0.79	0.75	0.83	0.74	0.80
20	0.93	0.92	0.95	0.94	0.91
21	0.88	0.88	0.82	0.80	0.89
22	0.61	0.68	0.58	0.70	0.53
23	0.73	0.69	0.67	0.86	0.83
24	0.88	0.86	0.92	0.94	0.83
25	0.59	0.63	0.60	0.49	0.56
26	0.76	0.88	0.75	0.74	0.68
27	0.60	0.71	0.75	0.83	0.64
28	0.83	0.81	0.92	0.79	0.78
29	0.67	0.66	0.65	0.62	0.88
30	0.76	0.75	0.72	0.89	0.74
31	0.83	0.82	0.79	0.87	0.88
32	0.64	0.46	0.59	0.57	0.63

对以上数据初步筛选,剔除明显错误的的数据,例如序号27和32两组数据,将剩余的30组服务质量指标调查数据导入MATLAB程序中,将指标数据作为自变量,运行代码得到服务质量指标线性回归方程参数。根据加权平均法,求得其加权平均分数 s_n 作为服务方服务质量得分,即

$$s_n = e_n w_1 + q_n w_2 + a_n w_3 + c_n w_4 \quad (7)$$

将式(7)整理成以下方程:

$$\begin{pmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \vdots \\ s_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} e_1 & q_1 & a_1 & c_1 \\ e_2 & q_2 & a_2 & c_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ e_n & q_n & a_n & c_n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \end{pmatrix}$$

其中: n 为30。没有修正系数的情况下得出 $w_1 = 0.3478$, $w_2 = 0.3312$, $w_3 = 0.1418$ 和 $w_4 = 0.1792$ 。将各权重值代入上述表格中进行服务质量总分反求,然后求其与实际服务总分的方差,得出 $\sigma_1^2 = 0.09749$ 。带有修正系数的情况下得出 $w_1 = 0.3468$, $w_2 = 0.3318$, $w_3 = 0.1403$ 和 $w_4 = 0.1775$,其中修正

系数为 -0.003 6。将各权重值代入上述表格中进行服务总分反求,然后求其与实际服务总分的方差,得出 $\sigma_2^2 = 0.004\ 74$ 。

通过比较 $\sigma_1^2 > \sigma_2^2$, 说明带有修正系数的各项服务质量指标权重更接近实际情况, 因此得出

$$s_n = 0.3468e_n + 0.3318q_n + 0.1403a_n + 0.1775c_n - 0.0036 \quad (8)$$

按照加权平均法,求得其加权平均分数 s_n 作为服务方本次服务获得的信用得分,即

$$s_n = \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n e_i w_1 + \sum_{i=1}^n q_i w_2 + \sum_{i=1}^n a_i w_3 + \sum_{i=1}^n c_i w_4 - 0.0036) \quad (9)$$

其中: s_n 计算得分与该服务方总的评估得分加权平均,可得到最新的信用评分。信用评分最低为 0.2,最高为 1,共划分为五个等级,从 E 级到 A 级由低到高,根据总分可以确定服务方的信用等级。信用等级明细如表 7 所示。

表7 信用等级明细

信用等级	s_n^i	信用等级	s_n^i
A 级	s_n^1	D 级	s_n^4
B 级	s_n^2	E 级	s_n^5
C 级	s_n^3		

4 实验验证

本文在已开发的面向设计产业链的需求与服务映射云平台上选取一个实际案例进行验证。需求方重庆某幼儿医院发布了一个“智能婴儿代步车造型设计”的需求,预算金额为400元,拟定了需求详情,如表8所示。

表8 智能婴儿代步车需求详情

设计对象	设计要求
智能婴儿 代步车 造型设计	<p>1) 主要用途 智能婴儿代步车在普通婴儿车的基础上增加了 GPS 定位装置,还可以为成人提供代步功能</p> <p>2) 设计要求</p> <p>a) 智能婴儿代步车的总质量不超过 20 kg,且能够通过国家产品质量可靠性检测</p> <p>b) 整体造型不低于三种颜色,造型具备时尚特性</p> <p>3) 投稿要求</p> <p>a) 提供三维造型原文件、产品渲染效果图 (JPG 格式,像素不低于 300 PPI)</p> <p>b) 提交设计方案需要有详细的尺寸标注、简要设计 logo,并说明设计理念</p> <p>4) 知识产权说明</p> <p>a) 中标的服务方提供的设计作品属原创且从未发布过,如有侵犯他人专利权,由服务方承担所有法律责任</p> <p>b) 我方支付设计作品的制作材料费,拥有中标该作品的知识产权</p>

将智能婴儿代步车造型设计需求发布到设计产业链需求与服务映射云平台,如图4所示。



图4 智能婴儿代步车造型设计需求详情

以该需求为例,以“造型设计”为服务类别对平台的 30 个服务方进行筛选,该服务类别下共有 8 个服务。提取需求和服务中的关键词进行相似度计算,令式(3)中的 α 和 β 均为 0.5,相似度要求为 $\text{sim}(n, d) \geq 0.65$,映射值结果如表 9 所示。

表9 服务名称和详情相似度映射值

D_i/S_j	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8
D	–	0.72	0.81	–	0.84	–	0.78	–

注:表9中“-”表示对应的服务不满足相似度要求。

针对该需求所满足的四个服务,再进行服务质量映射。对已有的服务方服务质量 QoS 进行计算,结果如表 10 所示。通过将上述数据代入式(9)计算可得出 $S_2 = 0.805, S_3 = 0.776, S_5 = 0.704, S_7 = 0.750$ 。对上述计算结果进行排序: $S_2 > S_3 > S_7 > S_5$,最优服务方为 S_2 。

表 10 服务方服务质量历史数据

服务质量	服务效率	服务品质	服务态度	服务性价比
s_n	e_n	q_n	a_n	c_n
S_2	0.78	0.82	0.86	0.82
S_3	0.84	0.70	0.87	0.76
S_5	0.56	0.88	0.77	0.64
S_7	0.64	0.76	0.82	0.93

最终被选中的浪尖渝力科技有限公司作为服务方,根据智能婴儿代步车需求详情表的内容,设计出来的其中一种方案造型如图5所示。



图5 智能婴儿代步车造型设计草图

5 结束语

本文针对设计产业链创新需求和服务难匹配等问题,调研并分析了相关企业的业务现状,a)运用“互联网+”资源共享服务模式,结合已有的服务资源描述框架和模糊语义相似度算法提出了设计产业链需求与服务映射模型;b)分析了调研设计公司的需求和服务特点,提出了业务服务协同管理模型;c)利用统计得到服务质量数据,根据线性回归方程计算出服务评价各项指标等。通过对评价指标的量化,完善了服务方评价体系,对设计服务作出客观评价。为了检验面向设计产业链的需求与服务映射云服务平台的有效性,结合实际案例对以上模型进行初步验证性应用。实验表明,面向设计产业链的需求与服务映射及评价算法对于帮助用户找到可靠的设计服务方、业务协同有效管理、服务客观评价等应用具有重要的意义。

参考文献:

- [1] Jin J B, Leem C S, Lee C H. Research issues and trends in industrial productivity over 44 years[J]. *International Journal of Production Research*, 2016, 54(5): 1-12.
- [2] Men Guibin, Li Yan, Liu Yixiu. The development countermeasures research of China's high-end equipment manufacturing industry [C]//Proc of the 19th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management. Berlin: Springer, 2013: 1537-1545.
- [3] Singh R, Chawla G, Agarwal S, *et al.* Employability and innovation: development of a scale [J]. *International Journal of Innovation Science*, 2017, 9(1): 20-37.
- [4] 程时伟, 刘肖健. 云制造环境下活动驱动的工业设计电子服务系统[J]. *计算机集成制造系统*, 2012, 18(7): 1510-1517.
- [5] Jasénas A, Toločka E. A combination of non-formal and formal education systems for the students studying mechatronics engineering and improving practical skills and synergistic abilities [C]//Solid State Phenomena, vol 220-221. 2015: 981-988. (下转第 1946 页)

0。这是因为根据式(9),随着隐私保护预算($\epsilon/2$)的增加,加入噪声所服从的拉普拉斯分布的尺度参数会变小,所以噪声值会随着隐私保护预算($\epsilon/2$)的增加越来越小。对于不同的不确定数据集,如果前K个最频繁的频繁项集的期望支持度越小,那么其RE的收敛速度越慢。例如数据集 chess 的前K个最频繁的项集的期望支持度相对其他数据集最小,所以它的收敛速度越慢。

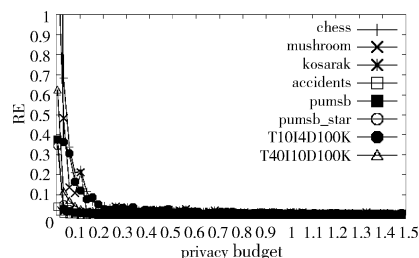


图5 随着隐私保护预算($\epsilon/2$)的增加相对错误(RE)的变化

5 结束语

为了在不确定的数据中挖掘频繁项集,并利用差分隐私的方法保护用户的隐私数据不被泄露,本文提出了 FIMUDDP 算法。通过理论分析,证明 FIMUDDP 算法满足 ϵ -差分隐私,并且利用六个真实数据和两个动态生成数据验证了 FIMUDDP 算法的有效性。

参考文献:

- [1] Friedman A, Schuster A. Data mining with differential privacy [C]//Proc of the 16th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. New York: ACM Press, 2010: 493-502.
- [2] Tong Yongxin, Chen Lei, Cheng Yurong, et al. Mining frequent itemsets over uncertain databases [J]. *Proceedings of the VLDB Endowment*, 2012, 5(11): 1650-1661.
- [3] Bhaskar R, Laxman S, Smith A, et al. Discovering frequent patterns in sensitive data [C]//Proc of the 16th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. New York: ACM Press, 2010: 503-512.
- [4] Chui C K, Kao Ben, Hung E. Mining frequent itemsets from uncertain data [C]//Proc of the 11th Pacific-Asia Conference on Advances in Knowledge Discovery and Data Mining. Berlin: Springer-Verlag, 2007: 47-58.
- [5] Han Jiawei, Kamber M, Pei Jian. Data mining: concepts and techniques [M]. 3rd ed. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers Inc, 2011.
- [6] Leung C K S, Mateo M A F, Brajczuk D A. A tree-based approach for frequent pattern mining from uncertain data [C]//Proc of the 12th Pacific-Asia Conference on Advances in Knowledge Discovery and Data Mining. Berlin: Springer-Verlag, 2008: 653-661.
- [7] Bernecker T, Kriegl H P, Renz M, et al. Probabilistic frequent itemset mining in uncertain databases [C]//Proc of the 15th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. New York: ACM Press, 2009: 119-128.
- [8] Calders T, Carboni C, Goethals B. Approximation of frequentness probability of itemsets in uncertain data [C]//Proc of IEEE International Conference on Data Mining. Washington DC: IEEE Computer Society, 2010: 749-754.
- [9] Peterson E A, Tang Peiyi. Fast approximation of probabilistic frequent closed itemsets [C]//Proc of the 50th Annual Southeast Regional Conference. New York: ACM Press, 2012: 214-219.
- [10] Tang Peiyi, Peterson E A. Mining probabilistic frequent closed itemsets in uncertain databases [C]//Proc of the 49th Annual Southeast Regional Conference. New York: ACM Press, 2011: 86-91.
- [11] Tong Yongxin, Chen Lei, Ding Bolin. Discovering threshold-based frequent closed itemsets over probabilistic data [C]//Proc of the 28th International Conference on Data Engineering. Washington DC: IEEE Computer Society, 2012: 270-281.
- [12] Lin C W J, Gan Wensheng, Fournier-Viger P, et al. Weighted frequent itemset mining over uncertain databases [J]. *Applied Intelligence*, 2016, 44(1): 232-250.
- [13] Ahmed A U, Ahmed C F, Samiullah M, et al. Mining interesting patterns from uncertain databases [J]. *Information Sciences*, 2016, 354(8): 60-85.
- [14] Lin C W J, Gan Wensheng, Fournier-Viger P, et al. Efficient algorithms for mining high-utility itemsets in uncertain databases [J]. *Knowledge-Based Systems*, 2016, 96(3): 171-187.
- [15] Dwork C, McSherry F, Nissim K, et al. Calibrating noise to sensitivity in private data analysis [C]//Proc of the 3rd Conference on Theory of Cryptography. Berlin: Springer-Verlag, 2006: 265-284.
- [16] McSherry F, Talwar K. Mechanism design via differential privacy [C]//Proc of the 48th Annual IEEE Symposium on Foundations of Computer Science. Washington DC: IEEE Computer Society, 2007: 94-103.
- [17] Li Ninghui, Qardaji W, Su Dong, et al. PrivBasis: frequent itemset mining with differential privacy [J]. *Proceedings of the VLDB Endowment*, 2012, 5(11): 1340-1351.
- [18] Su Sen, Xu Shengzhi, Cheng Xiang, et al. Differentially private frequent itemset mining via transaction splitting [J]. *IEEE Trans on Knowledge and Data Engineering*, 2015, 27(7): 1875-1891.
- [19] Maruseac M, Ghinita G. Differentially-private mining of moderately-frequent high-confidence association rules [C]//Proc of the 5th ACM Conference on Data and Application Security and Privacy. New York: ACM Press, 2015: 13-24.
- [20] Xu Shengzhi, Cheng Xiang, Su Sen, et al. Differentially private frequent sequence mining [J]. *IEEE Trans on Knowledge and Data Engineering*, 2016, 28(11): 2910-2926.
- [11] Chen Jian, Mo Rong, Wu Linjian, et al. A method of collaborative task allocation for cloud Service platform of industrial design [C]//Proc of the 8th International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics. Piscataway, NJ: IEEE Press, 2016: 484-487.
- [12] 潘浩. 联盟能力、产业链整合与战略性新兴产业发展的关系研究[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2013.
- [13] 刘金彪. 面向设计制造服务的业务协同平台研究与应用[D]. 重庆: 重庆大学, 2015.
- [14] 宋庭新, 张成雷, 李成海, 等. 中小企业云制造服务平台的研究与开发[J]. *计算机集成制造系统*, 2013, 19(5): 1147-1154.
- [15] 杜方, 陈跃国, 杜小勇. RDF 数据查询处理技术综述[J]. *软件学报*, 2013, 24(6): 1222-1242.
- [16] 徐易. 智能答疑系统关键技术的研究与实现[D]. 南京: 东南大学, 2003.
- [17] 刘群, 李素建. 基于知网的词汇语义相似度计算[C]//第三届汉语词汇语义学研讨会论文集. 2002: 59-76.

(上接第1941页)

- [6] Li Ruohui. The exploration of modes for college design workshops based on cloud platform [C]//Proc of the 8th International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation. Washington DC: IEEE Computer Society, 2016: 778-781.
- [7] 郑镁, 罗磊, 江平宇. 基于语义 Web 的云设计服务平台及关键技术[J]. *计算机集成制造系统*, 2012, 18(7): 1426-1434.
- [8] Valilai O F, Houshmand M. A collaborative and integrated platform to support distributed manufacturing system using a service-oriented approach based on cloud computing paradigm [J]. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2013, 29(1): 110-127.
- [9] Weinhardt C, Anandasivam A, Blau B, et al. Cloud computing: a classification, business models, and research directions [J]. *Business & Information Systems Engineering*, 2009, 1(5): 391-399.
- [10] 尹翰坤, 尹超, 龚小容, 等. 汽车零部件新产品开发云制造平台总体框架及关键技术[J]. *计算机集成制造系统*, 2013, 19(9): 2332-2339.