

# Analysis of Research Status of Social Relationships in Web Service Discovery and Recommendation

Hao Tian, Xian Li

School of Information and Communication Engineering, Hubei University of Economics, Wuhan Hubei  
Email: haotian@whu.edu.cn

Received: Nov. 11<sup>th</sup>, 2019; accepted: Nov. 22<sup>nd</sup>, 2019; published: Nov. 29<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

Using social relationship is an important means to improve the performance of Web service discovery and Web service recommendation. This paper makes a systematic analysis of the research status of social relations in Web service application environment. This paper expounds the connotation of social relations, classifies the existing methods, analyzes the principle and application of the typical methods, summarizes the characteristics of each method, and points out the future research trend and the problems to be solved.

## Keywords

Social Relationships, Web Services, Service Discovery, Service Recommendation, Analysis

---

# 社群关系在Web服务发现与推荐中的研究现状分析

田浩, 李显

湖北经济学院信息与通信工程学院, 湖北 武汉  
Email: haotian@whu.edu.cn

收稿日期: 2019年11月11日; 录用日期: 2019年11月22日; 发布日期: 2019年11月29日

---

## 摘要

利用社群关系是提升Web服务发现和服务推荐性能的重要手段,也是目前的研究热点之一。本文对Web

服务应用环境下社群关系的研究现状进行了系统的分析。阐述了社群关系的内涵, 将现有方法进行了分类, 通过分析其中典型方法的原理和应用情况, 总结了每类方法的特点, 指出了未来研究趋势及其需要解决的问题。

## 关键词

社群关系, Web服务, 服务发现, 服务推荐, 分析

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

Web 服务无需借助额外的第三方软件或硬件, 就可以通过标准接口和通信协议实现不同节点之间的交互。作为服务计算领域的一项重要创新, 大量的 Web 服务被开发出来并发布到 Internet 上。近年来, 随着 Mashup 等技术的兴起, Web 服务的种类和数量急剧增加, 以服务为中心的 Internet 正在形成。满足用户各种需求的 Web 服务越来越多, 网络上的服务信息严重超载, 但与此形成鲜明对比的是, 大多数已发布的 Web 服务还没有被使用过[1]。如何从这些海量的服务中选择出满足用户个性化需求的服务成为亟待解决的问题。服务发现和服务推荐技术被认为是解决服务资源过载问题的有效途径。它们作为提供个性化信息服务的重要手段, 通过建立用户与服务的二元关系, 分析用户需求、用户偏好和行为特征, 发现满足用户需求的候选服务或推荐用户感兴趣的潜在服务, 从而满足用户个性化需求。目前, 在传统方法遇到技术瓶颈的情况下, 大量关于 Web 服务发现和服务推荐的研究正将研究重点聚焦到社群关系的利用上。本文阐述并分析了 Web 服务应用环境下社群关系的内涵, 概括了关于社群关系的研究现状, 对典型的方法进行分析, 旨在帮助学习研究人员进一步了解社群关系对服务发现和服务推荐的影响, 为后续研究工作的开展做好铺垫。

## 2. 社群关系

通常来说, 在 Web 服务应用领域, 社群关系(Social Relationships)包括多个具体内容, 如聚类关系、隶属关系、合作关系、竞争关系、推荐关系、信任关系等。其中, 聚类关系、推荐关系和信任关系是讨论最多的三种社群关系形式。

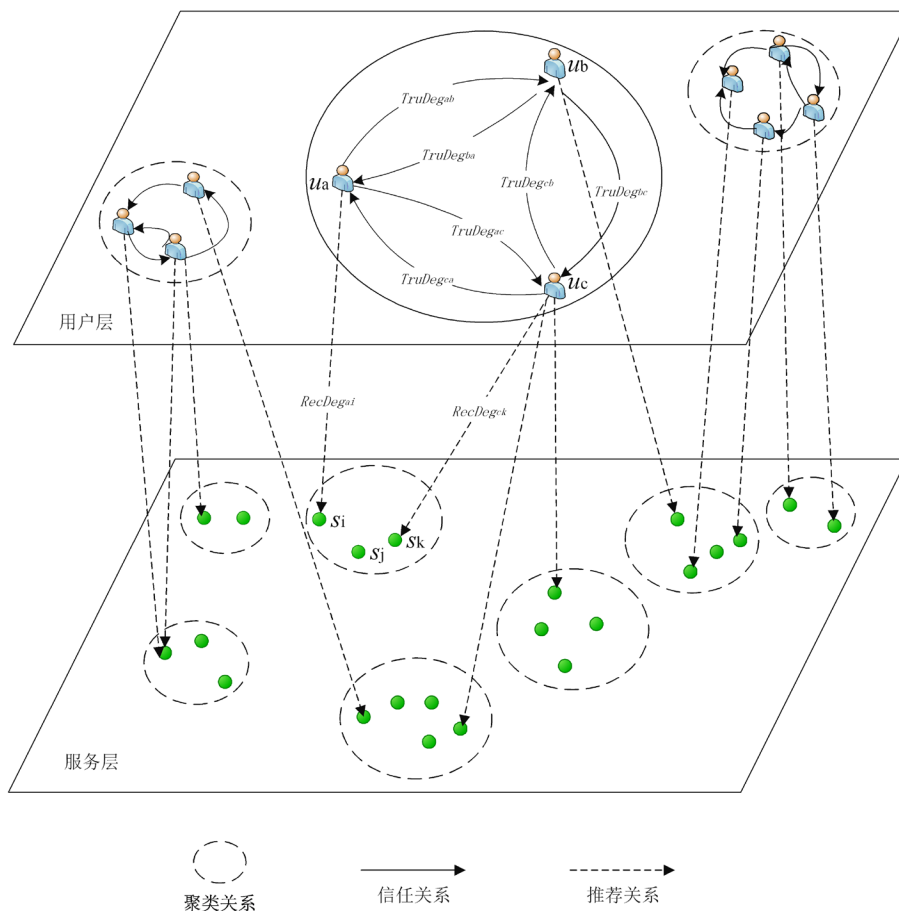
聚类关系(Clustering Relationship)是针对用户与用户或者服务与服务而言的。聚类的依据是用户或者服务之间共同的特征或某个标准。同一聚类集合中的不同个体之间的相邻或类似程度可以依据该特征或标准进行衡量。显然, 用户之间和服务之间的聚类标准是不一样的, 因此, 聚类关系又可以分为用户的聚类关系和服务的聚类关系。

推荐关系(Recommending Relationship)是针对用户与服务而言的。若当前用户将某个 Web 服务推荐给另一个用户时, 他与这个 Web 服务之间就建立起了推荐关系, 当前用户就是推荐者, 这个 Web 服务就成了被推荐的对象。一般而言, 用户推荐一个 Web 服务的主要依据就是调用该服务后的用户体验。

信任关系(Trust Relationship)则是针对用户与用户而言的。信任关系的建立可以是直接也可以是间接的。直接的信任关系通常源自于用户之间推荐行为的发生, 若当前用户将某个 Web 服务推荐给另一个用户并被其调用, 那么这两个用户之间就建立起了直接信任关系。间接信任关系来自于信任的传播, 两个

没有直接信任关系的用户可以通过他们与其他用户的直接关系建立起间接信任关系。

文献[2]就提出了一个基于社群关系的网络模型, 如图 1 所示。该模型在用户层上描述了用户的聚类关系和信任关系, 在服务层上描述了服务的聚类关系, 在这两层之间描述了推荐关系。



**Figure 1.** Network model based on social relationships  
**图 1.** 基于社群关系的网络模型

从服务发现与服务推荐的角度来看, 讨论社群关系的目的是通过利用多种类型的社群关系聚类相似用户或服务, 建立信任用户集合, 以此来缩小候选用户或者候选服务的讨论范围, 从而提高服务发现、服务推荐的精度和效率。

### 3. 典型方法分析

#### 3.1. 基于行为逻辑关系的方法

这类方法[3]-[6]通常构建一个社交网络, 存储用户与服务之间类似社交的关系, 通过利用这个社交网络内的关系演变来实现服务发现或服务推荐性能的提升。这些方法构建的社交网络中往往没有明确定义某种社群关系, 而是基于用户行为来进行实质社群关系的逻辑推算。文献[7]构建了一个数字图书馆社交网络, 基于这个网络设计了一个用户行为模型, 这个模型的主要功能之一就是判断用户之间是否存在好友关系, 从用户之间互动情况以及存在的共同好友判断相互之间关系的亲密程度, 以此为基础向目标用户推荐好友。文献[8]研究了用户的交互行为, 采用 Katz Index 指标分析用户间的相似程度, 提出一种社

交网络潜在好友识别算法, 在此基础上构建出一个好友社交网络, 以此来实现服务推荐精度的提高。文献[9]认为服务的隔离和相关服务之间缺乏社会关系是 Web 服务使用率远远低于最初的主要预期, 因此文中主要研究目的是将孤立的服务岛屿连接成一个全球社会服务网络, 以提高服务在全球范围内的社交性。首先, 提出了六种基于链接数据原则的特定于社会服务的链接原则, 其中的并行输入社会联系模式如图 2 所示, 用于在开放 Web 上发布作为链接社会服务的服务。在此基础上, 基于复杂网络理论, 根据关联的社会服务具体原则, 提出了构建全球社会服务网络的新框架。文献[10]将社会网络和协同过滤技术结合在一个统一的框架中, 预测主动服务用户的制造服务的缺失服务质量(QoS)值, 从而提高个性化 QoS 感知服务推荐的有效性。该社交网络探索了服务用户和制造服务之间的偏好和标签关系在个性化推荐中的使用, 缓解了传统协同过滤技术的数据稀疏性和冷启动问题。文献[11]研究了一种基于社交网络的方法, 该方法对具有用户服务关系的图进行操作, 并使用轻量级拓扑度量来评估服务相似性。然后, 通过基于范例的聚类对“社会性”类似服务进行聚类, 以最终帮助发现。

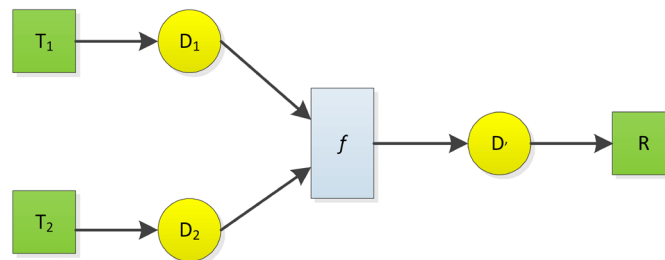


Figure 2. Parallel incoming social link pattern  
图 2. 并行输入社会联系模式

此类方法一般没有明确地定义社群关系或者对社群关系进行形式化, 都是首先构建一个社会关系网络, 定义其中某些行为的逻辑关系, 然后通过这些逻辑关系的运算来优化服务发现或者服务推荐的过程, 从而提升系统性能。进一步分析可以看到, 这些行为逻辑关系本质上就是某种典型的社群关系, 但由于这些方法对于行为逻辑的刻画往往比较粗略, 所以他们虽然在性能上有所提升, 但服务发现或者服务推荐的结果精度改善并不明显。

### 3.2. 基于单一关系建模的方法

相对于基于行为逻辑关系的方法, 基于单一关系建模的方法往往明确定义了某种社群关系并给出其形式化方法, 而且这些方法[12]-[16]的重点工作都是围绕形式化后的社群关系来开展。文献[17]挖掘 Web 服务在网络中的社交属性, 将服务的功能相似度、领域标签相似度、QoS 相似度集成为一个综合相似度, 以此为依据对服务进行聚类处理, 从而提高服务的发现效率。文献[18]利用功能属性对 Web 服务进行准确聚类。其基于语义的聚类关系主要由 UDDI 在离线时完成的。与此同时, 文中扩展了被认为与所请求的功能相关的附加术语服务, 以此来实现服务请求的语义增强, 进而实现与相关服务的更好匹配。结合构建的聚类关系, 利用潜在的语义索引, 实现了增强的服务请求与候选服务描述的有效匹配。文献[19]提出了一种基于声誉模型的 Web 服务发现与选择模型, 该模型在计算 Web 服务声誉时考虑了消费者的信任因素, 并在选择过程中设计了一个信任协商方法。其结果表明, 在计算 Web 服务声誉时加入消费者信任因素会产生积极的影响, 因为它允许系统有系统地运行, 并在发现过程中提供更可靠的结果。文献[20]中提出了一种基于概率模型的 QoS 感知推荐方法, 以帮助在开放、分布式和面向服务的环境中选择 web 服务。这种方法允许使用者为与之交互的每个服务提供者维护一个信任模型, 从而预测使用者可以与大量类似服务交互的最值得信任的服务。该方法将服务中的信任与服务的性能联系起来, 服务的性能

表现为各种 QoS 指标的合并所引发的 QoS 评级。为消除服务质量的偶然性带来的可信度不确定性, 文中基于对每个消费者过去的经验的评估, 采用概率的方法来预测服务的质量, 使用多项狄利克雷、多项广义狄利克雷和多项贝塔 - 刘维尔等不同的统计分布来表示服务的 QoS 评级, 并利用机器学习技术来计算每个 Web 服务属于不同质量类的概率。文献[21]将信任关系应用到服务推荐中, 以解决困扰传统推荐方法的冷启动和稀疏问题, 文中将信任关系定义为一个三元组, 分为直接信任和间接信任, 如图 3 所示。通过分析社会网络中的信任因素, 实现了信任关系的形式化。在此基础上, 提出了一种改进的推荐算法来提高服务推荐的精度和效率。

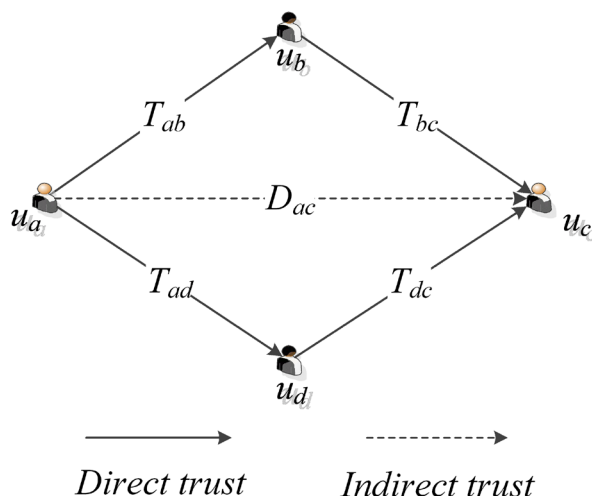


Figure 3. A trust relation sample  
图 3. 信任关系示例

此类方法通常将研究工作集中在某种社群关系的利用上, 一般会明确地给出这种社群关系的定义, 设计对应的形式化方法和相关参数计算方法, 通过形式化后的社群关系来通过挖掘用户与服务之间的潜在联系, 同时设计相对应的算法和机制。已有的研究表明, 此类方法性能要明显优于基于行为逻辑关系的方法, 可以较好地提升 Web 服务发现和服务推荐的性能。但需要注意的是, 此类方法在研究过程中很少或者几乎不考虑其他社群关系对结果的影响, 损失了许多额外的辅助信息。

### 3.3. 基于多元关系协同的方法

相比于前两类方法, 基于多元关系协同的方法综合考虑了多种社群关系对 Web 服务发现和服务推荐的性能的影响。此类方法[22]-[26]挖掘这些社群关系之间的潜在关联, 通过这些关系的协同来解决问题。文献[27]提出了一种在全球社会服务网络(GSSN)中连接分布式服务的方法, 以帮助发现社会影响感知服务推荐的内部社会关系。文中首先提出了一种基于社交链接质量的分布式服务与社交链接相结合的 GSSN 构建新平台。然后构建了一个能够量化服务之间影响力强度的有效社会影响意识模型。最后, 利用服务间的内部社会关系, 设计了一种基于 GSSN 的社交影响感知服务推荐方法。针对移动服务的稀缺性问题, 文献[28]提出了一种基于用户间社会关系的推荐方法。文中定义了一个基于电信用户的呼叫细节记录因素的社会关系模型, 并设计了一个空填充方法来减少用户 - 产品矩阵的稀缺性, 提出了一种综合的相似度量方法来改进目标用户邻居的过滤规则, 并在此基础上构建了一个新的基于社会关系的推荐系统。文献[29]认为, 显性的社会关系通常是部分可用甚至是不可用的, 而隐含的社会关系则可以很好地描述用户在空间和内容上对兴趣点的偏好, 因此在文中首先通过分析人们的历史签到数据在空间和时间上的共现, 提取隐含的社会关系, 并估计这些关系的连接强度。在此基础上, 提出了隐式社会关系增强兴趣点推荐

模型, 将隐式社会关系与显式社会关系结合起来进行兴趣点推荐。文献[30]认为, 目前虽然对服务网络的性质进行了探讨, 但对服务之间的社会关系还没有正式的定义, 也缺乏确定现实世界服务之间社会关系的实践方法。因此, 文中明确地定义了 Web 服务之间的三个基本关系: 替代、竞争和协作。在此基础上, 提出了一种可适应于四种不同粒度服务网络的 Web 服务社会关系自动标注方法。为了提高服务发现的性能, 文献[31]提出了一种基于社交链接的协同 Web 服务发现与推荐机制, 通过挖掘用户与服务之间的潜在关系。文中将 Web 服务发现中的社会链接分解为四个主要组成部分: 声誉度(RD)、聚类链接(CL)、偏好链接(PL)和信任链接(TL), 如图 4 所示。所提出的方法可以通过互补的方式生成一组候选服务, 其中服务发现和服务推荐可以根据形式化的社会链接进行协作。

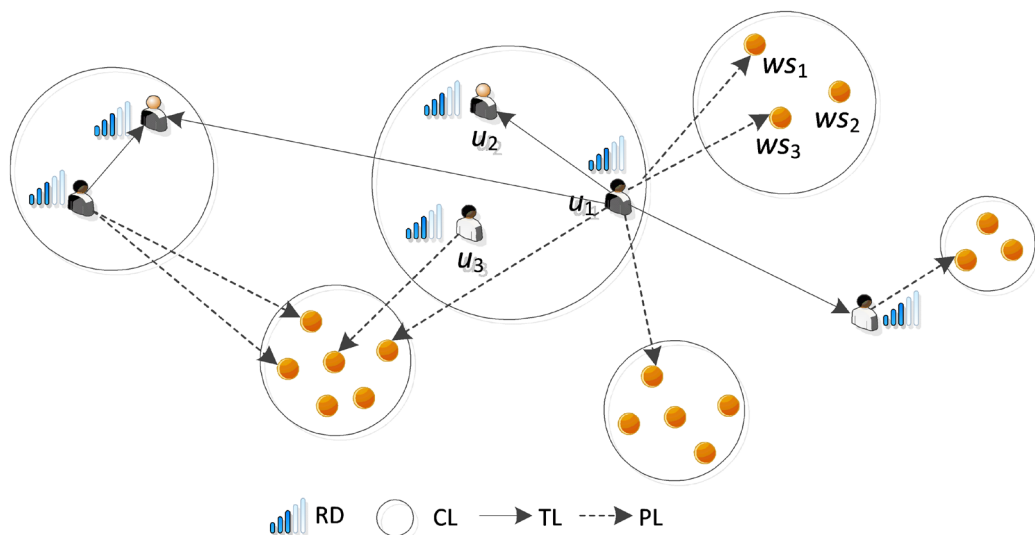


Figure 4. Instance of a formalized social link  
图 4. 形式化的社会链接实例

从以上研究来看, 相比较前两类方法, 基于多元关系协同的方法由于更充分地考虑了多种因素或角色对社群关系的影响, 对社群关系的刻画更加细致和全面, 因此在服务发现或者服务推荐结果的精确度、召回率等方面表现更好。但由于其计算成本通常较大, 因此在效率等指标上表现并不占优。

#### 4. 总结

通过挖掘 Web 服务与用户之间的社群关系来提升 Web 服务发现和服务推荐的性能是目前的研究热点之一。本文首先分析了社群关系的内涵, 然后将相关研究分为基于行为逻辑关系的方法、基于单一关系建模的方法和基于多元关系协同的方法三个类别, 详细介绍其中的典型方法, 分析了各类方法的特点和不足。通过对比可以看出, 充分挖掘社群关系的内涵要素能给 Web 服务发现和服务推荐的结果性能带来更好的提升, 因此基于多元关系协同的方法有着更好的应用前景, 但如何更好地提高此类方法的效率是后续研究工作中需要重点解决的问题之一。

#### 基金项目

本文受到湖北省教育厅科学技术研究计划重点项目(D20162202)资助。

#### 参考文献

- [1] Duan, L., Tian, H. and Liu, K. (2019) A Novel Approach for Web Service Recommendation Based on Advanced Trust

- Relationships. *Information*, **10**, 233. <https://doi.org/10.3390/info10070233>
- [2] 田浩. 以用户为中心的 Web 服务发现方法及其在金融服务中的应用研究[D]: [博士学位论文]. 武汉: 武汉大学, 2014.
- [3] 史岭峰. 基于社交网络好友关系的图查询算法研究与应用[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京理工大学, 2012.
- [4] 吴昊, 刘东苏. 社交网络中的好友推荐方法研究[J]. 现代图书情报技术, 2015(1): 59-65.
- [5] Nikolakopoulos, A.N., Kouneli, M.A. and Garofalakis, J.D. (2015) Hierarchical Item Space Rank: Exploiting Hierarchy to Alleviate Sparsity in Ranking-Based Recommendation. *Neurocomputing*, **163**, 126-136. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2014.09.082>
- [6] Corbellini, A., Mateos, C., Godoy, D., Zunino, A. and Schiaffino, S. (2015) An architecture and Platform for Developing Distributed Recommendation Algorithms on Large-Scale Social Networks. *Journal of Information Science*, **41**, 686-704. <https://doi.org/10.1177/0165551515588669>
- [7] 王刚, 郭雪梅. 社交网络环境下基于用户行为分析的个性化推荐服务研究[J]. 情报理论与实践, 2018, 41(8): 102-107.
- [8] 龙增艳, 陈志刚, 徐成林. 基于用户交互的社交网络好友推荐算法[J]. 计算机工程, 2019, 45(3): 132-137.
- [9] Chen, W.H., Paik, I. and Hung, P. (2015) Constructing a Global Social Service Network for Better Quality of Web Service Discovery. *IEEE Transactions on Services Computing*, **8**, 284-298. <https://doi.org/10.1109/TSC.2013.20>
- [10] Zhang, W., Zhang, S., Chen, Y.G. and Pan, X.W. (2013) Combining Social Network and Collaborative Filtering for Personalized Manufacturing Service Recommendation. *International Journal of Production Research*, **51**, 6702-6719. <https://doi.org/10.1080/00207543.2013.832839>
- [11] Corbellini, A., Godoy, D., Mateos, C., Zunino, A. and Lizarralde, I. (2017) Mining Social Web Service Repositories for Social Relationships to Aid Service Discovery. *Proceeding of 2017 IEEE/ACM 14th International Conference on Mining Software Repositories (MSR 2017)*, Buenos Aires, Argentina, 20-21 May 2017, 75-79. <https://doi.org/10.1109/MSR.2017.16>
- [12] 姜波, 叶灵耀, 潘伟丰, 汪家磊. 基于需求功能语义的服务聚类方法[J]. 计算机学报, 2018, 41(6): 1035-1046.
- [13] Cong, Z.J., Fernandez, A., Billhardt, H. and Lujak, M. (2015) Service Discovery Acceleration with Hierarchical Clustering. *Information Systems Frontiers*, **17**, 799-808. <https://doi.org/10.1007/s10796-014-9525-2>
- [14] 曹步清, 肖巧翔, 张祥平, 刘建勋. 融合 SOM 功能聚类与 DeepFM 质量预测的 API 服务推荐方法[J]. 计算机学报, 2019, 42(6): 1367-1383.
- [15] 王佳蕾, 郭耀, 刘志宏. 基于社交网络信任关系的服务推荐方法[J]. 计算机科学, 2018, 45(S2): 402-408.
- [16] Lin, S.Y., Lai, C.H., Wu, C.H. and Lo, C.-C. (2014) A Trustworthy QoS-Based Collaborative Filtering Approach for Web Service Discovery. *Journal of Systems and Software*, **93**, 217-228. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2014.01.036>
- [17] 陆佳炜, 马俊, 张元鸣, 肖刚. 面向全局社交服务网的 Web 服务聚类方法[J]. 计算机科学, 2018, 45(3): 206-214.
- [18] Paliwal, A., Shafiq, B., Vaidya, J., Xiong, H. and Adam, N. (2012) Semantics-Based Automated Service Discovery. *IEEE Transactions on Services Computing*, **5**, 260-275. <https://doi.org/10.1109/TSC.2011.19>
- [19] El-Kafrawy, P., Elabd, E. and Fathi, H. (2015) A Trustworthy Reputation Approach for Web Service Discovery. *Procedia Computer Science*, **65**, 572-581. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.09.001>
- [20] Mehdi, M., Bouguila, N. and Bentahar, J. (2014) Probabilistic Approach for QoS-Aware Recommender System for Trustworthy Web Service Selection. *Applied Intelligence*, **41**, 503-524. <https://doi.org/10.1007/s10489-014-0537-x>
- [21] Tian, H. and Liang, P. (2017) Improved Recommendations Based on Trust Relationships in Social Networks. *Future Internet*, **9**, 9. <https://doi.org/10.3390/fi9010009>
- [22] Chen, W., Paik, I., Tanaka, T. and Kumara, B.T.G.S. (2013) Awareness of Social Influence for Service Recommendation. 2013 *IEEE International Conference on Services Computing*, Santa Clara, CA, 28 June-3 July 2013, 767-768. <https://doi.org/10.1109/SCC.2013.95>
- [23] Xu, W., Cao, J., Hu, L., et al. (2013) A Social-Aware Service Recommendation Approach for Mashup Creation. *International Journal of Web Services Research*, **10**, 53-72. <https://doi.org/10.4018/jwsr.2013010103>
- [24] Cao, B., Shi, M., Liu, X., et al. (2016) Using Relational Topic Model and Factorization Machines to Recommend Web APIs for Mashup Creation. In: Wang, G., Han, Y. and Martínez Pérez, G., Eds., *Advances in Services Computing. APSCC 2016. Lecture Notes in Computer Science*, Springer, Cham, 391-407. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-49178-3\\_30](https://doi.org/10.1007/978-3-319-49178-3_30)
- [25] Fan, W., Derr, T., Ma, Y., et al. (2019) Deep Adversarial Social Recommendation. *Proceedings of the 28th International Joint Conference on Artificial Intelligence Main Track*, Macau, 1351-1357.

- <https://doi.org/10.24963/ijcai.2019/187>
- [26] Ha, I., Oh, K.J., Hong, M.D. and Jo, G.S. (2012) Social Filtering Using Social Relationship for Movie Recommendation. In: Nguyen, N.T., Hoang, K. and Jędrzejowicz, P., Eds., *Computational Collective Intelligence. Technologies and Applications. ICCCI 2012. Lecture Notes in Computer Science*, Springer, Berlin, Heidelberg, 395-404. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-34630-9\\_41](https://doi.org/10.1007/978-3-642-34630-9_41)
- [27] Chen, W., Paik, I. and Yen, N.Y. (2017) Discovering Internal Social Relationship for Influence-Aware Service Recommendation. *Multimedia Tools and Applications*, **76**, 18193-18220. <https://doi.org/10.1007/s11042-016-3437-8>
- [28] Qi, J., Zhu, C. and Yang, Y. (2014) Recommendations Based on Social Relationships in Mobile Services. *Systems Research and Behavioral Science*, **31**, 424-436. <https://doi.org/10.1002/sres.2279>
- [29] Zhu, H., Zhao, P., Li, Z., et al. (2018) Exploiting Implicit Social Relationship for Point-of-Interest Recommendation. In: Cai, Y., Ishikawa, Y. and Xu, J., Eds., *Web and Big Data. APWeb-WAIM 2018. Lecture Notes in Computer Science*, Volume 10988, Springer, Cham, 280-297. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-96893-3\\_21](https://doi.org/10.1007/978-3-319-96893-3_21)
- [30] Gu, Q., Cao, J. and Li, Y. (2015) Mining Service Social Relations Based on Service Network Modeling and Analyzing. 2015 *IEEE International Conference on Services Computing*, New York, 27 June-2 July 2015, 363-370. <https://doi.org/10.1109/SCC.2015.57>
- [31] Lijun, D. and Hao, T. (2017) Collaborative Web Service Discovery and Recommendation Based on Social Link. *Future Internet*, **9**, 63. <https://doi.org/10.3390/fi9040063>