

软件“众包”任务分配方法^①

李勇军, 郭基凤, 缙西梅

(中原工学院 软件学院, 郑州 450007)

摘 要: 传统的任务分配方法主要依赖主观判断和个人经验, 这将直接导致较低的人力资源利用效率. 结合已有的任务分配方法对人力资源的复杂性和能力差异性考虑不足, 在“众包”模式下, 提出了一种新型的个性化任务分配方法. 该方法在进行任务分配时, 不仅考虑接包方的技术能力, 同时也考虑到接包方的性格及在线信誉, 从而使任务分配过程更有针对性. 该方法在“聚慧网”原型中得以应用, 实验表明, 其在一定程度上可为发包方提供一种有效的任务分配决策支持.

关键词: 众包; 技术能力; 性格能力; 综合匹配; 任务分配

Software Task Allocation Method in Crowdsourcing

LI Yong-Jun, GUO Ji-Feng, GOU Xi-Mei

(Software College, Zhongyuan University of Technology, Zhengzhou 450007, China)

Abstract: The traditional task allocation method mainly depends on subjective judgment and personal experience, which will directly lead to low utilization efficiency of human resources. Considering the shortage in existing task allocation method including the complexity of human resource and difference in ability, a new type of personalized task allocation method is proposed in “Crowdsourcing”, which not only consider the outsourcee’s comprehensive technical ability, but also take into account his personality attributes, and online reputation. So that the task allocation process is more targeted. This method is applied to “JuHuiNet”, and experiments show that this method can provide an effective task allocation decision support for the Outsourcer.

Key words: crowdsourcing; skill capabilities; character capabilities; comprehensive matching; task allocation

研究表明在软件项目中不同的人员从事相同的任务其生产效率差距可达 10-40 倍^[1]. 目前任务分配一般都是在企业内部, 管理人员对员工相对比较熟悉, 包括员工的专业方向、技术水平、性格等, 并且企业员工相对比较稳定, 而在“众包”模式下, 接包方数量不固定, 发包方给出的任务数量未知, 同时接包方对于发包方来言是透明的. 如何让中介机构也即网络平台能够协助于发包方, 依据发包方的任务不同而相对合理地分配给相应的接包方? 这对确保软件“众包”项目成功具有重要意义.

虽说目前软件业基于“众包”形式的应用很多, 如

在机器翻译^[2]、微博信息的可信计算^[3]、语音研究^[4]、数据库研究领域^[5]、众包测试^[6]等. 但目前学术界在软件“众包”任务分配领域研究方面甚少.

为进行软件“众包”任务的分配, 本文提出一种任务分配方法, 首先建立发包方任务模型及接包方模型, 假定多个接包方同时竞标同一项任务, 考虑到人的性格会决定其做事的态度, 并且一个人已完成的任务信息也能为任务分配提供一定的参考依据, 所以为提高任务分配的精确性, 除考虑接包方的综合技术能力与任务需求的匹配外, 也将接包方的非技术能力(性格能力与在线信誉)与任务需求的相关性考虑在内.

① 基金项目: 2013 年度河南省科学技术厅科技攻关项目(132102210131)

收稿时间: 2014-05-21; 收到修改稿时间: 2014-06-13

1 问题表示

1.1 任务模型

在为软件项目制定计划时, 发包方已将整个项目按照相应的任务分解方式进行了任务的拆分, 而每一个任务都有其自身的需求. 任务集 $T=\{T_1, T_2, \dots, T_N\}$, N 表示任务库中任务总数. $T_i=\{Req_i, TC_i, RPer_i, RRep_i\}$, Req_i 为第 i 个任务本身的需求, 其表述为: $Req_i=\{Effort_i, SK_i, S_i, F_i, SD_i, HD_i\}$, 其中 $Effort_i$ 表示第 i 个任务所需的工作量, SK_i 表示完成该任务所需要具备的技能, $SK_i \in \{S_1, S_2, \dots, S_M\}$, M 代表完成所有任务所需的全部技能种类总数. S_i 和 F_i 分别表示任务的开始时间和结束时间; SD_i 和 HD_i 分别表示要求完成任务的最迟时间和硬最迟时间, 若无软硬时间限制, 则用 0 表示, 否则若任务完工时间超过 SD_i 但不超过 HD_i , 则需要计算超时开销. 用 TO_i 表示超时开销, 如果任务超过 HD_i , 则该解为无穷大. TC_i 表示任务 i 所需的技术能力需求, $TC=\{SC_1, SC_2, \dots, SC_m\}$, 其中 SC 代表技术能力三元组, 见 1.2 节接包方模型中描述. $RPer_i$ 表示任务 i 所需的性格能力需求, 任务 i 所需的性格能力详见 1.5 节描述. $RRep_i$ 表示本任务所需要接包方的信誉, 接包方在注册中介平台时有一个初始信誉 100, 每完成一个任务, 由发包方审核任务完成的情况来决定其值的变化, 若发方包认为此任务完成较好, 可给 1-10 分的正值, 否则, 可给出 1-10 分的负值.

1.2 接包方模型

本模型中考虑了不同接包方对同一项技能的熟悉程度是不同的, 技能的熟悉度也考虑在任务分配的影响因素之内. 接包方 $Man=\{P_1, P_2, \dots, P_E\}$, E 为在线已投标可进行分配任务的人员总数. $P_i=\{PC_i, Per_i, Rep_i\}$, PC 表示第 i 个接包方的技术能力集合, 用一个三元组表示, 即: $PC=\{SC_1, SC_2, \dots, SC_N\}$, 而技术能力 SC 也定义为一个三元组, $SC=\{domain, skill, level\}$, 其中 $domain$ 表示技术领域, $skill$ 表示具体技能, $level$ 代表该技能的经验, 用工作时间(月)表示. 如某个接包方在技术能力上拥有三项能力: 分别是 Web 领域, HTML 开发 15 个月的经验, Web 领域, JS 开发 12 个月的经验, Web 领域, JSP 开发 20 个月的经验, 则 $PC=\{\{Web, HTML, 15\}, \{Web, JS, 12\}, \{Web, JSP, 20\}\}$. Per 表示接包方的性格能力集合; Rep 表示自由工作者的信誉, 初始值均相同为 100, 每完成一项任务后, 由发包方给出其评价, 从而修改其信誉.

1.3 任务类型

软件项目中, 项目目标一般都会按照一定的分解方式被分解为独立的一系列任务. 虽然任务各自的表示形式或内容会有所不同, 但我们可以将这些任务划为一定的有限有任务类型. 文献[7]将任务类型与软件工程的 5 个活动相对应: 系统分析、设计、编码、测试和维护, 文献[8]中将任务类型划分为 9 种: 调研、需求、设计、编码、测试、部署、指导、技术支持和质量控制. 本文暂且考虑编码一种任务类型. 发包方将接口任务发布到任务库中, 由接包方按照相应的任务需求直接进行编程实现即可.

1.4 调查问卷

为确定一个人的性格, 最常用的方式是 NEO Personality Inventory-Revised^[9], 6PF-5^[10] 性格测试和 MBTI^[11]. 其中 NEO Personality Inventory-Revised 和 16PF 主要用于人格特征调查, 而 MBTI 在软件开发中的应用主要是从整体团队成功角度出发^[12-14].

为确定性格因子与性格能力之间的关系, 文献[12]主要是采用 16PF+ACM 的方式进行测试, 得出 16PF 中 32 个性格因子与性格能力之间的关系; 文献[15]基于 MBTI 的测试方式, 给出软件工程中 5 种不同活动需要的最主要的性格类型; 文献[16]在文献[12]的基础上, 采用 16PF 的测试方式, 给出了 9 种不同任务类型与 8 种性格能力之间的关系及 15 种性格因子与 8 种性格能力之间的关系. 文献[12]中给出的 32 种性格因子有些是与性格能力之间没有任何关系, 而文献[16]中在考虑性格因子时有些并没有考虑进去, 如内向等; 本文在文献[12]、[15]、[16]的基础上, 结合编码工作的特点, 给出了 16 种性格因子及 10 种性格能力, 16 种性格因子是在文献[16]的基础上增加了 A-(缄默, 孤独, 冷漠). 10 种性格能力分别为:

- 1) 分析和决策能力;
- 2) 独立解决问题能力;
- 3) 毅力和承压能力;
- 4) 自组织能力;
- 5) 自律性;
- 6) 环境知识的获取与应用能力;
- 7) 团队合作能力
- 8) 协作和管理能力;
- 9) 改革创新能力;
- 10) 计划和组织能力;

本文采用 16PF-5, 调查编码阶段人员所需要的性格能力, 调查问卷详见文献[17].

1.5 数据分析

本次调查问卷主要是向国内一部分软件公司与组织的开发人员进行发放, 问卷发放 282 份, 收回 280 份

有效问卷回馈.

对于编码时所需的性格能力之间的关系, 由被调查对象选择其认为最重要的 3-5 种性格能力. 对所回收的数据进行归一化处理后, 得到如表 1 所示的编码任务的性格能力需求集.

表 1 编码任务的性格能力需求集

任务类型能力	分析和决策能力	独立解决问题能力	毅力和承压能力	自组织能力	自律性	环境知识的获取与应用能力	团队合作能力	协作和管理能力	改革创新能力	计划和组织能力
编码	0.864	0.994	0.861	0	0	0.297	0.821	0	0.632	0.749

从表 1 中可以看出, 调查者认为编码时最需要的能力是: 独立解决问题能力, 分析和决策能力, 毅力和承压能力, 团队合作能力及计划和组织能力等; 而相对最需要的是: 自组织能力、自律性及协作和管理能力.

对于性格因子与性格能力之间的关系, 本文在文献[15]的基础上设计了 56 道题目由被调查者选择该题目中的性格因子和性格能力之间是否存在关系: 正、负或无. 用存在正关系的数据除以总数据, 最后得出性格因子与性格能力之间的关系表, 如表 2 所示.

表 2 性格因子与性格能力关系表

性格因子能力	分析和决策能力	独立解决问题能力	毅力和承压能力	自组织能力	自律性	环境知识的获取与应用能力	团队合作能力	协作和管理能力	改革创新能力	计划和组织能力
A-	0.731		0.154		0.077					
A+					0.423		0.423		0.692	
B+	0.577	0.846				0.731	0.654	0.654		0.462
E+		0.615							0.692	0.692
G+			0.654			0.346		0.731		0.654
I+	0.346			0.308					0.538	
L+	0.346	0.192				0.308			0.308	
M+									0.462	
N+	0.346					0.346		0.308		0.269
Q1+				0.269					0.423	
Q2-							0.308			0.500
Q3+	0.731		0.577	0.692		0.423		0.654		0.654
Q4-	0.615		0.500							0.346
C+	0.808	0.615	0.769					0.385		0.615
M-								0.231		0.769
O-			0.500				0.615	0.615		0.769

例如: 张三完成此测试后, 得出结果为: N+, Q-, 将其应用到表 2 上之后, 我们可认为其性格能力为: {分析和决策能力, 环境知识的获取与应用能力, 协作和管理能力, 计划和组织能力, 自组织能力, 改革和

创新能力}, 得分分别为 {0.346, 0.346, 0.308, 0.269, 0.269, 0.423}. 根据这个结果, 他最可能拥有的能力为: 改革和创新能力, 环境知识获取能力, 分析和决策能力等.

2 任务匹配算法

为进行任务的合理分配, 我们给出了技术能力匹配算法、非技术能力匹配算法及综合匹配算法。

算法 1: 技术能力匹配算法

输入: 任务技术能力需求 TC, 接包方个人技术能力 PC

输出: 技术能力的匹配值

步骤:

(1)初始化

二者的匹配值 matchT 为 0; TC 与 PC 中技术能力 SC 标识 i, j 均为 0, 表示当前从第 1 个技术能力需求开始进行匹配。

(2)遍历任务技术能力需求 TC

若 i 小于 TC 的长度, 则取出 TC 中的第 i 个技术能力 SC_i;

否则, 转(6);

(3)遍历个人技术能力 PC

若 j 小于 PC 的长度, 则取出 PC 中的第 j 个技术能力 SC_j;

若 SC_i 中 domain、skill 与 SC_j 中 domain、skill 相同且 SC_j 中 level 大于等于 SC_i 中 level, 则 matchT++; i++; j++;

否则: j++;

否则将 j 置为 0, i++;

(4)matchT = matchT / TC 的长度;

(5)返回二者的匹配值 matchT;

(6)算法结束。

算法 2: 非技术能力匹配算法

输入: 任务性格能力需求 RPer 及所需信誉 RRep, 接包方个人性格能力 Per 及其自身信誉 Rep

输出: 非技术能力的匹配值

步骤:

(1)初始化

二者的匹配值 matchP 为 0; 性格能力匹配值 mp 为 0; 信誉匹配值 mr 为 0; 性格能力需求匹配值权重 W1 = 3/5; 信誉匹配值权重 W2 = 2/5; 当前的性格能力需求标识 i 为 0, 表示当前从第 1 个所需的性格能力需求开始进行匹配; 当前任务性格能力需求与个人性格能力需求的乘积 perP 为 0; 当前任务性格能力需求 rperi 的平方 rperS 为 0; 当前个人性格能力 peri 的平方 perS 为 0。

(2)遍历任务性格能力需求 RPer

若 i 小于 RPer 的长度, 则取出 RPer 中的第 i 个性格能力 rperi;

否则, mp = perP / $\sqrt{rperS} \times \sqrt{perS}$; 转(4);

(3)遍历个人性格能力 Per

取出 Per 中的第 i 个技术能力 peri;

perP += rperi * peri;

rperS += rperi * rperi;

perS += peri * peri;

i++;

(4)计算信誉匹配值:

若 Rep 大于或等于 RRep, 则 mr = 1;

若 Rep 小于或等于 0, 则 mr = 0;

否则 mr = Rep/RRep;

(6)计算非技术能力匹配值

matchP = W1*mp + W2*mr;

(7)返回二者的匹配值 matchP;

(8)算法结束。

算法 3: 综合匹配算法

输入: 技术能力匹配值 matchT, 非技术能力匹配值 matchP

输出: 综合匹配值

步骤:

(1)初始化

二者的匹配值 match 为 0; 技术能力匹配值权重 W1 = 1/2; 非技术能力匹配值权重 W2 = 1/2;

(2)计算综合匹配值

match = W1*matchT + W2*matchP;

(3)返回二者的匹配值 match;

(4)算法结束。

3 实验和结果分析

为验证本文提出方法的有效性, 本文使用实验数据对接包方任务匹配进行仿真计算。我们开发了“聚慧网”原型系统, 该原型系统基于 B/S 架构, 在已有研究工作的基础上进行简化, 如图 1 所示。

本原型系统主要分为界面显示层、匹配算法层和数据管理层。界面显示层包括性格测试界面、技术/性格/信誉显示界面、任务/人员列表显示界面、匹配结果显示界面等; 匹配算法层主要包括策略初始化、策略

动态配置等; 数据管理层主要包括: 技术/性格/信誉管理、任务/人员管理及任务匹配选择和管理等。



图 1 原型工具架构图

对于界面显示层及数据管理层的功能相对比较明了, 而对于匹配算法层中的两个模块功能分别如下:

策略初始化: 初始情况下, 任务的技术能力需求、性格能力需求及需要的接包方信誉等作为匹配原则, 三者比例分别为 5:3:2。策略动态配置: 如果发包方对接包方的信誉要求比较高, 我们可以将接包方的信誉比例提高, 也即是重新设置技术能力、性格能力、信誉三者的比例; 或者将信誉提升为必要条件, 只在信誉满足要求, 才再依据技术能力与性格能力进行任务分配。

在“聚慧网”原型中, 发包方通过 Web 登录后可编辑任务信息、查看人员信息等。接包方在“聚慧网”中注册后, 通过 Web 登录后即可进行 16PF-5 性格测试, 通过性格测试之后, 随后输入自己的技术能力等操作。

系统根据之前收集分析得到的性格特征与性格能力的映射关系计算得到用户的性格能力, 系统自动为发包方提供适合指定任务的优选人力资源列表。发包方可依据自己的任务情况进行人员的选择。

例如: 假设现在有一个任务, 对于任务本身的描述我们暂且不考虑。它所需要的技术能力为: $TC = \{\{\text{编程语言, Java, 18}\}, \{\text{Web, JSP, 12}\}, \{\text{数据库, Oracle, 18}\}\}$ 。性格能力为{分析和决策能力, 独立解决问题能力, 毅力和承压能力, 环境知识的获取与应用能力, 团队合作能力, 改革创新能力, 计划和组织能力}, 需求值分别为{0.893, 0.534, 0.882, 0.483, 0.766, 0.847, 0.095}; 信誉要求 604。

假设当前系统中有 3 名竞标的接包方, 它们的技术能力分别为: $PC_1 = \{\{\text{编程语言, C\#, 12}\}, \{\text{编程语言, C++}, 18\}, \{\text{Web, PHP, 24}\}\}$; $PC_2 = \{\{\text{编程语言, C++}, 6\}, \{\text{编$

程语言, Java, 20\}, \{\text{Web, PHP, 8}\}, \{\text{数据库, MySQL, 12}\}\}; $PC_3 = \{\{\text{编程语言, Java, 20}\}, \{\text{编程语言, C\#, 12}\}, \{\text{数据库, SQL Server, 12}\}, \{\text{数据库, Oracle, 24}\}\}$ 。经过 16PF-5 测试后, 接包方 1 的结果值为: A+、E+, 接包方 2 的为 C+, M-, 接包方 3 的为 G+, Q3+, 那么接包方 1 的性格能力为: {自律性, 团队合作能力, 改革创新能力, 独立解决能力, 计划和组织能力}, 得分分别为{0.423, 0.423, 0.692, 0.615}; 接包方 2 性格能力为{分析和决策能力, 独立解决问题能力, 毅力和承压能力, 协作和管理能力, 计划和组织能力}, 得分分别为{0.808, 0.615, 0.769, 0.385, 0.769}; 接包方 3 性格能力为{毅力和承压能力, 环境知识的获取与应用能力, 协作和管理能力, 计划和组织能力, 分析和决策能力, 自组织能力}, 得分分别为{0.654, 0.423, 0.731, 0.654, 0.731}。而它们在线的信誉分别为: 630, 720, 420。

系统依据本文设计的匹配算法, 得出如图 2 所示的结果。

任务分配推荐人员列表				
任务	接包方	技术能力 匹配值	非技术能力 匹配值	综合匹配值
任务1	接包方1	0	0.686	0.343
任务1	接包方2	0.333	0.781	0.558
任务1	接包方3	0.667	0.723	0.695

图 2 任务匹配结果

从图 2 中我们可以看出, 接包方 3 综合匹配值最高, 我们可以认为其比较适合任务 1 的开发。如果发包方对于性格能力要求相对较高, 那么发包方可以从挑选相应的接包方, 也可以在系统中后台修改性格能力的权重, 这样可以选择发包方认为较为合适的接包方。

4 总结与展望

本文提出的任务分配方法在“聚慧网”中得以应用, 实践证明该方法可以为发包方提供一个任务分配的决策支持, 提高任务分配的准确性。

而本方法中对接包方信誉的调整仅是靠发包方的主观判断, 能否依据发包方提交的任务质量、任务数量、是否超时等信息给出一种相对客观的评价机制, 这是下一步的研究内容。

参考文献

1 Brooks FP. The Mythical Man-Month Addision. Wesley Press,

- 1975: 193.
- 2 Callison-Burch C. Fast, cheap, and creative: Evaluating translation quality using Amazon's mechanical turk. Proc. of the Conference on Empirical Methods in Natural Language, Singapore. 2009. 286–295.
- 3 Castillo C, Mendoza M, Poblete B. Information credibility on Twotter. Proc. of the WWW. Hyderabad, India. 2011. 675–684.
- 4 Bigham JP, Jayant C, Ji H, et al. VizWiz: Nearly real-time answers to visual questions. Proc. of the UIST. New York City, USA. 2010. 333–342.
- 5 Franklin MJ, Kossmann D, Kraska T, et al. CrowdDB: Answering queries with crowdsourcing. Proc. of SIGMOD. Athens, Greece. 2011. 61–72.
- 6 张恒. 众包是一种哲学:从小米手机众包模式说起. <http://mobile.51cto.com/news-300701.htm>.
- 7 Capretz LF, Ahmed F. Making sense of software development and personalitytype. IEEE Computer Society, 2010: 6–13.
- 8 肖菁,吴洲.基于时间轴的软件多项目任务调度遗传算法. 计算机科学,2012,39(12):133–138.
- 9 Costa PT Jr, McCRAE RR. Neo personality inventory, revised, Psychological Assessment Resources, 1992.
- 10 Russell MT, Karol DL. 16PF Fifth Edition Administrator's Manual, Inst. For Personality and Ability Testing, 1994.
- 11 Myers IB, et al. MBTI Manuals: A Guide to the Development and User of the Myers-Briggs Type Indicator. Consulting Psychologists Press, 1998.
- 12 Hardiman LT, Birdsong C. Personality types and software engineers. Computer, 2010.
- 13 Rutherford RH. Using personality inventories to help form teams for software engineering class projects. SIGGSE Bull, 2011, 33(3): 73–76.
- 14 Teague J. Personality type, career preference and implications for computer science recruitment and teaching. Proc. 3rd Australasian Conf. Computer Science Education. ACM Press. 1998. 155–163.
- 15 吴安琪,谢利子,肖俊超.一种支持软件项目资源高度的任务人员优化匹配方法.计算机应用与软件,2011,28(3):20–43.
- 16 张志强,逢居升,谢晓芹,周永.众包质量控制策略及评估算法研究.计算机学报,2013,38(8):1636–1649.
- 17 编码人员性格能力调查问卷. <http://www.sojump.com/jq/3042338.aspx>.