

基于复杂适应性系统的众包翻译平台的模型与仿真^①

吕 赛

(同济大学 计算机科学与技术系, 上海 201804)

摘 要: 众包系统是一个复杂适应性系统, 这一性质是提出新的众包平台研究方法的重要基础. 众包是社会计算中一门新兴的研究领域, 基于网络是众包的主要特征, 互不相识的人们通过互联网进行合作创新和利润分成. 不同的众包平台采用了不同的机制设计, 良好的机制设计是众包平台稳定发展的基础. 基于复杂适应系统, 为研究众包平台提供了新的思路. 以众包翻译平台为例, 使用复杂适应性系统中的“主体”来模拟众包中各个角色, 初步构建了众包平台中的主体模型, 定义了主体的状态转换以及主体间行为和交互规则, 最后, 建立了一个简单的仿真框架, 通过对多主体合作博弈过程的动态模拟来演示一个众包平台的发展过程, 从而验证各种众包机制的合理性, 为众包系统的平台设计、机制设计提供可靠和可信的依据, 为研究众包平台提供了方便的模拟环境.

关键词: 众包平台; 众包翻译; 复杂适应性系统; 主体建模

Modeling and Simulating of Crowdsourcing Translation Platform Based on Complex Adaptive System

LV Sai

(Department of Computer Science and Technology, Tongji University, Shanghai 201804)

Abstract: Crowdsourcing system is a complex adaptive system. The method of crowdsourcing research proposed in this paper is mainly based on this property. Crowdsourcing is an emerging research field of social computing, basing on network is its main feature. Unfamiliar people could make collaborative innovation and profit sharing through the Internet by crowdsourcing. The mechanism design of the crowdsourcing platform always varies from one to another, and a good mechanism design is the basis for stable development of crowdsourcing platform. Based on the theory of complex adaptive system, this paper proposes a new way to research crowdsourcing platform. This paper takes crowdsourcing translation as the research platform, using the concept of Agent in complex adaptive system to model and simulate the roles among crowdsourcing platform. After research, the Agent models are constructed primitively. Besides, the rules of Agent state transition and interaction between the Agents are defined. At last, we establish a simple simulation framework, by dynamic simulating of multi-agent collaboration, to simulate the development of a crowdsourcing platform and verify the reasonableness of the designed mechanisms, which could provide a reliable, credible basis for the design of the crowdsourcing platform and a convenient simulation environment for the study of crowdsourcing platform.

Key words: crowdsourcing platform; crowdsourcing translation; complex adaptive systems; agent modeling

众包(crowdsourcing)平台是美国《连线》(Wired)杂志 2006 年 6 月份发明的一个专业术语(Jeff Howe 在一篇报道中提出的), 用来描述一种新的商业模式, 即企业利用互联网来将工作分配出去、发现创意或解

决技术问题.

目前众包已经有着广泛的应用, 如在图像识别、语义标注、图片搜索、相关性标注、翻译、数据搜索、教育、网络问答等方面都有着很好的应用实例, 维基

^① 收稿时间:2014-07-19;收到修改稿时间:2014-09-09

百科可作为众包成功应用的典范,同时互联网上也涌现了众多众包应用的平台,如 Amazon 的 mTurk 平台、Innocentive 平台、以及一些公司自营的平台,如星巴克平台、iStockphoto 等。

为了使得众包技术在目前互联网以及社会生产活动中发挥更好的作用,构建一个合理有效的众包平台是解决问题的途径之一。针对一个具体的众包应用,如何进行合理的机制设计以及如何对机制的合理性进行验证是值得探索的问题。

本文提出基于复杂适应系统理论,在计算机中搭建虚拟众包系统实验平台,对众包平台进行研究。文章使用复杂适应系统中的主体来模拟众包中各个角色,通过对多主体合作博弈过程的动态模拟来演示一个众包平台的发展过程,从而验证各种设计机制的合理性,为众包系统的平台、机制设计提供可靠和可信的依据,具有理论和现实的意义。

1 综述

目前,对众包平台的研究吸引了越来越多的研究者的兴趣,国内外已有很多对众包平台和机制的研究,他们使用的研究方法一般是基于已有的众包平台,从这些平台获取相关数据,建立数学模型、进行数学分析,以此验证众包平台中用户的行为以及众包平台中机制设计的有效性和合理性。例如来自市场营销、战略管理、社会心理学和组织行为学领域的众包主体研究文献中,学者们总结出众包策略、激励机制、先验知识和社会网络是影响众包主体参与行为的重要因素。Brabham 基于 iStockphoto 的研究用户的动机有 3 个:提高个人水平;和朋友或其他有创造力的用户建立社交关系;赚钱^[1]。Michael Buhrmester 通过对 mTurk 的研究发现参与者会受酬金和任务工作量的影响,但是酬金的多少并不影响最终完成任务的质量^[2]。此外,研究人员在提出一个新的众包平台设计思想或者其中的机制设计时,往往采用在某一具体的众包平台中搭建实验环境,利用平台中用户完成设计实验,获取实验数据,分析得到结果。

以上的研究方法对众包平台进行了不同方面的探索,得到了一些有价值的实验结论,但这种研究方法有其自身的局限性,例如,研究者新提出的众包机制无法在现有平台进行模拟,从而不能有效的进行研究。

复杂适应系统(以下简称 CAS)是遗传算法的提出

者—霍兰于 1994 年在 SFI 成立十周年时正式提出的^[3]。CAS 理论正是在他对系统演化规律的思考中得到的,其基本思想可以这样来概括:我们把系统中的成员称为具有适应能力的主体(Adaptive Agent),简称为主体。所谓具有适应性,就是指它能够与环境以及其它主体进行交互作用。主体在这种持续不断的交互作用的过程中,不断地“学习”或“积累经验”,并根据学到的经验改变自身的结构和行为方式。整个宏观系统的演化,包括新层次的产生、分化和多样性的出现,新的、经聚合而成的、更大的主体的出现等等,都是在这个基础上逐步派生出来的。

20 世纪 90 年代以来基于主体(Agent)的仿真建模技术被广泛应用于社会经济和生态等领域的研究。这是一种自下而上面向对象的仿真方法,利用人工智能和计算机科学领域的最新研究成果,在微观层次上直接模拟系统中的主体,以及主体与主体之间基于规则产生的相互作用,从而研究系统的整体行为。

现有研究将众包参与主体划分为 3 个角色,发包者、众包平台以及接包者(大众)^[4],发包者、平台、接包者在设定环境下按照一定规则进行交互。从微观上看,众包平台中各个角色都具有自适用的能力,表现在每个个体都可以独立的做出决策和完成任务,能够根据之前的行为效果改变自己的行为规则,以便在平台中获取更多的利益。在宏观方面,由各个角色组成的众包系统,在个体之间以及个体与环境之间的相互作用中发展,表现出宏观系统种种复杂的演化过程,如用户合作完成一个复杂的任务。众包系统这种自适应、自组织、非线性的特征是复杂适应系统的共同属性,所以,基于复杂适应系统对众包模型进行研究是一条切实可行的技术途径。

2 翻译平台的模型框架与机制设计

2.1 众包翻译模型

对众包平台的研究需要针对具体的众包应用,本文则以众包翻译为例,其模型设计如图 1 所示,模型中存在以下三种角色。

发包者:翻译任务的提供者,将需要翻译的任务提交到平台,并设定翻译任务的报酬以及任务完成的截止日期等。

分发者:处理发包者发送的翻译任务、将任务分割成子任务后分发给大众,最后把结果返回给发包者。

接包者：接包者有两种角色，一种是翻译者，另一种是评价者，翻译者对翻译任务进行翻译，评价者对翻译者完成的任务结果进行评价。

这三种角色都是众包这个复杂适应系统中的自适用主体。

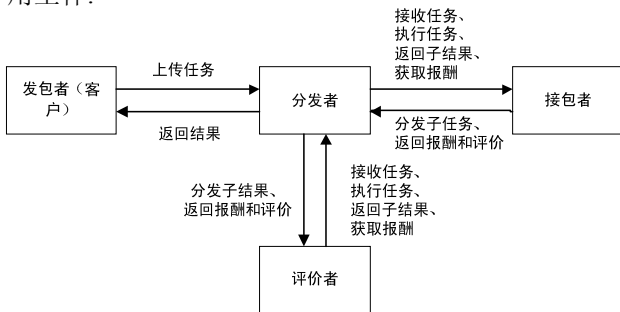


图 1 翻译平台模型

2.2 验证机制设计

仿真过程中需要对众包机制进行设计，针对众包翻译平台中存在的问题，本文提出以下几种机制作为本次仿真实验的验证对象。

任务分发机制：使用推荐机制或邀请机制，即当发包者发布一个翻译任务时，分发者会根据接包者资料和历史记录向其推荐翻译任务，然后，接包者就可以从推荐的任务中选择感兴趣的任務。

激励制度：采用线性激励制度代替固定奖金的制度，线性激励是在固定奖金的基础上加入了提成，提成金额与接包者任务的完成质量、接包者的努力程度相关联。这样即可以保证平台的吸引力，又可以提高接包者对任务的完成质量。

质量评价：使用众包的方法对完成的翻译任务进行质量评价，即将接包者提交的作业重新以众包的形式分发出去，接收这类评价任务的用户可以称为评价者，这些人是由普通接包者组成。

这些机制的设计将体现在系统交互规则的设计中，对应复杂适应系统中主体的行为和交互规则。

3 翻译平台的建模实现与仿真

本文中仿真平台的设计主要实现 Agent 主体建模，消息对象建模，交互规则定义，以及仿真结果输出这四部分功能模块(图 2)，同时需要研究确定仿真过程中的一系列参数。

主体建模：从翻译平台模型中分析平台中的各个角色，采用面向对象的方法，对各个角色进行抽象建

模，复杂适用系统中主体的基本行为模式遵循“刺激—反应”模型，刺激是主体对外部环境的感知，反应是主体对刺激的反应，所以，可以通过定义主体的属性及行为规则来模拟众包系统中的角色。

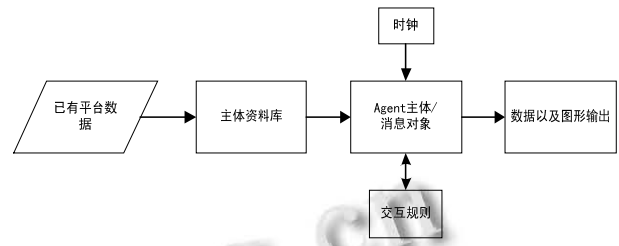


图 2 仿真平台功能模块

传递对象：复杂适应系统里主体间交互是通过消息来完成的，本文中传递的消息对象包括任务、返回结果等，文中将使用面向对象的方法对这些消息对象进行建模。

规则定义：通过定义用户资料、偏好、专业知识、能力值、评价，以及一系列阈值的设定对众包平台中主体的状态转换规则、行为规则、主体间的交互规则进行定义。并为每条规则设定适用度，当使用规则时，由系统根据适应度进行选择，适应度大者被选中的概率也较大。

结果输出：统计仿真过程中各种数据的分析结果，并用图像动态演示平台动态演化的过程。

参数设计：包括生成用户个人信息的需要的参数、规则的适用度(阈值)以及系统运行需要的初始参数，如 Agent 的初始数量等。

3.1 主体建模

对主体的建模采用面向对象的方法，通过对众包模型的分析，在仿真模型中共有三类主体，分别为众包任务的接包者(WorkAgent, 如图 3)，发包者(DistributeAgent, 如图 4)和分发者(AssignAgent, 如图 5)，其中接包者又分为翻译者(TranslateAgent)和评价者(RateAgent)。首先，系统会根据已有数据(数据库或 XML)生成系统运行的各个 Agent 对象，并在运行过程中增加和删除对象，新增对象的成员变量初始数值将参考已有平台的数据确定一个取值区间，由自生成函数确定具体数值，成员变量可根据仿真需求不同进行添加和删除。

在每个 Agent 中，state 字段记录 Agent 当前的状态，其他属性的值将作为 state 转换的条件。Agent 在每个时

钟内, 通过自身状态以及传递对象的状态来决定其下一步要执行的操作, 在完成一系列操作之后, WorkAgent 还会进行学习, 更新自身的属性和行为规则. 这保证了 Agent 拥有自主决策的行为.

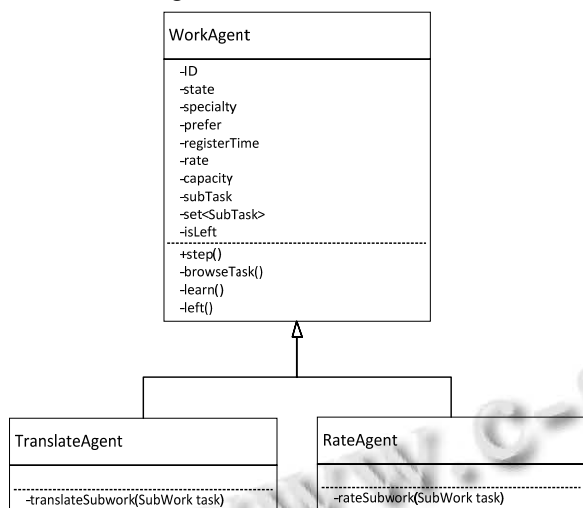


图 3 接包者 Agent 设计类图

(SubWork), 分发者合并 SubWork 返还给发包者的结果 (Work), 这些类将作为各个 Agent 的成员变量. 这些对象的状态以及其他一些属性字段同样会影响 Agent 的策略选择. 各传递对象设计类图如图 6 所示.

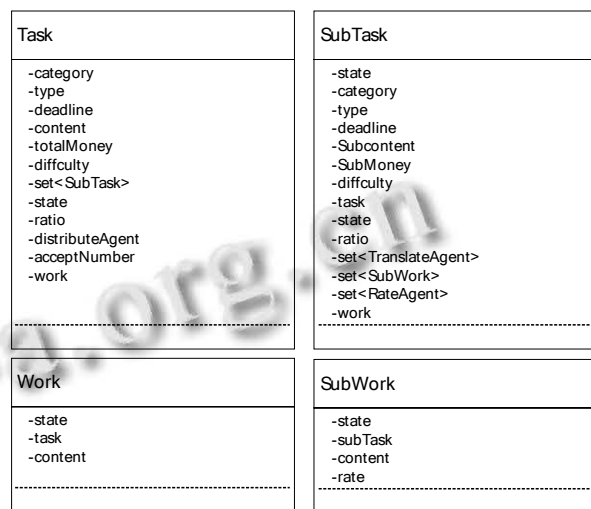


图 6 仿真平台各传递对象设计类图

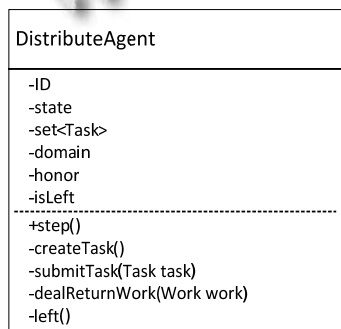


图 4 发包者 Agent 设计类图

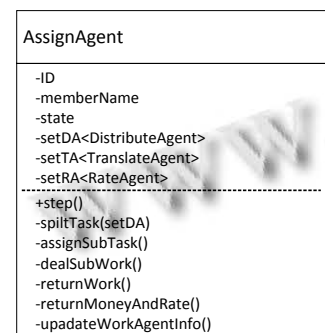


图 5 发包者 Agent 设计类图

3.2 传递对象

模型中还存在着一些没有自主行为的对象, 作为这个复杂适应系统中主体之间传送的消息, 比如发包者提交给分发者的任务(Task)、分发者分发给接包者的子任务(SubTask)、接包者完成任务后提交的作业

3.3 规则定义

规则包括状态转换规则、行为规则和交互规则, 是指导 Agent 状态转换、主体行为、不同主体间交互以及整个仿真程序执行的基础.

3.3.1 状态转换规则

以 WorkAgent 为例, 其状态包括离线状态、查看推荐任务状态、完成任务状态、注销状态. 状态转换规则中定义的状态转换的条件有: 是否在空闲期内、是否存在满足条件的任务(根据任务的类型、状态和自身属性判断)、是否对平台失去兴趣.

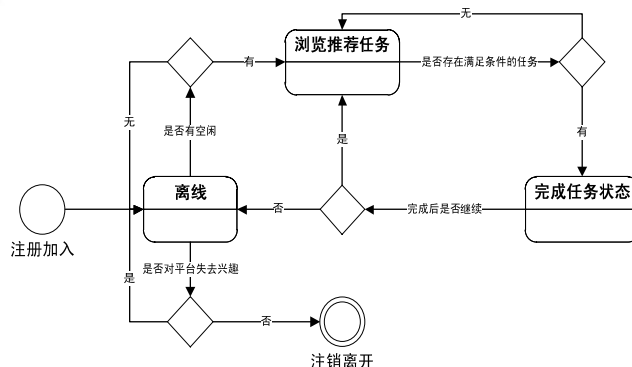


图 7 WorkAgent 的状态转换图

3.3.2 行为规则和交互规则

行为规则和交互规则定义了 Agent 的行为规则以

及 Agent 间的交互规则, 是仿真过程顺利执行的基础. 这些规则保存在 Agent 的规则库中, 每条规则都有其适应度或者阈值. 图 8 使用 Agent-UML 建模方法建立了 Agent 之间的交互协议图^[5].

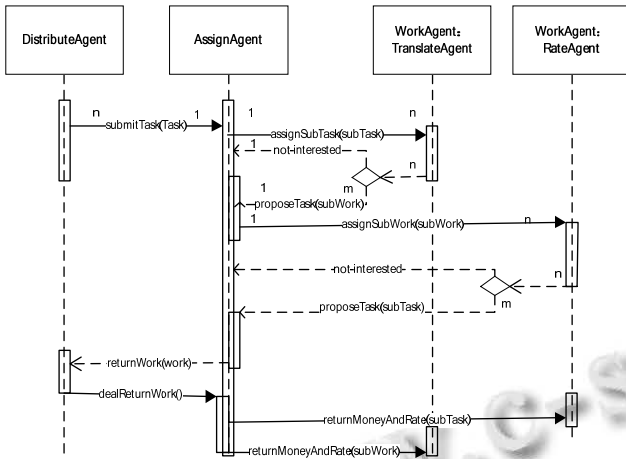


图 8 Agent 之间的交互协议图

各个 Agent 的行为规则由其当前状态和各个 Agent 之间的交互协议来确定. 在仿真系统单位时间步长内, 会对所有 Agent 的当前状态进行判断, 确定其当前状态后, 根据交互规则以及自身状态转化规则, 做出一系列相应的动作, 然后转入下一个状态.

以 WorkAgent 为例说明状态转换规则和交互规则的工作过程. 在进入单位时间步长后, WorkAgent 会判断其自身的状态, 若用户处于浏览任务状态, 则首先查看 AssignAgent 为其推荐的任务, 若没有任务, 则保持当前状态, 等待 AssignAgent 为其分配任务. 若有很多推荐的任务, 那么用户就要对推荐的任务进行选择, 若任务的状态已经过期或该任务分发的所有子任务已经被其他 Agent 接受, 则该任务不可以被选择.

在 WorkAgent 判断对一个推荐任务是否有兴趣时, 使用余弦定理判断用户和任务属性之间的匹配度, 计算公式如公式(1)所示:

$$\mu = \frac{(\bar{s} + \bar{p}) \cdot \bar{i}}{|\bar{s} + \bar{p}| |\bar{i}|} \cdot \frac{M_{\alpha}}{M_{\beta}} (1 + \theta) \quad (1)$$

其中 \bar{s} 是量化得到的用户专业知识向量, \bar{p} 是用户爱好向量, \bar{i} 是任务属性量化向量, 这些向量的内容包括语言、领域、任务类型等, 每一种语言或领域都将作为向量的一个维度, 此外, M_{α} 是任务的报酬, M_{β} 是用户期望得到的报酬, θ 是任务线性激励的比率,

μ 表示用户和任务之间的匹配度, 当 μ 满足一定的阈值, 则用户接受这个任务, 若不满足, 用户则采取其他行为, 继续浏览任务或等待新的推荐任务.

用户接受任务后, 会把自己当前的状态转换为完成任务状态, 在此状态下, AssignAgent 会选择是否继续为其推荐任务. 此后的一个时间步长内, WorkAgent 会完成选择的任务, 并生成作业返还给 AssignAgent, 更新自身的属性以及规则库, 之后, 用户会选择是否继续留在平台.

其他决策判断采用类似的机制, 即通过各种阈值的限定来引导用户策略的选择. 在仿真过程中, 我们可以为规则设定不同的适应度从而得到不同的仿真结果. 在一个步长内, Agent 一般会完成一个简单或一个复杂的行为, 复杂的行为可以通过简单行为的并行或串行来完成.

3.4 仿真结果输出显示

仿真结果显示模块要实现仿真过程中实时数据的输入、输出以及构造一个主体的空间模型, 用来动态演示主体交互演化的过程.

空间模型是一个二维点阵平面, 点代表主体, 不同类型的主体用不同颜色表示, 空间模型将根据所进行翻译的主题分类成几个子空间, 模拟开始时, 初始化的 DistributeAgent 和 WorkAgent 会游离在空间中, 模拟过程中, 这些 Agent 会逐渐向适合自身特征的子区间移动并最终保持稳定状态, 同时会有新的 Agent 加入, 以及已有 Agent 的退出, 通过这一过程, 可以动态观察主体的集聚, Agent 自身特征的变化, 新主体的生成以及旧主体的消失, 以及整个平台动态演化过程.

同时, 对整个运行过程中各类 Agent 生成数、完成的 Task、SubTask、Work、SubWork、总体评分状况等进行统计, 以用于分析.

3.5 参数设计

对于文中参数初始值的设定, 主要从两方面研究确定.

一方面通过对已有翻译平台的研究数据进行总结. 如今, 已经有许多众包翻译平台, 如 Duolingo, RatonWork, OneSky, 以及综合众包平台 Amazon MTurk 也有众包翻译的应用, 我们将从这些平台的研究报告中总结得到一些数据. 从对 Duolingo 的研究报告中^[6], 我们可以得到用户平均在线时长、学历、母语、

职业等比例信息, 以及用户的增长速度等综合信息, 这些数据将帮助我们设定仿真系统中 Agent 的属性信息, 我们将根据这些数据确定生成函数, 用于生成主体. 从一些对众包翻译质量的研究报告中^[7], 可以得到众包翻译者翻译质量的数据, 这些数据可以用于确定评价者在评价作业时的参数范围. 此外, 从这些报告中还可以得到任务的相关信息, 如任务的分类、分割成子任务的数量, 每个子任务分发次数等.

另外一些无法从报告中获得的数据则由假设设定, 这些数据往往与我们设计的待验证的机制相关, 如线性激励的比率, 评价者与翻译者的比例, 系统运行时间等, 这些假设的参数值, 可以在仿真过程中不断调节.

4 仿真与验证

4.1 仿真程序的实现

在众包平台建模的基础上, 使用 Repast 开发环境和 Java 语言进行仿真程序的开发. 仿真过程中 Agent 的信息数据使用随机函数从信息库里获取, 行为规则的参数定义、参数取值范围的约束等将通过仿真图形化界面进行设置, 并通过程序设定的映射条件转化为 XML 配置文件.

本次仿真模拟中, 通过参数的设置对需要验证的机制进行仿真, 使用为 WorkAgent 的移动来仿真任务推荐机制, 设定不同的酬金参数以及线性增长率模拟奖励机制, 使用有评价权限的 RateAgent 来验证提出的评价机制. 其他需要配置参数还有程序仿真时间, Agent 生成以及消亡约束条件等. 仿真操作流程如图 9.

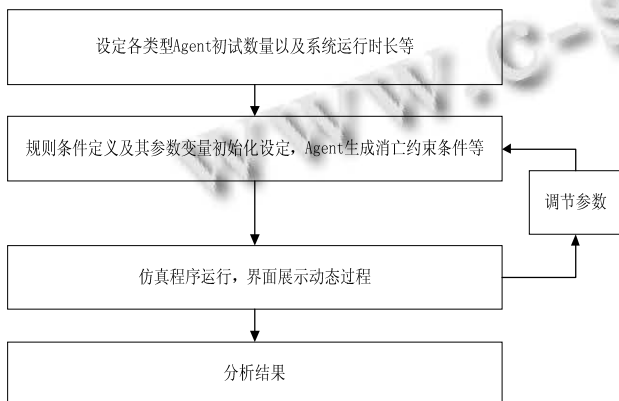


图 9 实验操作流程

4.2 仿真实验结果

首先, 模拟在线性激励下运行情况, 设定 $\mu=0.3$.

部分参数设置如下: 发包者人数 10, 分发者人数固定为 1, 接包者人数 50, 评价者人数 10, 每个任务分割成两个 2~4 个子任务, 每个子任务分发给 2 个 TranslateAgent 翻译, 图 10 在系统运行 30 天后, 主体在二维空间上的分布, 图中, 翻译内容被分为四个版块, 蓝色点表示发包者, 红色点表示翻译者, 绿色点表示评价者. 30 天后, 发包者人数 61 人(过程中离开 12 人), 接包者 307 人(过程中离开 47 人), 评价者 56 人(过程中离开 14 人), 共分发 526 个 Work, 各类 Agent 人数增长以及离开人数相对稳定(如图 11).

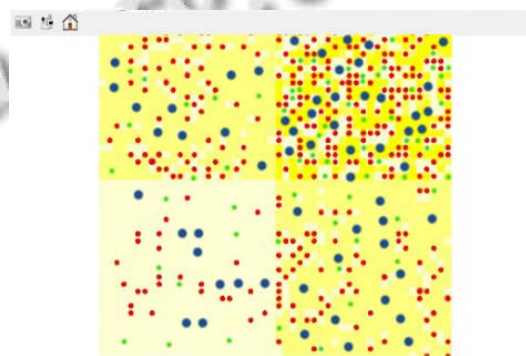


图 10 众包翻译平台运行效果图

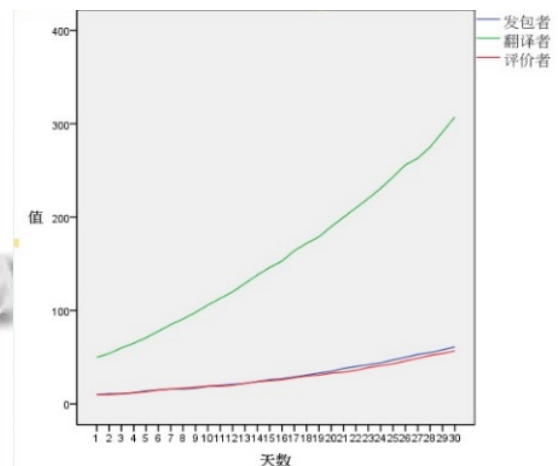


图 11 Agent 在线性报酬下增长线形图

宏观上, Agent 分散在不同模块, 运行过程中, Agent 向符合自身特征的区域移动, 并趋于稳定, 不同版块人数上有差距, 则说明不同版块的热度不同, 这些都是系统稳定运行的表现, 推荐机制、用户加入退出机制、评分机制都发挥了作用.

在非线性报酬下(如图 12), 即 $\mu=0$, Agent 的增长数量相比线性刺激下要少, 说明线性激励发挥了作用, 很好的刺激了用户的参与度, 影响了用户的决策行为.

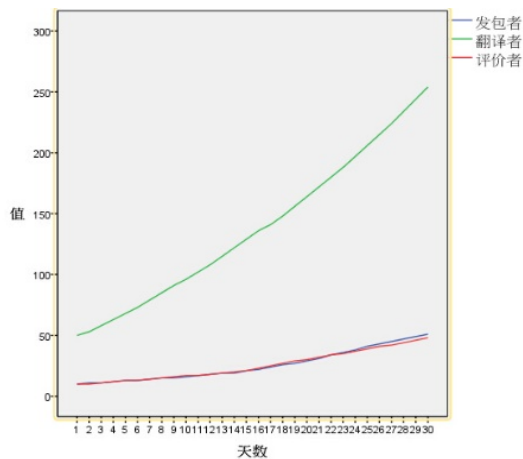


图 12 Agent 在固定报酬下增长线形图

5 结论和展望

本文基于复杂适应性系统理论对众包翻译平台进行研究,使用主体模拟众包平台中各个角色,设计出了各主体的属性定义、行为规则以及交互规则,初步实现了众包翻译平台的仿真框架和建模流程,最终通过观察这些微观主体的相互作用在宏观上的涌现现象验证了平台中机制设计的合理性。

本文实现的是一个相对简单的众包平台以及相应的仿真模型,在众包机制、主体的行为规则以及参数设计上都进行了简化的处理,在下一步的研究中,我们将不断完善众包平台以及仿真模型,对主体的行为进行更多的扩展以及研究确定更加精确的参数值,以

实现对众包平台更精确的动态模拟,更好的验证众包平台以及机制的设计合理性和有效性。

参考文献

- 1 Brabham DC. Moving the crowd at iStockphoto: The composition of the crowd and motivations for participation in a crowdsourcing application. *First Monday*, 2008, 13(6).
- 2 Buhrmester MI, Kwang T, Gosling SD. Amazon's mechanical turk a new source of inexpensive, yet high-quality, data? *Perspectives on Psychological Science* 6.1, 2011: 3-5.
- 3 Parky R. Stochastic optimal preview control of an active vehicle suspension. *Journal of Sound and Vibration*, 1999, 220(2): 313-330.
- 4 Vukovic M. Crowdsourcing for enterprise. *Congress on Services*, 2009, (2): 682-692.
- 5 Spanoudakis N, Moraitis P. Engineering an agent-based system for product pricing automation. *Engineering Intelligent Systems*, 2009, 17(2): 139.
- 6 Vesselinov R, Grego J. Duolingo Effectiveness Study. City University of New York, USA, 2012.
- 7 Zaidan OF, Callison-Burch C. Crowdsourcing translation: Professional quality from non-professionals. *Proc. of the 49th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*. Association for Computational Linguistics. 2011, 1. 1220-1229.