

# 第一章 知识协同动机因素模型仿真与决策分析

在上一章中，本文提出了个体参与社区知识协同的动机因素模型，描述了动机因素与协同行为的关系。为了进一步验证模型的有效性，以及利用模型分析社区中知识协同行为的演化过程，为管理决策提供依据，需要对模型进行仿真实验。

## 1.1 动机因素模型仿真

### 1.1.1 仿真的基本过程

建立模型要素的因果回路是模型仿真的第一步。但是仅靠因果回路图是无法进行仿真的。因果回路图的适用范围是表达系统要素间的关联和反馈过程，但是变量的性质却未能因果回路图中并没有表现出来。因果回路图无法描述系统管理和控制过程，因此被应用于早期建模过程中，重点反应最基本的模型结构，方便建模者对模型主体的把握。

流量和存量是社会经济系统中的两种基本变量。存量反映了系统在某一时刻的状态，而流量则揭示了存量的变化快慢情况，这在因果图中是无法体现出来的。存量变化的速率是系统演化的重要决定因素之一。因此，区分存量和流量是对因果关系更细致和深入的描述，反应系统中各要素的控制与反馈。在存量流量模型的基础上，通过设定各个变量的初值，步长等参数，用方程来描述各因素间的函数关系，最终得到系统仿真的模型。通过多次试运行和调整，以及对模型进行有效性检验，使模型可以较准确地反映现实世界的变动，研究者可以利用模型进行决策分析。模型仿真的基本过程如图 1.1所示。

### 1.1.2 动机因素存量流量图

在因果图中，不论是动机因素，还是个体的行为都是系统的状态，是存量。为了描述动机于行为间的关系而故意忽略了一些流量变量和外生变量。但是，这些被忽略

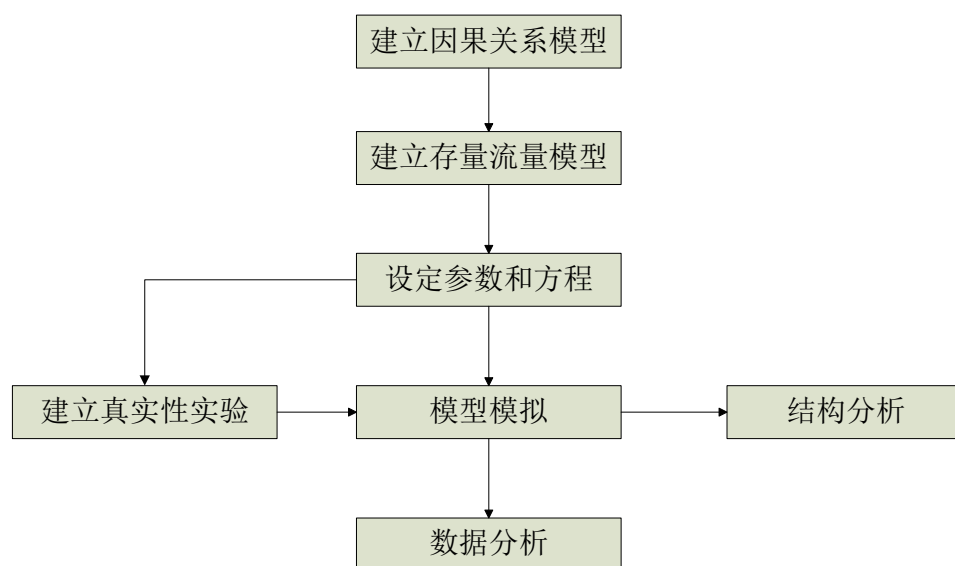


图 1.1: 模型仿真过程

的变量对于整个系统起到了重要作用，没有这些变量系统就不可能正确地表示现实系统的运行。

对于大部分动机因素，它们和个体的行为之间构成了一个正反馈回路和一个负反馈回路，既动机的增强会提升个体的行为水平，如果协同行为的得到了他人的正反馈，则会提升个体的动机；反之如果协同行为得到了他人的负反馈，个体的动机会受到伤害。对于现实系统来说，有几个重要的变量未能包含在因果图中。首先，个体的协同行为水平不仅受到动机的影响，还受到其他因素，尤其是个体工作能力的限制。无论个体怎么提升协同水平，都不可能超过个体的最大工作能力。这就是所谓“增长的极限”。个体的最大工作能力是行为水平的抑制因素，使得行为水平不可能无限制地增长下去。其次，动机作为系统中的存量，必然要受到流量的影响。动机的流入是从协同活动中获得的正反馈转化的动机，动机的流出则是协同活动中获得的负反馈使动机削弱的数量。流入水平和流出水平综合决定了动机存量的变化。第三，不论是动机转化为行为还是行为的结果反馈影响动机都不是线性过程。这种变换也存在遍及递减效应，动机的水平越高，每增加一单位动机所能引起的行为水平的增加就越少。因此如果仅考虑行为与动机的互动关系的话，个体的动机应该呈对数增长（或减弱），最后接近某个极大（小）值。最后，成就动机同其他动机略有不同。成就动机促使个体参与某种活动从中获得成就感。成就感的提升削弱成就需求。但是成就感有一种随时间自动削弱的属性，在没有任何外力介入的情况下成就感将逐渐流失，从而提升了个体的成就

需求，促使他们参与新的活动重新获得成就感。流失速度的不同决定了不同人的行为模式，对于流失速度快的人来说，他们从参与活动中所获得的成就感迅速减少，因此这些人表现为进取精神非常强，不停地追逐新的目标来满足自己对成功的渴望。而流失速度慢的人则会很长时间满足于自身取得的成就，表现为为止步不前，不愿接受新的挑战。

根据以上分析的结果，本文将把因果关系图转换为存量流量图，同时在模型中加入新的变量，使模型更符合现实世界。因为转换的模型力图完整描述存量于流量的关系，因此对因果关系进行了简化处理。变量间具体、详细的因果关系请参考因果关系图。大部分的动机因素都有同样的特征：动机增加引起行为水平的提升；如果行为得到正反馈则会促使动机也得到相应的提升，负反馈则会使动机减弱。因此将这一类动机合并表示一般动机。对于利他主义和感知到的意义两类动机由于和行为之间是单向关系，统称为无反馈动机。成就动机和认知失调两类动机有各自的特点，所以单独保留。引入了流量变量“每次协同行为增加的动机”表示动机的流入，“他人对个体的协同行为减少的动机”表示动机的流出，以此表示动机的动态性；引入变量“疲劳”和外生变量“个人工作的最大能力”构建行为的负反馈闭环，反应行为水平受到抑制的特征。引入流量变量“满足感的流失”反应满足感随时间减少的特点。转换的存量流量图如图 1.2 所示。

### 1.1.3 模型方程的设置

每个变量都和其他变量形成一定的函数关系，这种关系使用方程来表示。下面列举了模型中所有涉及到的方程。

1. 行为水平 = 转换水平  $\times$  ( $\sum$  一般动机 + 成就动机 + 认知失调 + 无反馈动机)
2. 成就需求 = 个体的最大成就需求 - 满足感  $\times$  转换系数
3. 自我决定 = 上一期自我决定 + 正协同贡献  $\times$  转换系数 + 负协同贡献  $\times$  转换系数
4. 自我效能 = 上一期自我效能 + 正协同贡献  $\times$  转换系数 + 负协同贡献  $\times$  转换系数
5. 自我肯定 = 上一期自我肯定 + 正协同贡献  $\times$  转换系数 + 负协同贡献  $\times$  转换系数
6. 认知失调 = 他人的协同行为  $\times$  转换系数 + 他人对个体的协同行为  $\times$  转换系数 - 协同行为水平  $\times$  转换系数

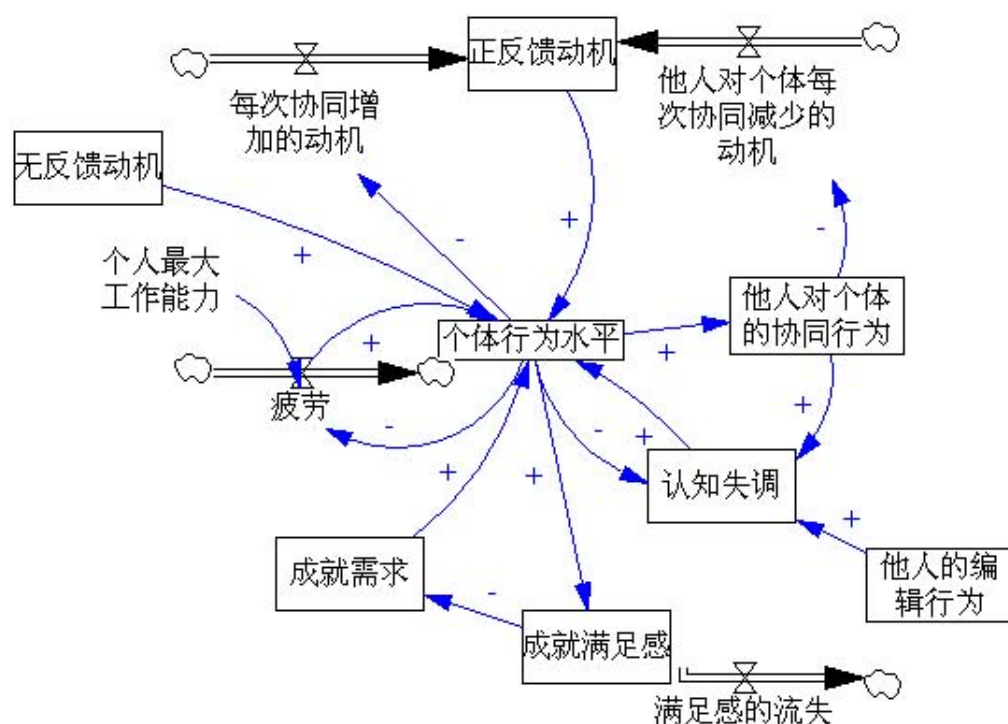


图 1.2: 知识协同动机因素的存量流量图

7. 群体效能 = 上一期群体效能定 + 正协同贡献 × 转换系数 + 负协同贡献 × 转换系数
8. 归属感 = 上一期归属感 + 正协同贡献 × 转换系数 + 负协同贡献 × 转换系数
9. 自我决定到协同水平的转换系数
10. 自我效能到协同水平的转换系数
11. 自我肯定到协同水平的转换系数
12. 成就需求到协同水平的转换系数
13. 认知失调到协同水平的转换系数
14. 群体效能到协同水平的转换系数
15. 归属感到协同水平的转换系数
16. 正协同贡献到自我决定的转换系数

17. 正协同贡献到自我效能的转换系数
18. 正协同贡献到自我肯定的转换系数
19. 正协同贡献到成就需求的转换系数
20. 正协同贡献到认知失调的转换系数
21. 正协同贡献到群体效能的转换系数
22. 正协同贡献到归属感的转换系数
23. 负协同贡献到自我决定的转换系数
24. 负协同贡献到自我效能的转换系数
25. 负协同贡献到自我肯定的转换系数
26. 负协同贡献到成就需求的转换系数
27. 负协同贡献到认知失调的转换系数
28. 负协同贡献到群体效能的转换系数
29. 负协同贡献到归属感的转换系数

#### 1.1.4 参数估计

参数估计是建立系统动力学模型重要的过程。即使是参数值的微小变化,也可能引起系统行为产生较大幅度的波动,甚至改变整个系统行为的极性。因此,为保证模型模拟结果与真实系统的一致性,应尽可能地准确估计模型的参数。

模型的参数估计是模型的局部分别独立地进行,然后在总体模型进行模拟仿真时在进行总的调试。系统动力学本身并不限制参数估计的方法,可以根据需要和具体情况灵活地选用不同的参数估计方法。参数估计的完成标志着模型从定性向定量的转化。

参数的估计方法可以分为以下几种。目前 SD 模型参数估计的技术大致可分为 3 种 [1, 2]: (1) 单个参数、表函数关系、间接计算等基于利用模型变量集结程度以下的数据进行的估计; (2) 运用单方程进行估计; (3) 运用多方程进行估计等。其中后 2 种都是基于与模型变量集结程度相当的数据进行的估计。此外,还可以运用统计技术进行估计。但

是, SD 模型基于结构而不是统计相关性的特征, 使得它所要求的许多参数 (如国民经济系统中描述人均国民收入对积累率影响程度的参数等) 往往缺乏可资利用的资料, 使建模工作者可以有效地运用前述的种种方法对它们进行合理的估计. 还有一种情况, 由于 SD 模型所处理的常是具有多重反馈的复杂系统, 这使得处在因果链上相隔甚远的变量间的关系变得很不直观甚至反直观, 要估计描述它们对应关系的参数也十分困难. 为了对这些难以估计的参数进行估计, 有时就得采用“仿真—分析—修正”这种类似于手工式的“试凑法”<sup>[1]</sup>。

参数的估计工作分为两部分, 一部分是估计变量的初值, 另一部分是估计方程中的参数。在动机因素于协同行为的模型中, 大部分变量都是定性变量, 本身就难于量化。在缺乏资料的情况下, 将定性变量数量化, 本身就带有一定的盲目性和随意性, 因此手工调试是必不可少的环节。但是, 通过使用一定的估计方法能大大简化手工调试的工作量, 减少调试的时间。

### 1.2 模型检验

当模型的所有参数都确定后, 需要测试模型的有效性, 检查模型是否能较准确地模拟现实系统。模型的检验是一个不断证伪的过程。常见的检验方法包括结构评价测试、参数估计测试、行为重现测试、灵敏度测试、系统改进测试等。检验往往是通过同用户、专家的不断对话, 深入理解系统行为, 同时检查系统的因果关系是否合理, 方程量纲是否一致, 对模型进行各种条件下的测试, 并对比模型的运行结果和实际数据。本文在参考大量文献的基础上, 借鉴了其他学者的实证研究成果, 对模型进行直观检验, 观测模型是否能重现真实系统中的行为变化。

模型是现实世界的简化和抽象, 因此一个模型不可能精确地再现现实中的各种现象。模型的主要目的在于反映趋势的变化。为了验证模型的正确性, 本文将模型仿真数据同真实数据进行对比。针对不同类型的用户, 使用维基百科提供的数据分别计算了连续 40 个月的月人均贡献度和仿真结果进行比对。

图 1.3 是领导者用户的仿真结果和真实数据图。从图中可以看出, 领导者用户的月人均贡献度呈现出比较明显的对数函数特征, 而仿真的结果显示为系统行为呈现出寻的模式, 因此虽然模型同实际数据有误差, 但是仍然较准确地再现了现实趋势, 可以使用模型模拟用户的知识协同行为。

图 1.4 是领域专家用户的仿真结果和真实数据图。真实数据反映出该类用户的月人



图 1.3: 领导者用户仿真结果

均贡献度在初期显著下降后迅速进入一个平稳状态。仿真结果则表现为一个递减的对数函数。两者的趋势是一致的。

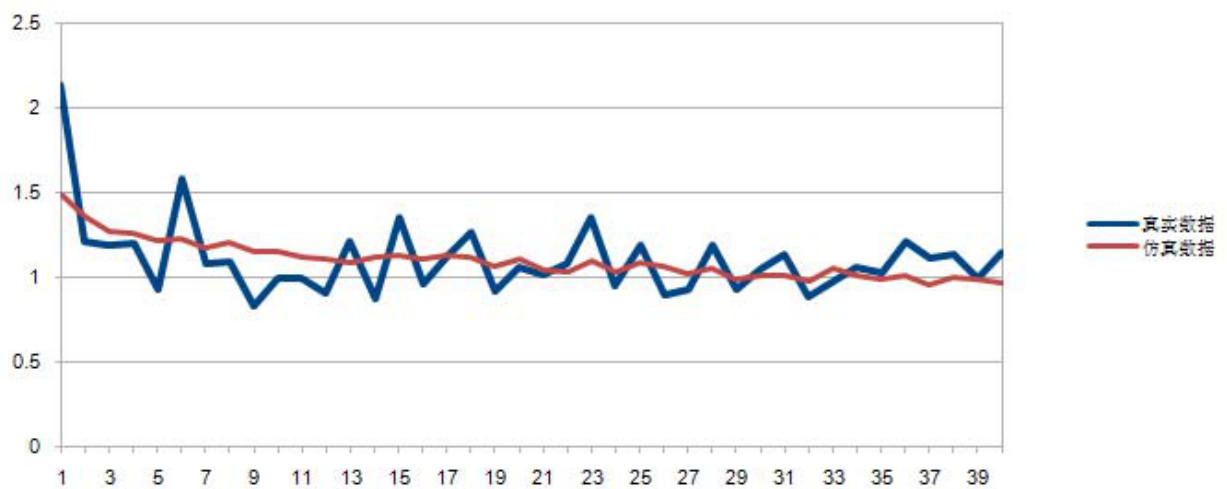


图 1.4: 领域专家用户仿真结果

图 1.5是内容贡献者的仿真结果和真实数据图。内容贡献者的月人均贡献度非常平稳,没有明显的震荡。仿真的结果也几乎是一条直线,同实际数据的拟合度很高。因此模型很好地反映了内容贡献者的动机与知识协同水平的相互作用。

图 1.6是内容维护者的仿真结果和真实数据图。实际数据显示内容维护者的月人均贡献很快下滑,随后逐渐平稳,下滑趋势减缓。仿真数据则是一条对数曲线,除了和

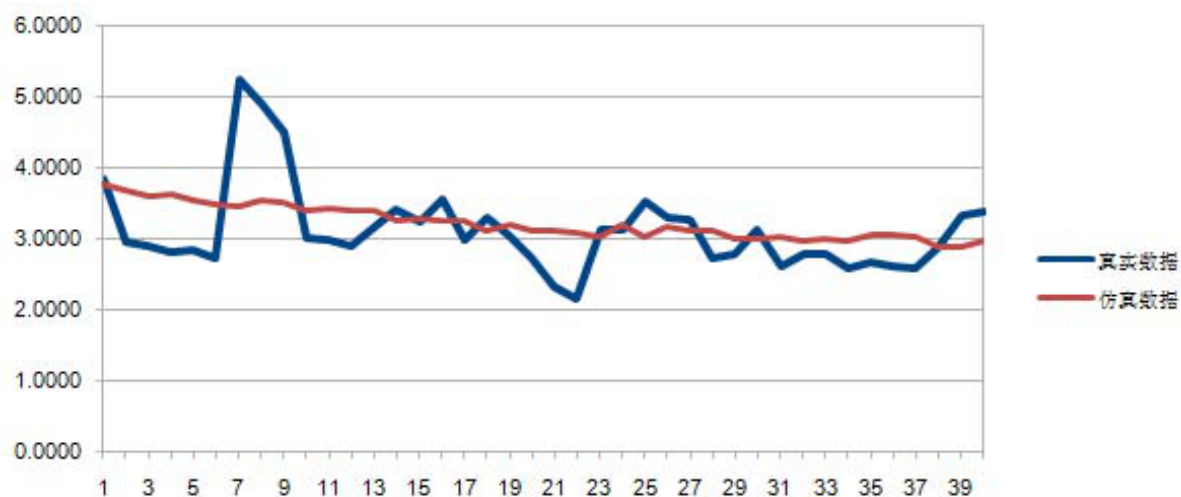


图 1.5: 内容贡献者用户仿真结果

个别真实点的数据结果差距很大以外，整体的拟合度很高，说明模型对于分析内容维护者的行为是有效的。

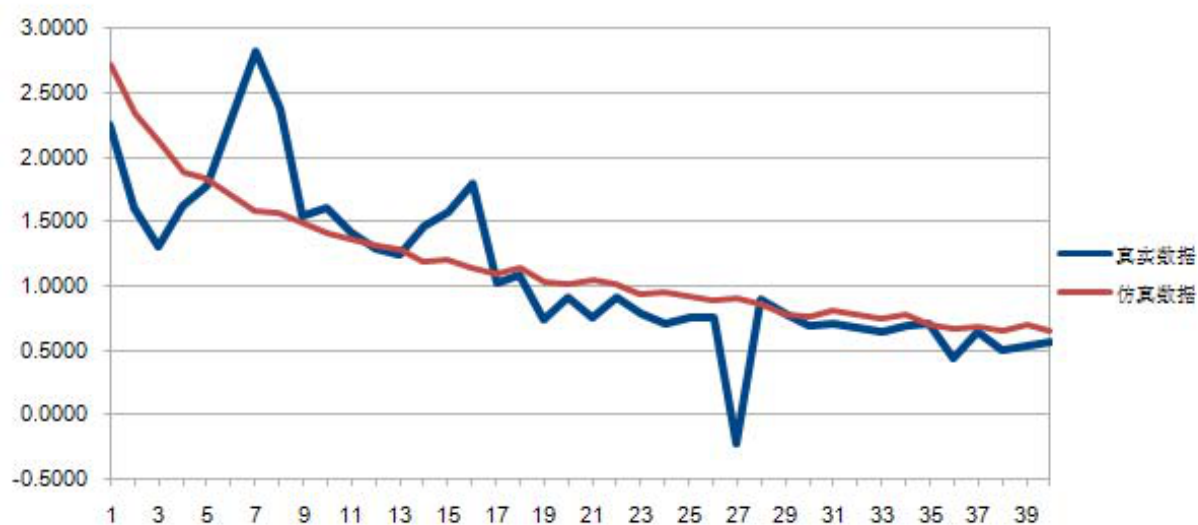


图 1.6: 内容维护者用户仿真结果

图 1.7是边缘用户的仿真结果和真实数据图。边缘用户的月人均贡献值是所有用户类型中最为特殊的：呈加速下滑趋势。模型仿真结果也显示月人均贡献是一条近似于指数函数的曲线。虽然真实数据的波动水平比较大，但是模型的拟合结果仍然反映了真实系统的变动趋势。



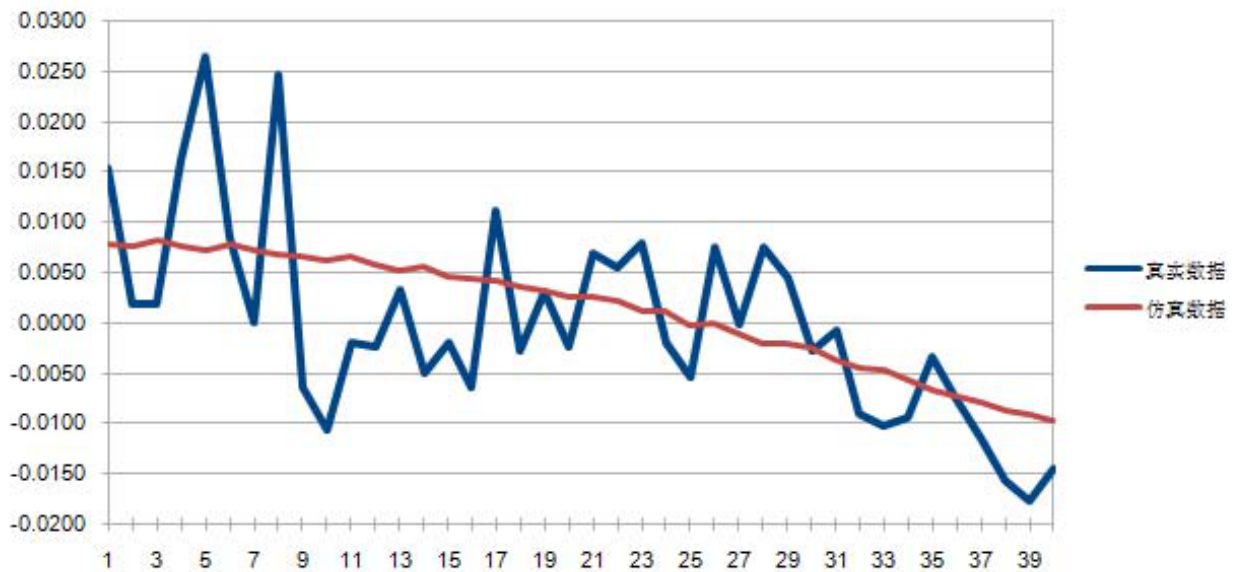


图 1.7: 边缘用户仿真结果

### 1.3 动机因素模型分析

通过对比模型仿真结果和实际数据,可以判定模型基本反映了维基百科社区中各类用户的知识协同动机和行为间的关系。利用仿真模型可以进一步分析用户的协同模式、预测协同行为以及提出相应的管理建议。

#### 1.3.1 领导者用户

领导者用户是整个用户群体中最积极、投入程度最高的群体。个体的人均贡献远远要高于其他类型的用户。从图中可以看到,尽管有比较明显的波动,但是月人均贡献还是接近 30。领导者用户能有如此高的行为水平和其很强的参与动机是分不开的。同时,领导者用户的水平很高,其参与的内容绝大部分都受到了其他用户的认同。因此,协同行为于协同动机形成了正反馈环,使得领导者用户的月人均贡献不断提高。但是,依据系统动力学原理,正反馈环所造成的良性循环应该呈指数增长,意味着月人均贡献应该是加速上扬的。但是数据显示,领导者用户的月人均贡献虽然也在上升,但是上升速度确实不断递减的,到最后几乎停滞下来。

造成这种情况的原因可能有两个:一种是系统本身的主导反馈是负反馈。同正反馈不同,负反馈回路追求系统的平衡和停滞,一旦系统发生状态偏离,负反馈回路将使其回到预定的目标或状态。另一种可能是系统的增长模式为 S 型增长。S 型增长产生

的原因是系统中同时存在多个正反馈回路和负反馈回路。当增长达到一定程度时，负反馈回路开始发挥作用一致增长，是增长不会一直持续下去。最后，一个或多个条件约束将使增长停止。

根据领导者用户的行为特征，影响领导者的协同贡献的不太呈现完全的负反馈形式。由于数据选取的时间段为领导者用户已经参与社区的中后期，考虑到较高的协同贡献，说明领导者用户的月人均协同贡献应该是 S 型增长，并且到了增长的末期。在领导者用户的因果回路图中，个人的最大工作时间回路是一个负反馈回路。当用户的投入水平不断增强，该回路的作用也越来越明显。不管用户的动机水平有多高，协同行为水平也不可能突破最大工作时间的限制，这时用户已经是“心有余而力不足”，最终导致了协同贡献增长的停滞。

为了验证这一点，本文做了两个仿真实验。首先将所有的用户动机程度提升 10%，如果个体的协同行为已经达到了最大值，那么即使提升个体的协同动机也不可能使协同贡献得到提升。仿真结果如图所示。

从图中可以看出，领导者用户的月人均协同贡献几乎没有变化，这意味着协同动机的提升对行为已经不能产生影响。接下来，保持其他条件不变，将个体的最大工作时间加大 10%，尽管这已经能显示情况不相符，但是可以借由模拟观察到最大工作时间对协同行为的限制。仿真结果如图所示。

变量名称	初始值				
	领导者	领域专家	内容贡献者	内容维护者	边缘用户
利他主义					
感知到的意义					
自我决定					
自我效能					
自我肯定					
成就需求					
认知失调					
群体效能					
归属感					
满足感流失					
自我决定到协同水平的转换系数					
自我效能到协同水平的转换系数					
自我肯定到协同水平的转换系数					
成就需求到协同水平的转换系数					
认知失调到协同水平的转换系数					
群体效能到协同水平的转换系数					
归属感到协同水平的转换系数					
正协同贡献到自我决定的转换系数					
正协同贡献到自我效能的转换系数					
正协同贡献到自我肯定的转换系数					
正协同贡献到成就需求的转换系数					
正协同贡献到认知失调的转换系数					
正协同贡献到群体效能的转换系数					
正协同贡献到归属感的转换系数					
负协同贡献到自我决定的转换系数					
负协同贡献到自我效能的转换系数					
负协同贡献到自我肯定的转换系数					
负协同贡献到成就需求的转换系数					
负协同贡献到认知失调的转换系数					
负协同贡献到群体效能的转换系数					
负协同贡献到归属感的转换系数					

表 1: 参数初始值