

文章编号: 1000-5013(2012)05-0565-04

# 基于扩展 NK 模型的项目团队适应性仿真

李蒙

(华侨大学 土木工程学院, 福建 厦门 361021)

**摘要:** 借鉴 Kauffman 的 NK 模型思想, 构建引入关系强度的扩展 NK 仿真模型, 分析项目团队的适应性. 研究表明: 项目团队成员的数量( $N$ )、成员之间的相互作用关系( $K$ ), 以及成员之间的关系强度( $F$ )是影响项目团队适应性的主要因素. 其中  $N, K$  的增加将导致团队适应性先增后减, 而随着关系强度的增加, 项目团队的适应性有提高的趋势.

**关键词:** NK 模型; 项目团队; 适应性; 仿真

**中图分类号:** TU 721.4; F407.961.5; TP 391.9

**文献标志码:** A

团队建设对建筑施工企业工程项目管理起着至关重要的作用, 团队绩效是企业利润的重要保证. 长期以来, 学者们从社会学、管理学和心理学等不同视角, 基于不同研究范式探索工程项目团队绩效及其适应性. 总的来说, 有关团队适应性的文献分为两类: 一类是关于其影响因素的研究<sup>[1-2]</sup>, 而另一类是基于博弈论的团队激励手段的分析<sup>[3-4]</sup>. 张刚等<sup>[5]</sup>在其研究中引入一般复杂系统的分析工具 NK 模型对组织模块性结构进行了创新性定义和分析. 然而, 随着系统科学的发展, 复杂理论为项目团队绩效的研究提供了新的思路. 因此, 本文尝试引入复杂理论中的 NK 模型, 将其应用于项目团队研究, 通过仿真探讨, 提出提高项目团队适应性的途径.

## 1 NK 模型描述

在 Kauffman 的 NK 模型中, 基因模型被用来描述一个生物体. 在这个模型中, 一个基因组是由  $N$  个基因构成的, 而每个基因的适应度受到另外  $K+1$  个基因的影响, 则复杂度可以影响经典自然选择理论, 解释进化过程. 分别用 3 个基本参数描述基本 NK 模型: 构成系统个体的属性( $A$ )、构成系统的个体数目( $N$ )、构成系统的个体之间平均交互关系的数目( $K$ ). 因此, NK 模型被描述为一种用  $N$  以及  $K$  表示系统中元素之间的交互程度的模型, 该模型可用于构造一个复杂度随着  $N$  和  $K$  的增加而增加的复杂系统. 当元素间没有任何关系时, 也即  $K=0$  时, 系统的复杂性最低; 当所有的元素间都有关系, 也即  $K=N-1$  时, 系统的复杂性最高,  $K \in [0, N-1]$ . 假设用于描述系统进化的适应度景观中应该包含系统存在的所有状态, 景观中存在的可能状态的数目用  $A^N$  来表示.

适应是一个以提高适应度为目的来完成系统向最优点方向进化的过程, 它通过一些小的改变, 在“可能性”的集合中进行“局部”搜索. 若某个空间中的每一个基因组都拥有一个适应度, 而适应度在整个空间的分布就构造一个适应度空间. 这个空间将适应度的分布可视化, 并用于研究进化问题, 被称为适应度景观(fitness landscape). 当描述一个个体从较低的适应度向较高适应度的结构进化时, 无论是进化论还是协同进化论中的进化进程都可以用在景观上的移动来形象地表示, 而进化的群体可以被认为或松散或紧凑的随机的分布在这些景观上. 然而, 适应性景观会产生唯一一个全局最优、有限多个局部

**收稿日期:** 2012-04-01

**通信作者:** 李蒙(1984-), 男, 讲师, 主要从事土木工程施工与管理的研究. E-mail: mli@hqu.edu.cn.

**基金项目:** 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目, 华侨大学侨办科研基金项目(06Q0052, 11QZR06); 华侨大学高层次人才引进科研基金资助项目(11BS415)

最优,以及无限多个最优点时的 3 种状态,如图 1 所示.

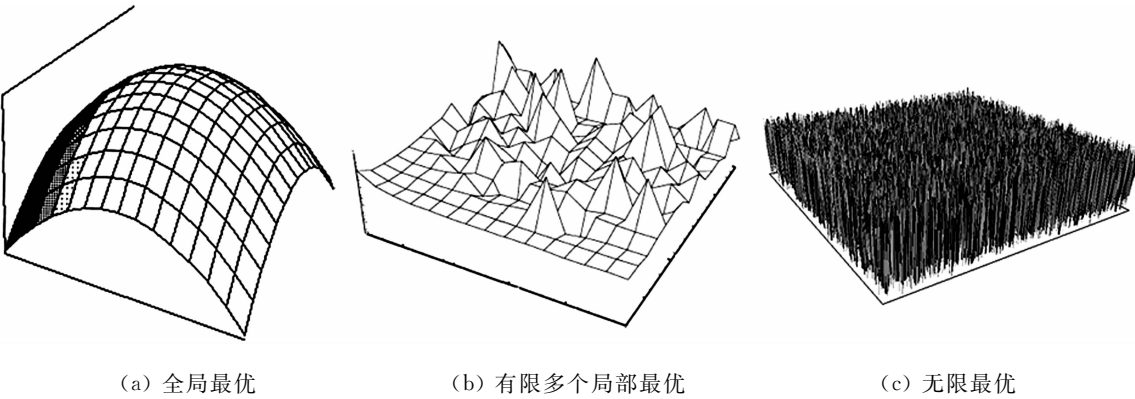


图 1 适应性景观 3 种情况

Fig. 1 Three cases on adaptive landscape

Kauffman 通过实验仿真,认为 NK 模型具有一些重要特性. 首先,而适应性主要取决于参数  $N$  和  $K$ ,而对其他参数不敏感;其次,随着  $K$  的数值不断增加,系统复杂性会逐渐增加,而系统内如果提高某个元素的适应度而不降低其他元素适应度很难实现;最后,系统的复杂性造成局部最优点随机性增强.

2 扩展 NK 模型描述

工程项目团队的绩效很大程度上取决于其适应性,适应性包括与外界环境的适应性,以及内部成员的协调性等. 项目团队中的团队成员之间存在相互沟通、相互依赖的关系,若将工程项目团队看成是一个复杂系统,它也具有复杂网络的特征. 但是也不能将 NK 模型直接用于团队适应性的研究中,因为项目团队中个体之间沟通的频率也是不尽相同的,因此在项目团队中相互作用关系中引入关系强度.

2.1 项目团队中的个体

项目团队中的个体指的是团队中的每个成员,其属性包括 3 方面:1) 成员等位属性,每个团队成员拥有  $A$  个等位属性;2) 成员之间的相互作用关系,其记录了当前成员与团队中其他成员之间构建的相互依赖关系,每个成员根据自己的分工不同可能拥有不等数目的关系;3) 成员的数量,其描述了一个项目团队核心成员的数量.

2.2 项目团队的适应性

项目团队的适应性是由内部成员自身以及它所依赖的其他成员网络共同决定的,代表了项目团队的适应能力. 用 1 代表成员个体适应性的最高值,用 0 代表成员个体适应性的最低值,因此适应性可以表示为一个 0 到 1 之间的浮点数. 越接近 1 时,适应性越高,项目团队可创造的效益越大;反之,越接近 0 时,代表适应性越低,项目团队可创造的效益越小.

2.3 项目团队的成员间的关系强度

Kauffman 的 NK 模型,以及其追随者使用的 NK 模型中构建的网络内部个体与个体之间的关系是没有强度差别的,即默认个体与个体之间的关系强度一样强,每一个关系对网络的复杂程度的贡献是一样多的. 但是弱关系的定义可以得出结论:弱关系和强关系相比在固定时间内联系的频率较低,在某些时间段弱关系甚至不存在,因此弱关系对网络复杂程度贡献较小甚至可以忽略不计. 由此可见,至少弱关系与强关系在一个网络中对网络的作用是不能等同的.

项目团队成员虽然存在相互作用关系,却不能够保证每个关系在每一个时间段内都同时的发生. 实际上,某个个体与其他个体的  $K$  个关系中有部分发生当前时间段,而有的则可能发生在其他时间段. 根据文献[6],关系的强度中可以按照关系在一个星期、一个月以及一年之内发生的次数来进行分类. 在项目团队研究中,将成员相互作用关系分为 4 类,按照关系在指定的时间段内发生的次数来划分其类别. 关系强度分别为弱关系、次弱关系、次强关系以及强关系. 在项目团队适应性的 NK 模型中,定义每一步(tick)为现实生活中的一天,因此平均一天中发生的关系的数目影响着模型成员之间的耦合程度. 而一天中关系发生的数目则由  $F$  来分别控制. 其中: $F$  代表的是在项目的生命周期中有  $F$  次机会,网络中的

成员 A 可以有机会与外界发生关系。

### 3 仿真及结果分析

为方便模型的实现,使用 Repast(多主体仿真软件包),使用 Java 语言实现了 NK 模型,同时,为增加仿真实验的可信程度,给出一个 Kauffman 的 NK 模型的仿真结果作为基准。

#### 3.1 Kauffman 的 NK 模型的复验

通过重复 Kauffman 实验中的  $N$  和  $K$  组合共 20 组参数,设置 1 000 次,并记录各种组合中网络所能到达的平均动态能力( $E_{av}$ ),如图 2 所示.从图 2 可知:实验结果与 Kauffman 的 NK 模型的差距最高为 0.02,最低为 0,完全可以拟合 Kauffman 的 NK 系统实验结果。

#### 3.2 项目团队的适应性仿真实验

引入关系强度以后的扩展 NK 模型,可以帮助观察项目团队中各成员之间保持不同程度的关系强度,对于团队的适应性的进化过程有什么样的影响.将观察项目团队中平均关系强度从弱关系到强关系 4 种不同关系强度 1 000 次实验的结果.按照关系强度的不断减小,仿真结果如图 3 所示。

若令其他参数保持不变时,通过变动单个  $N$  或者  $K$ ,发现适应性变化却不明显.尤其是当  $K < 7$  时,变化几乎可以忽略不计;而当  $K > 7$  时,适应性会随着  $N$  的增加而略微的增加,但是随着  $N$  的进一步增加,整体的适应性又逐渐降低,如图 3 所示.当  $K = 23$  时, $N = 24$  的适应性却大于  $N = 48$  时的值.同样,若令除  $K$  之外的参数不变时,也会发现有一个适应性从增加到减少的过程.若将  $N$  和  $K$  组合起来分析也会发现与 Kauffman 的原始 NK 模型相似的结论。

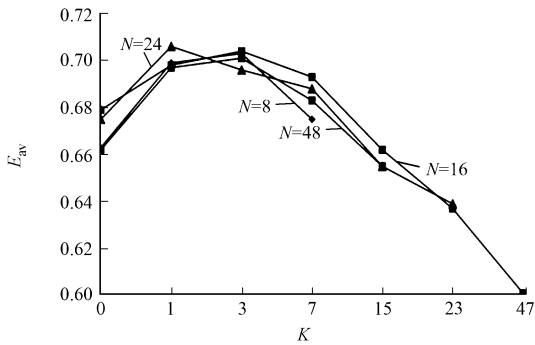
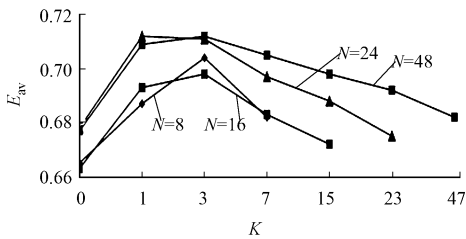
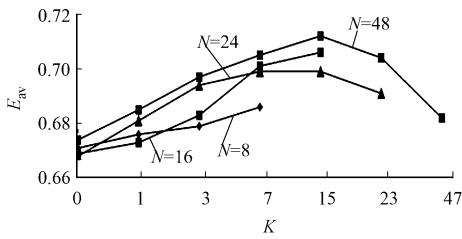


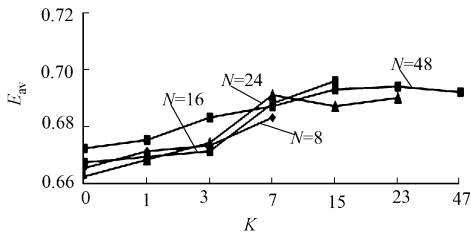
图 2 Kauffman 的 NK 模型复验比较图  
Fig. 2 Comparison reviewed chart on Kauffman's NK model



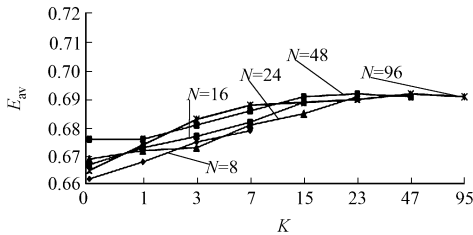
(a)  $F$  为强关系



(b)  $F$  为次强关系



(c)  $F$  为次弱关系



(d)  $F$  为弱关系

图 3 不同强度关系的适应性仿真结果

Fig. 3 Results of simulation when different relations

然而,引入关系强度后,项目团队的扩展 NK 模型却有所不同.可以发现随着关系强度的增加,项目团队的适应性有提高的趋势.当关系强度的减小,适应性会随着  $N$  或者  $K$  的增加而不断增加,其中当关系强度减小至弱关系时,在  $N$  和  $K$  的数量一定时,项目团队的适应性会随着其数量的增加而增加.但是也发现,当关系强度不断增加时,适应性虽然也经历了一个先增加后减少的过程,此时  $N$  和  $K$  的值却远远不同于 Kauffman 的 NK 模型数据.当关系强度减弱的情况下, $N$  和  $K$  的值都在增加的条件下,才能保证适应性达到最高.此外,当呈现次弱关系及次强关系时,适应性较高的可能性较大。

4 结论

根据 Kauffman 的 NK 模型,构建基于工程项目团队的扩展 NK 仿真模型. 与经典模型不同的是,在项目团队中相互作用关系中引入关系强度,使得模型可以更好地研究项目团队的适应性.

研究发现,项目团队成员的数量( $N$ )、成员之间的相互作用关系( $K$ )以及成员之间的关系强度( $F$ )是影响项目团队适应性的主要因素,并具有下列规律性:1) 当团队规模一定的情况下,成员间的相互作用关系增加会导致团队适应性有一个先增加后减少的过程;2) 当成员间的相互作用关系  $K$  一定时,随着团队规模的增加其适应性也是一个先增加后减少的变化趋势;3) 在  $K<7$  时,随着关系强度  $F$  的增加,项目团队的适应性有提高的趋势,而当  $K>7$  时,适应性的变化趋势却不规则;4) 当关系强度  $F$  减弱的情况下, $N$  和  $K$  的值都在增加的条件下才能保证适应性达到最高,而且增加的数值较大;5) 当  $F$  为次弱关系和次强关系时,可以保证团队适应性较高的可能性较大.

参考文献:

[1] 卢向南,黄存权. 有效识别项目团队绩效的影响因素[J]. 技术经济与管理研究,2004(5):82-83.  
[2] 吴彰叶. 基于 BSC 的工程项目团队绩效评价指标体系研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2007.  
[3] 韩姣杰,周国华,李延来,等. 有限理性条件下项目团队合作中多代理人行为演化[J]. 系统管理学报,2011,20(1): 119-128.  
[4] 彭海峰,盛馨玖. 基于博弈论的工程项目团队绩效分析[J]. 中国水运,2010,10(11):145-146.  
[5] 张钢,薄秋实. 基于 NK 模型的组织结构模块化理论[J]. 软科学,2009,6(23):24-27.  
[6] GRANOVETTER M. The strength of weak ties[J]. The American Journal of Sociology,1973,78(6):1360-1380.

Simulation of Project Team Adaptability Based on NK-model

LI Meng

(College of Civil Engineering, Huaqiao University, Xiamen 361021, China)

**Abstract:** Based on Kauffman's NK model is adapted to build simulation model,the generalized NK simulation model is established to analyze project team adaptability. The results show that number of members in project team ( $N$ ), relationship between members ( $K$ ) and the strength of relationship ( $F$ ) are main factors which influence the adaptability, which introduces the strength of relationship. The increment of  $N$  and  $K$  increases the adaptability initially, and then decrease the adaptability; the increment of  $F$  increases the adaptability.

**Keywords:** NK-model; project team; adaptability; simulation

(责任编辑: 陈志贤      英文审校: 方德平)