

科学团队理论及其对大型仿真研究的启示

王 维, 邱晓刚, 张 鹏

(国防科学技术大学 机电工程与自动化学院, 湖南 长沙 410073)

摘 要: 科学团队理论主要针对大型科学研究与项目研发中, 各跨学科、交叉学科群体之间的管理和组织等问题。大型仿真研究和工程项目涉及许多不同部门和专业, 其管理与技术起着同样重要作用。为此总结了科学团队理论的发展及应用现状, 结合仿真工程的特点提出了将科学团队理论应用于仿真研究的一些设想, 并以非常规突发事件应急管理仿真平台的研究为例介绍了科学团队理论在大型仿真研究中应用的过程。

关键词: 研究群体的科学 (SciTS); 科学团队; 跨学科; 跨领域; 组织; 仿真工程项目

Theory of SciTS and Its Inspiration of Large-scale Simulation Projects

WANG Wei, QIU Xiaogang, ZHANG Peng

(School of Mechatronics & Automation, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: In the process of the large-scale R & D projects, the theory of the science of team science (SciTS) is focused on the problem of organization of transdisciplinary or interdisciplinary groups. The large-scale simulation projects involve in many different departments and profession, so its management and technology are equally important. This article describes the concepts of SciTS, current status and direction of development, and brings the ideas of theory of SciTS is applied to the simulation research, then makes a example of a simulation projects-unconventional emergency management simulation platform to introduce the application of theory of SciTS on the large-scale projects.

Key words: the science of team science (SciTS); science team; interdisciplinary; transdisciplinary; organization; simulation project

1 引 言

过去 20 年各门类、各领域科学技术迅速发展, 不同领域技术相互融合的趋势已变得势在必行。通过对 20 世纪中叶以来人类重大研究与工程项目中的管理流程进行总结, 一些学者发现几乎所有科学分支都呈现出一些普遍性的特点:

(1) 在产生高影响、高引用科学成果时, 群体

比个体科学家越来越居优势。

(2) 群体变得越来越大。

(3) 群体变得越来越大, 逐渐超越了大学的界线, 而非限于某一校园之内。

在投资规模较大、研究时期较长、风险性较大的科学研究与项目研发中, 由于研究的问题复杂, 所涉相关领域众多, 各领域之间相互交叉应用频繁, 超越了传统学科边界。单一团队受人数与专业方向限制, 导致难以独立取得重大成果或

基金项目: 国家“863”高技术研究发展计划资助项目(2008AA1212021); 国家自然科学基金资助项目(91024030)

进展。解决这些复杂问题必需从许多不同的学科视角去考量,而关键就是跨学科交叉的研究群体^[1]。人们急需建立关于此类研究群体的科学,也就是 SciTS(The Science of Team Science)。它能够更加有效地组织并发挥研究群体的效率,取得个人难以实现的突破和跨越,实现科技的跨越性发展。目前,科学团队理论已广泛应用在医学与环境科学等领域。

系统仿真是研究复杂系统的重要手段,其实质是对实际系统中发生的本质过程进行模拟复现。计算机仿真通过建立被研究对象的模型,并进行计算实验来分析系统。由于人们关注的系统越来越复杂,系统覆盖面也越来越广泛,比如电气、机械、社会、生态等系统。建模与仿真过程日趋复杂,仿真工程项目也呈现出向跨学科、学科交叉的知识融合方向发展的趋势。

2 SciTS 相关概念

2.1 SciTS 定义

SciTS(研发群体之科学) 是国际上一个正在兴起的跨学科交叉研究领域,专注于科学研发群体如何发起、组织、交流、从事科研活动等的过程。

SciTS 的核心任务是认清促进或阻碍各种各样科技合作的情况和阶段,加以有效管理和利用并评估在联合研究环境下所产生的结果。研究内容包含确定大规模科技合作研究、培训和转化的有效性,以及掌握研发群体是如何协力攻关取得个人或递增式努力难以实现的突破和跨越^[1]。SciTS 侧重科学研究的前提条件、合作进程和产出结果的研究,这一点与基于“I-P-O 模型”的虚拟团队理论类似^[2]。

2.2 SciTS 层次维度划分

SciTS 的研究沿着多学科、多层次、多方法的思路和框架进行,其研究涉及人文、社会、科学、技术和工程等领域的知识和方法。研究人员从不同层次研究团队科学的不同方面,提供不同的理论和技术,产生不同的研究结果。每个层次使用多种方法、技术和陈述,对不同的数据进行分

析,并提供不同的见解。

基于团队角度的研究一般可以分为三个层次:以群体集合为对象的宏观层次,以群体本身为对象的中观层次和以群体的成员为对象的微观层次^[3]。“宏观层面”的研究是在最顶层针对团队的合作模式下展开的,需要大规模的计算过程和沟通。并行计算、行为学、组织学和其他的研究领域的新发展在这个层面上有深入的应用。“中观层面”是在集团层面上进行研究,使人们对团队领域有了更深一步的理解,例如,如何进行团队互动,团队内部的性质和他们之间通讯,如何组成团队从而进行高效工作的过程。可以使用网络分析方法研究代表性的节点和它们的相互联系,通过检查的联络模式和团队模式研究科研网络的演变和影响,在不同时间尺度上,从结构或分析特定的实例来了解团队之间的相互作用。“微观层面”研究团队内的个人,他们的训练、部署和教育,以及使他们在特定情况下进行协调工作的各种因素。微观层面的研究考虑网络结构,涉及许多属性节点和联系,可以进行定量分析^[4]。

2.3 SciTS 研究方法

SciTS 采用的方法大多是多学科(Multidisciplinary)、交叉学科(Interdisciplinary)、跨学科(Transdisciplinary) 的。数据表明,跨学科交叉的研究群体将在解决复杂问题、发现高影响科技成果方面发挥越来越重要的作用^[5]。

科学团队的研究方法很多,如调查、个案研究、科学小组成员的访谈、社会网络建模、制图和可视化技术以及文献计量学分析,其主流思想有以下几种:

(1) 首先对团队进行控制,使其能够完全按照研究者意图进行活动,其意图具有一定的测试性。然后对所控团队的活动结果进行综合评估,以此来达到对团队的科学研究。

(2) 对团队的日常行为进行预测、数据采集、数据分析,通过量与质相结合的方法对团队进行观测与分析从而达到研究的目的。

(3) 综合运用上述两种方法对团队进行科学分析。此方法主要用于解释科学团队的形成以

及寻找哪些因素推动团队变革以及研究进展。

科学团队理论的发展,在这三种层面上都面临着许多的挑战。“宏观层面”上所面临的是组织机构随着进程发展的变化以及现存的阻碍或推进跨学科合作的约束。“中观层面”所需要的是如何详细阐述团队动力在于团队中的推动作用。“微观层面”所涉及的问题则更多,首先是微观层面如何与中观、宏观紧紧联系,共同作用于整个团队,这是研究微观层面的实质性问题。其次,个体在整个研究过程中所获取跨学科、跨领域的知识,以及如何应用这些已获取的知识。

3 SciTS 研究现状

目前,研究 SciTS 的科研团体与个人中有影响力的有 NUCATS (the Northwestern University Clinical and Translational Sciences Institute), Cornell University 等。临床和转化科学基金 CTSAs 赞助的首届 SciTS 国际会议于 2010 年 4 月 22—24 日在伊利诺州的芝加哥成功举行,以后每年的 4 月左右都将举行 SciTS 国际会议用以交流研究的最新成果与经验。

William Trochim (Cornell University) 在首届 SciTS 国际会议提出了“科学团队理论概念示意图”这一概念。他通过分类的方法,将 SciTS 所可能涉及的领域与问题加以区分,用以指导今后理论的研究和发展方向。示意图包括:科学团队的定义与模型;科学团队的测量与评估;团队的结构及其关系;团队动力规律;团队管理与组织;制度、专业领域发展对于团队的影响^[1]。

随着近几年科学团队这一理念不断渗透于大型科研项目中,使得人们研究这一理论热情不断提升,近些年来取得了相应成果。SciTS 研究正在努力创造一个理论基础,发展了一套行之有效的做法,可以纳入团队科学训练,为其他研究人员在有效的团队开发中提供必要的技能。

3.1 SciTS 理论进展

3.1.1 个体心理与团队管理

Cartright, Lipnack, Festinger 等人通过多年对

于管理实例的研究,归纳总结出了在给定制定任务目标之后,单个成员的心理状态以及团队管理模式对于最终团队绩效的影响起着决定性的作用^[2]。

3.1.2 团队成员熟知度与团队凝聚力

近些年来的研究表明团队成员相互之间的熟知度与团队凝聚力的增长有助于团队工作的效率,并且由有相似个人背景与教育程度的成员构成的团体更容易获得这种熟知度与团队凝聚力。但一些研究表明拥有相同内部结构的团队(即同构团队),即使其成员熟知度与团队凝聚力较强,在面对某型特定的任务时,其团队工作效率有时不及异构团队。著名管理学学者 Katz 认为团队成员之间的熟知度随着时间的增长,对于团队效率有着消极的影响。当一个团队的成员之间相互熟悉越来越有凝聚力时,就会导致单个成员对于整体团队概念和工作的积极性与热情都会下降,这就是所谓的群体思想变淡。Okhuysen 在他的研究成果中指出,成员熟知度较高的团队在处理问题时思维的灵活性一般比相对于陌生的团队要差,这是因为当团队成员相互熟悉之后,个体将不愿变化自己在团队中所担任的角色与相互交流的方式^[3]。

3.1.3 团队成员数量

团队成员的数量对于团队工作效率的影响是复杂的,研究表明大型团队需要更多的时间来进行团队内部的组织协调,当成员数量为 30~40 人时,一般能获得相对较高的工作效率,其原因在于团队成员数量增多时,将获得更多的资源,尤其是时间、金钱、精力以及特定某些任务所需的专业。Stewart 通过“荟萃分析法”对成员数量与工作效率之间的关系进行了分析,结果表明数量对于效率的影响虽然是积极的,但是极其微弱^[4]。一般而言,团队成员的最佳数量是根据不同的任务以及不同的环境而变化的。例如,在通过跨学科来研究培训的问题中,一个在 20~50 人之间的团队其效率要明显高于大于 50 个成员的团队。但是在研究法律问题的团队中,明显人数多的团队相对有优势一些。

3.1.4 团队领导的特点与行为

研究表明,在团队工作中领导者对于其协同工作过程与结果都有着深远的影响。但是,有专家指出,这一说法还有待进一步研究,对于领导行为特点的研究也已经由传统意义的具体特性(如智力、自信、生理表现、教育程度等)转向于更为抽象的宽广特性(如组织技巧、行为方式、人际交往模式等)。未来的一个重要研究方向,就是研究在大型科研行为当中,科研任务对于团队领导的反作用影响,以及对科研进程起到的积极影响。

3.1.5 团队目标设定与联络方式

目标设定可以通过鼓舞团队士气来达到提高团队工作效率,同时也能带来团队结构、对内联系模式以及增强个体之间的相互信任。联络已经成为科学团队理论长期研究的课题。在现今的研究成果中,缺乏有效的联络传递与适当的反馈是影响团队效率的主要障碍。优秀的团队联络有助于成员之间的信任、对于科研进程的掌控力以及团队凝聚力的增长。Ancona and Caldwell 通过 NASA 的几次大的科研工程的实施情况进行研究,发现不仅是团队内部成员间的联络,即使是团队与团队之间的联络同样也能够增强团队的工作效率^[7]。

3.1.6 任务与回报之间的依赖关系

除以上几个因素之外,成员任务与所得回报之间的依赖关系也成为影响团队工作效率的一个重要因素。例如,对于软件开发团队,内部构造需要包括程序编写、漏洞检测、商业分析、工程管理等多领域共同完成项目,所谓合理就是指全员进行综合评估,其回报以团队总体效率与业绩为基础,而不单单依靠个人的表现。通过对一所拥有 150 个分支团队进行工作的公司研究,发现其表现效率最好的是不仅仅以团队任务为首要的,而且还兼顾了个人在研究进程中的发挥表现。

3.2 SciTS 理论的成果化

目前,团队科学“工具包”产品也逐渐成型,如 Collaborative Communication Workshop,可以帮助研究人员监控的研究过程,包括明确指导性问题的、支持确定合作的目标和共同的成功指标、分

配任务、发展共享的“语言”。提供不同学科背景的研究人员之间的通信基础设施,可以支持地理上分散的合作模式。

Toolbox Project 有相应的在线社交网络工具,帮助研究者确定潜在的合作者,可用于远程 SciTS 研究、项目评估。

4 大型仿真项目的组织

随着科技水平的飞速发展和需求的增长,面向复杂系统仿真的研究与工程项目日益增多,如联合作战分析与训练仿真研究与系统研制、大型社会经济仿真系统开发及应用以及突发事件应急管理的仿真研究。这些项目趋于大型化、复杂化,参与开发、研制的单位团体和涉及的学科领域也越来越多。由此,对于参与项目的众多分工不同、职能不同、领域不同的团队进行建模、研究,得出最佳的团队组合策略,以此来达到项目最优解决方案有着现实的需求。

4.1 大型仿真项目的一般特点

现代大型仿真研究与工程项目通常需要面对总多的仿真对象,例如联合作战仿真的对象包括海、陆、空、二炮、信息等装备与部队,还有考虑地理、气象、水文、电磁等环境因素,由此其仿真具有以下主要特点:

4.1.1 模型结构层次多、规模大

复杂系统通常由若干个子系统、下层分系统甚至子分系统等多层构成,因此需要构建多层次的模型。通常需要由下层的模型通过组合来构建规模庞大的上层模型。

4.1.2 模型种类多、数量大

现代仿真中所涉及到的模型,形式上不仅包括传统意义上的数学模型,还包括逻辑模型、评估模型、可视化模型等。由于需要仿真众多不同的要素,因此需要构建的模型类型也很多。

4.1.3 涉及领域广、参研人员众多

由于上述两个特点,必将导致仿真建模所涉及的学科、领域广泛。因此,在整个仿真研究过程中,需要参与的科研人员与团队也将众多,要

求分工明确: 有负责组织协调的, 有具体实施的, 有负责内部核心理论的, 有负责外围具体实现的等^[8]。

4.2 非常规突发事件应急管理仿真项目

非常规突发事件应急管理涉及的对象是一个开放的复杂巨系统, 包含着丰富而深刻的复杂性科学问题, 其研究需要理、工、文、管等多学科的交叉与融合。在 2009 年国家自然科学基金委启动的重大研究计划“非常规突发事件应急管理研究”中, 将面向非常规突发事件应急管理的动态模拟仿真系统与计算实验平台研究作为关键科学目标之一。该研究要求基于平行应急管理理论、方法与技术, 研究和设计开放式、可扩展、可定制、可视化的非常规突发事件动态模拟仿真与计算实验平台。平台要求具备非常规突发事件全过程、全要素及全系统仿真支持的能力, 能够对灾害、事故的多种因素相互耦合与派生全过程描述, 能够反映事故处置的全过程情景, 而这种能力的获得必须是集成重大研究计划的各种研究成果^[9]。因此, 该仿真平台的研究和设计需要整个重大研究计划的研究人员的参与。目前该重大研究计划已有 60 个培育项目、19 个重点项目和 3 个集成项目展开了研究, 参与研究的团队近 100 个, 团队的成员多由不同的专业背景的研究人员构成。计划设立了指导专家组和秘书组, 按培育项目向重点项目集成、重点项目向集成项目集成的方式实施, 最终形成三个集成平台, 并在条件成熟时进一步集成三个集成平台来构建总的应急管理平台。由于基金项目的特点和研究团队的地理、行业 and 专业的分布性, 各个团队的研究缺乏有效的沟通, 因而仿真平台的集成需求面临重大挑战。

4.3 仿真项目组织的启示与建议

非常规突发事件应急管理仿真是一类典型的仿真系统仿真研究项目。参考科学团队研究的成果和这类项目的特点, 其组织需要考虑以下几个方面:

(1) 整体采取核心团队组织模式。核心团队是指设立一个中央团队, 由各地区研发项目负责

人组成^[10]。中央团队有决策的权力, 其主要职能一是做好总体设计工作: 围绕重大研究计划的应用目标, 形成一个总体性的设计方案, 明确集成的行动方案; 二是制定统一的集成方式、机制、标准和流程等, 保证各个项目所推出的数据和模型的完备性、可集成性。专家组下设秘书组, 一般由行政人员构成, 具体负责建立交流渠道和完善交流平台等协调工作, 直接对专家组负责。

(2) 建立良好的交流机制。学术交流包括两个维度, 即: 科学共同体内部的交流(即科研团队间的交流, 这是狭义上通称的学术交流); 科学共同体与经济社会文化之间的交流(即跨共同体的交流, 通常称科技咨询服务)。

共同体内部交流, 应选取与本团队成员熟知度较高者为联络员, 负责与其他团队日常联络, 编制全部平行项目的进度计划, 协调各层进度计划关系, 对于跨团队但相互关系紧密的项目, 应由项目所涉单位共同进行进度规划, 并在进度中安排定期的项目研讨会, 及时交流项目的进展情况与遇到的问题, 并及时传达交流成果给本团队成员。跨共同体交流, 应由秘书组专职负责, 制定相应交流计划, 各团队联络员具体负责交流内容, 遵照既定计划执行。

(3) 建立多种方式的交流渠道。项目成员可以通过视频会议、内部网或因特网来交流, 也可以通过定期的面对面会议形式交流, 团队可以较好解决地区负责人之间的利益分歧, 并使地区间的一些共性问题也得以较好地解决, 核心团队中成员相对比较集中, 成员间的合作程度也较强, 面对面交流的机会较多, 时间上的安排也要严格精细些^[11]。

(4) 构建共享资源的平台。建立具有权威的面向应急管理的科技共享、集成与协作网络平台, 提供标准化成果的上传与整合、特定问题研讨等功能, 促进各研究项目的集成与应用。“非常规突发事件应急管理”所属项目众多, 涉及的学科或方向跨度巨大。单个团队自己所承担的全部子项目从行政权利上看始终隶属于自身, 即对于项目有着充分的掌控能力, 项目与项目之间

一般有着相互密不可分的关系,其中,任一子项目研究所产生的信息、以及经验对于归属于自己的其他子项目的研发都息息相关。为此需要形成整体科学团队的知识库,以此来作为各参研团队的共享资源,通过对共享资源的摄取,以达到跨学科交流研究成果的目的。对于知识库的建设,应从内外两部分入手,知识库的内部,即各团队研究成果,应划分为可用于形成集成平台的待集成资源,以及可供其他参研团队进行学术研究的参考资源。知识库的外部建设,即为相应的资源查询系统,通过特定的搜索引擎,对于自身感兴趣的资源进行筛选,借助计算机软件来实现资源的共享。

(5) 建立清晰的模型开发流程。应首先进行项目模型结构的分析,模型统一入库。入库前填写好详细的分类信息,根据信息定义模型之间的耦合度,以此来建立项目间的关系网络,理清项目与项目间的关系。一是跨团队开发的模型接口问题,由双方组成合作小组形式,共同进行开发;二是进行进度计划系统的结构分析;三是对于平行项目的管理,应由各团队技术负责人组成项目审查小组,按照既定进度对相互关联的项目进行审查,避免由于研发团队的不同而引起的接口类问题的产生。

(6) 注意项目团队的构建。团队成员数量应视具体承担的科研任务而定。既要避免由于人员不足导致研发质量下降,推迟整体进度,也要避免参研人员过多导致资源浪费的情况出现。一般而言,定量项目比定性项目人员需求更大,涉及具体程序实现项目,尤其平台建设项目则更应加大人员的投入力度。

人员的组织结构关系到整个团队的凝聚力,直接作用于研发效率。当前中国高等院校科研模式已趋于成熟。学科带头人牵引,青年骨干主体负责,学生具体实现。在项目实施过程中,应同时发挥学科带头人的吸引力度,与青年骨干在科研中的主力作用,从而提高科研团队凝聚力,尽可能保持团队的完整性,防止人员流动过急,从而影响整个团队的熟知度进而导致凝聚力

下降。

(7) 制定相应的激励政策。通过政策来影响个体主观能动性,以此来提高整个团队的效率。在跨学科项目的政策制定中,建立内部知识产权保护制度。如某一科研人员所提出的创新知识得到其他成员的响应,他就有权调动一些资源实现其设想,并从中获得报酬和奖励;如果其他科研人员运用其知识创造了业绩,则根据对业绩贡献的大小而给予分成与奖励。调整绩效考核的重心,特别激励积极参与知识共享的科研人员。在对科研人员考核的时候不仅看其自身拥有了多少知识,还要看他传播了多少最新和有用的知识。从创造业绩来看,不仅考察科研人员个人的成果比例,而且还考察他在协调、组织和提供新思想方面所做出的贡献。通过调整绩效考核的中心,特别激励积极参与知识共享的科研人员,建立有利于员工之间彼此合作,实现知识共享与创新的激励制度^[8]。

5 结束与展望

科学团队理论是现代跨学科、跨领域科研组织创新的表现,是科研活动长期、健康发展的必然要求。它在运作过程中具有组建方式灵活、智力与技术网络化的特点,使得成员共同分摊科研成本,分享科研成果,形成科研开发的规模效益,提高了科研开发的效率。由于运行环境的千差万别,科学团队理论也可能存在潜在的危机。因此需要深入研究其运行机制等问题,寻找相应的科学团队组织管理模式。仿真技术现今与社会计算、复杂系统等结合越加紧密。因此,其项目中所涉及的文科、管理类学科也越来越多,跨学科、交叉学科的趋势不可避免。目前科学团队理论虽有一定应用,却始终停留于医学与环境科学领域。因此,在仿真项目的具体实施上,各参研团队如何具体在科学团队理论指导下进行组织,来共同参研项目,已迫在眉睫。

运用科学团队理论进行仿真项目的组织实施过程中,以下几个问题成为制约其应用的主要

障碍:

(1) 团队整体模型建立,还有待于提升到理论方法的层面。对跨学科团队研究和培训系统进行更加深入的研究,使以其建立的系统模型具有完全可控可观性。

(2) 科学团队的系统稳定性。跨学科团队正是由于其涉及多领域、多学科等特点,将会造成系统的不稳定状况出现,例如跨学科团队之间的交流问题、奖励机制所导致的积极性问题,以及团队内部成员更换导致研究进程滞留等问题。

(3) 建立和验证改进评估模型方法。现有的评价体系或是偏重定性分析,或是偏重定量分析,使得评价缺乏科学性;注重结果的评价,忽视过程的评价,使得评价缺乏实效性;注重评价的形式,忽视评价的内涵,使得评价缺乏实质性。其采取的方法,也多是问卷调查,数据记录,心理咨询等,受人为心理等因素干扰较大,如何能够将建立在以客观数据为基础,并辅以团队成员心理环境因素,使之成为更为完善的科学评估方法,成为一大难题。

参考文献:

- [1] Wuchty S, Jones B F, Uzzi B. The increasing dominance of teams in production of knowledge [J]. Science, 2007, 316: 1036 - 1038.
- [2] Stokols D, Misra S, Moser R P, et al. The ecology of team science—understanding contextual influences on transdisciplinary collaboration [J]. Prev Med, 2008, 35(2): S96 - S115.
- [3] Stokols D, Hall K L, Taylor B K, et al. The science of team science: overview of the field and introduction to the supplement [J]. Am J Prev Med, 2008, 35(2S): S77 - S89.
- [4] Syme S L. The science of team science: assessing the value of transdisciplinary research [J]. Am J Prev Med, 2008, 35(2S): S94 - S95.
- [5] Shen B. Toward cross-sectoral team science [J]. Am J Prev Med, 2008, 35(2S): S240 - S242.
- [6] Rosenfield P L. The potential of transdisciplinary research for sustaining and extending linkages between the health and social sciences [J]. Soc Sci Med, 1992,

35: 1343 - 1457.

- [7] Sonnenwald D H. Managing cognitive and affective trust in the conceptual R&D organization [M] // Houtari M, Livonen, eds. Trust in Knowledge Management and Systems in Organizations. Hershey PA: Idea Publishing, 2009: 32 - 33.
- [8] 戴超凡, 陈俊. 模型组合技术研究与实现 [J]. 计算机应用研究, 2009, 26(4): 1419 - 1421.
DAI Chaofan, CHEN Jun. Research and implementation of model composition [J]. Application Research of Computers, 2009, 26(4): 1419 - 1421.
- [9] 韩智勇, 翁文国, 张维, 等. 重大研究计划“常规突发事件应急管理研究”的科学背景、目标与组织管理 [J]. 中国科学基金, 2009(4): 215 - 220.
HAN Zhiyong, WENG Wenguo, ZHANG Wei, et al. Backgrounds targets and organization of the major research plan “Study on unconventional emergencies management” [J]. National Natural Science Foundation of China, 2009(4): 215 - 220.
- [10] 郝登峰. 基于团队凝聚力结构的科研团队管理 [J]. 科技管理研究, 2005(11): 87 - 89.
HAO Dengfeng. Manage of science team of cohesive force [J]. Science and Technology Management Research, 2005(11): 87 - 89.
- [11] Emmons K M, Viswanath K, Colditz G A. The role of transdisciplinary collaboration in translating and disseminating health research: lessons learned and exemplars of success [J]. Am J Prev Med, 2008, 35(2S): S204 - S210.



王 维 男(1986 -), 上海人, 硕士生, 主要研究方向为系统仿真。



邱晓刚 男(1963 -), 江西宁都人, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为分布式仿真、仿真标准、复杂大系统仿真等。