

云计算背景下企业 IT 决策机制框架^①

杨 潇, 康 凯

(河北工业大学 经济管理学院, 天津 300401)

摘 要: 云计算的不同应用水平会在不同程度影响企业的 IT 决策, 相应的 IT 决策机制也会随之发生变化. 本文深入分析了云计算的三层服务模式对 IT 决策的影响, 由此提出了基于云计算背景的 IT 决策机制框架. 并通过国外成功实施云计算的企业案例分析并验证本文得出的 IT 决策机制框架. 本文不仅对以往的 IT 决策机制框架的基础上加入了 IT 服务模式维度, 同时也为云计算在企业中的应用提供了制度框架.

关键词: IT 治理; 云计算; IT 决策; 决策机制; 案例分析

Framework of Enterprise IT Decision-Making Mechanism framework in Cloud Computing Environment

YANG Xiao, KANG Kai

(School of Economics and Management, Hebei University of Technology, Tianjin 300401, China)

Abstract: The effect of different level of cloud computing applications on different IT decisions vary differently, and the mechanisms of IT decisions will change at the same time. This paper has analysis the impacts of three service modles of cloud computing on IT decisions and put forward a new IT decision-making mechanism framework. Then, this paper use an case about a oversea enterprise which using cloud computing successfully to analysis and test the decision-making mechanisms framework this paper has proposed before. This paper only add a new dimension of three service modles of cloud computing to the original framework, but also provide a regime framework for enterpeise applying cloud computing.

Key words: IT governance; cloud computing; IT decision-making; decision-making mechanism; case study

云计算不仅是对企业信息技术应用的创新, 也为企业提供了一种全新的服务外包方式^[1]. “新”不仅指的是技术应用领域的创新, 同时也包括云计算对企业 IT 决策的影响以及由于这些影响造成的整个 IT 决策机制的变化. 从这种意义上讲, 云计算将促使企业重新考虑其 IT 决策机制, 以适应技术环境的变化.

虽然已有许多中外学者对 IT 决策机制的构成与框架展开研究, 但以云计算为背景研究 IT 决策机制鲜有文献著出, 由此企业难以在变化的环境中应用具有针对性的理论在云计算环境下实施的 IT 治理. 本文综合了不同学者给出的 IT 治理定义, 对 IT 治理结构进行划分, 并对传统环境下 IT 治理决策机制的构成要素进行了分析. 然后, 着重分析了这三种服务模式对 IT 决

策的影响, 并将传统环境与云环境下的 IT 决策进行对比, 提出适用于云环境的 IT 决策机制框架, 并以案例研究的方式对该框架进行分析. 最后, 阐述了研究中的不足以及对未来研究的展望.

1 IT治理的定义及结构

对于 IT 治理的定义主要分为两个分支: 一是 Sambamurthy & Zmud(1999)将 IT 治理作为企业治理的一部分来解释 IT 治理^[2,3]; 二是 Weill(2004)从与 IT 相关的权力与责任的安排视角解释 IT 治理^[4]. 鉴于第二种定义方式将 IT 治理划分为不同机制, 且其中也包括 IT 决策机制, 所以本文主要基于该定义, 概括 IT 治理定义: IT 治理指组织为获取实现企业战略目标所需 IT

^① 收稿时间:2013-04-12;收到修改稿时间:2013-06-07

能力的过程中,配置 IT 决策权力与责任以形成合理有效的决策机制、执行机制与关系机制,确保 IT 与企业战略上的匹配.按照这一定义,可以勾勒出 IT 治理的结构,如图 1 所示.

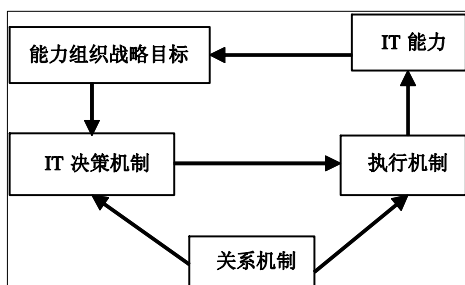


图 1 IT 治理定义构成

组织将企业战略目标转化为 IT 战略目标,再由 IT 治理生成企业战略目标所需的 IT 能力. IT 治理由 IT 决策机制、执行机制与关系机制构成^[3]. IT 决策机制是 IT 治理的起点,它决定了 IT 治理过程中的决策类型以及权力配置方式;执行机制是在 IT 决策机制的指导下有效地实施决策,并对过程进行监督与反馈;关系机制则在整个 IT 治理过程中起到了协调与沟通的作用,目的是确保整个 IT 治理过程的顺利进行.

2 IT 治理决策机制的构成

IT 决策机制由 IT 决策、权力分配方式与决策程序构成,由前两个元素组成的二维矩阵构成了传统环境下 IT 治理安排的设计框架模型^[4],不同的 IT 决策机制合并构成了 IT 决策程序.根据权力的紧密度可以将权力划分为集权、分权与联邦三种决策机制^[5,6].其中,集权指将 IT 决策权力集中在企业的高层管理层,其中包括董事会、CEO、CIO、COO,或者是由这些成员组成的委员会,但其中不包含由 CIO 或 IT 委员会单独做出决策;分权指将 IT 决策权力分散在信息技术部门或职能部门以及事业部的最高管理者;联邦指联合集权与分权决策主体的决策方式.

IT 决策维度包括 IT 原则、IT 架构、IT 基础设施战略、业务应用需求与 IT 投资于优先顺序.其中,IT 原则是组织 IT 战略目标的高度概括,它通过将企业战略目标转化为有利于 IT 管理者理解的表述方式促进业务与 IT 在企业战略层面的匹配^[7];IT 架构为企业提供了一个完整的技术选择集合,目的是为了引导组织满足其业务需求,它包括一系列应用数据、技术与应

用程序的方式与规则,并为业务导入规划路径^[8,9];IT 基础设施战略为企业提供满足其基础 IT 能力的中央协调服务与共享 IT 服务(管理与技术),它通常出现在已知精确使用需求之前(例如,网络、帮助桌面与数据共享)^[10];业务应用需求指的是决定购买或内部开发 IT 应用程序以满足业务需求^[11].IT 投资于优先顺序指的是决定所要投资的 IT 项目以及投资金额^[12].

3 云计算与 IT 治理决策

3.1 云计算的三层服务模式

云计算是一种服务外包的新范式,该范式使得企业本地的基础设施转移到网络资源池中,从而降低了硬件、软件与人力资源的管理成本^[13].这种新范式通过云计算的三层服务模式(软件即服务(SaaS)、平台即服务(PaaS)与基础设施即服务(IaaS))进行使用与交付.

其中,软件即服务(SaaS)可以提供应用程序服务,而应用程序本身则安装在远程服务器上,用户可以根据自身需求,通过互联网订购所需的应用软件服务,并按需支付费用;平台即服务(PaaS)提供开发、设计与测试的应用程序平台.该服务模式能够为企业提供常规意义上的软件开发环境.但这些应用程序平台需要运行在 IaaS 基础上,这就意味着平台所要安装硬件也是外包的;基础设施即服务(IaaS)提供包括硬件及其相关服务,例如通用的数据处理、服务器、存储设备、数据库管理等服务^[14].

上述三中服务模式分别面向不同的市场区段提供差异化服务,并按需收取服务费用.企业在应用不同的服务时可能会受 IT 外包范围的影响导致 IT 决策内容发生变化,进而促使 IT 决策机制的发生改变.

3.2 云计算服务模式对 IT 决策的影响

IT 原则企业依据组织战略目标得到的 IT 战略目标,这些目标将决定其他 IT 决策的方向.在云环境下,无论企业处于云计算服务模式的任何层次都需要阐述云计算的商业作用,从而为其他 IT 决策的制定提供向导.所以云计算并没有或对 IT 原则决策造成影响.

IT 架构为企业提供了一系列促进企业战略与 IT 需求匹配的原则、指南、政策、模型、标准与流程^[15].它由数据架构、技术架构与应用程序架构组成.其中数据架构定义了完成任务与向其他部门提供所需的可获取数据与信息;技术架构指支持企业使命与信息需求的信息系统;技术架构定义了支持数据架构与应用

程序架构所需的技术基础设施结构,并记录所需的技术标准。

在云计算环境下,每一种 IT 架构都可以通过一种或多种云计算的服务模式组合实现^[16]。数据架构可以由 IaaS 与 PaaS 代替,究其原因这两种服务模式可以提供专门的数据服务,例如数据库服务和基于云的虚拟存储;应用程序架构可以由 SaaS 代替,究其原因软件服务将以软件功能块的形式存在,用户可以根据自身的需求获得完整的信息系统;技术架构可以由 IaaS 与 PaaS 代替,究其原因这两种服务模式同样包括支持数据与信息的存储和处理功能,以及相应的基础设施结构,企业不需要再关注技术基础设施的细节与治理方式,从而降低了组织对 IT 资源的依赖,缩减了企业 IT 资源。

IT 基础设施战略提供基本 IT 能力所需的中央协调与共享服务,典型的 IT 基础设施战略决策制定通常出现在已知精确的需求之前^[10]。本文所指的 IT 能力不仅包括物理层的 IT 基础设施能力,同时也包括基于人员管理的 IT 能力。处于物理层的 IT 能力服务包括:渠道管理服务、安全与风险管理服务、沟通服务、数据管理服务、应用程序基础设施服务与 IT 设备管理服务。处于管理层的 IT 能力服务包括:IT 管理服务、IT 架构与标准服务、IT 教育服务以及 IT 研发服务^[17]。

传统的 IT 基础设施战略为云计算的建立提供了准入渠道,原来安装和存储在企业内部基础设施中的应用程序与数据可以安装或存放到远程云端,由此需要 IT 基础设施战略为其提供稳定且高速的网络环境以确保云计算服务的顺利交付。所以与传统环境相比除了数据管理服务可以 IaaS 代替,IT 设备服务可以由 IaaS 和 PaaS 代替,应用程序基础设施服务可以由 SaaS 代替外,其他 IT 服务并没有受到明显的影响。由于原有的一些服务类型可由云计算服务取而代之,这将导致 IT 基础设施战略所提供的协调与共享服务类型有所减少。

业务应用需求常出现企业在阐明业务需求后^[4]。显然,在采购与自行开发这两种情况下,企业都需要购买应用程序软件直接应用亦或作为软件开发平台使用。而在云环境下,由于 IT 产品已经部分或全部转化成服务,企业不仅需要明确其应用需求,而且也考虑云计算按需收费的特点,明确企业一定时间段的需求变化情况,再决定采用 PaaS 获取应用程序开发、测试

与运行平台服务,或通过 SaaS 直接获取所需的应用程序。基于云的服务都需要安装在远程云端的基础设施,即以 IaaS 为基础。此外,在传统环境下企业的 IT 基础设施通常不具有很大的伸缩性,如果新的应用程序对 IT 基础设施有更高的要求,企业还需要另行处理。但由于 SaaS 与 PaaS 建立在 IaaS 之上,云计算使企业在获取软件与平台服务的同时能够利用其海量的 IaaS 能力,动态的满足业务应用方面的需求^[18]。

IT 投资与优先顺序指 IT 投资的金额、顺序以及项目的批准与审核。在传统环境下 IT 投资的额存在不确定性,投资收益也无法无法预知。在云环境下,虽然云计算应用的起始阶段投资可能存在一定程度的不确定性,但在企业后续应用中,由于云计算服务模式能够自动度量、按需收费,绝大多数投入资本可以较为精确预知的,由此企业的 IT 投资在云环境下将变成可预测的固定费用支出。

综上所述,在云环境下除 IT 原则没有受到云环境产生的影响外,其他四种 IT 决策均发生了质(IT 架构、业务应用程序需求)与量(IT 基础设施战略、IT 投资于优先)的变化。表 1 给出了传统环境与云环境对于 IT 决策的对比。

表 1 传统环境与云环境 IT 决策对比

IT 决策	传统环境	云环境
IT 原则	组织对如何应用 IT 以支持企业战略的高度概括	与传统环境相似或相同
IT 架构	能够满足企业业务需求的一系列数据、技术与应用程序的政策与规则	能够满足企业业务需求的一个或多个云计算服务模式(SaaS, PaaS, IaaS)组合的政策与规则
IT 基础设施战略	提供企业基础 IT 能力的中央协调与共享 IT 服务(管理与技术)	由云计算服务模式满足企业基础 IT 能力所需的 IT 基础设施服务,IT 基础设施战略所需提供的协调与共享服务类型将有所减少
业务应用程序需求	在明确企业业务需求后,决定购买或内部开发 IT 应用程序	企业不仅需要了解企业的总体业务需求,同时也需要根据企业业务需求的变化情况,决定选择 SaaS 直接获取应用程序或采用 PaaS 自行开发
IT 投资与优先顺序	决定所要投资的 IT 项目以及金额,包括项目批准与审核	多数 IT 投资可预知,IT 投资转变为固定支出

Weill(2002)^[17]对全球 256 家企业 IT 治理决策机制的调查统计具有较高 IT 治理绩效的企业偏好的 IT 决策

机制。这些拥有较高绩效的企业中绝大多数在 IT 原则与 IT 投资两种决策采用联邦制。但调查结果并没有发现其他三种 IT 决策的在较高绩效企业中有趋于一致的决策权分配方式。上述研究表明并不存在一个统一有效的 IT 决策机制,组织需要根据自身情况以及技术的发展适时的调整或重新设计其 IT 决策机制。综上,本文在原有 IT 决策机制框架基础上新增云计算服务模式维度,形成了新的 IT 治理决策机制框架(参见图 2)。下文将采用案例研究的方式进一步分析并验证该框架。

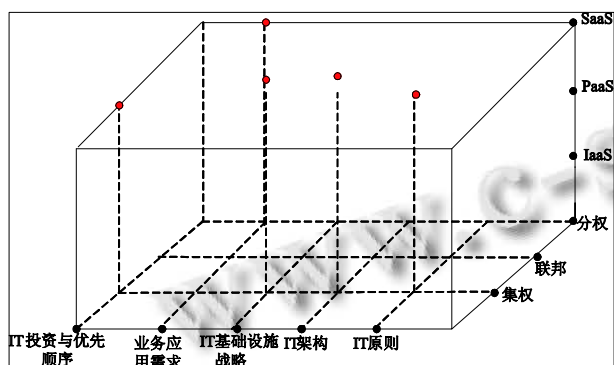


图 2 云计算背景下 IT 治理决策机制框架

4 案例研究——某外企保险公司应用 SaaS 服务模式的企业 IT 决策机制分析

4.1 企业概况

某保险公司是英国最大的非寿险保险公司之一,在英国拥有 12 个办事处,有约 2,000 个经纪人的关系,其近三年的营业收入均超过 10 万欧元。该企业有明晰的组织结构与权责划分制度。

4.1.1 企业 IT 支持

盈利高增长性是该保险公司的一大特点,但是,2012 年前,该企业保险商和业务开发销售人员都在使用独立、分散的销售系统,该企业的 12 个英国销售办事处将使用将近 300 套不同的系统跟踪记录从经纪人信息到新增保险业务的一切信息,虽然某些信息(如法律协议)是集中存储的,但公司大体上仍依赖拼凑而成的系统。企业无法实现中央协调与信息共享,业务运作如爬坡一样费力。

为了提高销售的有效性该企业提出改善业务流程,并将重点放在拓展新业务的方式上。于是,该企业于 2012 年使用了由某知名 SaaS 供应商提供的按需 CRM 服务来满足该企业的业务应用需求。该企业的的经纪人发展经理认为:“这种服务方式不但能够提供传统客

户端/服务器模型的所有益处,而成本和风险却低得多。”自应用基于云计算的 SaaS 服务模式以来,该企业的保险商的净成功率(业务机会转换率)与去年相比已经提升了 17.4%。业务开发人员的大致成功率也比 12 个月前提高了 10%。首要的业务机会已经达到 22.4% 的大致成功率,是业务平均值的两倍。已达成交易的首要业务机会量每月增长 108%。

4.2 企业 IT 决策

4.2.1 IT 原则

该企业的 IT 原则可以概括为在协助企业收集与处理数据信息的过程中,实现整个企业范围的信息共享与中央协作,并为各办事处提供实时仪表盘视图,从而加快做出管理决策,并使公司更快速地执行变更管理计划,最终提高业务机会转换率。尽管 IT 原则在云计算环境下与过往相比在内容上有所变化,但同样都是对组织 IT 战略目标的描述。

4.2.2 IT 架构与 IT 基础设施战略

正如前文对云计算的三层服务模式(IaaS、PaaS、SaaS)的解释中提到的,云计算的三层服务模式都是以 IaaS 为基础,为其他服务方式提供服务器、数据存储、系统基础设施等服务,而 SaaS 又是同时建立在 PaaS 与 IaaS 基础之上的。该企业在应用 SaaS 服务模式过程中不仅由云服务供应商为其按需提供应用程序,同时该企业业务应用所需的相关数据、基础设施以及应用程序本身的使用标准与流程也都将由云服务供应商提供。因此该企业不再需要对其 IT 架构进行决策,而是由 SaaS 服务模式间接为其提供。

对于 IT 基础设施战略,该企业的各部门不再需要对数据资产进行独立于应用程序的管理,但仍然可以在各个办事处中实现共享。对于其业务应用程序安装、存储与运行所需的基础设施也是由云服务供应商连带提供。此外,该企业除了需要自己解决网络接入问题外,云服务供应商也为其提供专业的咨询服务,并同时实施一种自下而上的净提升机制,企业不需要过多的关注技术层面的标准与架构问题,这使得企业可以将精力转向其主营业务。企业原有的 IT 基础设施战略中的服务类型能够被云服务取代,总体服务规模有所缩减。

上述两项 IT 决策——IT 架构与 IT 基础设施战略在传统环境下都偏向于技术领域,企业通常由 IT 专家对其进行决策,但在云环境中,云服务模式的金字塔

结构使得该企业在获取顶层服务的同时构建该企业的 IT 架构与 IT 基础设施服务。该企业某非 IT 人员表示：“通过云计算的 SaaS 服务模式，使用元数据框架和一系列简单的点击式向导，她可以设计自定义用户界面，并可以修改数据模型和应用程序业务逻辑的架构”。

4.2.3 业务应用程序需求

该保险公司的主要业务为保险销售业务与保险经纪业务，这些业务上的需求促使该企业需要一个有效地客户关系管理系统来帮助其了解客户动态以及发现潜在机会。

该企业将基于云计算的按需 CRM 系统部署到 12 个英国办事处的 350 个员工，创建了几乎实时的商业保险目标受众单一视图。广泛应用于一些重要部门，包括经纪人关系管理部、新业务报价部和开发管理部。实时的经纪人关系仪表盘涵盖多个重要主题，如呼叫计划、会议时间、行动、大型案例的状态和新业务的准客户。仪表盘突出显示一些实时问题，如报价分配、市场报价、成功案例、净成功率和大致成功率、大型案例以及准客户的状态。这样企业原本零散的信息系统得到了有效地整合和形成了每个经纪人关系的单一视图，实现了企业层面上的信息共享。

显然，在业务应用程序需求决策方面该企业采用了 SaaS 服务方式来为帮助其直接提供其所需的应用程序，而非采用 PaaS 的方式获取软件开发、运行与测试的环境。SaaS 对于该企业的优点在于易于使用、实施便捷、可自定义企业应用程序。该企业团队已经实施了大量独特的字段、选项卡和自定义对象，它们大体上不需要技术部门的支持。该保险公司中许多非 IT 人员，他们既不是 IT 专家，也不是程序员或者开发人员，他们都可以自己判断使用云服务供应商的网站构建程序。据内部人员介绍，在这一过程中不需要编程而只需要执行点击操作网站中的配置工具，使用元数据框架和一系列简单的点击式向导，用户可以设计自定义用户界面，并可以修改数据模型和应用程序业务逻辑的架构。

与传统开发平台相比，使用 SaaS 能以更少的时间和更低的成本获得应用程序。另外，它也可确保业务团队将精力集中在创新服务而非技术基础结构之上。该企业的业务发展经理认为基于 SaaS 的项目是由业务主导的，因为非技术人员可以迅速部署和改造 CRM 系统。而且，在升级应用程序时，所有自定义工

作都会自动升级。

4.2.4 IT 投资与优先顺序

由于在云计算背景下企业原有高度集成的信息系统转化为功能块的形式，企业根据自己的需要如同网络购物一样简单便捷。企业内部不仅减少了 IT 部门与业务部门在 IT 投资相关问题的沟通与程序，同时获取软件的迅速极大缩短将减少项目执行的时间。

该保险公司仅花费 6 周时间就完成了 12 个办事处的 350 个用户的部署。由于该企业采用的是按需 CRM 系统，所以在项目实施之前企业就已经可以根据业务需求清楚项目费用的支出情况。企业不仅能够预知自己的项目支出情况，也可以根据业务量动态伸缩。

4.3 企业 IT 决策机制

据实际调查与上述分析可以得出该企业实施的 IT 决策机制。该企业的 IT 原则决策是由 CEO 与 CIO 等企业最高管理者做出的，即该决策采用集权的方式，由高层管理者规定企业的 IT 战略目标。传统环境下 IT 架构与 IT 基础设施战略，主要由技术人员和技术管理者负责决策。应用云计算后这两项决策内容基本上可以部分或全部由 SaaS 连带给出，没有给出的部分，如网络接入则由各 IT 部门负责，即将决策权集中在技术人员手中，属于集权机制。

对于业务应用需求这项决策，该企业在原始状态下采取联邦制，即由 IT 部门与业务部门共同商议决策。但由于 SaaS 能够由非技术人员灵活定制业务应用，云服务供应商也能提供相应的运行环境与基础设施，业务部门在云环境下可以自行部署其业务应用。IT 投资与优先顺序将随着 IT 投资转化为固定费用支出，企业仅需要决策投资的优先顺序，且顺序由企业最高管理层负责。图 2 中原点标出处给出的即为该企业在 SaaS 环境下的 IT 决策机制。

5 结语

本文从 IT 决策与决策机制两方面对云计算环境下企业 IT 决策的构成变化与总体机理影响进行了深入分析。在 IT 治理过程中并不存在一个统一有效的 IT 决策机制，加之云计算的不同服务模式对 IT 决策的影响，企业 IT 决策机制也将变得更为复杂。本文旨在提供一个基于云计算服务模式的 IT 决策机制框架，并在最后采用案例研究的方式分析并验证了上述框架。企业可以在综合自身情况的基础上设计其 IT 决策机制。

但由于本文缺乏定量分析,所以未来的研究需要对企业IT决策机制进行定量测量。此外,从云计算应用视角出发来研究IT治理的其他相关问题,也应成为未来的研究的重点和方向。

参考文献

- 1 石菲.云计算:外包 2.0,中国计算机用户,2009(11):12-13.
- 2 Sambamurthy V, Zmud RW. Arrangement for information technology governance: A theory of multiple contingencies. *MIS Quarterly*, 23(2): 261-290.
- 3 Van Grembergen W, De Haes S, Guldentop, structures, processes and relational mechanisms for IT governance. *Strategies for Information Technology Governance*. London, Idea Group, 2004: 1-36.
- 4 Weill P, Ross J. A Matrixed approach to designing IT governance. *MIT Sloan Management Review* Winter, 2005, 46(2).
- 5 Olson MH, Chervany NL. The relationship between organizational Characteristics and the Structure of the Information Services Function, *MIS Quarterly*, 1980, 4(2): 57-68.
- 6 Mahmood Z. Architectural representations for describing enterprise information and data. *Proc. 10th WSEAS Conference on Computers*, Athens, Greece. July 2006. 728-733.
- 7 Davenport TH, Hammer M, Metsisto TJ. How executives sharp their company's information technology systems. *Harvard Business Review*. 1989, March-April. 130-136.
- 8 Peter GW. *Every manager's guide to information technology*. (2nd Edition). Boston, Harvard Business School Press, 1995: 23-44.
- 9 Ross EW. *Creating strategic IT architecture competency: learning in stages*. Massachusetts Institute of Technology. 2003.
- 10 Weill P, Broadbent. *Leveraging the new infrastructure: how market leaders capitalize on information technology*. Boston, Harvard Business School Press, 1998: 4-10.
- 11 Weill P, Ross J. *IT governance: How top performers manage IT decision rights for superior results*. Boston, Harvard Business School Press, 2004: 12-20.
- 12 Ross J, Beath C. *Beyond the business case: strategic IT investment*. Boston, Harvard Business School Press, October 2001.
- 13 Hayes B, Brunschweiler T, Dill H. *Cloud computing*. *Communications of the ACM*, July 2008: 9-11.
- 14 张嵩,李文立,黄丽华.电子商务环境下企业IT基础设施能力的构成研究. *计算机集成制造系统*, 2004(11):10-11.
- 15 Zachman. *The framework for information systems architecture*. *IBM Syst.* 1987, 26(3): 276-292.
- 16 Mahmood Z, Hill R. *Cloud computing for enterprise architectures*. Springer Science, 2011.
- 17 Weill P, Subramani M. Marianne broadbent building IT infrastructure for strategic agility. *MIT Sloan Management Review*, Fall, 2002: 57-67.
- 18 Mahmood Z, Hill R. *Cloud Computing for Enterprise Architectures*. Springer Science, 2011.
- 11 Chaki S, Clarke E, Groce A, Jha S, Veith H. MAGIC: Automated compositional abstraction refinement for concurrent C programs. *CMU* 2004. <http://www.cs.cmu.edu/~chaki/magic/>.
- 12 Chaki S, Clarke E, Groce A, Jha S, Veith H. Modular verification of software components in C. *ICSE*. 2003. 385-395.
- 13 Ball T, Majumdar R, Millstein TD, Rajamani SK. Automatic predicate abstraction of C programs. *PLDI 2001*:203-213.
- 14 Hashimoto Y, Nakajima S. Modular checking of C programs using SAT-based bounded model checker. *APSEC*. 2009. 515-522.
- 15 Ball T, Rajamani SK. A model and process for software analysis[Technical Report]. *MSR-TR-2000-14*.
- 16 Jiang K. *Model checking C programs by translating C to Promela*. Uppsala Universitet, 2009.
- 17 Li L, Song XY, Gu M, Luo XY. Competent predicate abstraction in model checking. *Science China Information Sciences*, 2011, 54(2): 258-267.

(上接第25页)

concurrent message-passing C programs with recursive calls. *Proc. TACAS. LNCS 3920*. 2006. 334-349.