

COTS 软构件评估研究综述*

原欣伟, 覃 正

(西安交通大学 管理学院, 陕西 西安 710049)

摘 要: 对 COTS(Commercial Off-The-Shelf) 软构件评估进行综述, 包括 COTS 软构件评估在整个 CBS 活动框架中的定位、COTS 软构件评估的过程和方法及与其密切相关的其他 CBS 活动领域简介等, 并对 COTS 软构件评估的未来发展方向进行了展望。

关键词: COTS; 基于 COTS 软构件系统; 软构件; 评估

中图法分类号: TP31 文献标识码: A 文章编号: 1001-3695(2006)07-0005-03

Overview of COTS Software Component Evaluation

YUAN Xin-wei, QIN Zheng

(School of Management, Xi'an Jiaotong University, Xi'an Shanxi 710049, China)

Abstract: An overview of COTS software component evaluation is presented, including the position in the whole CBS activity framework, concrete processes and methods, correlative other CBS activities. In the end, the trend of COTS software component evaluation is introduced.

Key words: Commercial Off-The-Shelf (COTS); COTS-Based System(CBS); Software Component; Evaluation

1 引言

近年来, 基于 COTS(Commercial Off-The-Shelf) 软构件的信息技术解决方案(COTS-Based Solutions, CBS) 以其潜在的降低成本、缩短时间、动态可裁剪等优点, 正逐渐成为信息技术发展的一种趋势^[1]。基于 COTS 软构件的系统(COTS-Based System, CBS) 受到了企业界和学术界的普遍关注。COTS 软构件代表这样一种软件产品^[2]: 面向大众进行销售、租赁和注册; 以赢利为目的; 由开发商支持及升级, 开发商拥有知识产权; 可以有多个拷贝; 使用时, 源代码不被修改。

传统的信息系统开发方法通过严格的循序渐进三个步骤(需求定义、系统设计、系统实施) 开发一个相对专用的系统, 但其开发费用高, 开发周期相对较长, 也不易随业务需求和技术发展的变化而动态演化。基于 COTS 的开发方法则同时考虑需求、设计和实施, 通过软构件的采购和集成来完成系统的开发^[3]。基于 COTS 的开发方法与传统开发方法不同, 体现在开发活动领域的众多方面。许多流程和活动发生了根本性的转变。美国卡耐基—梅隆大学的软件工程研究所于 2000 年提出的 CBS 活动框架^[2] (图 1) 就很好地说明了这种变化。

如图 1 所示, CBS 开发涉及四个活动领域(工程活动领域、商业活动领域、合同活动领域、项目全局活动领域) 的众多活动集。四个活动领域交叉演进, 多种因素互相影响和制约, 使基于 COTS 的开发方法远比传统方法复杂, 而 COTS 软构件评估则更是传统的信息系统理论所不能涵盖的。而且, COTS 软构件评估在 CBS 开发过程中起着承上启下的作用, 其质量好

坏直接影响需求的贯彻和系统集成的效果。因此, 对 COTS 评估进行研究和探讨有重要意义。

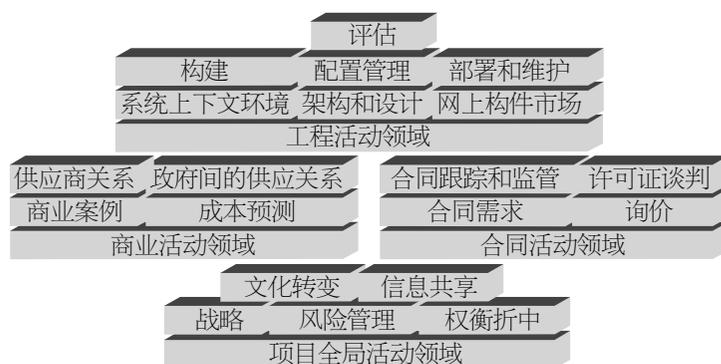


图 1 CBS 活动框架示意图

2 COTS 软构件评估

如前所述, 基于 COTS 软构件的系统开发需要同时考虑需求、架构设计和构件市场的诸多因素。COTS 软构件评估就是要根据用户需求和系统本身的内在要求从市场上选择“合适”的构件产品。COTS 软构件评估与需求工程、供应商管理、系统实施等阶段的诸多因素紧密联系, 互相影响。此外, 战略管理、风险管理和知识管理等作为贯穿整个 CBS 项目全局的管理活动, 在 COTS 软构件评估阶段也发挥着重要的作用。

对于 COTS 软构件评估, 目前尚没有公认的标准。很多学者对 COTS 软构件评估的过程和方法进行了研究。已有的过程导引和方法有 OTSO^[4]、IusWare^[5]、CRE^[6]、CEP^[7]、PE-CA^[8]、STACE^[9]、DESMEI^[10]、基于领域的方法(Domain-based Method)^[11]、基于情景的方法(Scenario-based Method)^[12]、COTS-DSS^[13]、SCARLET^[14] 等。综合上述研究, COTS 软构件评估一般分为四个环节: 评估规划; 建立评估标准; 收集信息; 进行评估。COTS 软构件评估及其在 CBS 活动框架中的定位如图 2 所示。

2.1 评估规划

评估规划阶段的主要任务是继承前期“需求和设计阶段”的成果,进行 COTS 软构件评估的总体规划。

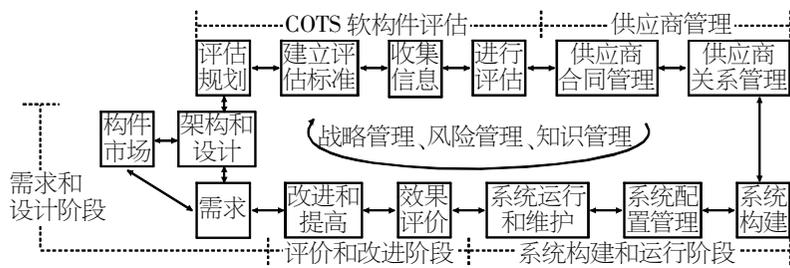


图 2 COTS 软构件评估及其在 CBS 活动框架中的定位

由于不同的项目具有不同的需求特性,需要选择不同类型的 COTS 软构件,即使同一项目,由于需求的多样性,也可能需要选择不同类型的 COTS 软构件,所以,不同项目的 COTS 软构件评估规划是不同的^[8]。综合起来,规划阶段一般包括九项主要内容:明确评估决策参与者的角色和责任;明确系统复杂性和可靠性要求;明确需求的一致性和稳定性水平;明确需要满足的客户满意度水平;明确时间限制和进度计划;明确采购预算、可承受的风险;明确评估的 COTS 软构件类型和范围;确定适用的 COTS 软构件评估方法的基本特征,初步确定评估方法;明确需要考虑的其他约束和假设。

2.2 建立评估标准

不同的评估方法也建立了不同的评估标准。如 Kontio^[4]将指标分成四组: COTS 软构件的功能需求; COTS 软构件质量特性,如可靠性、可维护性、轻便性等;商业相关特性,如成本、供应商可靠性、供应商对产品升级的支持等;软件架构相关特性,如操作系统约束、模块通信机制等。Alves 等人^[6]在 COTS 软构件选择过程中,主要考虑领域覆盖、时间限制、成本等级、供应商保证四个维度。Kunda^[9]突出强调了 COTS 软构件的一些非技术属性,如供应商信誉、用户经验等。它把指标分为功能属性、质量属性、非技术属性和成本相关属性。Ballurio 等人^[15]从评估供应商能力的角度,研究降低 COTS 软构件选择风险的方法。他将供应商能力分为财务能力、市场稳定性、管理能力、研发能力和产品支持能力。Dukic 等人^[16]根据 ISO/IEC9126-1《软件工程—产品质量》的第一部分《质量模型》,提出了对 COTS 软构件进行质量评估的相应指标。根据该标准,软件质量可以分为内部质量、外部质量和使用中质量。每部分又包括一系列子属性。Jaccheri 等人^[17]重点评估 COTS 软构件的五种属性:获取成本;拥有成本;市场占有率;市场占有率;许可类型。

综上所述,我们可以规划出 COTS 软构件评估过程中应考虑的评价标准,如表 1 所示。表 1 只是简单地列出了 COTS 软构件评估应该考虑的一些评估标准。在实际评估中,一般要建立一个结构化的层次目标体系,可以由层次分析法^[18]或 GQM 法^[19]给出。

2.3 收集信息

初步确定候选 COTS 软构件,并搜集对作出评估决策有用的信息。该阶段的主要内容如下:

- (1) COTS 软构件搜索。
- (2) 对搜索到的 COTS 软构件进行产品测试和简单评价。
- (3) 初步选定候选 COTS 软构件。

(4) 搜集候选 COTS 软构件的相关信息,以备对候选 COTS 软构件进行更深入的评估。

可使用的信息收集途径有搜索工具、文献回顾、专用数据库、咨询机构及直接咨询供应商。在简单评价阶段,使用的评价指标一般是“建立评估标准阶段”指标体系的简化形式。

表 1 COTS 软构件评估标准

类别	因素	类别	因素
技术	应用领域	供应商	能力成熟度 (CMM)
	所处架构层次		市场占有率
	架构兼容性		市场占有率
质量	功能		市场稳定性
	可靠性		财务能力
	可用性		管理能力
	效率 (Efficiency)		研发能力
	可维护性		产品支持水平
	轻便性		信誉
	效果 (Effectiveness)		培训
	生产率 (Productivity)		许可类型
	安全性	交货时间	
	满意度	获取成本	
		成本	拥有成本

2.4 进行评估

对于 COTS 软构件进行评估是一项有挑战性的任务。Brand^[20]总结了 COTS 软构件评估的难点:指标庞大。对于个人决策来说,难以作出一个客观无偏的决策,对于群体决策来说,则经常出现看法不一致的情况。评估标准不易测量。许多标准不可测或获取信息的代价昂贵。COTS 产品和市场的快速变化。在 COTS 生命周期内,一个产品可能会评估多次,而不止一次。多方的利益相关者,包括用户、开发者、管理人员、供应商等。大量可替代的 COTS 产品。不止是单个构件的选择问题,还是整个系统的组合优化问题。

(1) 多准则决策评估方法。

虽然研究者已经提出了很多评估方法,但是目前尚没有统一且公认的标准和方法。大多数研究者将 COTS 软构件评估看作多准则决策问题 MCDM (Multi-Criterion Decision Making)。MCDM 又可以分为多属性决策问题 MADM (Multi-Attributes Decision Making) 和多目标决策问题 MODM (Multi-Objectives Decision Making)。综合起来,属于 MADM 范畴的有:

加权评分法 (Weighted Score Method)^[6,21]。对于每个候选构件,采用式 (1) 进行评分。

$$\text{Score}_a = \sum_{j=1}^n (\text{Weight}_j \times \text{Score}_{aj}) \quad (1)$$

其中, a 代表候选构件, j 代表第 j 个决策属性, n 代表决策属性总数。

通过评分的高低进行构件的选择。

级别高于法 (Outranking Method)^[5,22]。通过候选构件 k 和候选构件 l 的决策属性 j 之间的优势指数 c_{kj} 和劣势指数 d_{kj} 的衡量,建立候选构件之间的超序关系 (Outranking Relationship)。决策者通过一系列超序关系的评估,就可以去掉超序关系意义下的劣方案,从而选择较优方案。

层次分析法 (AHP)^[4,9,10]。建立决策指标的层次目标体系 (图 3),通过候选构件属性间的两两比较建立比较矩阵,并采用一定的方法 (如特征向量法) 计算方案的排序权重向量,根据权重的大小进行候选构件的排序和选择。

属于 MODM 范畴的有数学规划法^[23,24]。通过建立 (0-1) 整数规划模型,进行构件的选择优化,使费用、时间等成本型指

标最小化或者使质量、收益等效益型指标最大化。

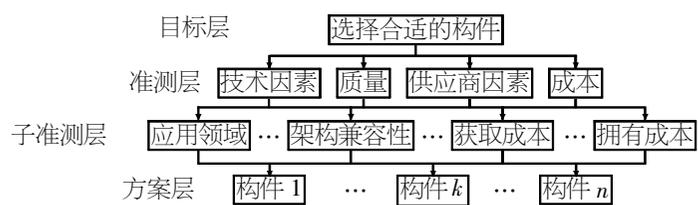


图 3 构件评估的 AHP 层次目标体系

除了多准则决策评估方法以外,其他一些方法有:

(2) 基于领域的方法 (Domain-based Method)^[11]。以领域模型 (Domain Model) 作为 COITS 评估和选择的参照,领域模型和候选构件之间是一对多的关系。通过候选构件和领域模型多方面因素的权衡,采用最先匹配 (First-Fit) 策略进行构件的评估和选择。

(3) 基于情境的方法 (Scenario-based Method)^[12]。通过应用情境的分析,进行构件的评估选择。可以更好地考虑构件选择和构件系统对企业级影响因素(如企业应用系统如何集成,服务如何传递给客户等)的影响,是一种敏捷的轻量级评估分析方法。

(4) 专用工具和决策支持系统,如 COITS-DSS^[13], SCAR-LET^[14]。通过整合工作流组件、评估决策辅助组件、知识管理组件、通信协商组件、群决策支持组件、图形接口和人机界面组件,为 COITS 构件评估选择提供决策支持。决策支持系统的最大优点是信息技术营造了一个开放式的决策环境 (Open World),使评估决策更加科学合理。

综合上述评估方法的介绍,有以下结论:

(1) 多准则决策评估方法似乎为“评估”而评估,没有从整个系统和整个企业以及顾客价值优化的角度来考虑构件的评估。

(2) 面向领域和面向情境的方法考虑了构件选择对系统、企业的影响,可以选择一个相对令人满意的结果集,但没有多准则决策为依托,缺乏进一步的决策优化,仍然不能达到系统、企业以及顾客价值最大化。

(3) 由于问题的复杂性和市场选择的日益增多,在 COITS 软构件评估中,仅使用一种或几种简单的方法难以做出科学的决策。综合多渠道的主观和客观信息,营建一个人—机结合的开放式决策支持环境是做出科学评估的有效保证。

(4) 综合结论(1)~(3),集成多种评估决策方法,可以进行单个构件及整体系统成本/利润/风险相关分析,即支持局部选优,也支持全局优化的综合集成开放式决策支持系统,将是 COITS 软构件评估的未来发展方向。

3 相关 CBS 活动简介

战略管理和风险管理、知识管理都属于 CBS 活动框架的项目全局活动领域,贯穿项目生命周期的始终,在 COITS 软构件评估阶段也发挥着举足轻重的作用。

(1) 战略管理。战略管理在 COITS 软构件评估阶段的主要任务是:识别构件评估的目标、约束和假设;制定评估战略;采取措施确保战略的有效贯彻和实施;必要时重新评估战略并及时调整。

(2) 风险管理。风险来源于活动及其结果的不确定性,这种不确定性既来源于客观的不确定现象,也来源于人们主观上

的不确定性认识。除了一般的风险因素以外,COITS 软构件还有其特有的一些风险因素:COITS 软构件是一个黑箱,只有供应商完全了解其细节,对其集成到系统中的成本、时间难以准确预测,从而引发了项目财务及进度风险。供应商自身固有的风险(不能及时交付、供应商破产或出局、供应商违约,不再进行产品支持等)和构件集成者本身风险管理不完善,引发的组织、人员、财务风险等^[25]。

在 COITS 软构件评估阶段,风险管理的主要内容^[26]包括:风险识别;风险评估;风险减轻 (Risk Mitigation)。

(3) 知识管理。CBS 的开发是一项知识密集型活动,知识管理的好坏在很大程度上决定着项目的成败。在 COITS 软构件评估阶段,知识管理的主要内容包括:评估参与各方信息共享;评估参与各方知识的获取、储存、加工、应用;评估经验和方法的搜集、整理、应用;最佳实践、成功失败案例的整理、应用;市场、经济、法律、技术等宏观信息的搜集和分析。

为了支持 COITS 软构件评估阶段的知识管理,专用的知识库和智能支持系统是必要的^[13]。

4 结论和展望

综上所述,为了提高 COITS 软构件评估的合理性,有以下一些问题亟待解决:

(1) 如何衡量 COITS 软构件评估对整个系统、整个企业以及顾客价值的影响;

(2) 如何将 COITS 软构件评估纳入整个系统的持续改进和优化当中;

(3) 如何进一步提高评估决策的合理性;

(4) 随着评估的复杂度和问题规模的不断增加,如何有效地降低开发风险;

(5) 如何对评估参与方的经验和知识进行有效管理和利用,以辅助评估决策。

它们也预示着 COITS 软构件评估可能会有如下趋势:面向价值增加;面向流程持续改进和优化;面向开放式决策环境;面向风险减轻 (Risk Mitigation);面向知识管理。

COITS 软构件兴起时间并不长,但因其潜在的降低运营成本、提高效率的优点,在国外已经得到了广泛关注。以通信行业的运营支持系统 (Operations Support Systems, OSS) 建设为例,国外已经普遍采用成熟的 COITS 产品建设系统,相比之下,国内企业明显落后于国外,大量模块基本上还是自己开发。因此,在 COITS 软构件如何应用于国内企业方面,还有很大的理论和实证研究空间。相信随着 COITS 软构件理论研究和应用实践的深入,人们将会对 COITS 软构件评估以及其他 CBS 活动领域有更加深入的了解。

参考文献:

[1] oehm B, Abts C. COITS Integration: Plug and Pray? [J]. IEEE Computer, 1999, 32(1): 135-138.

[2] Oberndorf T, Bronswold L, Sledge C A. An Activity Framework for COITS-based System[R]. SEI Technical Report CMU/SEI 2000-TR-101, SEI, CMU, Pittsburgh, 2000.

[3] 刘国灿, 刘锦德. 基于 COITS 的系统综述[J]. 计算机应用研究, 2003, 20(1): 5-7.

- base: An Overview[C] . Cambridge, MA: MIT Press, 1996. 1-34.
- [2] Dorigo M, Maniezzo V, Colomi A. Ant System: Optimization by a Colony of Cooperating Agents[J] . IEEE Trans. on System, Man, and Cybernetics, 1996, 26(1) : 29-41.
- [3] Kennedy J, Eberhart R C. Particle Swarm Optimization[C] . Perth: Proceeding of IEEE International Conference on Neural Networks (IC-NN '95), 1995. 1942-1947.
- [4] 彭喜元, 彭宇, 戴毓丰. 群智能理论与应用[J] . 电子学报, 2003, 31(12A) : 1982-1987.
- [5] 杨欣斌, 孙京浩, 黄道. 一种进化聚类学习新方法[J] . 计算机工程与应用, 2003, 39(15) : 60-62.
- [6] Rafael S Parpinelli, *et al.* Data Mining with a Ant Colony Optimization Algorithm[J] . IEEE Trans. on Evolution Computing, 2002, 6(4) : 321-332.
- [7] H S Lopes, M S Coutinho, *et al.* An Evolutionary Approach to Simulate Cognitive Feedback Learning in Medical Domain[C] . Singapore: World Scientific, 1998. 193-207.
- [8] Bo Liu, Hussein A Abbass, *et al.* Density-based Heuristic for Rule Discovery with Ant-Miner[C] . The 6th Australia-Japan Joint Workshop on Intelligent and Evolutionary System, 2002. 180-184.
- [9] Bo Liu, Abbas H A, McKay B. Classification Rule Discovery with Ant Colony Optimization[C] . IEEE/WIC International Conference on Intelligent Agent Technology, 2003. 83-88.
- [10] Sousa T, Neves A, Silva A. Swarm Optimization as a New Tool for Data Mining[C] . The 17th Parallel and Distributed Processing Symposium, Los Alamitos: IEEE Computer Society, 2003. 22-26.
- [11] Sousa T, Neves A, Silva A. A Particle Swarm Data Miner[C] . The 11th Portuguese Conference on Artificial Intelligence, 2003. 43-53.
- [12] J Kennedy, R C Eberhart. Swarm Intelligence[M] . Morgan Kaufmann Publisher, 2001. 289-307.
- [13] Shi Y, Eberhart R C. Empirical Study of Particle Swarm Optimization [C] . Piscatay, NJ: Proceedings of the Congress of Evolutionary Computation, 1999. 1945-1950.
- [14] Clerc M, Kennedy J. The Particle Swarm-Explosion, Stability and Convergence in a Multidimensional Complex Space [J] . IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 2002, 6(1) : 58-73.
- [15] Yu Liu, Zheng Qin, *et al.* Rule Discovery with Particle Swarm Optimization[C] . Berlin: Springer-Verlag, 2004. 291-296.
- [16] Lumer E, Faieta B. Diversity and Adaptation in Populations of Clustering Ants[C] . MIT Press: Proc. of the 3rd Conf. on Simulation of Adaptive Behavior, 1994. 499-508.
- [17] 张惟蛟, 刘春煌, 尹晓峰. 蚁群算法在数据挖掘中的应用研究 [J] . 计算机工程与应用, 2004, 40(28) : 171-173.
- [18] Wu Bin, Zheng Yi, *et al.* CSIM: A Document Clustering Algorithm Based on Swarm Intelligence [C] . Honolulu: Proceedings of the Congress on Evolutionary Computation, 2002. 477-482.
- [19] Wu bin, Shi Zhongzhi. A Clustering Algorithm Based on Swarm Intelligence[C] . Beijing: Proceedings Beijing International Conferences on Info-tech and Info-net, 2001. 58-66.
- [20] 吴斌, 傅伟鹏, 郑毅, 等. 一种基于群体智能的 Web 文档聚类算法 [J] . 计算机研究与发展, 2002, 39(11) : 1429-1435.

作者简介:

单世民(1978-),男,博士研究生,主要研究方向为计算智能、知识发现、分布式计算;邓贵仕(1945-),男,教授,博导,研究方向为复杂系统分析与综合建模、广义信息理论研究与应用、经济管理策略;何英昊(1978-),女,助教,研究方向为图像处理、计算智能。

(上接第7页)

- [4] ontio J. A Case Study in Applying a Systematic Method for COTS Selection[C] . IEEE, Proceedings of ICSE, 1996. 201-209.
- [5] Morisio M, Tsoukis A. IusWare: A Methodology for the Evaluation and Selection of Software Products[C] . IEEE, Proceedings of ICSE, 1997. 162-174.
- [6] Alves C, Castro J. CRE: A Systematic Method for COTS Components Selection[C] . Rio de Janeiro: The 15th Brazilian Symposium on Software Engineering, 2001.
- [7] Phillips B C, *et al.* Add Decision Analysis to Your COTS Selection Process[J] . The Journal of Defense Software Engineering, 2002, 4: 21-25.
- [8] Dorda S C, *et al.* A Process for COTS Software Product Evaluation [J] . Lecture Notes in Computer Science, 2002, 2255: 86-96.
- [9] Kunda D. STACE: Social Technical Approach to COTS Software Evaluation[J] . Lecture Notes in Computer Science, 2003, 2693: 64-84.
- [10] Morera D. COTS Evaluation Using DESMET Methodology & Analytic Hierarchy Process(AHP) [J] . Lecture Notes in Computer Science, 2002, 2559: 485-493.
- [11] Leung H, Leung K. Domain-based COTS-product Selection Method [J] . Lecture Notes in Computer Science, 2003, 2693: 40-63.
- [12] Feblowitz M D, Greenspan S J. Scenario-based Analysis of COTS Acquisition Impacts[J] . Requirement Engineering, 1998, 3: 182-201.
- [13] Ruhe G. Intelligent Support for Selection of COTS Products[J] . Lecture Notes in Computer Science, 2003, 2593: 34-45.
- [14] Maiden N, Croce V, Kim H, *et al.* SCARLET: Integrated Process and Tool Support for Selecting Software Components [J] . Lecture Notes in Computer Science, 2003, 2693: 85-98.
- [15] Ballurio K, Scalzo B, Rose L. Risk Reduction in COTS Software Selection with BASIS[J] . Lecture Notes in Computer Science, 2002, 2255: 31-43.
- [16] Dukic L B, B eght J. COTS Software Quality Evaluation[J] . Lecture Notes in Computer Science, 2003, 2580: 72-80.
- [17] Jaccheri L, Torchiano M. Classifying COTS Products[J] . Lecture Notes in Computer Science, 2002, 2349: 246-255.
- [18] Saaty T L. 层次分析法[M] . 许树伯. 北京: 煤炭工业出版社, 1988.
- [19] Basili V. Software Modeling and Measurement: The Goal/Question/Metric Paradigm[R] . Maryland: University of Maryland, 1992.
- [20] Briand L C. COTS Evaluation and Selection[J] . IEEE Computer Society, 1998, 3: 222-223.
- [21] Williams F. Appraisal and Evaluation of Software Products[J] . Journal of Information Science, Principles and Practice, 1992, 18: 121-125.
- [22] Anderson E. A Heuristic for Software Evaluation and Selection[J] . Software Practice and Experience, 1989, 19(8) : 707-717.
- [23] Sundaraj R P, Talluri S. A Multi-period Optimization Model for the Procurement of Component-based Enterprise Information Technologies [J] . European Journal of Operational Research, 2003, 146: 339-351.
- [24] Ho-Won J, Byoungju C. Optimization Models for Quality and Cost of Modular Software Systems[J] . European Journal of Operational Research, 1999, 112: 613-619.
- [25] Lipson H F, Mead N R, Moore A P. Can We Ever Build Survivable System from COTS Components? [J] . Lecture Notes in Computer Science, 2002, 2348: 216-229.
- [26] Rose L C. Risk Management of COTS Based Systems Development [J] . Lecture Notes in Computer Science, 2003, 2693: 352-373.

作者简介:

原欣伟(1975-),男,山东荣成人,博士研究生,研究方向为管理信息系统;覃正(1958-),男,湖南石门人,教授,博导,主要研究方向为工业工程、电子商务。