

AHP 与 FUZZY 在软件开发项目风险管理中的综合应用^①

幸莉仙, 韩 玢, 黄慧莲

(华北电力大学 研究生院, 保定 071003)

摘 要: 归纳了软件开发项目的几大常见风险, 在此基础上, 通过集成层次分析法 AHP 和模糊综合评判法 FUZZY 的原理和模型, 设计出软件开发项目风险评价的指标体系, 并运用 Delphi 方法, 让多名专家对各项指标赋权而得出每个指标的权重, 之后通过风险因素 U 到模糊评判评语集 V 的模糊映射, 得到模糊评估矩阵。最后根据 FUZZY 理论, 运用模糊矩阵的合成运算, 对软件开发项目风险进行两级评估, 从而构建了集成方法下软件开发项目风险评价的过程和模型。结论对软件开发项目管理者具有实际参考价值。

关键词: 层次分析法; 模糊综合评判法; 风险评价; 软件开发; 项目管理

Application of FUZZY and AHP Integrated to Risk Assessment of Software Development Projects

XING Li-Xian, HAN Bin, HUANG Hui-Lian

(Department of Economic Management, North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

Abstract: It summarizes several common risks in the software development projects, on this basis, through the integration of AHP and Fuzzy to design evaluation index system of risks in software development projects, and the use of Delphi method, so that more experts on the various indicators of empowerment to derive the weight of each indicator, then got the fuzzy evaluation matrix through fuzzy mapping from U to V. Finally, according to FUZZY theory and fuzzy matrix synthesis operations carried out two risk assessments on software development projects, in order to build a risk assessment process and model of software development projects under the integrated approach. The conclusion references a practical value of the managers in software development projects.

Key words: AHP; fuzzy comprehensive evaluation; risk assessment; software development; project management

伴随着软件开发技术不断更新、复杂程度不断加大、客户对产品的要求也在不断的提高, 随之而来的是软件开发项目给开发企业和需求企业带来的巨大风险。软件开发项目的成功与否会直接影响到软件开发公司的生存。在此形势下, 风险管理与控制就成为了软件开发项目的重要环节。作为软件开发企业, 如何建立科学规范的大型软件开发项目的风险管理模式成为新的挑战。同时, 从理论高度研究与之相关的风险管理体系亦成为项目管理学科关注的一项新内容。

评价软件开发项目的风险是个十分复杂的问题, 评价的方法、指标、人员、对象等因素都会影响评价

结果, 对同一风险进行评价是否准确, 不但受到所甄选的专家对评价对象描述的影响, 还受到所选取的评价方法的影响, 鉴于单一评价方法所存在的缺点和局限性, 本文尝试将综合评价法(AHP)和模糊综合评判法(FUZZY)进行集成, 力争最大限度的缩小主观认识和客观实际的差距, 使评价结果更加科学合理, 使评价过程更加便捷具有可操作性。

1 软件开发项目的常见风险

同其他项目相比, 软件项目本身具备一定的特殊性, 使得软件项目包含的风险也比较独特。为了识别

① 收稿时间:2011-07-19;收到修改稿时间:2011-08-19

特定产品风险，必须了解项目中有什么特殊的特性可能会威胁到项目成功。对于软件开发项目中的一般性风险可大致分为：人员风险、技术风险、过程风险和 环境风险四大类，这四大类风险又可进一步细分，常见的软件项目风险见表 1^[1]。

表 1 软件开发项目常见风险

人员	需求风险	过程	技术	环境	
风险子类	客户风险	需求变更风险	产品规模风险	设计与实现风险	调整风险
	发起人与投资人风险		计划风险	开发环境风险	技术更新风险
	职员风险	需求标准定义不清	组织与管理风险	质量风险	经济风险
	承包商与供应商风险		进度风险	测试风险	商业风险

(1) 人员风险。①客户风险。常见的客户风险如下：初次合作难以达成默契；开发过程中的客户方人员调整；客户不了解自身需求导致需求频繁变更等。②发起人与投资人风险。如发起人由于种种原因放弃或失去项目；投资人的突然撤资和终止项目。③职员风险。该风险与参与软件开发项目的全体职员的总体技术水平、专业素质有关。如：招聘与培训时间超出计划；开发人员综合素质低；管理层失效导致的士气低落、人员配备不合理等。④承包商与供应商风险。开发中必然涉及到采购，如果供应商产品不符合要求。

(2) 需求风险。这是软件开发项目中普遍存在的一种风险，很多项目在确定需求时都面临着不确定性和混乱，若这些不确定因素不能及早明确，并且又没有得到及时解决，必然会给项目带来严重的威胁。常见的需求风险如：定义需求时，客户参与度不够。

(3) 过程风险。①产品规模风险。常见的规模风险如下：凭直觉估算规模；产品用户数过多；需求变更导致的规模不断扩大。②计划风险。比如：制订计划不考虑实际情况；忽略必要任务的计划。③组织与管理风险。常见的有：任务划分不清导致的职责不明确；最高领导者缺乏凝聚力；管理层决策失误等。④进度风险。如缺乏文档化的开发标准过程；没有软件工具支持文档的生成和管理等^[2]。

(4) 技术风险。①设计与实现风险。比如：设计过于简单或复杂；核心技术问题未解决；无法有效集成分别开发的模块等。②开发环境风险。包括：没有可用的分析及设计工具和软件配置管理工具，导致软件质量不确定和文档、代码的管理混乱等。③质量风险。常见的风险包括：管理组织缺乏对质量的重视导致质量下降；过于复杂的设计导致缺陷等。④测试风险。常见的风险如下：缺乏专业的测试工程师；没有使用适用的方法和软件工具支持测试等。

(5) 环境风险。①调整风险。例如，客户 IT 战略调整或组织机构调整；政府规章的调整；行业技术标准的调整等。②技术更新风险。主要来源于新技术带来的冲击，导致的开发工具的更新等。③经济风险。例如，投资人的经济危机；公司财务困难；投资人撤资等；④商业风险。包括：商业竞争风险；市场风险（开发出的产品不适应市场需求）等。

2 层次分析法和模糊综合评判集成法在软件开发项目风险评估中的应用

该集成法既可以发挥层次分析法系统性和合理性的优点，又能让决策者充分利用其所得到的结果进行判断，具有很强的实用性。具体步骤如下：

2.1 建立风险评价指标体系

按照层次分析法的指导思想，对风险进行递阶层次划分，并据此建立风险评价指标体系，之后对各个指标赋予权重。本文按照科学性、系统性、客观性、可行性原则，在国内外学者的研究成果基础上，运用层次分析法建立了软件开发项目风险评价指标体系，见图 1。该指标体系的最终评价目标是软件开发项目综合风险的大小，使得项目管理者可以根据结果，采取理智的措施来应对风险^[3]。

2.2 由从低向高的顺序分层进行模糊综合评判

由于图 1 中所示的指标大多带有模糊性，所以根据 FUZZY 理论，把次准则层对主准则层的评判看作第一级评判，把主准则层对目标层的评判看作第二级评判，从而构成一个二级三层模糊综合评判模型。具体评估步骤如下：

①设软件开发项目风险因素集 $U=\{U_1,U_2,\dots,U_n\}$ ，细分出的 m 个子评估因素集 $U_i=\{U_{i1},U_{i2},\dots,U_{ij}\}$ ，其中 $i=1,2,\dots,m$ ； $j=1,2,\dots,t$ ；

②进行一级评判：综合评判每一个子因素集：

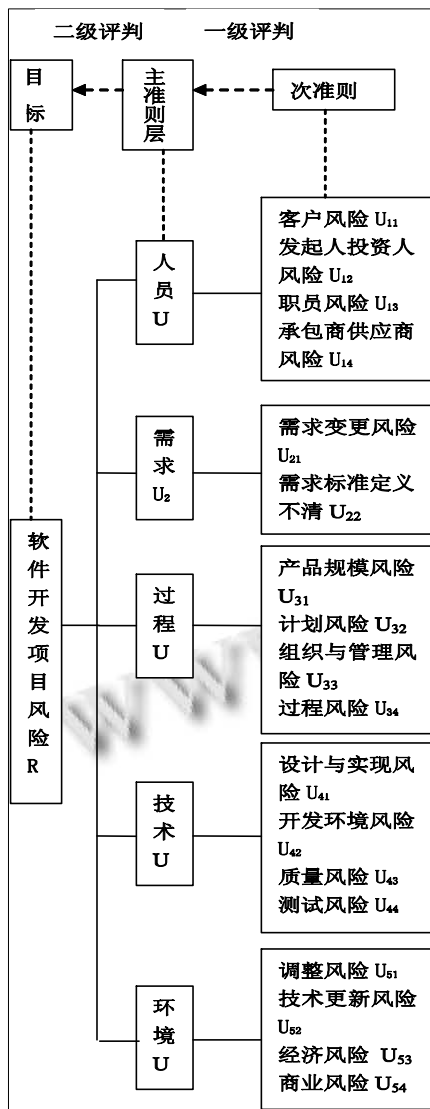


图 1 软件开发项目风险评价指标体系

建立评语集 $V=\{V1, V2...V5\}$ ；建立权重指标集：利用 Delphi 方法，让若干专家对各项指标赋予权重，在决策问题中，通常要对变量 $\chi_1, \chi_2 \dots \chi_n$ 进行线性组合： $Z=\omega_1\chi_1 + \omega_2\chi_2 + \dots + \omega_n\chi_n$ ，其中 $\omega_i > 0$ ， $\sum_{i=1}^n \omega_i = 1$ ，则 $\omega_1, \omega_2 \dots \omega_n$ 称为各因素对于目标 R 的权，对 ω 按行求和，然后将 $\bar{\omega}$ 归一化，计算公式分别为^[4]：

$$\bar{\omega}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \omega_{ij} \quad (1)$$

$$\omega_i = \frac{\bar{\omega}_i}{\sum_{j=1}^n \bar{\omega}_j} \quad (2)$$

对应上面的层次结构图，若把目标层 R 对主准则层 U 的相对权值记为： $\bar{\omega}^{(1)}$ ，主准则层的各准则 U_i 对次准则层 U_{ij} 的 N 个方案的相对权值记为： $\bar{\omega}^{(2)}$ ，次准则层各个指标的相对权值（对目标而言）记为： $V^{(2)}$ ，则计算综合权重的公式为^[5]：

$$V_1^{(2)} = \sum_{j=1}^k \omega_j^{(1)} \omega_{ij}^{(2)} \quad (3)$$

根据公式 (1) (2) (3) 将各个专家的权重加总后求平均，确定各指标在整个评估体系的最终权重 $A_i=(a_{i1}, A_{i2}...a_{ij})$ 。

③ 建立模糊评估矩阵：把风险子因素集 U_i 到 V 看成一个模糊映射，得到模糊评估矩阵 $R_i=\{r_{ijk}\}$ ， $r_{ijk}=d_{ijk}/d$ ， d_{ijk} 为评估子因素集 U_i 中第 ij 项评估指标被做出评语集中第 k 种评估 V_k 的专家人数， d 为专家总人数。

④ 根据 FUZZY 理论，运用模糊矩阵的合成运算，得 U_i 的综合评判向量 B_i ：

$$B_i=A_i \cdot R_i=(b_{i1}, b_{i2}, \dots, b_{i5}) \quad (4)$$

⑤ 进行二级评判：将每个子因素集 U_i 看成一个因素用 B_i 作为单因素评判，就可以得到评估因素集 U 到评语集 V 的模糊映射， $U=\{U_1, U_2...U_5\}$ ，将每个 U_i 作为 U 的一部分，可以给出它们的重要性权数分配 $A=\{a_1, a_2...a_5\}$ ，得到二级综合评判，按照最大隶属度原则得： $B_k=\max(b_1, b_2...b_m)$ ，最终得出 FUZZY 综合评判 V_k 。

3 实证分析

根据前面所论述的方法，下面以我国某软件开发企业的项目为例来说明具体方法的应用^[6,7]。

1) 设软件开发项目风险因素集 $U=\{U_1, U_2, U_3, U_4, U_5\}$ ， $U_i=\{U_{i1}, U_{i2}, \dots, U_{ij}\}$ ，其中 $i=1, 2, \dots, 5$ ； $j=1, 2, \dots, t$ ；本例中的 $m=5$ ， t 变动。

2) 进行一级评判，本评估模型定义的评语集为 $V=\{\text{灾难, 严重, 中等, 轻微, 渺小}\}$ 。即表示风险发生后对项目的影响程度；根据公式 (1) (2) (3) 将各个专家的权重加总后求平均，确定各指标在整个评估体系的最终权重。由于篇幅原因，省去各个专家赋权重的具体过程，最终测定的各指标权重如下：

$$A=(0.35, 0.20, 0.15, 0.20, 0.10)$$

$$A_1=(0.15, 0.30, 0.40, 0.15)$$

$$A_2=(0.55, 0.45)$$

$$A_3=(0.25, 0.30, 0.20, 0.25)$$

$$A_4 = (0.30, 0.20, 0.20, 0.30)$$

$$A_5 = (0.40, 0.25, 0.20, 0.15)$$

按照评语集对 U1-U5 中各指标进行评判, 得出如下模糊评判矩阵, 然后进行第一级综合评估:

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.20 & 0.20 & 0.32 & 0.18 & 0.10 \\ 0.20 & 0.35 & 0.25 & 0.15 & 0.05 \\ 0.18 & 0.20 & 0.36 & 0.16 & 0.10 \\ 0.05 & 0.45 & 0.15 & 0.25 & 0.10 \end{bmatrix}$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0.20 & 0.35 & 0.30 & 0.10 & 0.05 \\ 0.25 & 0.16 & 0.15 & 0.34 & 0.10 \end{bmatrix}$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0.25 & 0.15 & 0.30 & 0.20 & 0.10 \\ 0.30 & 0.25 & 0.20 & 0.15 & 0.10 \\ 0.40 & 0.22 & 0.20 & 0.15 & 0.10 \\ 0.35 & 0.15 & 0.20 & 0.25 & 0.05 \end{bmatrix}$$

$$R_4 = \begin{bmatrix} 0.30 & 0.35 & 0.16 & 0.14 & 0.05 \\ 0.20 & 0.20 & 0.35 & 0.15 & 0.10 \\ 0.35 & 0.15 & 0.20 & 0.20 & 0.10 \\ 0.25 & 0.15 & 0.20 & 0.30 & 0.10 \end{bmatrix}$$

$$R_5 = \begin{bmatrix} 0.26 & 0.24 & 0.36 & 0.10 & 0.04 \\ 0.15 & 0.40 & 0.25 & 0.15 & 0.05 \\ 0.25 & 0.35 & 0.15 & 0.15 & 0.10 \\ 0.25 & 0.34 & 0.15 & 0.16 & 0.10 \end{bmatrix}$$

根据公式 (4) 计算后的结果如下:

$$B_1 = A_1 \bullet R_1 = (0.20 \ 0.30 \ 0.36 \ 0.16 \ 0.10)$$

$$B_2 = A_2 \bullet R_2 = (0.30 \ 0.25 \ 0.25 \ 0.25 \ 0.10)$$

$$B_3 = A_3 \bullet R_3 = (0.25 \ 0.25 \ 0.30 \ 0.34 \ 0.10)$$

$$B_4 = A_4 \bullet R_4 = (0.30 \ 0.30 \ 0.20 \ 0.30 \ 0.10)$$

$$B_5 = A_5 \bullet R_5 = (0.26 \ 0.25 \ 0.36 \ 0.15 \ 0.10)$$

3) 对软件开发项目风险进行第二级综合评估, 并得出最终结论

$$R = \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.20 & 0.30 & 0.36 & 0.16 & 0.10 \\ 0.30 & 0.25 & 0.25 & 0.25 & 0.10 \\ 0.25 & 0.35 & 0.30 & 0.34 & 0.10 \\ 0.30 & 0.30 & 0.20 & 0.30 & 0.10 \\ 0.26 & 0.25 & 0.36 & 0.15 & 0.10 \end{bmatrix}$$

对结果进行归一化后按照最大隶属度原则得:

$$B = \max(0.17, 0.26, 0.31, 0.17, 0.09) = b_3 = 0.31$$

4 结语

根据模糊评判集 $V = \{\text{灾难, 严重, 中等, 轻微, 渺小}\}$ 判定, 经过第一级综合评估, 人员风险的发生对整个项目风险的影响度为中等, 若发生需求风险, 对项目的影响则为严重, 过程风险发生将给项目带来灾难性损失, 技术风险的发生也将产生十分巨大的影响, 环境风险发生后, 对项目的影响为中等。项目管理者在得到此结论后, 可以有的放矢的进行重点风险的防范与控制, 建立风险优先级排序, 并对影响项目较大的需求、过程和技术风险进行全程严密监管、控制。经过第二级综合评估, 对该项目综合风险的最终评判为: 中等, 即该项目非高风险项目, 项目管理者在对项目进行风险管理的时候, 只要做好重点风险的防范与控制, 同时兼顾排序低的风险就可以成功应对该项目风险。

参考文献

- 1 朱少民. 软件项目管理. 北京: 人民邮电出版社, 2009. 120-124.
- 2 郭兵, 沈艳. 软件开发实践. 北京: 清华大学出版社, 2009. 89-94.
- 3 Chapman C. Estimation and evaluation of uncertainty a minimalist first pass approach. *International Journal of Project Management*, 2000, 45(3): 56-59.
- 4 杜栋. 现代综合评价方法与案例精选. 北京: 清华大学出版社, 2008. 112-130.
- 5 林飞腾. 国际工程承包中的项目风险模糊层次分析. 陕西师范大学, 2009: 23-25.
- 6 许先云, 杨永清. 不确定 AHP 判断矩阵的一致性逼近与排序方法. *系统工程理论与实践*, 2009, 12(8): 189-195.
- 7 王宏涛. 模糊综合评判法在软件项目风险分析中的应用. *西安建筑科技大学学报*, 2004.