

Software program scale measurement study based on the NESMA evaluation method

Yanxin Lv¹ Bin Zhang² Fengshi Diao² Kangrui Zhang² Jie Li²

1. Railway Information Technology Group Co., Ltd., Beijing, 100038, China

2. China Railway Information Engineering Group Co., Ltd., Beijing, 100038, China

Abstract

With the continuous upgrading of the railway system and the wide application of information technology, the accurate assessment of the cost of software development has become an important link to ensure the success of the project. This paper studies the preliminary evaluation method of railway software research and development cost, aiming to provide a scientific and systematic cost control means for the information construction project of railway industry. The study first reviews existing cost assessment methods, including traditional analogical estimation, parameter estimation and bottom-up estimation methods, and analyzes the limitations of existing methods in railway software development. Then, this paper proposes a cost evaluation model based on functional point analysis, combined with Nesma functional point analysis method, to systematically quantify the functional requirements of software development, providing a more accurate basis for cost estimation. Through the case analysis of the existing railway software development project, the effectiveness and feasibility of the proposed method in practical application are verified. The results show that the cost preliminary evaluation method based on functional point analysis can significantly improve the accuracy of cost prediction and reduce the risk of budget overspend, while providing important theoretical support and practical guidance for future railway software development.

Keywords

railway software research and development; cost preliminary evaluation; function point analysis; project management; cost control

基于 NESMA 评估方法的软件项目规模度量研究

吕彦昕¹ 张斌² 刁逢湜² 张康睿² 李杰²

1. 铁路信息科技集团有限公司, 中国·北京 100038

2. 中铁信息工程集团有限公司, 中国·北京 100038

摘要

随着铁路系统的不断升级和信息技术的广泛应用, 准确评估软件研发成本已成为确保项目成功的重要环节。本文研究了铁路软件研发费用初评方法, 旨在为铁路行业的信息化建设立项提供科学、系统的成本控制手段。研究首先回顾了现有的成本评估方法, 包括传统的类比估算、参数估算和自下而上的估算方法, 并分析了现有方法在铁路软件研发中的应用局限性。接着, 本文提出了一种基于功能点分析的成本评估模型, 结合Nesma功能点分析方法, 系统地量化软件开发的功能需求, 为成本估算提供了更加精确的依据。通过对已有铁路软件开发项目的案例分析, 研究验证了所提方法在实际应用中的有效性和可行性。结果表明, 基于功能点分析的费用初评方法能够显著提高成本预测的准确性, 减少预算超支的风险, 同时为未来铁路软件开发提供了重要的理论支持和实践指导。

关键词

铁路软件研发; 费用初评; 功能点分析; 项目管理; 成本控制

1 引言

软件成本估算是预测软件开发项目所需的总费用, 包括开发人员工资、硬件和软件资源、测试和维护费用等, 通过评估项目的规模、工作量和复杂性来制定预算。近年来, 随着信息系统建设的规模和数量急剧增加, 许多成本估算方法已得到了广泛应用, 如经验法、类推法、类比法和方程法

等, 用于在软件项目不同阶段量化软件成本, 为控制项目预算、合理分配资源提供决策支持。

目前, 铁路行业已逐步开始规范软件费用初评方法和流程, 但由于铁路行业内部专业领域众多, 存在着电务、机务、工务、车辆等专业, 各专业信息系统功能、架构多样, 目前缺少科学、客观、统一的评估依据, 导致铁路行业软件开发费用初评中存在着多种问题。

首先, 市场混乱。由于软件开发前期费用评估难, 铁路行业中常常存在着前期低价中标抢占位置, 后期漫天要价的情况。铁路行业的软件项目通常复杂且长周期, 初期的费

【作者简介】吕彦昕(1980-), 女, 中国北京人, 硕士, 工程师, 从事交通运输规划与管理, 信息技术研究。

用评估非常困难。供应商可能为了在激烈的市场竞争中获得项目，通过低于实际成本的报价来中标。随着项目推进，实际需求和问题暴露后，供应商往往会提出额外费用。不仅使客户面临预算超支的风险，还可能影响项目的进度和质量，进而影响到铁路运营的安全性和效率。

其次，预算评估不科学。铁路行业软件开发在前期预算、招投标阶段，缺少科学客观的评估依据，无上限地提高预算、低价恶意竞标等问题时有发生。由于缺乏标准化的估算模型和完善的审计机制，预算评估常常依赖于不准确的假设和经验数据，导致预期与实际支出之间存在巨大差异。此外，由于缺乏统一的评估依据，不同的评估人员可能会采用不同的方法和标准进行费用初评，导致评估结果的差异较大。这不仅会影响项目的决策和预算安排，还可能引发争议和纠纷。

为了解决这些问题，迫切需要建立一套科学、客观、统一的铁路信息系统研发费用初评方法，以提高费用评估的准确性和可靠性，为铁路行业的信息化建设提供有力的支持。

2 软件规模估算的一般方法

2.1 代码行法

代码行法是一种基于软件源代码行数来估算软件规模的方法。它通过统计软件项目中不同编程语言编写的代码行数，如 C++、Java 等，然后根据每行代码的平均开发成本来估算项目的规模和成本。该方法的优点、缺点和适用场景如表 1 所示。

2.2 用例点法

用例点法是基于用例模型来估算软件规模的方法。它首先确定软件系统中的用例，然后根据用例的复杂度、参与者的数量和类型等因素，计算出用例点，以此来估算软件规模。用例点的计算涉及到对用例的简单、平均和复杂程度的分类，以及对参与者的不同角色（如主要参与者、次要参与者）的考虑。该方法的优点、缺点和适用场景如表 2 所示。

2.3 类比法

类比法是通过将待估算的软件项目与已经完成的类似软件项目进行比较来估算软件规模的方法。它需要找到在功能、技术架构、应用领域等方面相似的项目，然后根据已完成项目的规模、成本、开发周期等数据，对新项目进行估算。该方法的优点、缺点和适用场景如表 3 所示。

表 1 代码行法的优点、缺点和适用场景

优点	缺点	适用场景
1. 简单直观。对于开发人员来说，代码行数是一个比较容易理解和统计的指标。在小型、相对简单的软件项目中，能够快速得到一个规模估算结果。	1. 依赖于编程语言。不同编程语言的代码行数和复杂度之间的关系差异很大。例如，同样功能的程序，用汇编语言编写的代码行数可能比用高级编程语言（如 Python）编写的多很多，这使得在跨语言项目中进行规模估算比较困难。	主要适用于小型、单一编程语言、功能相对简单且开发团队编码风格比较一致的软件项目。例如，一个小型的工具软件，由一个小团队使用同一种编程语言开发。
2. 与开发过程紧密相关。由于它直接基于代码，所以能够反映软件开发的实际工作量，尤其是在编码阶段。	2. 受编码风格影响。不同开发人员的编码风格不同，有的开发人员编写的代码可能比较简洁，而有的可能比较冗长，这会导致代码行数的统计结果不够准确。	

表 2 用例点法的优点、缺点和适用场景

优点	缺点	适用场景
1. 以用户行为为中心。用例点法紧密围绕用户与软件系统的交互行为，即用例，能够很好地反映软件系统在实际使用中的规模和复杂度。	1. 用例的复杂度评估主观性较强。不同的估算人员对用例的简单、平均和复杂程度的判断可能存在差异，这会影响用例点的计算结果。	适用于以用户交互为主要特点的软件项目，如 Web 应用程序、移动应用程序等。在这些项目中，用例能够很好地描述用户的操作流程和系统的响应，用例点法可以有效地估算软件规模。
2. 易于理解和沟通。用例是软件需求分析阶段的常见产物，开发团队、用户和项目管理人员都比较熟悉用例的概念，因此用例点法在沟通软件规模方面比较方便。	2. 依赖于用例的完整性和准确性。如果用例模型本身不够完善，如遗漏了一些关键用例或者用例描述不清晰，那么用例点法的估算结果就会不准确。	

表 3 类比法的优点、缺点和适用场景

优点	缺点	适用场景
1. 简单快速。如果能够找到合适的类比项目，类比法可以在较短的时间内得到一个大致规模估算结果。	1. 很难找到完全匹配的类比项目。由于每个软件项目都有其独特性，在功能、技术、环境等方面很难找到完全相同的项目，这会导致估算结果的准确性受到影响。	适用于在同一组织或领域内，有较多类似项目经验的情况。例如，一个软件公司长期开发某一类型的行业软件，当有新的同类型软件项目时，可以使用类比法进行初步的规模估算。
2. 基于实际经验。类比法利用了已有的项目经验，对于有类似项目开发经验的团队来说，这种方法比较可靠。	2. 对项目差异考虑不足。即使找到了类似项目，也可能因为新项目中的某些特殊要求、技术创新或者环境变化等因素，使得类比法的估算结果不够准确。	

2.4 功能点分析法

功能点分析法（Function Point Analysis, FPA）适用于以数据和交互处理为中心、以功能多少为主要造价制约因素的信息系统，主要包括 COSMIC（Common Software Measurement International Consortium）方法、IFPUG（International Function Point Users Group）方法、MK II（Mark II）方法、NESMA（Netherlands Software Metrics Association）等方法，目前 COSMIC、NESMA、IFPUG 方法已在国标中发布，本文重点对这三种常用功能点方法进行介绍。

COSMIC（Common Software Measurement International Consortium）功能点方法是一种基于软件用户功能需求的规模度量方法。它从用户的角度出发，将软件系统的功能划分为数据移动类型，包括输入（Entry）、输出（Exit）、读（Read）和写（Write）。这些数据移动操作跨越了软件系统的边界，通过对这些数据移动的计数和量化来估算软件规模。

IFPUG（International Function Point Users Group）功能点方法也是基于功能组件来度量软件规模。它类似于 NESMA 方法，对数据功能和事务功能进行分类和量化，其中数据功能包括内部文件、外部文件，事务功能包括外部输入、外部输出和外部查询。其计算过程涉及到对功能组件的复杂度评估，通过复杂度加权来计算功能点数。

NESMA（Netherlands Software Metrics Association）功能点方法主要关注软件系统中的数据功能和事务功能。数据功能包括内部逻辑文件（ILF）和外部接口文件（EIF），事务功能涵盖外部输入（EI）、外部输出（EO）和外部查询（EQ）。通过对这些功能组件的识别、分类和量化，按照一定的规则计算功能点数来衡量软件规模。NESMA 功能点方法如图 1 所示。

NESMA 方法按照关注的信息系统功能分为三类，如图 2 所示，其中包括：

（1）指示功能点计数：只关注逻辑文件。主要用于初步的功能点分析，帮助快速估算系统的功能规模。适用于需求不确定或项目处于早期阶段时，只对功能进行粗略的量化和比较。

（2）估算功能点计数：此方法不仅关注逻辑文件，还考虑操作（如用户输入、查询和输出），但不涉及复杂度评估。能提供对功能规模和工作量的更准确的预估，适用于在项目需求已经明确但详细设计尚未完成时使用。

（3）详细功能点计数：全面关注逻辑文件、操作和复杂度，提供详细和精准的功能点计数。适用于需要精确评估开发工作量和项目复杂度的场景，如详细设计阶段和项目预算制定阶段，确保功能点分析的准确性和可操作性。



图 1 NESMA 功能点方法



指示功能点计数

估算功能点计数

详细功能点计数

图 2 NESMA 方法关注的信息系统功能类别

识别功能点的过程分为三步：首先识别文件，包括内部逻辑文件和外部接口文件。其次，识别基本过程，基本过程是对用户有意义的最小业务操作，主要包括外部输入、外部输出、和外部查询。最后，若采用详细功能点计数需判断复杂度。

（1）内部逻辑文件（ILF）：在本系统维护的业务数据

（2）外部接口文件（EIF）：本系统中引用，其他系统维护的业务数据

（3）外部输入（EI）：对数据进行维护或改变系统状态 / 行为的事务

（4）外部输出（EO）：对数据加工后呈现或输出的事务

（5）外部查询（EQ）：对已有数据直接呈现或输出的事务

对系统功能点识别完成后，计算信息系统功能点总数，根据权重，对功能点进行加权求和得到未调整的功能点数：

$$UPF=35*ILF+15*EIF \tag{1}$$

这个公式主要应用于软件项目的早期阶段，比如在项目预算编制或者招投标阶段。此时，详细的软件功能需求可能还没有完全确定，没有足够的信息来进行详细的功能点计数（包括外部输入 EI、外部输出 EO 和外部查询 EQ 等事务功能）。系数 35 和 15 是根据经验或统计数据确定的权重，用于衡量 ILF 和 EIF 对软件功能规模的相对贡献。一般认为 ILF 对软件功能规模的影响相对较大，所以其权重也较高。通过估算 ILF 和 EIF 的数量，并使用这个公式，可以快速地得到一个软件功能规模的初步估计：

$$UPF=(7*ILF+5*EIF+4*EI+5*EO+4*EQ) \tag{2}$$

此公式适用于软件项目需求相对明确的阶段。当对软件系统的功能有了较为详细的了解，包括数据存储和事务处

理的细节后，就可以使用这个公式进行功能点估算。

相比只考虑数据功能的简单公式（如 $UPF = 35 * ILF + 15 * EIF$ ），这个公式的优势在于它能够更全面、准确地反映软件系统的功能规模。它考虑了软件系统与外部交互的各种事务功能，使得估算结果更贴近实际的软件规模和复杂度。

对于具有大量用户交互和数据处理的软件系统，如电子商务平台、银行核心业务系统等，这个公式能够有效地捕捉系统的功能特性。以电子商务平台为例，商品信息管理（ILF）、与第三方支付接口（EIF）、用户下单（EI）、生成订单报表（EO）和用户查询商品库存（EQ）等功能都能通过这个公式纳入功能规模估算范围。

3 方法比选

根据铁路信息系统的特点，选取合适的软件规模估算

方法，确保评估结果的准确性和实用性。铁路信息系统存在专业众多、业务复杂性高、数据量大、系统兼容性强、安全性高等特点。选择合适的规模估算是软件费用估算的基础，不仅可以提高估算的准确性，还能有效支持项目的资源规划和管理。因此，结合铁路信息系统特点，对不同的规模估算方法进行比较分析，选取最适合的方案，确保铁路信息系统估算的准确性和可靠性。

3.1 铁路信息系统规模估算方法比选

在进行铁路信息系统规模评估时，选择合适的方法至关重要。铁路信息系统的规模评估不仅涉及到系统的功能需求、数据处理能力，还涵盖了系统的复杂业务流程和多样化的操作需求，分析常见软件规模估算方法在铁路信息系统中的适用性，选取合适的软件规模估算方法对于铁路信息系统费用评估而言至关重要。三种功能点分析法的对比如表 4 所示。

表 4 三种功能点分析法的对比

	COSMIC 方法	NESMA 方法	IFPUG 方法
功能组件定义与识别	功能组件定义较为抽象，围绕数据移动展开。在识别过程中，重点关注数据如何跨越系统边界进行输入、输出、读取和写入。这种定义方式使得它在处理实时性强、数据流动频繁的系统时具有优势，但对于一些复杂的业务逻辑功能的识别可能不够直观。例如，在铁路客运服务系统中，对于乘客信息在不同子系统之间的传递，COSMIC 方法能够清晰地度量，但对于客运业务规则相关的功能（如退票规则处理）的识别相对复杂。	功能组件的定义相对具体，分为数据功能和事务功能，与业务逻辑的联系更为紧密。例如，内部逻辑文件（ILF）和外部接口文件（EIF）能够很好地对应到系统中的数据存储和接口部分，外部输入（EI）、外部输出（EO）和外部查询（EQ）则可以直接与用户操作和系统反馈相关。在铁路信息系统中，很容易识别出列车时刻表数据库为 ILF，用户查询列车时刻为 EQ 等，便于理解 and 操作。	功能组件定义和 NESMA 方法类似，但在细节和复杂度评估上有自己的特点。IFPUG 在识别内部文件和外部文件时，会考虑更多的文件属性来确定其复杂度。在事务功能识别方面，也会对输入、输出和查询的细节进行分析。例如，在铁路设备管理系统中，对于设备维修记录文件（内部文件）的复杂度评估，IFPUG 可能会考虑记录的字段数量、数据关联等因素来确定其功能点数。
复杂度评估	复杂度主要体现在数据移动的数量和类型上。不同的数据移动类型（输入、输出、读、写）在一定程度上反映了系统的复杂程度。然而，它没有像 NESMA 和 IFPUG 那样对功能组件本身的复杂度进行细致分级。例如，在一个铁路通信系统中，只考虑数据通信的次数和方向来衡量复杂度，对于通信内容的复杂程度（如包含多种列车运行参数的数据传输）没有进一步细分。	对于数据功能和事务功能都有复杂度评估的规则。例如，在判断内部逻辑文件（ILF）的复杂度时，会考虑数据元素的数量、数据元素的类型等因素。对于事务功能，会根据输入输出的数据量、业务规则的复杂程度等来确定复杂度。在铁路票务系统中，可以根据车票信息的丰富程度（如是否包含座位偏好、乘车人身份信息）来判断 ILF 的复杂度，根据购票、退票等业务规则的复杂程度来判断事务功能的复杂度。	复杂度评估是其核心特点之一。它在确定功能组件的复杂度时，会考虑更多的因素，如文件的记录类型、数据元素的分组情况等。在事务功能方面，会考虑用户输入的验证要求、输出的格式要求等。在铁路调度指挥系统中，对于列车运行计划文件（内部文件）的复杂度评估，IFPUG 会考虑计划中包含的列车类型、停靠站点、时间安排等多种因素，从而更精确地计算功能点数。
应用的难易程度	对于有一定技术背景，熟悉数据处理和系统边界概念的人员来说，相对容易理解。但由于其抽象性，在应用过程中需要对系统的功能有深入的理解，特别是数据在系统中的流动路径。在铁路信息系统这种复杂的业务环境中，需要花费时间来梳理数据的移动情况，不太适合初学者进行规模估算。	相对较为直观，容易理解和掌握。其功能组件与常见的业务功能和数据存储概念相符，便于软件项目的相关人员（如业务分析师、项目经理等）使用。在铁路信息系统的多个子系统中，可以快速识别功能组件并进行初步的规模估算。	由于其复杂度评估的细致性，学习和应用的难度相对较高。需要估算人员对功能点的定义、复杂度评估规则有深入的学习和实践经验。在铁路信息系统中，虽然它可以提供更精确的规模估算，但应用过程中可能会因为规则的复杂性而出现理解和操作上的偏差。
行业适用性	在电信、航天等行业的实时和嵌入式系统中表现出色，因为这些行业注重数据的传输和处理。在铁路行业中，对于信号系统、通信系统等数据流动频繁的子系统有较好的适应性，但对于铁路的业务管理系统（如票务、货运管理等）可能不是最理想的选择。	在企业级信息系统领域的适应性广泛，在铁路行业的多个业务子系统（如票务系统、车辆管理系统、调度系统等）都能有效地应用。它能够很好地处理业务逻辑和数据功能，与铁路信息系统的复杂业务环境相匹配。	在金融、保险等对数据准确性和业务规则复杂程度要求较高的行业应用广泛。在铁路行业中，对于财务核算、设备采购等涉及复杂业务规则和数据处理的系统有较好的应用前景，但在一些相对简单的铁路子系统（如简单的车站广播系统）可能会显得过于复杂。

在功能点分析法中，COSMIC 方法适用于注重数据流动的实时和嵌入式系统；NESMA 方法在企业级信息系统包括铁路的多种业务子系统有良好的适用性，且相对直观易懂；IFPUG 方法在处理复杂业务规则和数据准确性要求高的系统中有优势，但学习和应用难度较大。在铁路信息系统研发费用初评中，需要根据具体的子系统特点和估算要求选择合适的功能点分析方法。常用规模估算方法的比较如表 5 所示。

表 5 常用规模估算方法比较

规模估算方法	功能点法			代码行	用例数
	NESMA	IFBUG	COSMIC		
可重复性	是	是	是	是	是
技术无关性	是	是	是	否	是
早期估算	是	否	否	否	是
简易性	是	否	否	是	是
项目估算	是	是	是	否	是
用户价值	是	是	是	否	是
ISO 标准	是	是	是	否	否
可比性	是	是	是	否	否

综合考虑上述三种方法的优缺点，铁路信息系统规模评估建议采用 NESMA 方法。

3.2 Nesma 功能点法的优势

3.2.1 准确性方面

相比代码行法，Nesma 功能点法不受编程语言和编码风格的影响，能够更准确地反映软件系统的功能规模。例如，对于一个功能相同但用不同编程语言实现的铁路调度软件，Nesma 功能点法可以给出相同的功能点数，而代码行法会因为编程语言的差异而产生不同的估算结果。

与用例点法相比，Nesma 功能点法对功能的量化更加客观。虽然用例点法以用户行为为中心，但用例复杂度的评估主观性较强，而 Nesma 功能点法通过明确的功能组件识别和量化规则，减少了主观因素的影响，提高了规模估算的

准确性。

3.2.2 一致性方面

由于 Nesma 功能点法有统一的计数规则，在不同的项目团队和组织之间更容易达成共识。不同的估算人员只要严格按照 Nesma 规则进行操作，就能够得到相近的功能点计数结果。这对于软件项目的成本估算、进度安排等方面的沟通和协调非常有利，避免了因估算方法不一致而导致的误解和争议。

3.2.3 可重复性方面

在软件项目的不同阶段，如需求分析阶段、设计阶段和开发阶段，只要软件的功能需求没有发生实质性变化，Nesma 功能点法得到的功能点数基本保持一致。这使得它可以在项目的整个生命周期中反复使用，用于跟踪项目规模的变化，及时发现项目风险。例如，在铁路信息系统的升级项目中，可以通过比较升级前后的 Nesma 功能点数，准确地评估项目的规模变化情况。

4 铁路信息系统规模评估案例分析

信息系统总体技术方案是系统开发和实施过程中的关键文档，通常总体技术方案中的功能设计章节会详细对系统功能进行描述。为保证规模估算的有效性和准确性，本文主要依据采购平台系统总体技术方案应用 NESMA 估算法进行规模估算。

4.1 系统功能架构

系统功能架构如图 3 所示。本系统包含集团级和下属公司两级子系统，集团级子系统主要功能包括权属管理、资产处置、综合开发、建设用地、监察管理、综合门户、用地管理 APP 等功能，下属公司子系统主要功能包括下属公司权属管理、下属公司资产处置、下属公司综合开发、下属公司建设用地、下属公司监察管理、下属公司综合门户、下属公司移动 APP。移动终端接入平台、运维管理平台、集中安管平台。

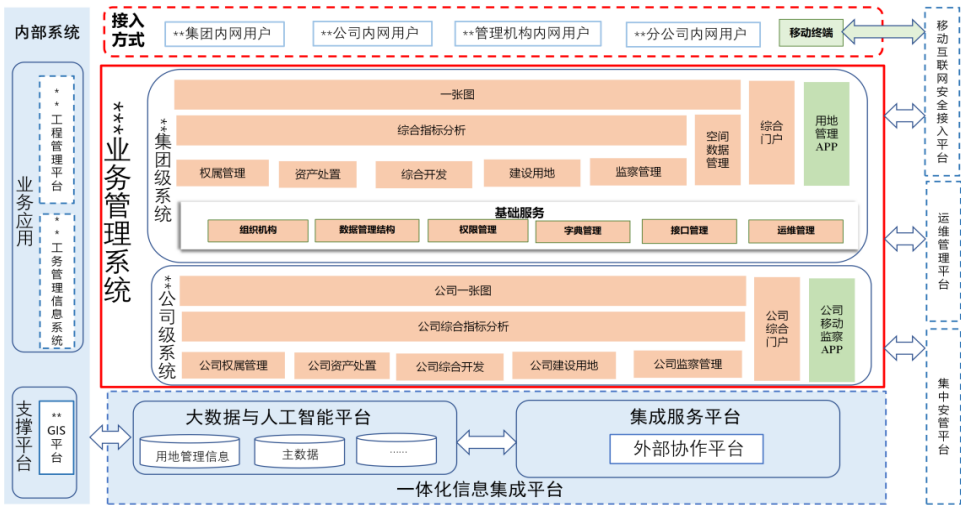


图 3 系统功能架构图

4.2 应用 NESMA 方法估算规模

4.2.1 功能点计算

对集团级资产处置模块进行详细功能点分析，分析过程如下。

以集团级资产处置为例，系统总体技术方案原文描述如下：

集团级资产处置包括首页、资产处置事项管理、资产处置合同、查询统计等功能。

集团级资产处置功能结构如图 4 所示，资产处置模块估算结果如表 6 所示：

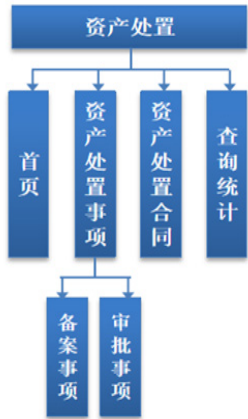


图 4 集团级资产处置功能结构图

表 6 资产处置模块估算结果表

一级模块	功能点计数项名称	类别	UFP
首页	资产处置首页	EO	5
	首页 - 待处理消息提醒	EO	5
	资产处置工作活跃度排名	EO	5
	备案事项按路局统计图表	EO	5
	备案事项拟处置面积统计图表	EO	5
	审批事项按路局统计图表	EO	5
	审批事项拟处置面积统计图表	EO	5
	资产处置事项合同的收入统计图表	EO	5
	资产处置总数量、面积统计图表	EO	5
资产处置事项	资产处置事项信息	ILF	7
	资产处置事项信息查询	EO	5
	资产处置事项信息登记受理	EI	4
	事项调查登记	EI	4
	阶段审批动态管理信息	ILF	7
	阶段审批动态管理	EI	4
	阶段审批动态管理信息查询	EO	5
	上报备案审批	EI	4
	撤回备案审批	EI	4
	备案资产处置事项展示	EO	5
	资产处置事项预审	EI	4

续表 6

一级模块	功能点计数项名称	类别	UFP
资产处置协议	备案资料详情检查	EQ	4
	资产处置协议信息	ILF	7
	协议登记	EI	4
	到款登记	EI	4
查询统计	资产处置事项查询	EO	5
	资产处置事项详情查阅	EQ	4
	备案事项统计	EO	5
	审批事项统计	EO	5
	资产处置收入统计	EO	5

根据表格数据得知该功能未调整的功能点为 141。

参照集团级资产处置模块功能点识别过程，识别系统其他模块功能点，汇总得到系统未调整的功能点总数为 1394。后续需根据调整因子，对系统规模进行调整。

3.2.2 规模调整

(1) 调整后功能点计算。

公式：校准后功能点数 = 未调整功能点数 × 前期投入调整因子。前期投入调整因子如表 7 所示。

表 7 前期投入调整因子

前期投入值	需求变更因子
较少	1.7
较大	1.45
很大	1.25

根据铁路信息化特点因子优化成前期投入调整因子，因为此项目为新建项目，故前期投入很小，因子取值为 1.7。故校准后的功能点数为 1394 × 1.7=2369.80。

(2) 研发成本预估。

公式：研发成本 = 校准后功能点数 * 系统类型调整因子 * 系统构建调整因子 * 技术创新调整因子 * 系统特性调整因子 * 人月单价。系统类型调整因子如表 8 所示，系统构建类型调整因子如表 9 所示，技术创新调整因子如表 10 所示，系统特性调整因子如表 11 所示，此项目系统特性调整因子如表 12 所示。

表 8 系统类型调整因子

系统类型	调整系数
信息支撑平台、基础软件	10.6
管理系统	7.46
生产系统	8.04
安全生产系统	8.04

表 9 系统构建类型调整因子

系统构建类型	调整系数
统型	1.1-1.2
新建	1
完善	0.8-0.9

表 10 技术创新调整因子

技术创新类型	调整系数
无创新	1
有创新	1.25
有重大创新	1.5

系统特性调整因子 = (安全防护要求 + 安全防护等级 + 业务及时性要求 + 应用分级 + 业务复杂度 + 数据交换共享程度 + 活跃用户量 + 数据规模) × 0.025 + 1。

其中,系统特性调整因子 = (-1+0+(-0.5)+0+(-1)+(-1)+0+0) × 0.025 + 1=0.9125。

国铁平均人月单价,每人月按 21.75 人天折算,人天单价取均值 1460 元(根据每年发布数值动态调整)。

研发成本 = 2369.80 * 7.46 * 0.8 * 1 * 0.9125 * 21.75 * 0.1460 = 40981.27 人时。人时折算率为 176。故研发成本折算金额为:研发成本(人时) / 176 = 研发成本(万元), 40981.27 / 176 = 232.84 万元。

表 11 系统特性调整因子

类型	调整因子	判断标准	影响度
重要度	安全防护要求	特殊安全防护要求	1
		内外网应用	0
		内网应用或外网应用	-1
	安全防护等级	安全防护等级一级	1
		安全防护等级二级	0
		安全防护等级三级	-1
	业务即时性要求	核心功能要求毫秒级响应	0.5
		核心功能要求秒级响应	0
		核心功能要求分钟级响应	-0.5
	应用分级	一级系统	0.5
		二级子系统	0
		三级应用	-0.5
复杂度	业务复杂度	项目支撑业务的业务规则复杂,业务流程存在多个分支	1
		项目支撑业务的业务流程单一、稳定	-1
关联度	数据交互共享程度	数据跨 1~3 个领域或平台交互共享	1
		数据不跨领域或平台交互共享	-1
系统规模 (应用规模)	活跃用户量	活跃及并发用户数量很多	0.5
		活跃及并发用户较多	0
		活跃及并发用户一般	-0.5
	数据规模	数据规模很大	0.5
		数据规模较大	0
		数据规模一般	-0.5

表 12 此项目系统特性调整因子

类型	调整因子	判断标准	影响度
重要度	安全防护要求	内网应用或外网应用	-1
	安全防护等级	安全防护等级二级	0
	业务即时性要求	核心功能要求分钟级响应	-0.5
	应用分级	二级子系统	0
复杂度	业务复杂度	项目支撑业务的业务流程单一、稳定	-1
关联度	数据交互共享程度	数据不跨领域或平台交互共享	-1
系统规模(应用规模)	活跃用户量	活跃及并发用户较多	0
	数据规模	数据规模较大	0

5 结论

本文围绕铁路软件研发成本评估方法,重点探讨了 Nesma 功能点法的应用及其优势。通过对 Nesma 功能点法的深入分析,我们发现该方法在铁路软件开发过程中具有显著的实用性和有效性。

研究得出的主要结论包括:

1. 标准化与一致性: Nesma 功能点法提供了一个标准化的计量体系,使得不同项目之间的成本评估更具一致性。这对于铁路行业内多个项目的比较和经验积累具有重要意义。

2. 提高准确性：与传统的成本评估方法相比，Nesma 功能点法能够更准确地反映软件的功能需求，确保研发团队能够基于真实的数据进行成本预测，从而降低预算超支的风险。

3. 适应性强：该方法能够灵活适用于不同规模和复杂度的铁路软件项目，尤其是在面对快速变化的需求时，能够迅速调整评估结果。

4. 促进沟通与协调：通过功能点分析，项目相关方（如开发团队、管理层及客户）能够更加清晰地理解项目的预期成本和资源分配，促进了团队间的有效沟通与协作。

5. 案例验证：在实际案例分析中，Nesma 功能点法的应用验证了其在提高成本评估准确性和项目管理效率方面的有效性，为后续类似项目提供了可借鉴的经验。

综上所述，Nesma 功能点法为铁路软件研发成本评估提供了一种科学、系统的方法论，具有良好的推广价值。未来的研究中，可以考虑将该方法与其他成本评估技术结合，

以进一步提升评估的精准度和实用性。

参考文献

[1] 铁路局.《“十四五”铁路网络安全和信息化规划》[EB/OL]北京：铁路网，2022-5-12.

[2] 铁路局.《“十四五”铁路科技创新规划》[EB/OL]北京：中国政府网，2021-12-14.

[3] 软件工程功能规模测量NESMA方法: SJ/T 11619-2016 [S].北京: 中华人民共和国工业和信息化部,2016.

[4] 软件工程功能规模测量COSMIC方法: SJ/T 11617-2016 [S].北京: 中华人民共和国工业和信息化部,2016.

[5] 软件工程软件开发成本度量规范:GB/T 36964-2018 [S].北京: 中华人民共和国工业和信息化部,2018.

[6] 周涛.NESMA 在银行软件维护型开发工作量评估中的应用[J]. 信息技术与标准化.2024,7

[7] 中国软件行业协会软件造价分会 SSM@institute（SSM研究院）NESMA功能点分析及应用指南[M] 北京：中国质检出版社 中国标准出版社.