

Coad&Yourdon 模型下 CK 度量扩展方法的研究

孙 涌

(苏州大学 计算机科学与技术学院, 江苏 苏州 215006)

摘 要:在对 Coad&Yourdon 模型和 CK 度量进行分析的基础上,提出对 Coad&Yourdon 模型主题层结构进行细化的原则以及相应的扩展 CK 度量模型。探讨了将 CK 度量方法用于对 Coad&Yourdon 模型度量的过程与方法,使 CK 度量的适用范围扩充至面向对象分析(OOA)阶段。最后给出相关实例进行了具体的说明。

关键词:CK 度量;Coad&Yourdon 模型;面向对象分析

中图分类号:TP311.5

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2007)10-0012-04

An Extended CK Metrics Method for Coad&Yourdon Model

SUN Yong

(Computer Science and Technology College, Soochow University, Suzhou 215006, China)

Abstract: Presents the subdivide subject layer principle for Coad&Yourdon and extended CK metrics according to the analysis result to Coad&Yourdon model and basic CK metrics. Then discussed the method how to use CK and extended CK to metric for Coad&Yourdon. The result shows that extended CK metrics to the stage of object-oriented analysis(OOA) for Coad&Yourdon model is suitable. Finally, gives detail examples.

Key words: CK metrics; Coad&Yourdon model; object-oriented analysis

0 引 言

目前各种各样的面向对象软件开发方法不少于60余种,其中 Coad&Yourdon 以其严格的逻辑、严密的步骤、详细的可操作性,给人们一套完整的思想及方法^[1]。其特点是可操作性好,实用性强,便于理解,便于使用。CK 方法最初由 Chidamber 和 Kemerer 于1994年提出,其目的是定义一套设计过程中的面向对象软件度量体系,可以分别对代码长度、类对象大小、复杂性及耦合、继承等方面进行相关计算与度量^[2]。此后,有许多学者对 CK 方法进行了更深入的研究与讨论,主要是针对设计阶段的结果进行度量^[3,4]。

在对 Coad&Yourdon 模型和 CK 方法进行详细分析的基础上,提出对于 Coad&Yourdon 模型,可以将 CK 度量从原来适用于系统设计和程序设计阶段,扩充至可以适用于分析阶段,即在 OOA 阶段可利用 CK 度量对软件项目进行度量;同时,考虑到 Coad&Yourdon 模型 OOA 的层次特点,提出主题层精细结构。针对主题层特点提出了扩展的 CK 度量模

型。给出了利用 CK 度量方法对于 Coad&Yourdon 模型 OOA 度量的一般方法和步骤。

1 CK 度量及 Coad&Yourdon 模型

1.1 CK 度量的原理

CK 度量是最早定义的面向对象软件度量体系之一,也是运用最广泛的面向对象软件度量体系之一。作者提出了6种基于类的设计度量,它们与代码的长度、大小、复杂性和耦合、继承有关。由 Chidamber 和 Kemerer 提出并提炼的面向对象度量总结如下^[5,6]:

(1)每个类的加权方法(Weighted Methods for per Class, WMC):定义为一个类中所有方法的权的总和。

(2)对象类之间的耦合(Coupling Between Object Classes, CBO):当 CBO 增大时,类的可复用性将减弱。CBO 的值越大,修改和为确定何时进行修改的测试越复杂。

(3)继承树的深度(Depth of the Inheritance Tree, DIT):定义为“从结点到树根的最大长度”。一个深的类层次(DIT 值大)也导致更大的设计复杂性。DIT 值越大,说明被复用的方法越多。

(4)子类数(Number of Children, NOC):当 NOC 增大时,父类所表示的抽象不断减弱,有可能某些子女实

收稿日期:2006-12-19

基金项目:2005年度教育部科研重点项目(205059)

作者简介:孙 涌(1958-),男,江苏盐城人,副教授,硕士生导师,研究方向为软件工程、智能信息、科学计算可视化工程中的应用等。

际上不是父类的合适成员。

(5) 对类的响应 (Response for a Class, RFC): 类的响应集是“一组方法, 它们可能会作为该类的某对象接收到的消息的响应而被执行”, RFC 被定义为响应集中方法的数量。

(6) 方法中内聚性的缺乏 (Lack of Cohesion in Methods, LCOM): LCOM 定义为访问一个或多个相同属性的方法的数量。设类 C 有 n 个方法, M_1 到 M_n 。另设 $\{I_{ij}\}$ 是方法 M_i 使用的实例变量。有 n 个这样的集合, 每个对应于 n 个方法中的一个。可以定义集合 P 为集合对 (I_r, I_s) , 表示为: $P = \{(I_r, I_s) \mid I_r \cap I_s = \emptyset\}$, 集合 Q 为集合对 (I_r, I_s) , 表示为: $Q = \{(I_r, I_s) \mid I_r \cap I_s \neq \emptyset\}$ 。如果 $|P| > |Q|$, 则 $LCOM = |P| - |Q|$; 否则, $LCOM = 0$ 。要保持较高的内聚性就应使得 LCOM 的结果尽可能小。

1.2 Coad & Yourdon 模型及主要方法

Coad & Yourdon 将 OOA 分为五个层次, 分别为: 对象-类层、属性层、服务层、结构层以及主题层, 参见图 1 中的黑粗横线部分。按照 Coad & Yourdon 的观点, 应该使 OOA 与 OOD (面向对象设计) 之间能够有很好的延续性。通过对 OOA 模型进行合理的扩充, 就得到 Coad & Yourdon 模型的 OOD 部分。基本考虑是: OOD 所使用的类和对象与 OOA 模型中的相同。然后, 围绕着这些类和对象又加入了一些其它的类和对象, 用来处理与实现有关的活动, 共分为问题论域、人机交互、任务管理、数据管理四个部分。在以往的方法中, 基本上废弃了分析模型, 并以一个新的设计模型重新开始, 而 Coad & Yourdon 的 OOD 方法与以往的方法不同, OOD 体系结构以 OOA 模型为设计模型的雏形。OOD 模型的表示如图 1 所示。可见, OOD 与 OOA 模型在层次上是一致的, 只是在设计上又引进了四个部分。分别为: 问题论域部分、人机交互部分、任务管理

部分和数据管理部分。

由上述对象模型可以看出, Coad & Yourdon 的 OOA 与 OOD 有着很大程度上的重复。同时, OOD 对于 OOA 结果的具有依赖关系和延续关系, 特别是在 OOA 阶段即已经基本完成了对类(对象)的完整描述, 这就为将 CK 度量应用于分析阶段, 提供了可行性。

2 Coad & Yourdon 模型的修正及 CK 度量扩展性研究

2.1 Coad & Yourdon 模型的分析与扩展

进一步对图 1 中的 Coad & Yourdon 模型的分析可以得出以下几点:

- 1) OOA 与 OOD 组成纵横交错的网格。
- 2) 对于采用 Coad & Yourdon 模型的软件产品开发, 工作覆盖度可以依据该网格进行判断。
- 3) OOD 的问题论域与 OOA 有很大重复。
- 4) OOD 的数据管理部分, 主要基于 OOA 的结论。同时, 如果涉及到关系型数据库, 则还要建立类对象到关系表格的映射。
- 5) 人机交互部分主要在 OOD 阶段的可视化类对象为主。当然, 这一部分也可参考 OOA 主题层的思路, 将人机交互划分为多个人机交互主题。

从上述分析可以得出结论:

- a. 可将 CK 度量用于 OOA 阶段;
- b. 可以建立 CK 度量与模型网格的关系表示;
- c. 可以由 OOA 的 CK 结果, 对 OOD 的结果进行预测和估计, 以便评价 OOA 及 OOD 的工作质量。

作为面向对象技术, 构成系统的基本单位是类(对象), 其特点决定了面向对象的结构不可能是分层次的。故在 Coad & Yourdon 模型中采用主题层来进行相应的处理。随着软件规模不断扩大, 主题层也显得整体粒度过大。所以, 提出主题层精细结构原则如下:

- (1) 主题层可进一步划分为 n 个子主题层。
- (2) 子主题层以 7 ± 2 原则作为参考。
- (3) 相同主题层中的子主题层及子主题层中的类(对象)可以相交; 相交的偶合度成为内偶合度。
- (4) 主题层之间及主题层中的类(对象)可以相交, 相交的偶合度称为外偶合度。

2.2 基于主题层的 CK 度量扩展性研究

通过对 Coad & Yourdon 模型的分析, 提出对 CK 度量进行 WMC, DIT, NOC, CBO, RFC 五个度量标准的扩展方法, 并且用 SC (Subject Cohesion, 主题层内聚) 来取代 LCOM。

2.2.1 对 WMC 的扩展

在 Coad & Yourdon 模型中, OOA 的第 5 层为主题

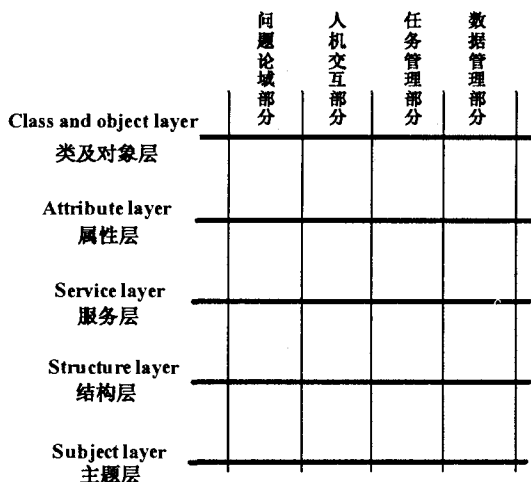


图 1 Coad & Yourdon 模型

层,它由一系列类组成,所以有理由相信各个类的复杂度都会影响到该主题层的复杂度。如果某一主题层中的类都很复杂,那么这一主题层也将会变得难以理解和维护。因此,用 NOM(number of methods)来计算类的复杂度,用 WSC(Weighted of Subject Complex)来表示每一主题层的加权类,定义如下:

$$WSC = \sum NOM(C_i) \quad (1)$$

式中: C_i 表示主题层中第 i 个类。由于 WSC 为非负值之和,所以 WSC 也必为非负值。当主题层中的每个类的 WSC 值为零(即类中没有方法),则 WSC 亦必为零。如果主题层 C 是由两个无重复的主题层 A 和 B 组成的,则存在以下关系: $WSC(C) = WSC(A) + WSC(B)$ 。

假设每一类的复杂度都是同样的,可以定义主题层 K 的复杂度为该主题层的类数 NC (Number of Classes)。

$$NC = m \quad (2)$$

在一个主题层中类的数量不为零,故 NC 的值也大于零。当主题层中没有类时, NC 的值为零。如果主题层 C 是由两个无重复的主题层 A 和 B 组成的,则存在以下关系: $NC(C) = NC(A) + NC(B)$ 。

2.2.2 对 DIT 的扩展

通过 DIT 值可知用来进行一组类的维护需要花费的资源及工作量。对于主题层而言,引入 MAXDIT,以度量主题层中继承树的最大深度。MAXDIT 越大,说明对主题层的维护工作量及资源开销越大。定义如下:

$$MAXDIT = \max\{DIT(C_i)\} \quad (3)$$

如果主题层中不存在继承关系,每个类的 DIT 值为零,MAXDIT 值也为零。如果添加与相关主题层之间的继承关系,不会增加 MAXDIT 的值;如果添加与不相关主题层之间的关联关系,不会减小 MAXDIT 的值。

2.2.3 对 NOC 的扩展

NOC 扩展为主题层中的所有类的子类数,称此度量标准为主题层的子类数(NOCC):

$$NOCC = \sum NC(C_i) \quad (4)$$

NOCC 可以用于指示主题层中的复用性。由于 NOCC 是 NOC 之和,因此它是非负值。主题层中所有类的 NOC 值为零时,NOCC 值为零。同时,NOCC 满足主题层叠加性。

2.2.4 对 CBO 的扩展

将一个主题层的耦合情况定义为与其耦合的外部类数(ENCCS, External Number of Class Cohesion with Subject)。

$$ENCCS = \sum e_i \quad (5)$$

e_i 表示与主题层相耦合的外部类数。ENCCS 用于说明主题层对外部的依赖程度。当合并两个主题层 A 和 B 时,主题层 C 的 ENCCS 值表示如下:

$$ENCCS(C) = ENCCS(A) + ENCCS(B) - (A, B \text{ 之间的关联}) \quad (6)$$

2.2.5 对 RFC 的扩展

主题层中响应所有成员类的方法数和被这些成员类所调用的方法数。所以该值应该为其中所有类的 RFC 值的和。

$$RFCSM = \sum RFC(C_i) \quad (7)$$

由于 RFC 是非负值,所以 RFCSM 也是非负值。

2.2.6 主题层内聚度量

这里引入一个主题层相关度量值(SRCM, Subject Relationship Cohesion Metrics)内聚度量对主题层内聚度进行度量。

$$SRCM = \sum \sum h(C_i, C_j) / m(m-1) \quad (8)$$

这里 $h(C_i, C_j) = \begin{cases} 1 & \text{当 } C_i \text{ 和 } C_j \text{ 相耦合} \\ 0 & \text{其他情况} \end{cases}$

因为 SRCM 是一个类与之相耦合的内部类的数量和,所以它一定是非负值。当在该主题层中所有的类都互相耦合时,其为最大值 1。而当主题层中所有的类相互之间都不存在耦合时,最小值零。当添加主题层内部关系时, SRCM 值不会减少,它有可能保持不变或者增加。当两个不相关的主题层合并时, SRCM 值也不会增加。

3 CK 度量对 Coad & Yourdon 模型应用研究

将上述对扩展 CK 的讨论以及 OOA 主题层的精化用于 Coad & Yourdon 模型度量。分两步进行:首先,利用基本 CK 度量,对于 OOA 前四层进行度量;然后,利用扩展的 CK 对于主题层进行二次度量。本节通过两个实例分别说明基本 CK 度量对于 OOA 进行度量和利用扩展 CK 对于主题层进行度量。

CK 度量的方法在 Coad & Yourdon 模型中向前扩充至 OOA 阶段,六项指标分别与模型的五个层次的对对应关系如表 1 所示。

表 1 CK 度量与 Coad & Yourdon OOA 五层模型之间的关系

| | WMC | DIT | NOC | CBO | RFC | LCOM |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 对象(类)层 | √ | | | | | |
| 属性—关联层 | | | | √ | | |
| 服务—消息层 | √ | | | √ | √ | |
| 结构层 | | √ | √ | | | |
| 主题层 | | | | | | |

由表 1 可见,除主题层之外,CK 度量对于 Coad & Yourdon 模型下的度量是合适与可行的。Your-

don 给出的电梯模型为例,如图 2 所示,表示电梯控制主题层的 OOA 结果。

图 2 只是给出电梯系统的控制主题层。从图中可以看出,在 OOA 阶段中得出六个类对象,由 CK 度量得出的各项结果如表 2 所示,由扩展 CK 度量应用于电梯问题控制主题层的计算结果如表 3 所示。

表 2 CK 度量对于电梯问题控制主题层的计算结果

| | ELEVATOR EVENT | ARRIVAL EVENT | SUMMONS EVENT | FLOOR | DESTINATION EVENT | SUMMONS PANAL |
|------|-------------------|------------------|------------------|-------|----------------------|------------------|
| WMC | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 |
| NOC | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DIT | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| RFC | | | | | | |
| CBO | 3 | 3 | 4 | 2 | 3 | 2 |
| CLOM | | | | | | |

表 3 基于主题层的扩展 CK 度量应用于电梯问题控制主题层的计算结果

| 主题层名称 | 扩展 CK 度量结果 | | | | | | |
|-------|------------|----|--------|------|-------|-------|------|
| | WSC | NC | MAXDIT | NOCC | ENCCS | RFCSM | SRCM |
| 用户主题层 | 7 | 6 | 1 | 3 | 0 | 7 | 5/30 |

4 分析与结论

当 WSC 值很大时,说明主题层中类的方法很多,因此这样的主题层常使得开发者在理解主题层功能上

产生困难。当 NC 值比较大时,说明主题层中类的个数比较多,这样的主题层也会使得开发者在理解主题层功能上产生困难。当 MAXDIT 值很大时,说明主题层中类的继承层数很多。这种关于类行为的不确定性会带来许多潜在的危机。当 NOCC 值越大,主题层中类的孩子数越多,表明测试和维护时的工作量越大。当 ENCCS 值很大时,说明该主题层的外部耦合类越多。类与类之间的依赖关系越多,开发者对继承类的功能的理解就越困难。当 RFCSM 值很大时,说明该主题层响应集中方法的数量很大。当 RFC 增大时,测试序列增加,所以测试所需的工作量也增大,主题层的整体设计复杂性增加。当 SRCM 值很大时,表明最好将该类分解为两个或更多的独立类,这增加了主题层设计的复杂性。通常总希望保持高内聚性,所以 SRCM 值应当保持较低值,这样的主题层才能具有较高的内聚性。

文中详细对 CK 度量方法的扩充进行研究与讨论,得到比较满意的结果。还有一些非常有价值的研究可以进行,例如:引入预测因子,对于软件产品的最终结果进行预测,以及如何对于 OOA 阶段的工作进行评价等。

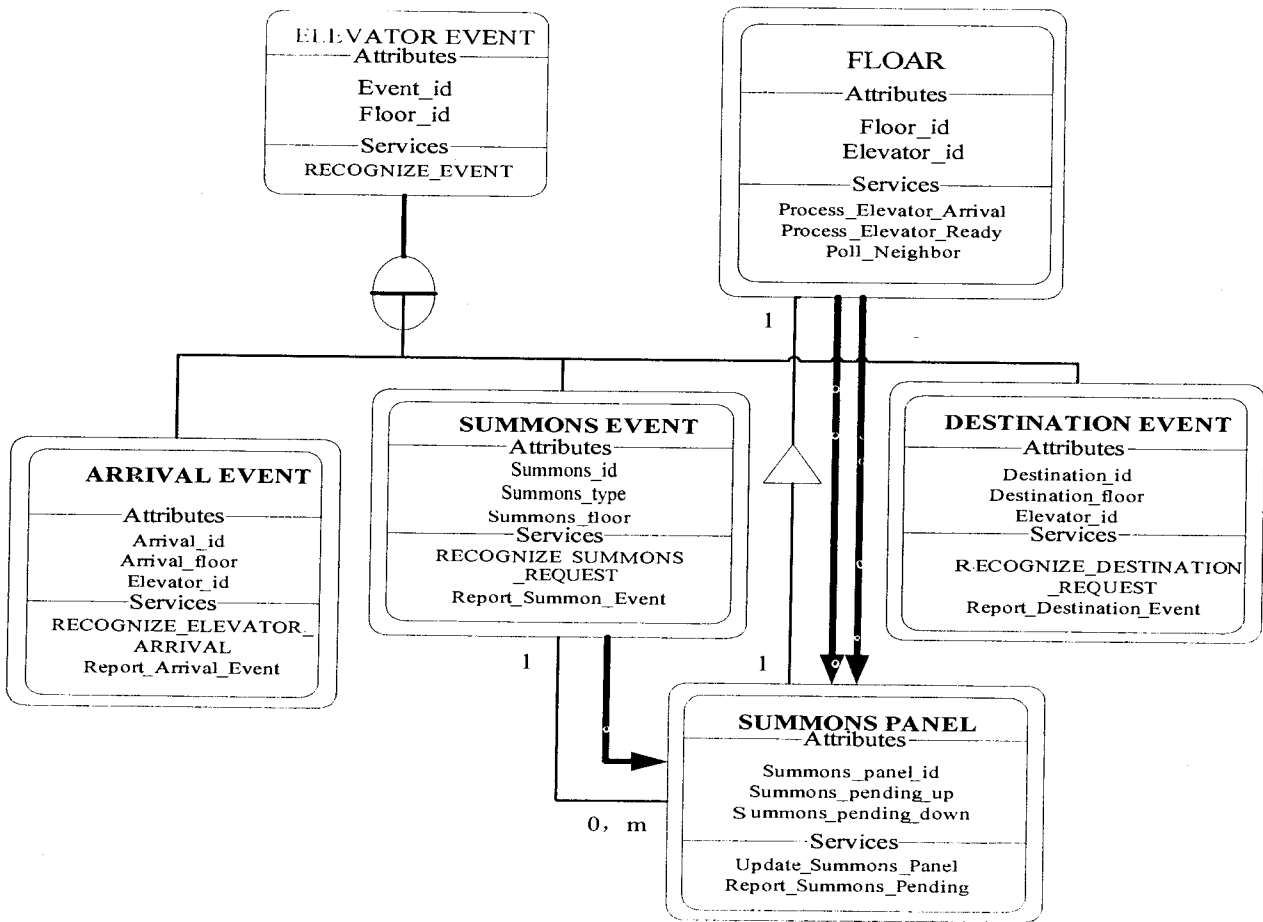


图 2 Coad&Yourdon 符号表示下的电梯控制系统的控制主题层

(下转第 19 页)

为 P_3 的调整点。在实际处理中为了提高处理速度,利用 P_3 到 P_2P_4 中点的距离来取代 P_3 到 P_2P_4 直线的距离。经过这一简单的处理,单层轮廓取得了明显的改善。

在对离散点优化处理之后,再将各层的离散数据插值为封闭轮廓,继而填充为黑白二值图以备后期的重建工作。

4 实验结果

文中所采用的原始数据是从中国数字人男 1 号人体切片中提取的胃部器官离散轮廓,采用的三维重建算法是 Marching Cubes 算法。通过该算法对处理后的二维断层数据集进行三维重建可以看出效果有了明显的改进。如图 6 所示。

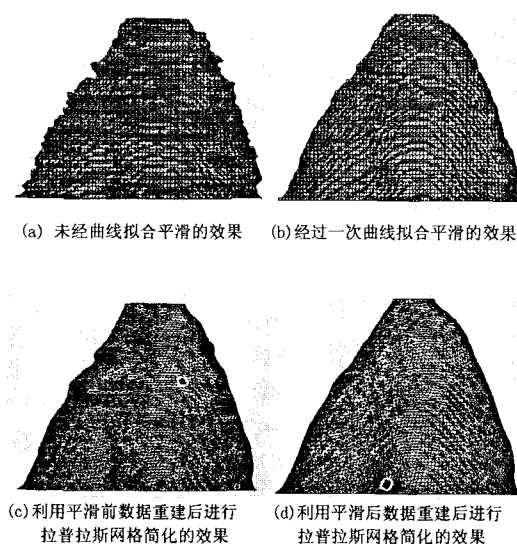


图 6 胃部 50 层轮廓数据三维重建效果

5 结论与展望

文中提出了一种对二维断层轮廓数据进行平滑预

处理的算法,结果显示,利用处理后的数据进行三维重建可以得到更为理想的效果,减少了重建后表面层与层之间的锯齿现象。并且,文中提出的算法在操作过程中具有良好的通用性和灵活性,可应用于人体器官重建以外的其他领域。

由于文中所用的控制点采样方法通过旋转平面实现,具有一定的局限性,对于一些凹凸幅度巨大的轮廓数据处理不是非常明显。因此,下一步工作是进一步改进型值点的采样方法,增加该算法的适用领域。同时需要对空间平滑做进一步的研究探索,以改进现在的 B 样条曲线拟合平滑。

参考文献:

- [1] 王宗彦,梁远蕾,李奇敏,等. 断层数据三维重构技术的研究进展[J]. 工程图学学报,2002(1):125-130.
- [2] 秦开怀. B 样条曲线升阶经典算法中的问题及其解决办法[J]. 清华大学学报:自然科学版,1997,37(4):4-6.
- [3] 潘日晶,潘日红,姚志强. B 样条曲线同时插入多个节点的快速算法[J]. 小型微型计算机系统,2003,24(12):2295-2298.
- [4] Franke R, Nielson G M. Scattered Data Interpolation and Applications: A Tutorial and Survey [C]//Hagen H, Roller D, eds. Geometric Modelling: Methods and Their Application. Berlin: Springer-Verlag, 1991:131-160.
- [5] Lee Seungyong, Wolberg G, Shin Sung Yong. Scattered Data Interpolation with Multilevel B-Splines[J]. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 1997, 3(3): 228-244.
- [6] Arge E, Hlen M D, Tveito A. Approximation of Scattered Data Using Smooth Grid Functions[J]. J Computational and Applied Math, 1995, 59:191-205.
- [7] Goldenthal R, Bercovier M. Spline curve approximation and design by optimal control over the knots[J]. Computing, 2004, 72:53-64.

(上接第 15 页)

参考文献:

- [1] Yourdon E, Argila C. 实用面向对象软件工程教程[M]. 殷人昆,田金兰,马晓勤,译. 北京:电子工业出版社,1998.
- [2] Chidamber S R, Kemerer C F. A Metrics Suite for Object Oriented Design[J]. IEEE Transactions on Software Engineering, 1994, 20(6):476-493.
- [3] Chidamber S R, Kemerer C F. Towards a metrics suite for object-oriented design[C]//Proceedings of 6th ACM Conference on Object Oriented Programming, Systems, Languages and Applications (OOPLSLA). Phoenix, AZ: [s. n.], 1991: 197-211.
- [4] Pfleeger S L. 软件工程理论与实践[M]. 吴丹等译. 北京:清华大学出版社,2003:256-261.
- [5] Vernazza T, Granatella G, Succis G, et al. Defining metrics for software components [EB/OL]. 2000. www.unibz.it/web4/archiv/objects/pdf/cslibrary.
- [6] Fenton N E, Pfleeger S L. 软件度量[M]. 杨海燕等译. 北京:机械工业出版社,2004.