

(Университет им. Сулеймана Демиреля, Каскелен, Республика Казахстан)

ПРИМЕНЕНИЕ ИЕРАРХИЧЕСКИХ МОРФИЗМОВ ДЛЯ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ПРОГРАММ

Аннотация. Статья посвящена применению алгебраической теории категорий к анализу качества программного обеспечения. Для математического представления качества вводится категория качества и функтор в метрическое пространство.

Ключевые слова: категория качества, качество программного обеспечения, категория метрик.

Кілт сөздер: сапасы категориясы, прогаммалардың сапасы, метрикалардың категориясы.

Keywords: quality category, software quality, metrics category.

Качество программного обеспечения – это способность программного продукта к удовлетворению установленных или предполагаемых потребностей при использовании в заданных условиях. Мы предлагаем методику оценки качества программных средств, базирующуюся на использовании категории качества и метрик программ.

В данной статье мы анализируем отсутствие классов-данных и классов-монстров, что является одним из показателей качества программного обеспечения. В частности мы используем соответствующую модель UML и на ранней стадии определяем отсутствие классов-данных и классов-монстров с помощью теории категорий.

Отсутствие классов-данных и классов-монстров мы определяем с помощью метрик:

1) метрики классов-данных: WOCF, WOCM, WOC, NOPA, NOA, NOP, MC, WMC

2) метрики классов-монстров: WMC, ATFD, QP, NM, TCC.

Ниже описываются данные метрики.

Модель качества определяется с помощью теории категорий. Категория качества Q используется для представления понятия качества ПС и состоит из объектов $Ob(Q)$ и морфизмов $Mor(Q)$.

Объекты категории образуют множество $Ob(Q) = \bigcup_{i=0}^n Q_i$ -множество объектов, соответствующих

характеристикам качества и принципам проектирования i -го уровня иерархии модели, k_i – число элементов множества Q_i . Морфизмы категории задают иерархические связи элементов качества

$Mor(Q) = \{ \xi_{a,b}^{i,j} \} = Mor_{st}(Q) \cup Mor_{di}(Q) \cup Mor_{sl}(Q)$, где $Mor_{st}(Q)$, $Mor_{di}(Q)$ и $Mor_{sl}(Q)$ -множества

соответственно строгих, нестрогих иерархических и одноуровневых морфизмов. В качестве конкретной задачи главной оцениваемой характеристикой качества будет является „удобство сопровождения“ ПС. Согласно стандарту ISO/IEC 25 000

эта характеристика зависит от подхарактеристик „удобство проверки“, „стабильность“, „удобство внесения изменений“, „анализируемость“ и „соответствие стандартам сопровождения“. Декомпозируем подхарактеристики качества на ряд принципов проектирования применительно к объектно-ориентированному стилю. Это принципы „высокое сцепление“, „низкая связность“, „отсутствие классов-данных“ (классов, содержащих большое количество данных-членов в сравнении с функциями-членами) и „отсутствие классов-монстров“ (больших и сложных классов, мало зависящих от остальных классов).

Категория метрик MS имеет в качестве объектов базовые M_b и производные M_d метрические пространства, а в качестве морфизмов - операторы комплексирования A^c , служащие для описания зависимости между производными и базовыми метриками. Модель метрик генерируется путем применения функтора (т.е. отображения категорий, сохраняющего их структуру [2]) из модели качества. Функтор $QM: Q \rightarrow MS$ является контравариантным одноместным функтором, отображающим объекты категории качества на метрические пространства категории измерений

$QM(Ob(Q)) = Ob(MS)$, а морфизмы категории качества - на морфизмы категории измерений, которые представляют собой операторы комплексирования над метрическими пространствами $QM(Mor(Q)) = Mor(MS)$.

Введем следующие обозначения:

Внутреннее и внешнее качество = q_1^0

Удобство сопровождения = q_1^1

Удобство проверки = q_1^2

Стабильность = q_2^2

Удобство внесения изменений = q_3^2

Анализируемость = q_4^2

Высокое сцепление = q_1^3

Низкая связность = q_2^3

Отсутствие классов-данных = q_3^3

Отсутствие классов-монстров = q_4^3

Морфизмы

$\xi_{1,1}^{0,1}: q_1^0 \rightarrow q_1^1$

$\xi_{1,1}^{1,2}: q_1^1 \rightarrow q_1^2$

$\xi_{1,2}^{1,2}: q_1^1 \rightarrow q_2^2$

$\xi_{1,3}^{1,2}: q_1^1 \rightarrow q_3^2$

$\xi_{1,4}^{1,2}: q_1^1 \rightarrow q_4^2$

$\xi_{1,1}^{2,3}: q_1^2 \rightarrow q_1^3$

$\xi_{1,2}^{2,3}: q_1^2 \rightarrow q_2^3$

$\xi_{2,1}^{2,3}: q_2^2 \rightarrow q_1^3$

$\xi_{2,2}^{2,3}: q_2^2 \rightarrow q_2^3$

$\xi_{3,3}^{2,3}: q_3^2 \rightarrow q_3^3$

$\xi_{3,4}^{2,3}: q_3^2 \rightarrow q_4^3$

$\xi_{4,3}^{2,3}: q_4^2 \rightarrow q_3^3$

$\xi_{4,4}^{2,3}: q_4^2 \rightarrow q_4^3$

Поиск базовых метрик и определение производных метрик.

Процесс подбора метрик заключается в формировании измерительного базиса из производных и базовых метрик, необходимого и достаточного для обеспечения полноты оценки всех элементов модели качества ПС. Процесс подбора метрик основывается на существующих стандартах, мнениях экспертов и положительных примерах управления качеством ПС. Выберем для оценки качества ПС следующие метрики, определенные в работе [1]:

- метрики связности: NR, NBR, NABR, NAR, NRA;
- метрики сцепления: LCOM, PP, QP, NMWA;
- метрики классов-данных: WOCF, WOCM, WOC, NOPA, NOA, NOP, MC, WMC;
- метрики классов-монстров: WMC, ATFD, QP, NM, TCC.

Для моделирования программных сущностей используются ориентированные помеченные типизированные графы. Пусть $T = (VT, ET)$ – пара непересекающихся конечных множеств предопределенных типов вершин и ребер; (L, A) – помеченный T -типизированный граф G , который является двойкой $(g, type)$, такой что g – (L, A) -помеченный граф и $type = (vt : V \rightarrow VT, et : E \rightarrow ET)$ – пара функций, связывающих соответственно с каждой вершиной и ребром их типы. Множество $VG = \{C, F, O, G, L\}$ всех возможных типов вершин служит для представления соответственно класса (C), открытого поля (F), метода (O), открытых методов доступа или модификации поля (G), оператора цикла (L). Отношения между программными сущностями представляются с помощью ребер.

Опишем множество $EG = \{i, u, o, t, a, b\}$ всех возможных типов ребер

$i : C \rightarrow C$ Использование абстрактного предка класса

$u : C \rightarrow C$ Использование класса

$o : F \rightarrow C$ Принадлежность поля классу

$o : M \rightarrow C$ Принадлежность метода классу

$o : G \rightarrow C$ Принадлежность открытых методов доступа или модификации поля классу

$t : F \rightarrow C$ Классовый тип поля

$a : O \rightarrow F$ Доступ к полю из метода

$a : G \rightarrow F$ Доступ к полю из открытых методов доступа или модификации поля

$b : L \rightarrow O$ Принадлежность оператора цикла методу

$b : L \rightarrow L$ Вложенность операторов циклов

На этом этапе на основе графовой модели ПС определяются формулы для расчета базовых и производных метрик. Обозначим как m_j^{bi} и m_j^{di} соответственно базовые и производные метрики, заданные на пространствах M_j^{bi} и M_j^{di} .

Формулы для расчета метрик уровня класса приведены ниже, где v – идентификатор вершины, соответствующей оцениваемому классу;

$$OV_G(v) = \{s(e) : e \in \{E_G : t(e) = v\}\};$$

$$IV_G(v) = \{t(e) : e \in \{E_G : t(e) = v\}\};$$

$$ivec(v, t, r) = \{t(e) : e \in IV_G(v) \wedge vt(s(e)) = t \wedge et(e) = r\};$$

$$ivc(v, t) = \{s(e) \in IV_G(v) : vt(s(e)) = t\};$$

$$ipath(v, t, r) = \{t(e) : e \in IV_G^n(v) \wedge vt(s(e)) = t \wedge et(e) = r\}$$

Преобразованные таким способом метрики уровня классов образуют метрические пространства уровня системы, на основе которых формируются новые производные пространства для расчета остальных высокоуровневых метрик ПС.

$$m_j^{di} = \sum_{l=1}^n m_j^{d_l}(v(l)) / n, \text{ где } n - \text{ количество классов.}$$

Формулы для базовых метрик

$$\text{WOCF: } m_7^{b5} = ivc(v, M) - ivc(v, G)$$

$$\text{WOCM: } m_8^{b5} = ivc(v, M)$$

$$\text{WOC: } m_4^{d4} = 1 - \frac{ivc(v, G)}{ivc(v, M)}$$

$$\text{NOPA: } m_9^{b5} = ivc(v, F)$$

$$\text{NOA: } m_{10}^{b5} = ivc(v, G)$$

$$\text{NOP: } m_5^{d4} = ivc(v, F) + ivc(v, G)$$

$$\text{MC: } m_{11}^{b5} = \max(ipath(m, L, b))$$

$$\text{WMC: } m_6^{d4} = \sum_{m \in \{s(e) \in IV_G(v) : vt(s(e)) = M\}} \max(ipath(m, L, b))$$

$$\text{ATFD: } m_{12}^{b5} = \sum_{m \in \{s(e) \in IV_G(v) : vt(s(e)) = M\}} |\{OV_G(m)\} / \{IV_G(v)\}|$$

$$\text{QP: } m_2^{b5} = \sum_{f \in \{s(e) \in IV_G(v) : vt(s(e)) = F\}} \frac{ivec(f, m, a)!}{2!(ivec(f, m, a) - 2)!}$$

$$\text{NM: } m_{13}^{b5} = ivc(v, M)$$

$$\text{TCC: } m_7^{d4} = \frac{m_2^{b5}}{m_{13}^{b5}}$$

Операторы комплексирования над метрическими пространствами

Метрика(Внутреннее и внешнее качество) = M_1^{d0}

Метрика(Удобство сопровождения) = M_1^{d1}

Метрика(Удобство проверки) = M_1^{d2}
 Метрика(Стабильность) = M_2^{d2}
 Метрика(Удобство внесения изменений) = M_3^{d2}
 Метрика(Анализируемость) = M_4^{d2}

Метрика(Высокое сцепление) = M_1^{d3}
 Метрика(Низкая связность) = M_2^{d3}
 Метрика(Отсутствие классов-данных) = M_3^{d3}
 Метрика(Отсутствие классов-монстров) = M_4^{d3}

Операторы комплексирования над метрическими пространствами:

$$A_{1,1}^{0,1} : M_1^{d1} \rightarrow M_1^{d0}$$

$$A_{1,1}^{1,2} : M_1^{d2} \rightarrow M_1^{d1}$$

$$A_{1,2}^{1,2} : M_2^{d2} \rightarrow M_1^{d1}$$

$$A_{1,3}^{1,2} : M_3^{d2} \rightarrow M_1^{d1}$$

$$A_{1,4}^{1,2} : M_4^{d2} \rightarrow M_1^{d1}$$

$$A_{1,1}^{2,3} : M_1^{d3} \rightarrow M_1^{d2}$$

$$A_{2,1}^{2,3} : M_2^{d3} \rightarrow M_1^{d2}$$

$$A_{2,2}^{2,3} : M_2^{d3} \rightarrow M_2^{d2}$$

$$A_{1,3}^{2,3} : M_1^{d3} \rightarrow M_3^{d2}$$

$$A_{3,3}^{2,3} : M_3^{d3} \rightarrow M_3^{d2}$$

$$A_{3,4}^{2,3} : M_3^{d3} \rightarrow M_4^{d2}$$

$$A_{4,4}^{2,3} : M_4^{d3} \rightarrow M_4^{d2}$$

$$A_{4,3}^{2,3} : M_4^{d3} \rightarrow M_3^{d2}$$

Теорема 1. Отсутствие классов-данных и отсутствие классов-монстров вычисляются по формулам

$$m_3^{d3} = \frac{m_4^{d4} + m_5^{d4} + 2m_6^{d4}}{4} \text{ и } m_4^{d3} = \frac{2m_6^{d4} + 2m_{12}^{b5} + m_7^{d4}}{5} \text{ соответственно.}$$

Доказательство: Рассмотрим функторы из базовых метрик в производные метрики.

Кроме того, рассмотрим операторы комплексирования:

$$A_{4,7}^{4,5} : M_7^{b5} \rightarrow M_4^{d4}$$

$$A_{4,8}^{4,5} : M_8^{b5} \rightarrow M_4^{d4}$$

$$A_{5,9}^{4,5} : M_9^{b5} \rightarrow M_5^{d4}$$

$$A_{5,10}^{4,5} : M_{10}^{b5} \rightarrow M_5^{d4}$$

$$A_{6,11}^{4,5} : M_{11}^{b5} \rightarrow M_6^{d4}$$

$$A_{7,13}^{4,5} : M_{13}^{b5} \rightarrow M_7^{d4}$$

$$A_{4,12}^{3,5} : M_{12}^{b5} \rightarrow M_4^{d3}$$

$$A_{7,14}^{4,5} : M_{14}^{b5} \rightarrow M_7^{d4}$$

$$A_{4,6}^{3,4} : M_6^{d4} \rightarrow M_4^{d3}$$

$$A_{4,7}^{3,4} : M_7^{d4} \rightarrow M_4^{d3}$$

$$A_{3,5}^{3,4} : M_5^{d4} \rightarrow M_3^{d3}$$

$$A_{3,6}^{3,4} : M_6^{d4} \rightarrow M_3^{d3}$$

$$A_{4,12}^{3,5} : M_{12}^{b5} \rightarrow M_4^{d3}$$

Учитывая композитность метрик, получаем данные формулы.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Lore M., Kidd J. Object-Oriented Software Metrics. – N.Y.: Prentice Hall, 1994.
- 2 Леоненков А. В. Самоучитель UML. – М.: BHV, 2006.
- 3 И. Букур, А. Деляну. Введение в теорию категорий и функторов. – М., Мир, 1972.

REFERENCES

- 1 Lore M., Kidd J. Object-Oriented Software Metrics. – N.Y.: Prentice Hall, 1994.
- 2 Leonenkov A. V. Samouchitel' UML. – M.: BHV, 2006.
- 3 I. Bukur, A. Deljanu. Vvedenie v teoriiu kategorij i funktorov. – M., Mir, 1972.

Резюме

К. М. Түленбаев, А. Қалиева, Сейдахмет Сұлтанәлі

(Сүлеймен Демирел атындағы университет, Қаскелен, Алматы, Қазақстан Республикасы)

ИЕРАРХИҚАЛЫҚ МОРФИЗМДАРДЫҢ ПРОГРАММАЛАРДЫҢ ЗЕРТЕУІНДЕ ПАЙДАЛАНУ

Мақала иерархикалық морфизмдардың программалардың зертеуінде пайдалануға арналған Математикалық зертеуе біз сапасы категориясың мен метрикалық функторды пайдаланамыз.

Кілт сөздер: сапасы категориясы, программалардың сапасы, метрикалардың категориясы.

Summary

K. M. Tulenbayev, A. Kalieva, Seidakhmet Sultanali

(Suleyman Demirel University, Kaskelen, Republic of Kazakhstan)

APPLICATION OF HIERARCHICAL MORPHISMS TO ANALYSIS OF SOFTWARE QUALITY

The article focuses on the application of the algebraic theory of categories to the analysis of software quality. For the mathematical representation we introduce quality category and functor in the metric space.

Keywords: quality category, software quality, metrics category.

Түленбаев К.М., Қалиева А., Сұлтанәлі Сейдахмет. Иерархикалық морфизмдардың программалардың зертеуінде пайдалану.

Түленбаев К.М., Қалиева А., Сұлтанәлі Сейдахмет. Применение иерархических морфизмов для анализа качества программ.

Tulenbayev K.M., Kalieva A., Sultanali Seidakhmet. Application of hierarchical morphisms to analysis of software quality