

# ПОДХОД ЗА ОЦЕНКА НА КАЧЕСТВОТО НА СОФТУЕРНАТА АРХИТЕКТУРА

Мартин Иванов <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Нов Български Университет – София, e-mail: [martinivanov@abv.bg](mailto:martinivanov@abv.bg)

*Резюме:* Реализацията на правилно избрана архитектура на софтуерния продукт е от съществено значение за качеството на функционирането му. В доклада се предлага подход за количествена оценка на качеството на софтуерната архитектура чрез степента на функционалност на създавания софтуерен продукт. За целта се използва структурен модел, свързващ компонентите на софтуерната архитектура в граф на архитектурните зависимости. Метриките, които се изчисляват за остойностяване на качеството на софтуерната архитектура, се определят по експертен път и могат да бъдат представени както чрез конкретни числа, така и чрез размити величини.

*Ключови думи:* софтуерна архитектура, качество на софтуера, софтуерно инженерство

## 1. Въведение.

Качествените характеристики на един софтуерен продукт (СП) силно зависят от неговата архитектура. Софтуерната архитектура (СА) на една програма или програмна система се определя в специализираните изследвания [7] като „структурата или структурите на системата, които включват софтуерни елементи, видимата страна на интерфейсите между компонентите и връзките между тях”. Изграждането на СА е сложен и отговорен процес на сравнение и подбор на структурни решения, изпълняван при зададени технически и операционни изисквания, ефективно реализира общите атрибути на качеството съгласно приетите модели и стандарти за оценяване. Икономически целесъобразно е прещенката на степента, в която СП удовлетворява поставените функционални изисквания, да се извършва още в ранните етапи на неговия жизнен цикъл. Това прави задачата за оценяването на качеството на СА една от важните постоянни задачи в процеса на разработване на софтуер.

Настоящата работа представя един подход за анализ и остойностяване на степента на функционалност на СА, предназначен за съпоставяне и подбор на целесъобразни архитектурни решения. Подходът се основава на принципите на стандарта ISO 9126 и включва средства и методи като: изследване и оценяване на СА базирани на система от сценарии, представяне на архитектурното решение чрез граф на архитектурните зависимости между софтуерните компоненти, наличие на

възможност за оценка на качеството на компонентите и на цялостното архитектурно решение както чрез конкретни числа, така и чрез размити стойности.

## 2. Принципи и особености при оценка на качеството на СА.

Качеството на СА се определя въз основа на основните принципи и модели за оценка на качеството на софтуерните продукти [10]: (1) Оценката на качеството на СА не е еднозначна. Тя има много аспекти и следва да бъде възприемана от раличните гледни точки на участниците в създаването, използването и поддържането на софтуерния продукт, поради което не може да бъде обхваната в прост модел. (2) СА може да бъде оценена както по отношение на степента, в която разработваната система удовлетворява специфицираните изисквания на проекта, така и по отношение на степента на удовлетвореност на крайния потребител от продукта. (3) Изискванията към СА често са слабо определени (предимно вербално) и неясно формулирани. (4) Количествени измервания, свързани с качеството на СА не могат да бъдат извършени директно и остойностяването им става по експертен път (чрез експертна процедура) и др.

В специализираните изследвания са отбелязани следните разновидности на подхода за оценяване на качеството на СА:

- анализ и оценка на СА, базирани на употребата на сценарии – много от изследванията в областта на качеството на СА се ориентират към този подход ([8], [9] и др).

Сценарият описва специфично взаимодействие на потребителя или специалиста със софтуерната система (изпълнението на типична задача), което може да включва участието както на софтуерни, така и на хардуерни компоненти. Сценариите изразяват конкретния смисъл на изискванията, поставени към системата и се разработват въз основа на т.нар. "use cases" (казуси или примери за употреба). Сценариите се групират в „профили на използване“ според поставената цел на анализа (респ. оценявания критерий на качеството). В процеса на оценяването на сценариите в един и същи профил могат да бъдат приписани тегла (приоритети), съответстващи на значимостта им по отношение на оценявания критерий. Разработването и използването на сценарии е итеративен процес и продължава докато се постигне желаното покриване на функционалностите на изследваната софтуерна система [9]. Сценариите са добро средство за представяне на индивидуалните интерпретации на качеството на софтуера в обобщена форма.

- **симулационен подход** - изисква създаването на абстрактен архитектурен прототип на софтуерната система. Оценяването на качеството на СА на системата също се извършва чрез проиграването на профили от сценарии и наблюдение на поведението на симулационния модел.

- **математическо моделиране** - съставяне на модел и оценяване на СА чрез употреба на формални категории и математически апарат. Този подход се счита за по-прецизен, но е сравнително сложен и по-трудно приложим.

Представеният в настоящата работа подход се основава на използването на система (профил) от сценарии и на моделирането на СА чрез ориентиран граф, взаимодействието между елементите на който се остойностява чрез конкретни числа или размити величини.

### 3. Модел на качеството на СА.

В основата на разглеждания подход е модел на качеството на СА, който използва някои известни научни резултати ([8], [9]), като ги допълва с модел за формално представяне на СА и за оценка на архитектурните компоненти и тяхната свързаност. Моделът включва следните основни компоненти:

- **критерий за оценка на качеството** – за такъв критерий е избран факторът „функцио-

налност” (*functionality*) съгласно модела на качеството, посочен в стандарта ISO 9126. Приема се, че критерият представлява количествена апроксимация на степента на съответствие на реализираните функционалности спрямо изискванията на заданието за разработка;

- **система от метрики** – системата от метрики, използвани в модела, е ориентирана към остойностяване на качеството на изпълнение на базовите сценарии, като се отчита качеството на функциониране на елементите на архитектурната структура, които участват в изпълнението на сценария. Метриците на елементите се получават въз основа на експертен анализ на елементите на СА. Общата метрика на качеството на СА се получава чрез обобщаващ алгоритъм, посочен по-долу.

- **формален модел на софтуерната архитектура** – отразяващ функционалните връзки между компонентите на СА и даващ основата за остойностяване на функционалното качество на отделните компоненти и на съвместното им функциониране;

- **система от сценарии**, образуващи т.нар. "профил на използване". Профилът отразява специфичен начин на употреба на СП (специфична група потребители, специфична задача и т.н.) и се съставя въз основа на use cases.

### 4. Представяне на СА.

Начинът на описание на СА е от съществено значение за построяване на модела за оценяването и. За целите на модела СА се представя като свързан ориентиран граф  $G = \{C, R\}$ , наречен „граф на архитектурните зависимости” (*architectural dependence graph - ADG*). Върховете на графа  $c_i$  ( $c_i \in C$ ) съответстват на компонентите на СА, ориентираните дъги  $r_{ij}(c_i, c_j)$  проследяват интерфейсите между компонентите в смисъла на релацията  $R = \{r_{ij} = (c_i, c_j)\}$ , „функционирането на компонент  $c_j$  е условие за функционирането на компонент  $c_i$ ”,  $c_i \in C, c_j \in C$ . Върховете  $c_j$  на  $G$  (компонентите на СА) получават тегла  $q_i$ , съответстващи на експертно остойностеното качество на тяхното функциониране. (съгласно методиката в [1]).

За върховете на графа (компонентите)  $c_i$  се дефинират „множества на потомците  $Desc(c_i) = \{c_j \mid (c_i, c_j) \in R\}$ .

### 5. Определяне на теглата в графа на архитектурните зависимости.

Теглата  $q_i$  на върховете на графа изразяват оценките на качеството (функционалността) на компонентите. Поради особеностите на софтуерното производство качеството на компонентите на СА трудно може да бъде остойностено чрез непосредствено измерване. Съществуват различни метрики, представящи количествените („обемни“) характеристики на софтуера [10], но като цяло практическата им употреба не е разпространена. Тя е свързана с известни технически затруднения и не дава особено убедителни резултати. Използването на статистически методи за тази задача също не винаги е удачно. Целесъобразен подход за определяне на  $q_i$  предлагат съвременните средства и методи за експертно оценяване. Получените експертни оценки могат да бъдат изразени както като конкретни числа, така и в лингвистична форма („еднакво значим“, „умерено доминиращ“, „силно доминиращ“ и т.н.), които впоследствие да бъдат обработени със средствата на размитата логика и аритметика. И двата начина имат своите особености, но използването на лингвистични променливи и размита аритметика е по-адекватно на несигурността и непрецизността, присъщи на експертния подход. В [1] е представен метод за остойностяване на функционалните качества на софтуерен компонент, базиращ се на експертно оценяване и представяне на резултатите чрез размити стойности. Тук се приема, че стойностите  $c_i$  вече са определени ([1]) и са на разположение на прилагашите подхода. Детайлите около получаването на тези стойности в настоящия доклад няма да бъдат разглеждани.

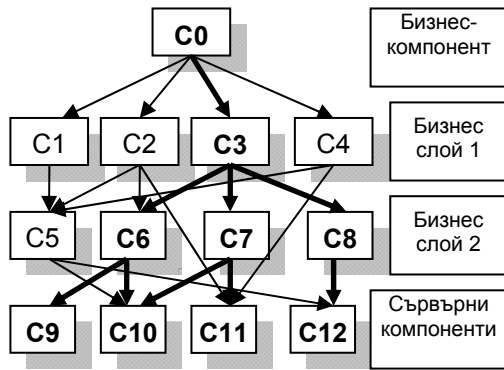
Експертно определените като конкретни числа тегла  $q_i$  се представят в интервала  $[0,1]$  и показват степента на покриване на изискванията на критерия от компонента  $c_i$ . В случая на използване на лингвистични категории оценките  $c_i$  се представят чрез триъгълни размити стойности, т.е. като триплети  $(q_{il}, q_{im}, q_{iu})$ , определени също в интервала  $[0,1]$  ([1]).

### 6. Система от сценарии

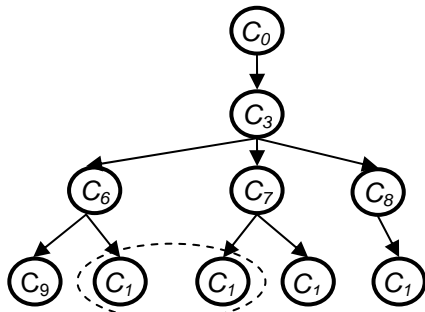
Изборът на сценарии зависи от целта на изследването, като всеки профил от сценарии е ориентиран към специфична група потребители или специалисти, работещи със системата и изпълняващи типови задачи. Сценариите в про-фила могат да имат различна тежест. Използваните в модела сценарии описват изпълнение-то на единица работа в системата и съдържат следната информация: категория на потребителя (краен потребител, администратор, администратор на база от данни и т.н.); описание на задачата – в процеса на остойностяване задачата се представя с конкретен пример; контекст – къде и как се използва продукта; оценка на качеството на СА спрямо този сценарий.

### 7. Установяване на връзката между архитектурното решение и оценката на функционалността.

Тази връзка се установява чрез намиране на съответствието между изпълнявания сценарий  $S$  и структурните елементи на графа  $G$ . Приема се, че изпълнението на всеки оценяващ сценарий може да се представи чрез ацикличен свързан подграф  $G^I(s) \subset G$ , чийто върхове съответстват на компонентите на СА, активни при изпълнението на сценария  $s$ . Оценките на елементите, участващи в подграфа на сценария формират по определен път оценката на качеството на СА за дадения сценарий  $Q_s$ . При необходимост, в структурата на подграфа  $G^I(s)$  могат да бъдат извършени прости промени, като на-пример добавянето на фиктивен начален връх или пък формалното разделяне на върхове. Илюстрации, показващи примерна СА и съответстващия за даден сценарий подграф  $G^I(s)$  са изобразени на фиг. 1 и фиг. 2.



Фиг.1



Фиг.2

### 8. Формиране на оценките на СА по структурните и елементи

Всяка оценка за качеството на функциониране на компонент на СА  $c_i$  се образува от два елемента: (1) оценка на качеството на конкретния компонент  $c_i$  – това е  $q_i$ ; (2) оценка на качеството на компонентите, функционално свързани с този компонент (участващи в релацията  $R$ ). Общият вид на тази връзка е:

$$q(c_i) = q_i \cdot p_i, \quad c_i \in C, i = 1, \dots, |C|, \quad (1)$$

където:  $q_i$  – е оценката на качеството на елемента  $c_i$ ;  $p_i$  – оценява съвкупно качеството на функционално свързаните с компонента  $c_i$  компоненти  $c_j$ :

$$p_i = \frac{1}{|Desc(c_j)|_{c_j \in Desc(c_i)}} \sum_{c_j \in Desc(c_i)} q(c_j), i = 1, \dots, |C| \quad (2)$$

Чрез символа  $|...|$  е означена мощността на съответните множества.

### 9. Оценка на сценария.

Оценката  $Q_s$  на сценария  $S$  въз основа на активните при неговата реализация компоненти на СА е оценката на критерия „функционалност“ за подграфа  $G'$  с начален връх  $c_s$ . Принципно оценката  $Q_s$  се формира по начин, аналогичен на този от (1):

$$Q_s = q(c_s) = q_s \cdot p_s, c_s \in C, \quad (3)$$

където означенията  $q_s$  и  $p_s$  са аналогични на тези от (1). За графа от фиг. 2 стойността на  $Q_s$  се формира примерно така:

$$Q_s = q(c_0) = q_0 \cdot q_3 \cdot \frac{1}{3} \left( c_6 \cdot \frac{1}{2} (c_9 + c_{10}) + c_7 \cdot \frac{1}{2} (c_{10} + c_{11}) + c_8 \cdot c_{12} \right)$$

### 10. Формиране на крайната оценка на СА.

Общата оценка на функционалността на СА за избрания профил от сценарии обобщава оценките на качеството по отделните сценарии, взети със съответните тегла:

$$Q_T = \sum_{s \in \{S\}} w_s \cdot Q_s, \sum_{s \in \{S\}} w_s = 1, w_s \geq 0, \forall s \in \{S\} \quad (4)$$

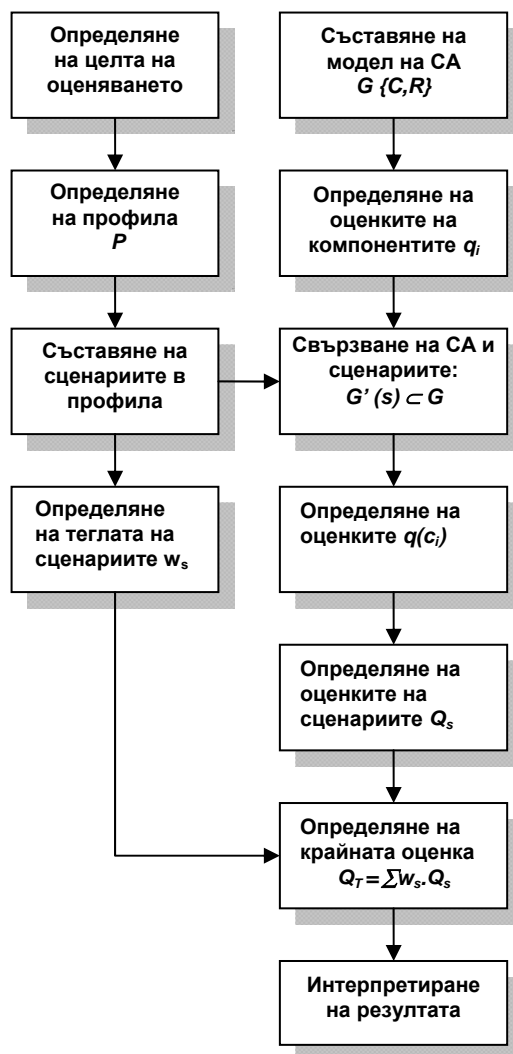
Теглата  $w_s$  се определят също по експертен път, съгласно концепцията за отчитането на съответствието на сценариите с функционалните изисквания към системата. В крайна сметка критерият за функционалност  $Q_T$  се оценява от гледна точка на специфично приложение на системата, свързано с изпълнението на определена категория задачи. В някаква степен тази оценка е условна и носи субективна съставяща, но това е неизбежно. Подходящ практически приложим и проверен метод за определянето на относителните тегла  $w_s$  на сценариите е метода „процес на аналитичната йерархия“ (*Analytic Hierarchy Process - AHP*), а също и неговия „размит“ вариант (*Fuzzy AHP*). Използването на *AHP* е илюстрирано при решаването на задачата за софтуера в [3], а на *FAHP* – при съставяне на модел за оценяване на рисковите фактори при разработването на софтуерния продукт [2].

Използване на *AHP* и *FANP* може да се намери и в други задачи и модели за оценка на характеристиките на софтуерните продукти ([5], [6]). Предимство на тези методи е това че те позволяват по алгебричен път да се изчислят теглата на оценяваните обекти (в случая - сценарии) въз основа на експертно получени оценки за относителната значимост на тези обекти. Използването на „размития“ *FANP* е целесъобразно, когато експертните оценки са представени чрез лингвистични променливи, които се трансформират в размити числа с триъгълна функция на принадлежност. Тук детайли и алгоритми около прилагането на методите *AHP* и *FANP* няма да бъдат представени. Сведения по аритметика на размитите числа могат да бъдат намерени в [4].

Крайната оценка  $Q_T$  има комплексен характер и остойносттава качеството на СА. Тя може да се използва за различни цели в процеса на разработването и създаването на СП, най-типичните от които са: прогнозиране на нивото на функционалност на продукта, оценка на риска; сравнение и избор на архитектурното решение и т.н.

### 11. Схема на приложение на подхода

Обща принципна схема на последователност-та и връзките между отделните етапи на съставя-нето на оценката  $Q_T$  е показана на фиг.3.



Фиг.3

### 12. Заключение и обобщение на резултатите.

Предложеният подход е ориентиран към случаите, когато се оценяват и съпоставят различни архитектурни решения за да се избере най-целесъобразното от тях. Възможно е прилагането му и при решаване на сходни задачи в управлението и реализацията на софтуерните проекти. Като основен критерий за качеството на СА е използвана характеристиката „функционалност“, но подходът не ограничава използването и на други критерии. Съществена негова черта е описанието на СА чрез граф на

архитектурните зависимости, което позволява адекватно да бъде отчетено взаимодействието и съвместното функциониране на онези компоненти, които са активни при изпълнението на конкретен вид работа. Използваният формален модел на СА позволява различна степен на детайлизация. Подходът може да бъде прилаган както когато използваните метрики се представят като конкретни числа, така и когато за целта се употребяват лингвистични категории (както е в повечето случаи на експертно оценяване).

Развитие на подхода се търси в детайлизиране и прецизиране на модела на СА, и в разширяване на кръга от критерии, използвани за оценка на качеството на СА. Подходът е ориентиран към разработване на програма и методика за сертифициране на качеството на софтуерните продукти, която ще се реализира чрез съответно програмно осигуряване.

### Литература:

- [1] **Иванов М.**, Приложение на дърво на отказите и размита аритметика в оценката на качеството на софтуерните продукти, *Сборник с доклади от Национален Симпозиум с Международно участие "Метрология и Метрологично Осигуряване 2009"* (Созопол. 10-14 Септември 2009), ТУ - София, България 2009, с.443-448.
- [2] **Иванов М.**, Метод за оценка на рисковите фактори при разработването на софтуерни продукти, *Първа международна научна конференция „Е-управление“*, 22-24 юни 2009, гр.Созопол.
- [3] **Иванов М.П., И.Момчев**, Принципи и проблеми на многокритериалната оценка на качеството на софтуерния продукт, *сп. "Автоматика и информатика"*, 2006.
- [4] **Kasabov N.K.**, Foundation of Neural Networks, Fuzzy Systems, and Knowledge Engineering, *The MIT Press, Second Printing* 1998.
- [5] **Lien Chi-Tai, Hsiao-Ling Chan**, A Selection Model for ERP System by Applying Fuzzy AHP Approach, *International Journal for Computer, The Internet and Management*, September – December 2007.
- [6] **Shen Xueshi, Yingwu Chen and Lining Xing**, Fuzzy Optimization Models for Quality and Cost of Software Systems Based

on COTS, The Sixth International Symposium on Operations Research and Its Applications (ISORA'06), Xinjiang, China, August 8–12, 2006, p.312-318.

- [7] **Garlan D., Mary Shaw**, An Introduction to Software Architecture, *Advances in Software Engineering and Knowledge Engineering, Volume I*, edited by V.Ambriola and G.Tortora, World Scientific Publishing Company, New Jersey, 1993.
- [8] **Bosch J., PerOlof Bengtsson**, Assessing Optimal Software Architecture Maintainability, *Fifth European Conference on Software Maintainability and Reengineering*, 2002.
- [9] **Bosh Jan**, Software Architecture Assessment, *The European Educational Forum, Summer School on Software Architecture*, 13th -17th August 2001, Turku,Finland.
- [10] **Laird Linda M., M.Carol Bennan**, Software Measurement and Estimation A Practical Approach, *IEEE Computer Society, John Wiley & Sons Inc.*, 2006.

### Данни за автора:

**Мартин Пъшев Иванов.** Приложна математика и информатика (1980). Доктор, главен асистент, Департамент „Информатика“, Факултет за базово образование, Нов Български Университет, Научни интереси в областта на осигуряване на качеството на софтуера, приложение на изкуствен интелект в инженерните задачи, програмиране на Java, математическо оптимизиране, математическа статистика, методи и алгоритми за вземане на решения.

# AN APPROACH FOR ASSESSMENT OF THE SOFTWARE ARCHITECTURE QUALITY

*Martin Ivanov*<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>New Bulgarian University – Sofia, e-mail: [martinivanov@abv.bg](mailto:martinivanov@abv.bg)

*Abstract:* Proper implementation of selected software product architecture is essential of the quality of its functioning. This paper offers a quantitative approach to assessing the quality of the software architecture by the degree of functionality of creating software. For this purpose is used a structural model witch links the components of software architecture in the graph of the architectural dependencies. Metrics that are calculated for evaluation of the quality of software architecture have been defined via expertise and can be presented either by crisp numbers or by fuzzy variables.

*Key words:* software architecture, software quality, software engineering.