

STUDIU ASUPRA METODELOR DE EVALUARE A PRODUSELOR SOFTWARE

Lidia Băjenaru

lidia.bajenaru@ici.ro

Mihaela Tomescu

mtomescu@ici.ro

Ion Alexandru Marinescu

ionut@ici.ro

Institutul Național de Cercetare - Dezvoltare în Informatică - ICI București

Rezumat: Din cauza necesității actuale și urgente referitoare la dezvoltarea, achiziția și utilizarea produselor și aplicațiilor informatice având un nivel ridicat de calitate, performanță, disponibilitate și ușurință a utilizării, managerii de entități organizaționale sunt extrem de interesați de rezultatele evaluării acestor produse în vederea luării de decizii în cunoștință de cauză. Articolul prezintă definiții, concepte și standarde aplicabile în domeniul evaluării produselor software. În capitolul final, sunt descrise tipuri de metode de evaluare a produselor software și este prezentată detaliat metoda Quamoco care oferă o abordare flexibilă a modelării și evaluării calității produselor software prin intermediul lanțului integrat de instrumente furnizat.

Cuvinte cheie: produs software, calitate, model al calității, evaluare a calității, metodă de evaluare.

Abstract: Due to current and urgent need on the development, acquisition and use of software products and software with a high level of quality, performance, availability and ease of use, the managers of organizational entities are extremely interested in results of the evaluation of these products for decision-making knowingly. The article presents definitions, concepts and standards applicable to the evaluation of software products. The final chapter describes the types of software product evaluation methods and presents in detail the Quamoco method which offers a flexible approach for modeling and evaluation of software product quality through the provided integrated tool chain.

Key words: software, quality, quality model, quality evaluation, evaluation method.

1. Introducere

Produsele software au devenit componentele esențiale ale multor sisteme, precum și un factor major în comerțul de produse și servicii.

Complexitatea și multitudinea factorilor care influențează calitatea produselor software presupun aplicarea metodelor de cercetare moderne care și-au demonstrat utilitatea și eficiența în practică.

Îmbunătățirea calității produselor software constituie una din principalele forme în care se materializează capacitatea de creație.

Recunoașterea importanței calității produselor software a determinat schimbări esențiale în prioritățile administrației centrale prin strategia de e-guvernare, cât și în comportamentul producătorilor de software, prin orientarea acestora spre furnizarea de soluții care să asigure satisfacerea clienților și a utilizatorilor finali.

Evaluarea calității exprimă gradul în care este respectat un set predefinit de caracteristici încorporat într-un produs astfel încât să-i crească performanțele pe perioada ciclului său de viață.

În prezent, se identifică necesitatea urgentă referitoare la dezvoltarea, achiziția și utilizarea produselor și aplicațiilor informatice având un nivel ridicat în ceea ce privește calitatea, performanța, disponibilitatea și ușurința utilizării.

2. Definiții și concepte

Definiția oferită de Lassila [1] produsului software este următoarea: „**Produsul software** este aplicația care este produsă și poate fi personalizată pentru a se potrivi necesităților clientului.”

Xu [2] menționează mai multe clasificări ale produselor software definite în literatura de

specialitate. Aceste clasificări sunt bazate pe domeniul de aplicare, stilul arhitectural folosit și limbajele de programare. Acestea se bazează pe clasificarea OECD [3], în care produsul software este împărțit în următoarele categorii:

- **software de infrastructură a sistemului:** sisteme de operare, middleware și software de securitate;
- **instrumente de dezvoltare software:** sisteme de management al bazelor de date, medii de dezvoltare, managementul pe durata ciclului de viață al dezvoltării;
- **software de aplicații:** sisteme ERP (ERP - Enterprise Resource Planning - Planificarea resurselor întreprinderii), CAD (CAD - Computer Aided Design - Proiectare asistată de calculator), CAM (CAM - Computer-Aided Manufacturing - Fabricație asistată de calculator), CAE (CAE - Computer Aided Engineering - Inginerie asistată de calculator).

Calitatea software-ului este definită în standardul ISO 8402:1994 [4] astfel: „Totalitatea trăsăturilor și caracteristicilor unui produs sau serviciu care se bazează pe capacitatea sa de a satisface nevoi specificate sau implicite.”

În standardul ISO/IEC 9126-1:2001 [5] sunt definite tipurile de calitate a software-ului:

- **calitatea internă** reprezintă totalitatea caracteristicilor produsului software dintr-o perspectivă internă.
- **calitatea externă estimată** reprezintă calitatea ce este estimată pentru produsul software final la fiecare stadiu al dezvoltării pentru fiecare caracteristică de calitate, pe baza cunoașterii calității interne.

Evaluarea calității produsului software este examinarea sistematică a gradului în care o entitate este capabilă să satisfacă cerințele specificate. Necesitățile utilizatorului referitoare la calitate includ cerințe ale calității în utilizare în contexte specifice de utilizare. Aceste necesități identificate pot fi utilizate la specificarea calității externe și interne utilizând caracteristici și subcaracteristici ale calității produsului software.

3. Standarde aplicabile în domeniul evaluării produselor software

În vederea înțelegerii cadrului metodologic de evaluare a produselor software trebuie identificate în standarde metodologii, modele ale calității, metode, proceduri, tehnici și instrumente de evaluare a produselor software aplicabile la proiectarea și implementarea serviciilor.

În domeniul Tehnologiei Informației, ansamblul caracteristicilor calității și relațiilor dintre acestea este denumit generic modelul calității. Acesta asigură baza necesară specificării cerințelor calității, măsurării și evaluării calității produsului software.

Seria de standarde ISO/IEC 9126 (Software engineering. Product quality - Inginerie software. Calitatea produsului) conține 4 părți care se referă la: modelul calității, metrici externe, metrici interne și metrici ale calității în utilizare. Standardul **ISO/IEC 9126-1:2001** prezintă și recomandă modelul calității.

Standardul **BS ISO/IEC 25010:2011** [6] face parte din seria de standarde ISO/IEC 25000 (Software engineering. Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE). Guide to SquaRE - Inginerie software. Cerințe și evaluare ale calității produselor software (SQuaRE). Ghid pentru SquaRE) și înlocuiește standardul ISO/IEC 9126-1:2001.

Conform acestui standard: „**Calitatea unui sistem** este gradul în care sistemul satisface necesitățile declarate și implicite ale diverselor părți interesate ale sale, oferind astfel valoare.”

Aceste necesități sunt reprezentate în seria SQuaRE de standarde internaționale prin modele de calitate ce clasifică calitatea produsului în caracteristici, care, în unele cazuri, sunt divizate în continuare în subcaracteristici.

Proprietățile măsurabile ale unui sistem privind calitatea se numesc proprietăți de calitate, având asociate măsuri de calitate. Pentru a ajunge la măsuri ale caracteristicii sau subcaracteristicii de calitate, cu excepția cazului în care aceste măsuri de calitate pot fi măsurate direct, este necesar să se identifice o colecție de proprietăți care împreună acoperă caracteristica sau subcaracteristica luată în considerare, să se obțină măsuri de calitate pentru fiecare, care se combină prin intermediul calculatorului pentru a se obține o măsură de calitate derivată corespunzătoare caracteristicii sau subcaracteristicii de calitate.

În prezent, există trei modele de calitate în seria SQuaRE: modelul calității în utilizare, modelul calității produsului și modelul calității produsului. Modelele de calitate împreună servesc ca un cadru pentru a se asigura luarea în considerare a tuturor caracteristicilor de calitate, oferind un set de caracteristici de calitate relevante pentru o gamă largă de părți implicate, precum: dezvoltatori de software, integratori de sistem, achizitori, proprietari, persoane care întrețin produsele, contractori, profesioniști în asigurarea și controlul calității, utilizatori.

Calitatea în utilizare este gradul în care un produs sau sistem poate fi folosit de către utilizatori specifici pentru a le satisface necesitățile de a atinge anumite obiective cu eficacitate, eficiență, lipsă a riscurilor și satisfacție în contexte specifice de utilizare.

Modelul calității în utilizare definește cinci caracteristici privind rezultatele interacțiunii cu un sistem: eficacitatea, eficiența, satisfacția, lipsa riscurilor și acoperirea contextului. Fiecare caracteristică poate fi alocată diferitelor activități ale părților interesate, de exemplu, interacțiunea unui operator sau întreținerea efectuată de un dezvoltator.

Modelul calității produsului clasifică proprietățile de calitate a produsului în opt caracteristici: adecvarea funcțională, eficiența performanței, compatibilitatea, ușurința în utilizare, fiabilitatea, securitatea, mentenabilitatea și portabilitatea.

4. Metode de evaluare a produselor software

Procesul de luare a deciziilor implică necesitatea unor criterii și alternative dintre care să se poate alege [7]. De obicei, importanța criteriilor este diferită și, la rândul lor, alternativele diferă în funcție de preferințele pentru un anumit criteriu. Pentru a efectua alegerile potrivite este necesară o metodă de măsurare. Măsurarea necesită o bună înțelegere a metodelor de măsurare și diferitelor scale de măsurare.

4.1 Tipuri de metode de evaluare a produselor software

Produsul software poate fi evaluat în mod direct sau indirect [8].

Prin **evaluarea directă a procesului de inginerie software** se înțelege determinarea costurilor și a eforturilor asociate. Ea presupune calculul numărului liniilor de cod (LOC - lines of code) scrise, determinarea vitezei de execuție, a dimensiunii memoriei, precum și a numărului de defecte raportat într-un anumit interval de timp.

Evaluarea indirectă a produsului reprezintă o analiză a funcționalității, calității, complexității, eficienței, fiabilității, întreținerii și multor altor caracteristici.

Costul și efortul necesar pentru a dezvolta software, calculul numărului de linii de cod, precum și alte estimări directe sunt relativ ușor de estimat inițial. Totuși, calitatea și funcționalitatea sau eficiența și întreținerea sunt mult mai dificil de evaluat și pot fi măsurate doar în mod indirect.

Metodele de evaluare ale produsului pot fi descrise astfel:

- **evaluarea productivă** se concentrează asupra rezultatelor finale ale procesului de inginerie software;
- **evaluarea calitativă** oferă o indicație a cât de aproape este produsul software de cerințele implicite și explicite ale clientului;
- **evaluarea tehnică** evidențiază mai degrabă caracteristicile produsului software (de exemplu: complexitatea logică, gradul de modularizare) decât procesul prin care acesta a fost dezvoltat;
- **evaluarea dimensională** este utilizată pentru a „colecta” evaluările directe ale rezultatelor și calității procesului de inginerie software;
- **evaluarea funcțională** oferă o evaluare indirectă;
- **evaluarea orientată pe resursele umane** oferă informații asupra modului în care programatorii dezvoltă un produs software, precum și asupra percepției eficienței instrumentelor și modelelor de dezvoltare.

4.2 Metoda Quamoco de modelare și evaluare a calității produselor software

Dezvoltarea de software sau de sisteme / servicii bazate pe software a cărui calitate poate fi planificată necesită mijloace adecvate pentru înțelegerea, definirea, controlul, estimarea și îmbunătățirea proprietăților calității [9]. Astfel, sunt necesare modele fiabile ale calității software-ului precum și metode asociate de evaluare a calității. Măsurarea și evaluarea obiectivă a calității software-ului pot fi considerate ca fiind punctul de plecare pentru aceste instrumente.

Modelele calității trebuie să poată fi ușor adaptate pentru orice organizație, permițând astfel efectuarea de evaluări cantitative ale calității și susținând adoptarea de decizii pentru diferite perspective și scopuri. De exemplu, aceste modele ar trebui să poată să susțină definirea și comunicarea cerințelor referitoare la calitate, monitorizarea, controlul și estimarea calității.

Abordarea flexibilă a modelării și evaluării calității prezentată în continuare se bazează pe un meta-model al calității bine definit, dezvoltat de consorțiul Quamoco și utilizează tehnici de analiză multi-criterială a deciziilor (MCDA - Multi-Criteria Decision Analysis). Consorțiul este format din parteneri din cercetare și industrie, cu scopul explicit de a susține descrierea și evaluarea calității produselor. Această metodă este inclusă într-un cadru de lucru pentru îmbunătățire continuă.

În literatura de specialitate au fost propuse mai multe scheme de clasificare a modelelor calității. Un exemplu este clasificarea modelelor calității prin utilizarea „landscape”-urilor (peisaje). Astfel, una dintre dimensiunile clasificării identifică nouă obiective de aplicare importante pentru modelele calității: specificarea, măsurarea, monitorizarea, evaluarea, controlul, îmbunătățirea, gestionarea, estimarea și predicția. Modelele calității identificate ca având rol de susținere a obiectivelor „evaluare” sau „control” trebuie să ofere mijloace pentru evaluarea calității. În acest context, „evaluarea” semnifică cuantificarea și măsurarea unui concept în scopul comparării sale cu criteriile de evaluare definite pentru verificarea respectării acestor criterii.

În practică au fost identificate mai multe modele ale calității alcătuite din diferite construcții conceptuale și care susțin obiective diverse. De exemplu, pentru evaluarea calitativă, Jin și colaboratorii folosesc o abordare fuzzy precum și indicatori cantitativi.

Ciolkowski și Soto folosesc norme de interpretare pentru a transpune metricile la interpretări. Aceștia au utilizat o scară cu patru valori similară unui semafor (roșu = nesatisfăcător, galben = satisfăcător, verde = excelent, și negru = inacceptabil). După interpretare, au agregat mai multe interpretări într-una singură folosind abordări bazate pe norme.

Într-un studiu recent, s-a constatat că agregarea rezultatelor indicatorilor calității este o activitate comună în practică, dar nu predominantă, deoarece modelele obișnuite ale calității nu susțin suficient agregarea.

Tehnicile MCDA oferă o modalitate promițătoare pentru evaluarea calității software-ului fiind deja utilizate pe scară largă. Au fost utilizate tehnici formale pentru susținerea deciziei pentru evaluarea și alegerea arhitecturilor software candidate, componentelor COTS (Commercial off-the-shelf) și aplicațiilor software specifice unui anumit domeniu. Tehnicile utilizate sunt atât compensatorii cât și non-compensatorii, AHP (Analytic Hierarchy Process - Proces ierarhic de analiză) fiind abordarea compensatorie cea mai utilizată.

Pentru a se realiza o evaluare sistematică a calității unui produs software, este necesar un model al calității care să permită descrierea acelei calități a produsului care prezintă interes, ce contribuie la aceasta și cum poate fi cuantificată și evaluată. Acest model al calității necesită anumite elemente (de exemplu, aspecte relevante pentru calitate, măsuri, reguli de evaluare etc). În plus, pentru a se putea crea o metodă de evaluare a calității la un nivel de abstractizare care să permită aplicarea sa în practică, trebuie să existe un anumit tip de structură a modelului calității. O astfel de structură trebuie să descrie, de exemplu, ce informație este furnizată de către un anumit element al modelului calității și ce tipuri de relații există între elementele modelului. O bună modalitate de descriere a acestor informații este utilizarea unui meta-model.

Majoritatea modelelor comune ale calității nu definesc în mod explicit meta-modelul lor de bază. În plus, o serie de modele ale calității nu oferă elementele modelului necesare pentru efectuarea unei evaluări sistematice a calității, cu rezultate repetabile.

Meta-modelul include un nivel de definiție și un nivel de aplicație.

Elementele aflate pe nivelul de definiție permit definirea calității și descriu modul în care a evoluat aceasta. Elementele sunt instanțiate atunci când se definește modelul calității și sunt independente de aplicația specifică unui produs.

Elementul situat pe nivelul de aplicație permite utilizarea elementelor de definire a modelului calității și aplicarea lor la un produs software specific prin colectarea și analizarea informațiilor în conformitate cu normele prevăzute la nivelul de definiție.

Nivelul de definiție poate fi divizat în două părți: partea de specificare și partea de evaluare. Elementele părții de specificare permit definirea calității produselor software din punct de vedere calitativ, iar elementele părții de evaluare definesc calitatea software-ului din punct de vedere cantitativ și explică modul în care a evoluat calitatea.

La nivelul meta-modelului se pot distinge trei tipuri de părți conceptuale. Elementele situate pe partea dreaptă se ocupă cu aspecte ale calității (cum sunt fiabilitatea, mentenabilitatea) sau calitatea produsului, în general.

Partea factorului variație de pe partea stângă capturează informații referitoare la factori, în principal, proprietăți ale produsului care influențează calitatea aspectelor care prezintă cel mai mare interes (de exemplu, complexitatea produsului sau nivelul său de documentare).

Partea de mijloc tratează relația dintre factorii variației și punctul central al calității. Această parte permite să se descrie în mod explicit de ce și în ce mod un anumit factor are impact asupra unui anumit aspect al punctului central al calității.

Deoarece evaluarea calității este un proces care trebuie îmbunătățit în permanență, aceasta trebuie integrată într-o paradigmă pentru îmbunătățirea calității (QIP - Quality Improvement Paradigm) bine cunoscută și acceptată pe scară largă.

Metoda de evaluare a calității include activități care se desfășoară atât la nivel organizațional, cât și la nivel de produs. La nivel organizațional modelul standard al calității și metodele și procesele asociate, incluzând metoda de evaluare a calității, sunt ajustate pentru un anumit context al aplicației și sunt îmbunătățite în mod continuu. La nivel de produs este implementat modelul calității definit și întreținut la nivel organizațional în scopul estimării, analizării și îmbunătățirii calității produselor software reale. În practică, pot rula în paralel mai multe cicluri de îmbunătățire la nivel de produs către ciclul de îmbunătățire la nivel organizațional.

❑ Aspecte generale

Modelele calității software-ului existente la momentul elaborării metodei Quamoco ofereau fie atribute ale calității abstracte, fie evaluări concrete ale calității. Nu existau modele care să integreze complet ambele aspecte.

Metoda Quamoco [10] este o abordare cuprinzătoare care are drept scop eliminarea decalajului dintre definițiile calității abstracte prevăzute în taxonomii comune ale calității, cum ar fi ISO 25010, și tehnicile și măsurătorile concrete de evaluare a calității.

Obiectivul dezvoltatorilor a fost realizarea în cadrul proiectului Quamoco a unui model al calității software-ului care să fie aplicabil pe scară largă și înalt operaționalizat pentru a asigura legăturile lipsă dintre descrierile generice ale atributelor calității software-ului și abordările specifice de analiză a software-ului. Operaționalizarea solicitată presupune integrarea instrumentelor existente în domeniu și a instrumentelor specifice limbajelor, analizelor manuale și a unei metode de evaluare solid definită.

Activitatea dezvoltatorilor a avut ca rezultate patru contribuții majore:

- a fost dezvoltat un meta-model pentru calitatea software-ului, care acoperă întregul spectru pornind de la structurarea conceptelor legate de calitate până la definirea mijloacelor operaționale pentru evaluarea realizării lor într-un mediu specific.
- pentru evaluarea reală a calității se oferă o metodă de evaluare clar definită, care se integrează împreună cu meta-modelul.
- modelul de bază al calității instanțiază meta-modelul și capturează cunoștințe cu privire la modul de efectuare a unui evaluări de bază a calității pentru diferite tipuri de software.
- a fost efectuată o validare inițială a modelului utilizând sisteme software reale, care a arătat corespondența rezultatelor evaluării cu opinii ale experților.

Din cauza calității nesatisfăcătoare a produselor software, impacturile economice sunt enorme și includ în afara defectărilor spectaculoase ale software-ului și creșterea costurilor de întreținere, consum de resurse, timpuri lungi ai ciclurilor de testare și de așteptare pentru utilizatori.

Modelele calității software-ului abordează aceste probleme prin asigurarea unei abordări sistematice pentru modelarea cerințelor de calitate, analizarea și monitorizarea calității și conducerea măsurilor de îmbunătățire a calității [11]. Acestea permit, astfel, asigurarea calității cât mai devreme în procesul de dezvoltare. Însă, în practică, rămâne un **decalaj** între cele două tipuri de modele ale calității software-ului.

Modelele de primul tip, de exemplu ISO 25010, descriu structura și conceptele generale care constituie software-ul de înaltă calitate. Însă, cele mai multe dintre ele nu pot fi utilizate pentru evaluarea sau îmbunătățirea concretă a calității.

Al doilea tip de modele ale calității sunt adaptate pentru domenii specifice, anumite paradigme arhitecturale (de exemplu, SOA – Service-Oriented Architecture – Arhitectură orientată pe servicii) sau aspecte unice ale calității software-ului (de exemplu, reutilizabilitate). Acestea permit evaluări concrete, dar deseori le lipsește legătura la obiective de calitate de nivel mai înalt.

Astfel, acestea fac dificilă explicarea importanței problemelor de calitate dezvoltatorilor sau sponsorilor și cuantificarea potențialului economic al îmbunătățirilor aduse calității. Deoarece aceste modele specifice, de obicei, nu acoperă întregul spectru de calitate a software-ului, ele împiedică proliferarea unei înțelegeri comune a calității software-ului în industria de software.

Un decalaj similar există și pentru metodele de evaluare a calității. Managementul eficient al calității necesită nu numai o definiție a calității și măsurarea proprietăților individuale, ci și o metodă de evaluare a calității generale a unui produs software bazată pe proprietățile măsurate. Modelele de calitate existente fie nu au un astfel de suport complet de evaluare, fie prevăd proceduri care sunt prea abstracte pentru a fi operaționale sau nu sunt fundamentate pe o bază teoretică solidă. În consecință, evaluarea calității este inhibată și poate produce rezultate contradictorii și înșelătoare, în special dacă lipsește expertiza de evaluare necesară.

□ Concepte generale

Un factor este un concept de bază care exprimă o proprietate a unei entități similare cu ceea ce Dromey [12] a numit proprietate a calității pentru componentele produselor. Prin **entități** se descriu lucrurile care sunt importante pentru calitate și prin **proprietăți** atributele lucrurilor de interes. Deoarece acest concept al unui factor este destul de general, poate fi utilizat pe niveluri diferite de abstractizare. Există factori concreți, cum ar fi coeziunea claselor, precum și factori abstracți, cum ar fi portabilitatea produsului.

Pentru a descrie în mod clar calitatea de la un nivel abstract până la măsurători concrete, se face distincția în mod explicit între cele două tipuri de factori: **aspectele calității și factorii produselor**. Acestea pot fi rafinate în **subaspecte și subfactori**. Aspectele calității exprimă obiectivele calității abstracte, de exemplu, atributele calității din ISO 9126 și ISO 25010, care au întotdeauna produsul complet ca entitate a lor. Factorii produselor sunt atribute măsurabile ale unor părți ale produsului. Este necesar ca factorii produselor „frunză” să fie suficient de concreți, pentru a-i putea măsura. Această separare clară permite eliminarea decalajului dintre noțiunile abstracte ale calității și implementările concrete.

În plus, se pot modela mai multe ierarhii diferite ale aspectelor calității pentru a exprima vederi diferite asupra calității. Calitatea are atât de multe fațete diferite încât o singură ierarhie de atribute ale calității nu este capabilă să o exprime. Chiar și în standardul ISO 25010, există două ierarhii ale calității: **calitatea produsului și calitatea în utilizare**, care pot fi modelate ca ierarhii ale aspectelor calității. Pot exista și alte tipuri de aspecte ale calității, fapt care oferă flexibilitatea de a construi modele ale calității, adaptate pentru diferite părți interesate.

Pentru a elimina complet decalajul dintre atributele și evaluările calității abstracte, trebuie stabilită o relație între cele două tipuri de factori. Factorii produselor au impact asupra aspectelor calității. Acest lucru este similar cu factorii de variație, care au impact asupra factorilor calității în foile de abstracție **GQM** (Goal, Question, Metric – Obiectiv, Problemă, Metrică). Un impact poate fi pozitiv sau negativ și descrie modul în care gradul prezenței sau absenței unui factor al produselor influențează un aspect al calității. Acest lucru furnizează un lanț complet pornind de la factorii mășurați ai produselor până la aspecte afectate ale calității și viceversa.

Dezvoltatorii au nevoie de factori ai produselor suficient de concreți pentru a fi mășurați astfel încât să se poate înlătura decalajul abstractizării. Prin urmare, apare conceptul de măsuri pentru factorii produselor. O **măsură** este o descriere concretă a modului în care ar trebui să fie cuantificat un factor specific al produselor pentru un anumit context. Un factor poate avea mai mult de o măsură dacă sunt necesare măsuri distincte pentru acoperirea conceptului de factor al produselor. Mai mult, măsurile au fost separate de instrumentele lor. **Instrumentele** descriu o implementare concretă a unei măsuri. În general, conceptul unei măsuri contribuie și la înlăturarea decalajului dintre calitățile abstracte și software-ul concret deoarece este posibilă urmărirea de sus în jos pornind de la aspectele de calitate asupra factorilor produselor până la măsuri și instrumente.

Prin intermediul tuturor acestor **relații** cu măsuri și instrumente, este posibilă atribuirea de evaluări ale factorilor astfel încât să se poată efectua agregarea pornind de la rezultatele măsurărilor (furnizate de instrumente) până la o evaluare completă a calității. Există diferite posibilități de a implementa acest lucru.

Construirea de modele ale calității atât de detaliate are drept rezultat modele mari, cu sute de elemente ale modelului. Nu toate elementele sunt importante în fiecare context și este imposibil să se construiască un model unic al calității, care să conțină toate măsurile pentru toate tehnologiile importante. Prin urmare, s-a introdus un concept de **modularizare**, care permite împărțirea modelului calității în module. Există astfel modulul rădăcină, care conține ierarhii ale aspectelor calității generale, precum și factori de bază ai produselor și măsuri. În module suplimentare, modulul rădăcină va fi extins pentru tehnologii specifice, cum ar fi orientare pe obiecte, limbaje de programare, cum ar fi C#, și domenii, cum ar fi sisteme integrate.

Modulele permit alegerea modulelor corespunzătoare și extinderea modelului calității prin module suplimentare pentru un context dat. Pentru a adapta modelul calității pentru o anumită companie sau un proiect specific, acest lucru este, însă, încă prea grosier granulat. Prin urmare, a fost dezvoltată și o metodă de adaptare explicită, care îl ghidează pe un manager al calității în alegerea aspectelor de calitate relevante, a factorilor produselor și măsurilor pentru proiectul considerat [13].

❑ Meta-modelul Quamoco

Meta-modelul Quamoco introduce noul concept de factor al produsului, care face legătura dintre măsurători concrete și aspecte ale calității abstracte. Factorii produselor au măsuri și instrumente pentru a calcula calitatea pe baza măsurătorilor efectuate prin control manual și analiză utilizând instrumente.

Elementele nucleu ale meta-modelului sunt descrise ca o diagramă UML (Unified Mark-up Language - Limbaj de marcare unificat) abstractă de clase în figura 1. Nu au fost luate în considerare multe detalii, cum ar fi ID-urile, denumirile și descrierile fiecărui element pentru a o face mai ușor de înțeles. În centrul meta-modelului se află „Factor” cu specializările sale „Quality Aspect” și „Product Factor”. Ambele pot fi rafinate și, prin urmare, pot produce grafice aciclice direcționate separat. Un „Impact” poate merge doar de la un „Product Factor” către un „Quality Aspect”. Aceasta este relația principală între factori și, prin urmare, permite specificarea conceptelor nucleu ale calității.

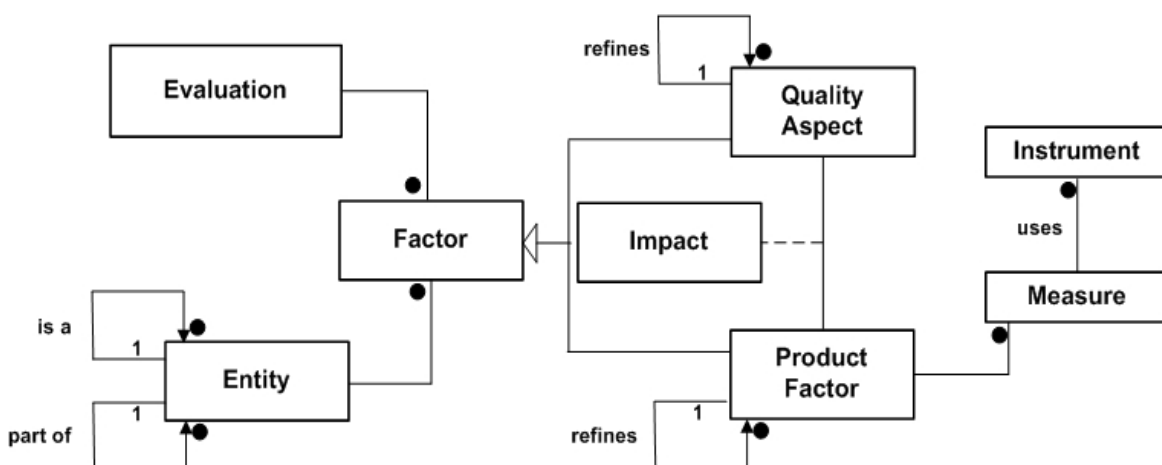


Figura 1. Meta-modelul calității (fragment) [9]

„Factor” are întotdeauna o „Entity” asociată, care poate fi într-o „is-a” precum și într-o „part-of” a ierarhiei. De exemplu, într-un limbaj orientat-obiect, o metodă este parte dintr-o clasă și este un fel de cod sursă. Proprietatea pe care „Factor” o descrie pentru o „Entity” este exprimată în

numele lui „Factor”. Fiecare factor are, de asemenea, o „Evaluation” asociată. Aceasta specifică modul de estimare sau de evaluare a lui „Factor”. Pentru acestea se pot utiliza rezultatele evaluării din subfactori sau - în cazul unui „Product Factor” - din valorile „Measures” asociate. O „Measure” poate fi asociată cu mai mult de un „Product Factor” și poate avea mai multe instrumente care permit colectarea unei valori pentru măsură în diferite contexte, de exemplu printr-o inspecție manuală sau utilizând un instrument de analiză statică.

❑ Modelul de bază Quamoco

Principalul obiectiv pentru **modelul de bază Quamoco** este de a descrie o calitate a software-ului într-un mod care permite evaluarea calității suportată de instrumente și care să fie aplicabil unei game largi de produse software. Pentru a atinge acest obiectiv, experții de calitate a software-ului implicați au organizat o serie de ateliere de lucru pe durata a trei ani pentru a transfera în colaborare cunoștințele și experiența lor în structura descrisă.

Modelul calității rezultat reprezintă punctul de vedere consolidat al dezvoltatorilor cu privire la calitatea codului sursă al software-ului și este general aplicabil la orice fel de software. Prin furnizarea de modelare în profunzime, incluzând instrumente de analiză speciale ca instrumente de evaluare a sistemelor Java și C#, acesta permite evaluarea cuprinzătoare a calității suportată de instrumente fără a fi necesar un efort mare de adaptare sau de configurare. Deoarece acest model constituie baza pentru specializare și adaptare ulterioară, acesta este numit modelul de bază.

Modelul de bază Quamoco este o selecție cuprinzătoare de factori și măsuri relevante pentru evaluarea calității software-ului. În total, acesta cuprinde 112 de entități și 286 de factori. Deoarece unii factori sunt utilizați mai degrabă pentru structurare decât pentru evaluarea calității, doar 221 de factori au atribuite evaluări. Dintre aceștia, 202 de factori definesc impacturi asupra altor factori, rezultând un total de 492 de impacturi. Deoarece modelul oferă operaționalizare pentru diferite limbaje de programare, acesta conține mult mai multe măsuri decât factori: în model sunt în total 194 de factori măsurați și 526 de măsuri. Pentru aceste măsuri, modelul conține 542 de instrumente, care se împart în 8 manuale și 534 furnizate de unul din 12 instrumente diferite. Instrumentele cele mai utilizate sunt FindBugs (Java, 361 de reguli modelate) și Gendarme (C#, 146 de reguli). Alte instrumente integrate în model sunt PMD (Java, 4 reguli) și mai multe analize de detectare a clonelor, dimensiunilor și comentariilor ce fac parte din cadrul de evaluare a calității.

Modelul de bază poate fi structurat în mai multe **module**:

- un modul rădăcină care conține definițiile legate de aspectele calității;
- câte un model al calității pentru fiecare limbaj de programare;
- un modul intermediar orientat pe obiecte care definește noțiunile obișnuite (de exemplu clase sau moștenire) ale limbajelor de programare orientate pe obiecte: Java, C#.

Conceptul de **modularizare** poate fi utilizat pentru a integra instrumente de analiză individuală pentru limbaje de programare. În **modulul orientat pe obiecte**, poate fi definit un număr mare de metrice generale fără conexiuni la instrumente concrete (de exemplu, numărul de clase). Modulul pentru Java poate defini un instrument de măsurare a numărului de clase din sisteme Java. În acest fel, se asigură o separare între conceptele generale cunoscute și instrumentele specifice.

Definirea explicită a modulelor le permite dezvoltatorilor:

- să lucreze separat și independent pe module pentru diferite tehnologii și domenii;
- să modeleze explicit aspectele comune și diferite între mai multe limbaje de programare.

❑ Evaluarea calității utilizând metoda Quamoco

Un model al calității specifică calitatea în ceea ce privește proprietățile relevante ale artefactelor software și măsurile asociate. Însă, pentru a suporta evaluarea calității produsului,

modelul calității trebuie să fie asociat cu o abordare pentru sintetizarea și interpretarea datelor de măsurare colectate pentru produs.

În continuare, este prezentată o metodă de evaluare a calității care se aplică pentru modelul calității Quamoco. În practică, există o serie de probleme specifice pe care evaluarea calității trebuie să abordeze în plus față de provocările modelării calității. Pentru a identifica aceste provocări și pentru a determina modul în care metodele existente de evaluare a calității le abordează, au fost efectuate o analiză sistematică a literaturii și un sondaj în rândul membrilor consorțiului Quamoco.

Printre cele mai importante cerințe au fost că o evaluare a calității software-ului ar trebui să fie ușor de înțeles pentru factorii de decizie în ceea ce privește software-ul, să combine preferințele de calitate ale diferitelor grupuri de părți interesate, să se descurce cu informații incomplete și să permită compensarea reciprocă între mai multe aspecte legate de calitate (potențial contradictorii). S-a observat că structura problemei de evaluare a calității corespunde problemelor abordate prin analiza multicriterială a deciziilor (MCDA - Multicriterial Decision Analysis). Ca urmare, s-a decis să se adapteze principiile utilității atributelor multiple / teoriei valorilor (MAUT / MAVT - Multiple-Attribute Utility / Value), deoarece acestea satisfac cele mai multe dintre cerințe și pot fi ajustate cu ușurință pentru satisfacerea tuturor cerințelor.

Metoda Quamoco de evaluare a calității modelează preferințele factorilor de decizie pentru calitatea unui produs folosind conceptul de utilitate, care cuantifică satisfacția relativă a unui factor de decizie cu privire la calitatea unui produs software caracterizat prin factori specifici măsurabili.

În timp ce măsurile furnizează valori obiective fără preferințe, utilitatea definește preferințele de calitate ale unui factor de decizie astfel încât dintre două produse este preferat cel cu utilitate mai mare. Pentru fiecare factor măsurabil, se poate defini o transpunere diferită între măsurările factorilor și utilitățile aferente, folosind o funcție a utilității. În cazul mai multor factori, utilitatea totală a produsului este o sinteză a utilităților tuturor factorilor individuali. În structura ierarhică a modelului de bază, funcția utilității definește o transpunere între valorile de măsurare ale factorului și utilitatea sa. La niveluri mai înalte ale ierarhiei modelului calității, utilitatea unui factor rezultă dintr-o sinteză a utilităților alocate tuturor subfactorilor săi direcți.

Activitățile de evaluare a calității efectuate în cadrul structurii ierarhice a modelului de bază sunt: definirea măsurilor / măsurătorii, definirea funcțiilor de utilitate / notării și definirea / implementarea modelelor de interpretare.

□ Instrumentele suport pentru evaluarea calității utilizând metoda Quamoco

Modelul de bază a fost conceput astfel încât să poată fi utilizat ca atare fără alte modificări pentru orice proiect software, indiferent de domeniul de aplicare. Astfel, modelul, la fel ca și metoda de evaluare, este gata de utilizare și poate fi aplicat cu un minim de efort pentru un proiect. În plus, proiectul Quamoco contribuie cu un lanț de instrumente integrate pentru modelarea calității și evaluarea calității.

Editorul modelului calității este construit pe platforma Eclipse și cadrul de lucru Eclipse Modeling. Acesta le permite modelatorilor să editeze modele ale calității conforme cu meta-modelul calității Quamoco. În conformitate cu conceptul de modularizare, fiecare modul al modelului calității este stocat într-un fișier separat, permițând lucrul simultan al mai multor utilizatori pe un model al calității. Conținutul modelului poate fi navigat prin vederi diferite de arbori, care permit editarea pe baza unui formular al atributelor elementelor modelului.

Validarea în timpul editării îl ajută pe modelator să creeze modele care aderă la constrângerile meta-modelului, regulile de consistență și cele mai bune practici de modelare.

O regulă simplă de validare verifică existența de elemente ale modelului fără referință.

O regulă mai sofisticată asigură ca pentru elementele modelului referite în alte module ale calității să fie definită o cerință adecvată de dependență între module. Editorul utilizează mecanismul de marker-i Eclipse pentru afișarea de mesaje de eroare și de avertizare într-o listă și asigură navigarea la elemente afectate.

Mai mult, utilizatorul este asistat de o funcție de ajutor online, care afișează conținut de ajutor contextual în funcție de selecția curentă din editor. Textele de ajutor explică conceptele meta-modelului calității și conțin un ghid cu cele mai bune practici de modelare a calității.

Motorul de evaluare a calității este construit peste toolkit-ul de evaluare a calității ConQAT3, care permite crearea de tablouri de bord (dashboard) ale calității ce integrează diverse metrice de calitate și de instrumente de ultimă generație de analiză statică a codului.

Conexiunea dintre modelarea calității și evaluarea acesteia se realizează printr-o generare automată a unei configurații de analiză ConQAT dintr-un model al calității.

Pentru evaluarea unui sistem software, motorul de evaluare a calității este furnizat împreună cu modelul calității, codul sistemului software de evaluat, configurația ConQAT generată și, opțional, rezultatele evaluării manuale stocate într-un fișier Excel. Acest lucru permite evaluatorului să extindă instrumentele prin intermediul analizelor personalizate necesare pentru evaluarea unui model al calității propriu. Rezultatul evaluării poate fi inspectat în cadrul editorului în ierarhia modelului calității. În plus, o vizualizare de tip „TreeMap” a rezultatelor permite urmărirea în jos a problemelor de calitate pornind de la caracteristici de calitate abstractă până la măsuri concrete.

În cele din urmă, un raport HTML permite inspectarea rezultatelor unei evaluări din cadrul unui browser, astfel nefiind necesare instrumentele și modelul calității. Motorul de evaluare a calității poate rula, de asemenea, în modul „batch”, care permite integrarea într-un mediu de integrare continuă. Ca urmare, poate fi detectată devreme o degradare a calității.

5. Concluzii

Studierea și cercetarea standardelor, modelelor și metodelor care stau la baza evaluării calității produselor software devin stringente datorită cerințelor actuale referitoare la dezvoltarea, achiziția și utilizarea produselor și aplicațiilor informatice cu nivel ridicat de calitate, performanță, disponibilitate și ușurință a utilizării.

În urma cercetărilor în domeniul evaluării calității produselor software s-a efectuat acest studiu asupra evaluării produselor software și au fost identificate cele mai noi standarde internaționale ce sunt utilizate drept referință în procesul de evaluare a calității produselor software, precum și modele și metode de evaluare. Acestea răspund la:

- necesitățile utilizatorilor printr-un ansamblu de documente normative îmbunătățite și unitare care să acopere trei procese complementare: specificarea cerințelor referitoare la calitate, măsurarea calității și evaluarea calității;
- evaluarea alinierii calității produselor software la cerințele standardelor internaționale adaptate la necesitățile specifice ale clienților și ale utilizatorilor finali.

Evaluarea calității produselor software bazată pe standarde, utilizând metode flexibile care oferă instrumente integrate ce asigură evaluarea automată prin fluxul de activități oferă următoarele beneficii:

- stimularea furnizorilor de produse software în introducerea metodelor și procedurilor de evaluare în scopul îmbunătățirii calității produselor software;
- creșterea performanțelor furnizorilor de produse software;

- micșorarea costurilor de dezvoltare și de vânzare a produselor software;
- creșterea încrederii utilizatorilor în produsele software oferite de furnizori;
- satisfacerea așteptărilor utilizatorilor.

BIBLIOGRAFIE

1. **AKI, L., JOKINEN, J.-P., NYLUND, J., HUURINAINEN, P., MAULA, M., KONTIO, J.:** Finnish Software Product Business: Results of the National Software Industrial Survey 2006, Technical report, Centre of Expertise for Software Product Business.
2. **XU, L., BRINKKEMPER, S.:** Concepts of Product Software: Paving the Road for Urgently Needed Research, Technical report, 2005, Institute of Information and Computing Sciences, Utrecht University, Netherland.
3. **OECD, Organization for Economic Co-operation, and Development:** The software sector: Growth, structure and policy issues. OECD Report STI/ICCP/IE(2000)8/REV2 (2001), 2008.
4. **ISO 8402:1994:** Quality management and assurance. Vocabulary - Managementul și asigurarea calității. Vocabular.
5. **ISO/IEC 9126-1:2001:** Software engineering. Product quality. Part 1: Quality model - SR ISO/CEI 9126-1:2005 - Inginerie software. Calitatea produsului. Partea 1: Modelul calității.
6. **BS ISO/IEC 25010: 2011:** Systems and software engineering. Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE). System and software quality models - Sisteme și inginerie software. Cerințe și evaluare ale calității sistemelor și software-urilor (SQuaRE). Modele ale calității sistemelor și software-urilor.
7. **SAATY, T. L.:** Decision Making – The Analytic Hierarchy and Network Processes (AHP / ANP). Journal of Systems Science and Systems Engineering / Vol. 13, No. 1, 2004.
8. **FLOROIU, C.:** Evaluarea produselor software. Computer Press Agora S.R.L., 1998, <http://www.byte.ro/byte96-05/eva.html>.
9. **TRENDOWICZ, A., KLÄS, M., LAMPASONA, C., MÜNCH, J., KÖRNER, C., SAFT, M.:** Model-based Product Quality Evaluation with Multi-Criteria Decision Analysis. IWSM/MetriKon. 2010.
10. **WAGNER, S., LOCHMANN, K., HEINEMANN, L., KLAS, M., TRENDOWICZ, A., PLOSC, R., SEIDL, A., GOEBK, A., STREIT, J.:** The Quamoco Product Quality Modelling and Assessment Approach. Software Engineering in Practice, ICSE 2012, Zurich, Switzerland, 2012.
11. **DEISSENBOECK, F., JUERGENS, E., LOCHMANN, K., WAGNER, S.:** Software quality models: Purposes, usage scenarios and requirements. WoSQ'09, 2009.
12. **DROMEY, R. G.:** A model for software product quality. IEEE Transactions on Software Engineering, vol. 21, no. 2, pp. 146–162, 1995.
13. **KLAS, M., LAMPASONA, C., MUNCH, J.:** Adapting Software Quality Models: Practical Challenges, Approach, and First Empirical Results. Proceedings of the 37th EUROMICRO Conference on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA 2011), 2011.