



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2012 00914

(22) Data de depozit: 29.11.2012

(41) Data publicării cererii:  
30.07.2013 BOPI nr. 7/2013

(71) Solicitant:  
• LEBA MONICA, ALEEA TRANDAFIRILOR  
BL. 4, SC. 5, AP. 51, PETROȘANI, HD, RO;  
• IONICĂ ANDREEA CRISTINA,  
STR. 1 DECEMBRIE 1918, 74/68,  
PETROȘANI, HUNEDOARA, RO

(72) Inventatori:  
• LEBA MONICA, ALEEA TRANDAFIRILOR  
BL. 4, SC. 5, AP. 51, PETROȘANI, HD, RO;  
• IONICĂ ANDREEA CRISTINA,  
STR. 1 DECEMBRIE 1918, 74/68,  
PETROȘANI, HUNEDOARA, RO

(54) MODEL DE CICLU DE VIAȚĂ SPIRALĂ 3D BAZAT PE  
METODA QFD ȘI CICLUL DE VIAȚĂ SPIRALĂ PENTRU  
PRODUSE SOFTWARE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un model de ciclu de viață, pentru dezvoltarea de produse software tridimensional și multinivel. Modelul conform invenției constă în integrarea a trei elemente care constau din ciclul de viață spirală, spirala calității a lui Juran, și metoda QFD, se bazează pe principiul îmbunătățirii continue, și include un model matematic de evaluarea a calității produsului software, care calculează un indicator global, denumit ecart, ca măsură a gradului de realizare a cerințelor utilizatorilor, modelul matematic fiind integrat în modelul ciclului de viață spirală 3D, cu respectarea succesiunii fazelor următoare: faza 1, capturarea matricei cerințelor utilizatorilor QR; faza 2, determinarea matricei caracteristicilor de calitate QC; faza 3, determinarea matricei de corelații dintre caracteristicile de calitate TQC; faza 4, determinarea matricei de realizare a caracteristicilor AQ; faza 5, determinarea matricei de influență ICQ; faza 6, calcularea matricei de relații RCQ; faza 7, calculul ecartului.

Revendicări: 1  
Figuri: 3

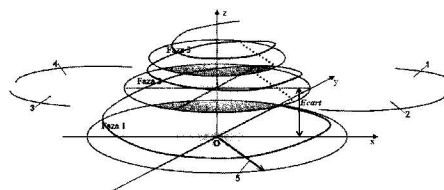


Fig. 1



a 2012 009/4

29-11-2012

18

## MODEL DE CICLU DE VIAȚĂ SPIRALĂ 3D BAZAT PE METODA QFD ȘI CICLUL DE VIAȚĂ SPIRALĂ PENTRU PRODUSE SOFTWARE

Invenția se referă la un model nou de dezvoltare a aplicațiilor software pe baza unui ciclu de viață orientat spre calitate. Modelul de ciclu de viață include în reprezentare componenta calitate ca măsură de realizare a cerințelor utilizatorilor. Evaluarea nivelului de realizare a cerințelor utilizatorilor este realizată printr-un model matematic.

Procesul de dezvoltare de aplicații software se bazează pe modele de ciclu de viață. Există diferite modele de ciclu de viață software bine definite, cum ar fi: ciclul de viață cascadă, ciclul de viață în V, ciclul de viață prototip și ciclul de viață spirală. Dintre acestea cel mai complex și care se poate aplica pentru orice tip de produs software este modelul ciclului de viață spirală. Acest model constă în realizarea în buclă a etapelor din cadrul procesului de dezvoltare software și are o reprezentare bidimensională. Fiecare buclă reprezintă o nouă fază de dezvoltare, iar raza buclei este dată de costurile cumulative ale dezvoltării software.

Aceste modele de ciclu de viață prezintă dezavantaje legate de faptul că: nu este explicit evidențiată componenta calitate a produsului software deși este o caracteristică de bază a acestuia; nu oferă o posibilitate de măsurare a gradului de îndeplinire a cerințelor utilizatorilor produsului software prin modele matematice; nu există o imagine de ansamblu privind evoluția pe subversiuni a produsului software cu posibilitate de determinare a momentului oportun de lansare a subversiunii; nu există o reprezentare comparativă a costurilor de dezvoltare a produsului software pe subversiuni.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în includerea și cuantificarea componentei de calitate a produsului software, prin integrarea în ciclul de viață a unui model matematic care determină un indicator ca măsură a gradului de satisfacere a cerințelor utilizatorilor.

Modelul ciclului de viață spirală 3D elimină, conform invenției, dezavantajele menționate anterior, prin adăugarea la modelul ciclului de viață spirală a unei a treia dimensiuni inspirată din modelul conceptual al îmbunătățirii continue, care oferă: punerea în evidență în mod explicit în reprezentarea sa a elementului calitate; cuantificarea elementului calitate printr-o mărime, denumită ecart, ca măsură a gradului de îndeplinire a cerințelor utilizatorilor produsului software pe baza unui model matematic care respectă etapele metodei QFD (Quality Function Deployment) din managementul calității, începând cu capturarea cerințelor, identificarea caracteristicilor de calitate și a dependențelor și relațiilor dintre acestea și ajungând la determinarea

ecartului; reprezentarea tridimensională a trecerii de la o subversiune la alta prin plane noi în model, cu vizualizarea costurilor aferente fiecărei subversiuni.

Modelul ciclului de viață spirală 3D, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

- evidențiază în mod explicit componenta calitate a produsului software care este o caracteristică de bază a acestuia;
- oferă posibilitatea de măsurare a gradului de îndeplinire a cerințelor utilizatorilor produsului software, printr-un model matematic din care rezultă ecartul;
- oferă o imagine de ansamblu privind evoluția pe subversiuni a produsului software cu posibilitatea de determinare a momentului oportun de lansare a subversiunii;
- reprezentarea comparativă a costurilor de dezvoltare a produsului software pe subversiuni, prin raza cercurilor din fiecare plan.

În continuare se prezintă principalele caracteristici ale modelului ciclului de viață spirală 3D, conform invenției:

- figura 1, reprezentarea modelului ciclului de viață spirală 3D;
- figura 2, cazuri particulare de reprezentare a modelului;
- figura 3, exemplu de aplicare pas cu pas a modelului.

Modelul ciclului de viață spirală 3D este un model tridimensional, multinivel, fiecare nivel semnifică o fază a dezvoltării software, reprezentată printr-un cerc de rază 5 egală cu costurile fazei (figura 1). În modelul ciclului de viață spirală 3D nivelele sunt distanțate prin valoarea ecartului; valoarea ecartului este calculată folosind metoda QFD, care este integrată în etapele fiecărei faze de dezvoltare software. Pentru a calcula ecartul a fost dezvoltat un model matematic, pentru care s-au utilizat următoarele variabile:  $n$  = numărul de cerințe ale utilizatorilor;  $m$  = numărul de caracteristici de calitate;  $c_k, k = \overline{1, p}$  = valori atribuite în funcție de importanța cerințelor pentru utilizatori clasificate în  $p$  categorii;  $CR(i)_{i=\overline{1, n}}$  = matricea cerințelor utilizatorilor cu proprietatea că  $CR(i) \in \{c_k, k = \overline{1, p}\}$ ;  $QC(j)_{j=\overline{1, m}}$  = matricea funcțiilor de distribuție pentru caracteristicile de calitate în funcție de gradul de dificultate al acestora;  $cor_1, cor_2, cor_3, cor_4, cor_5$  = valorile atribuite corelațiilor: puternic pozitiv, pozitiv, neutru, negativ și puternic negativ;  $TQC(i, j)_{i, j=\overline{1, m}}$  = matricea de corelații între caracteristica de calitate  $i$  și caracteristica de calitate  $j$  cu proprietatea că  $TQC(i, j) \in \{cor_1, cor_2, cor_3, cor_4, cor_5\}$ ;  $ICQ(i, j)_{i=\overline{1, n}, j=\overline{1, m}}$  = matricea de influențe care arată cât din cerința  $i$  este acoperită prin caracteristica  $j$  cu proprietatea că  $ICQ(i, j) \in [0, 1]$ ;  $AQ(j)_{j=\overline{1, m}}$  = matricea de realizare a caracteristicilor de calitate cu proprietatea că

$AQ(j) \in [0,1]$ ;  $RCQ(i,j)_{i=\overline{1,n},j=\overline{1,m}}$  = matricea de relații care arată cât din cerința  $i$  este îndeplinită de caracteristica  $j$  cu proprietatea că  $RCQ(i,j) \in [0,1]$ ; ecart = gradul de satisfacere a cerințelor utilizatorilor de către caracteristicile de calitate.

Primul cadran 1 al modelului ciclului de viață spirală 3D conține următoarele activități privind analiza cerințelor și specificațiilor: definirea obiectivelor, capturarea cerințelor utilizatorilor și clasificarea cerințelor utilizatorilor în clase de prioritate.

Al doilea cadran 2 din modelul spirală 3D conține faza de proiectare și următoarele activități: identificarea caracteristicilor de calitate și stabilirea matricei de corelații. Pentru fiecare caracteristică de calitate am definit un nivel de dificultate al realizării, care poate fi exprimat prin "greu", "mediu" sau "ușor". Modelul spirală 3D are la bază funcții de distribuție diferite pentru fiecare nivel de dificultate, cum ar fi: funcții pătratice pentru nivelele "greu" și "ușor" și funcție liniară pentru nivelul "mediu". În funcție de caracteristicile ce vor fi evaluate se poate alege funcția de distribuție adecvată nivelului de dificultate. Dacă nivelul de dificultate nu este considerat relevant, funcția de distribuție va fi liniară. Matricea de corelații este utilă în evaluarea produsului software, furnizând informații referitoare la estimarea influențelor dintre caracteristicile de calitate și în vederea integrării interdependențelor dintre acestea evaluarea gradului de îndeplinire a fiecărei caracteristici. Pentru produsele software există cazuri de dependențe nonbiunivoce între caracteristicile de calitate. Astfel, matricea de corelații poate fi simetrică, în cazul dependențelor biunivoce, sau asimetrică, în cazul dependențelor nonbiunivoce. Modelul are la bază 5 tipuri de dependențe: "puternic pozitiv", "pozitiv", "neutru", "negativ" și "puternic negativ". Aceste dependențe sunt introduse în modelul matematic ca valori raportate la un nivel maxim de influență posibil estimat.

Al treilea cadran 3 din modelul spirală 3D conține activități de dezvoltare, evaluare și testare, precum și activitatea de realizare a matricei de relații dintre cerințele utilizatorilor și caracteristicile de calitate. Pe parcursul dezvoltării produselor software cerințele utilizatorului sunt distribuite uneia sau mai multor caracteristici de calitate. Acest lucru este vizibil în acest model prin procentele de acoperire a cerințelor utilizatorilor de către caracteristicile de calitate din matricea de influențe. Nivelul de realizare a fiecărei caracteristici este obținut în urma utilizării unor instrumente de testare software uzuale, rezultând matricea de realizare a caracteristicilor de calitate. Matricea de relații între cerințele utilizatorilor și caracteristicile de calitate se calculează pe baza nivelului de realizare al caracteristicilor de calitate și procentelor din matricea de influențe.

Al patrulea cadran 4 din modelul spirală 3D conține următoarele activități: evaluare, benchmarking și simulare. Partea de evaluare constă în calculul ecarterului folosind relația:

*SA*

*Storu*

15

$$ecart = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \frac{RCQ(i,j) \cdot CR(i)}{\sum_{i=1}^n CR(i)} \quad (R1)$$

unde:

$$RCQ(i,j) = ICQ(i,j) \cdot QC(j) \cdot \frac{AQ(j) + \sum_{i=1}^n TQC(i,j) \cdot AQ(i)}{1 + \sum_{i=1}^n TQC(i,j)} \quad (R2)$$

Valoarea ecartului reprezintă o evaluarea globală a produsului software rezultat pe baza gradului de îndeplinire a cerințelor utilizatorului. Valoarea ecartului poate fi o bază de analiză comparativă pentru diferite produse software și poate fi utilizată în analizele de benchmarking. Activitatea de simulare furnizează datele de intrare pentru următoarea fază care reprezintă în acest model tranziția la o nouă subversiune, iar ca reprezentare, un nou plan în modelul spirală 3D.

Ecartul poate fi ecart relativ, care este reprezentat în spirala 3D ca distanța între planurile fazei n și a fazei n+1 sau ecart absolut, care este reprezentat ca distanța între planul fazei n+1 și a fazei 1.

Având stabilit în prealabil un prag al gradului de satisfacție impus ca obiectiv al dezvoltării produsului software se poate identifica momentul de lansare al produsului în versiunea curentă și eventual trecerea la o nouă versiune. În momentul trecerii la o nouă versiune se poate alege construirea unui nou model 3D de la zero (cazul modificărilor majore în noua versiune) sau continuarea spiralei prin translatarea planului xOy după axa z până în punctul de demarare al noii versiuni (cazul păstrării unei imagini a întregii evoluții pe versiuni a produsului software).

Modelul matematic integrat în modelul ciclului de viață spirală 3D utilizează pentru calculul ecartului următoarele mărimi: funcții de distribuție pentru diferite grade de dificultate de realizare a caracteristicilor produsului software; matricea de corelații generalizată la forma asimetrică, datorită dependențelor diferite dintre caracteristici, și matricea de relații cu valori exacte calculate pe baza măsurării gradului de realizare a caracteristicilor.

Pe lângă aspectele metodologice prezentate anterior, acest model oferă o modalitate de vizualizare sugestivă a stadiului curent în cadrul procesului de dezvoltare software. La ora actuală această reprezentare 3D poate fi susținută de tehnologia de vizualizare 3D de uz general. În plus, reprezentarea 3D este utilă și în "vizualizarea" eficienței procesului de dezvoltare, deoarece raza cercului din fiecare plan reprezintă costurile aferente unei faze (figura 2). Dacă reprezentarea 3D are o formă similară unui con răsturnat 1, înseamnă că procesul are costuri de îmbunătățire tot mai mari, ceea ce înseamnă că nu este eficient. Varianta acceptabilă și eficientă ar fi ca forma spiralei 3D să poată fi înscrisă într-un con 2. Aceasta ar fi o reprezentare o principiului îmbunătățirii continue de la care am plecat în dezvoltarea modelului. Considerăm ca o variantă de

*Stela*  
*Spornu*

"echilibru" cea în care reprezentarea 3D are forma unui cilindru 3. Aceasta este și varianta pentru cazul neconsiderării costurilor de dezvoltare.

Pe baza metodologiei prezentate în cadrul invenției se poate dezvolta un produs software de aplicare a modelului spirală 3D pentru proiectarea de produse software, oferind suport pas cu pas pentru aplicarea modelului ciclului de viață. Etapele aferente aplicării modelului spirală 3D sunt prezentate în figura 3, astfel: **1** – capturarea matricei cerințelor utilizatorilor CR; **2** – determinarea matricei caracteristicilor de calitate QC; **3** – determinarea matricei de corelații dintre caracteristicile de calitate TQC; **4** – determinarea matricei de realizare a caracteristicilor AQ; **5** – determinarea matricei de influențe ICQ; **6** – calcularea matricei de relații RCQ; **7** – calcularea ecartului.

Prin utilizarea modelului ciclului de viață spirală 3D, conform invenției, se elimină dezavantajele amintite prin aceea că: integrează un model matematic care calculează ecartul ca măsură a nivelului de realizare a cerințelor utilizatorilor furnizând o evaluare a calității produsului software; oferă o reprezentare tridimensională sugestivă atât a evoluției pe subversiuni a produsului software cât și a costurilor de dezvoltare implicate.

## REVENDICĂRI

**Modelul ciclului de viață spirală 3D**, care este un model tridimensional și multinivel pentru dezvoltarea de produse software, caracterizat prin aceea că: fiecare nivel reprezintă o nouă fază de dezvoltare a produsului software printr-un cerc de rază (5) egală cu costurile aferente fazei, fiecare fază constă din parcurgerea celor patru cadrane (1, 2, 3, 4) cu activitățile specifice acestora iar distanța dintre nivele este dată de **ecart** ca măsură a calității produsului software, conform relației (R2) din **modelul matematic**.

12

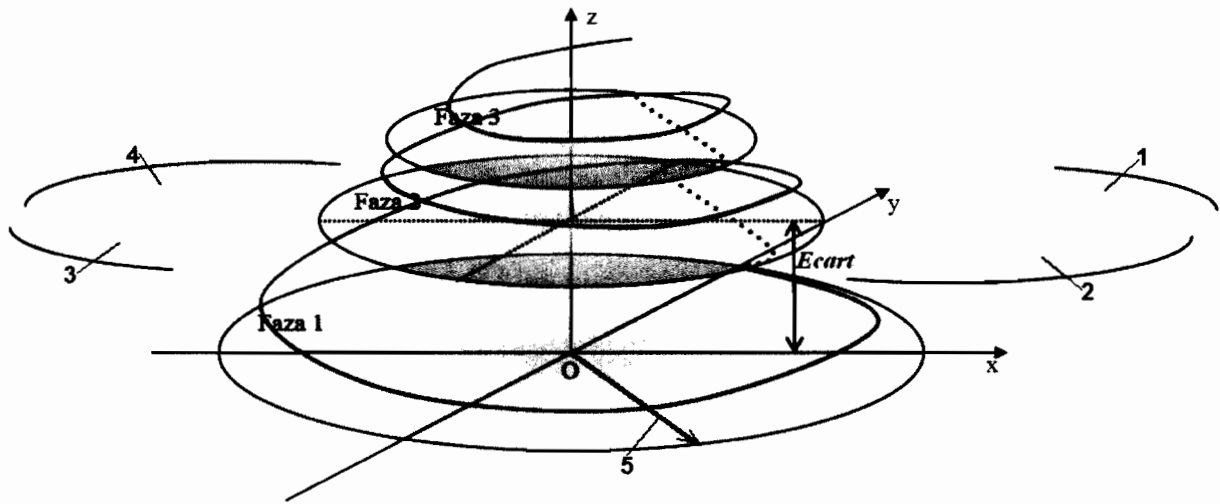


Figura 1. Modelul ciclului de viață spirală 3D

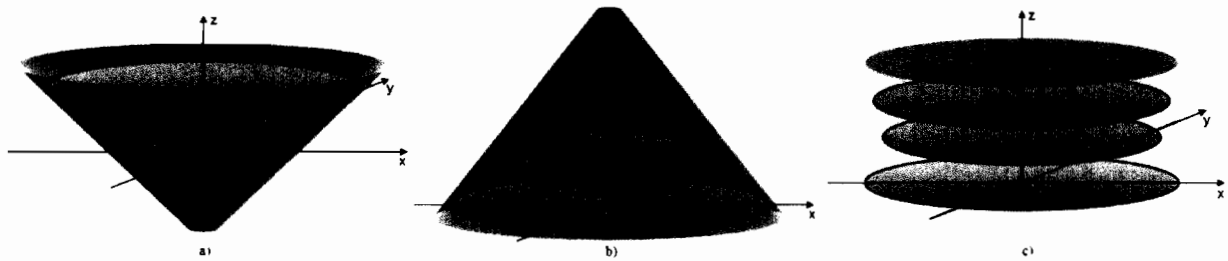


Figura 2. Reprezentări ale modelului ciclului de viață spirală 3D: a) costuri crescătoare; b) costuri descrescătoare; c) costuri aproximativ constante

*Handwritten signature and scribbles*

1/2



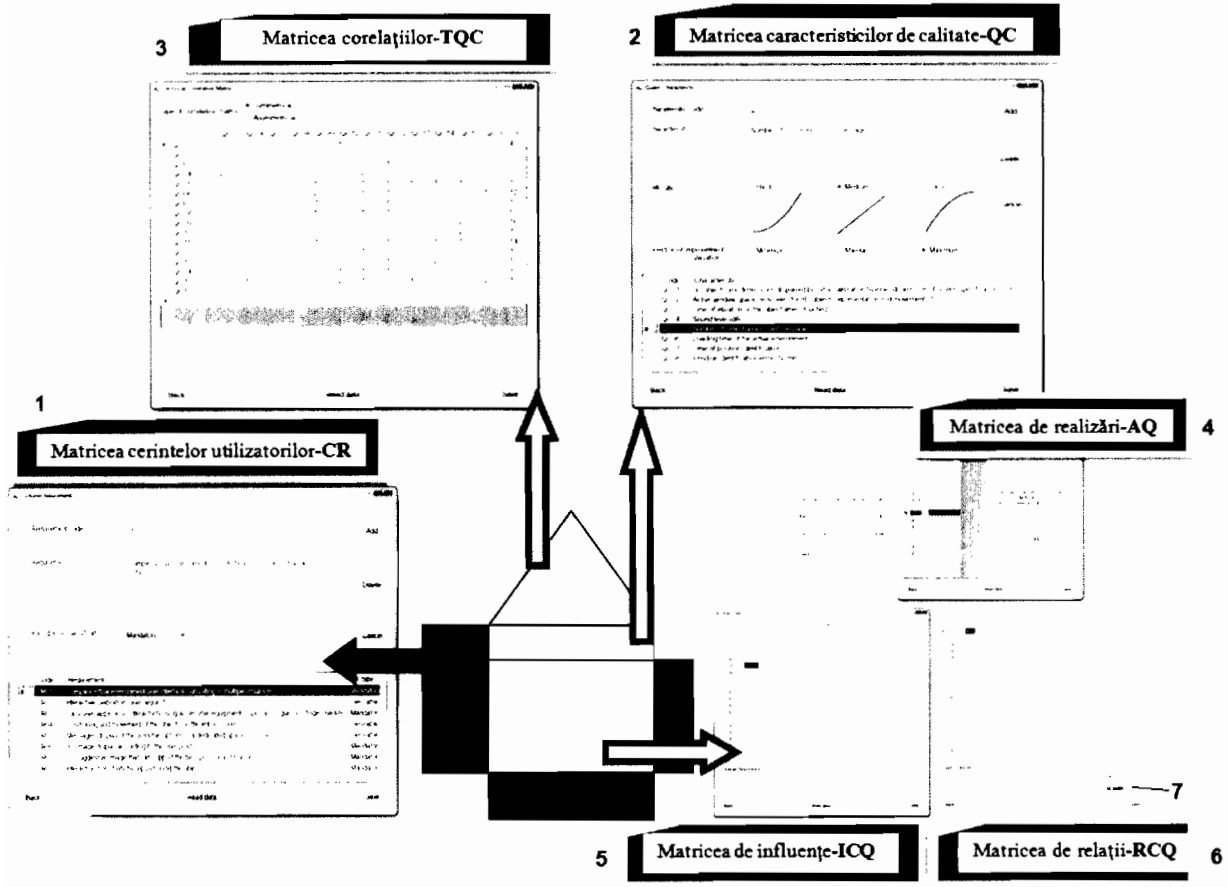


Figura 3. Modelul ciclului de viață spirală 3D bazat pe metoda QFD. Exemplu de aplicare pas cu pas