

## Indicatori ai calitatii pentru prototipul de analiza statistica a calitatii productiei

Ec. Sergiu COMAN

*Prototipul realizat pentru analiza statistica a calitatii productiei se masoara cu ajutorul unui sistem de indicatori. Caracteristicile de calitate sunt cele vizibile de catre utilizator – ca atribute externe ale prototipului software. Acestea sunt relativ complexe, nu se pot masura direct, si se apeleaza la atribute interne de calitate care vor fi evaluate cu ajutorul unor metrici. **Cuvinte cheie:** prototip, prototipizare, calitate, analiza statistica a calitatii, indicatori, complexitate, factori, metrici.*

**E**valuarea performantelor prototipurilor software precum si evaluarea în sine a acestuia se realizeaza prin metrici. Elementele de apreciere ale unui prototip software se clasifica în:

- *elemente cantitative*, cum ar fi: dimensiunea prototipului, numarul de functiuni, cantitatea de resurse utilizate, durata de realizare a unei functii etc.
- *elemente calitative*, cum ar fi: calitatea interfetei, ergonomia accesului la functiile prototipului software, ergonomia ecranelor de intrare/iesire etc.

La evaluarea elementelor cantitative si calitative sunt luati în considerare factorii de influenta. Calitatea prototipului este influentata atât de factorii directi, cât si de factorii indirecti. Factorii endogeni sau exogeni se abordeaza astfel:

- se identifica factorii;
- se stabileste modul în care se masoara factorii;
- se stabileste forma analitica asociata.

$$C_{PR} = \frac{42 \times 0,25 \times 0,5 + 220 \times 0,2 \times 0,5 + 273 \times 0,5 \times 0,5 + 1270 \times 0,8 \times 0,5 + 660 \times 0,8 \times 0,5}{42 \times 0,5 + 220 \times 0,5 + 273 \times 0,5 + 1270 \times 0,5 + 660 \times 0,5} \times 100 = \frac{867,5}{1232,5} \times 100 = 70,38\%$$

unde:

$D_i$  - Dimensiunea programului  $i$  (de exemplu: numar de instructiuni) al prototipului;

Cele mai multe metrici din ingineria dezvoltarii de prototipuri sunt euristice, bazate pe experienta. Estimarea complexitatii prototipului joaca un rol important în planificarea realizarii prototipului, dimensionarea echipei si repartizarea sarcinilor pe membrii acesteia. Utilizarea metricilor trebuie sa fie bine însusita, în primul rând de managerul proiectului care trebuie sa le foloseasca, inclusiv pentru urmarirea desfășurării realizarii prototipului. Fara utilizarea lor nu se stie când se va termina proiectarea prototipului, câți specialisti sunt necesari si pe ce perioade, cât va costa, daca proiectul este bine abordat.

Pentru implementarea metricilor sau folosirea datelor experimentale utilizate la demonstrarea prototipului de analiza statistica a calitatii productiei – PQ.

**Indicatori generali ai prototipului:**

**I)** Indicator de complexitate a prototipului realizat:

$$C_{PR} = \frac{\sum_{i=1}^N D_i \times K_i \times L_i}{N} \times 100 = \sum_{i=1}^N D_i \times L_i =$$

$K_i$  - Coeficientul (estimat) de complexitate a programului  $i$  al prototipului;

$L_i$  - Coeficientul (estimat) de complexitate a limbajului de realizare a programului  $i$  al prototipului;

$N$  - Numarul de programe ale prototipului.

Obtinerea acestei valori a complexitatii prototipului realizat (70,38%), se datoreaza includerii în cadrul prototipului a unor functii ale problemei prototipizate, cu o complexitate variata. Totodata, prototipul nu trebuie sa aiba o complexitate ridicata, apropiata de 100%, fiind în acest caz greu de realizat, de demonstrat si de înțeles de utilizatorul final. Apreciez ca optima realizarea unui prototip cu o complexitate situata între 35 – 75%. Realizarea unor prototipuri în afara acestei plaje conduce la doua situatii :

- $C_{PR} < 35\%$  - prototip “*prea sarac*”, cu putine functii implementate si, implicit, o abordare insuficienta a problemei;
- $C_{PR} > 75\%$  - prototip “*prea bogat*”, cu prea multe functii complexe implementate, care necesita un efort mare (uman, financiar si de timp), care nu mai este în concordanța cu obiectivele prototipizarii.

2) Indicatori de completitudine ai proto-tipului în raport cu produsul program:

$$C_o = \frac{n}{N} \times 100 = \frac{5}{9} \times 100 = 55\%$$

unde:

n - Numar de functiuni ale produsului program realizate în cadrul prototipului;

N - Numar de functiuni ale produsului program.

Indicatorul arata gradul în care functiile problemei prototipizate au fost incluse în prototip. În acest caz s-au selectat un numar de cinci functii din noua în cadrul prototipului, rezultând o completitudine a prototipului de 55%. Apreciez ca o completitudine este optima la valori apropiate de 50%, fiind suficienta abordarea numai a functiilor esentiale.

3) Indicator de complexitate de ansamblu a prototipului, care acopera toate functiile problemei prototipizate:

$$C_p = C_{PR} \times C_o = 70,38\% \times 55\% = 38,71\%$$

Indicatorul arata complexitatea de ansamblu a prototipului pentru aceasta problema, cazul în care toate functiile necesare problemei sunt prototipizate (un caz limita al prototipizarii).

Apreciez utilitatea sa practica si propun utilizarea acestui indicator la efectuarea de comparatii între prototipuri.

4) Indicatori de completitudine ai functiilor prototipului:  $Cof_i = P_i$ , unde:

$Cof_i$  - Completitudinea functiei **i** a prototipului în raport cu functia **i** a produsului program;

$P_i$  - Gradul (estimat) de realizare a functiei **i** a produsului program în cadrul proto-tipului;

$Cof_1 = 75\%$ ,  $Cof_2 = 0\%$ ,  $Cof_{3,1} = 100\%$ ,

$Cof_{3,2} = 100\%$ ,  $Cof_{4,1} = 0\%$ ,

$Cof_{4,2} = 90\%$ ,  $Cof_{5,1} = 90\%$ ,  $Cof_{5,2} = 0\%$ ,

$Cof_6 = 20\%$

Acesti indicatori s-au obtinut prin analiza fiecărei functii a prototipului si aprecierea gradului de implementare a functiei respective.

5) Indicatori de apreciere asupra estimarii completitudinii functiilor prototipului:

$$I_c = \frac{C_o}{\frac{\sum_{i=1}^N Cof_i}{N}} = \frac{55}{\frac{75+0+100+100+0+90+90+0+20}{9}} =$$

$$= \frac{55}{52,77} = 1,042$$

Aprecierea completitudinii functiilor prototipului a fost de 1,042 (sau de 104,2%), deci o apreciere foarte buna (aproape de 1, respectiv 100%).

6) Indicator general de complexitate a functiei **i** a prototipului:

$$C_i = \frac{CT_i + CC_i + CD_i}{3} \text{ sau}$$

$$C_i = \frac{\alpha \times CT_i + \beta \times CC_i + \gamma \times CD_i}{3}, \text{ unde:}$$

$$\alpha + \beta + \gamma = 1$$

$CT_i$  - Complexitatea textuala (Halstead) a functiei **i** a prototipului,

$$CT_i = n_1 \times \log_2 n_1 + n_2 \times \log_2 n_2, \text{ unde:}$$

$n_1$  - numarul de operanzi distincti;

$n_2$  - numarul de operatori distincti.

$CC_i$  - Complexitatea ciclomatica (McCabe) a functiei  $i$  a prototipului,

$CC_i = M - N + P$ , unde:

$M$  - numarul de arce;

$N$  - numarul de noduri;

$P$  - numarul de componente conexe (pentru care se identifica perechi de noduri distincte legate într-un lant).

$CD_i$  - Complexitatea datelor functiei  $i$  a prototipului;

$CD_i = C_s + C_t + C_{nt} + C_{na}$

unde:

$C_s$  - complexitatea (estimata) a structurilor de date;

$C_t$  - complexitatea (estimata) a tipurilor de date utilizate;

$C_{nt}$  - complexitatea (estimata) data de numarul de elemente pe tip;

$C_{na}$  - complexitatea (estimata) data de numarul articolelor – dimensiunea bazei de date.

Complexitatile calculate sunt prezentate în tabelul nr. 1, iar functiile incluse în prototip sunt urmatoarele: 1, 3.1, 3.2, 4.2 si 5.1.

**Tabelul 1 - Complexitati calculate**

FUNCTIA	Implementata în prototip	$CT_i$	$CC_i$	$CD_i$	Indicator de complexitate - $C_i$
1. Meniu	DA	19,61	3,00	4,00	8,87
2. Baze de date statistice	NU	27,12	6,00	45,00	26,04
3.1 Încarcare date Repere	DA	43,65	6,00	30,00	26,55
3.2 Încarcare date Observatii	DA	52,87	8,00	60,00	40,29
4.1 Test acceptanta date	NU	43,65	5,00	70,00	39,55
4.2 Prelucrare Xbar, R, Capabilitate	DA	87,13	10,00	70,00	55,71
5.1 Afisare grafica rezultate	DA	78,25	9,00	70,00	52,42
5.2 Interpretare rezultate	NU	82,60	9,00	70,00	53,87
6. Arhivare date	NU	12,75	3,00	60,00	25,25

**Tabelul 2 - Compexitati (normalizate)**

FUNCTIA	$CT_i$ Halstead	$CC_i$ McCabe	$CD_i$ Complexitate date	MEDIE ( $C_i$ )
1. Meniu	22.51	30.00	5.71	19.41
2. Baze de date statistice	31.12	60.00	64.29	51.80
3.1 Încarcare date Repere	50.10	60.00	42.86	50.98
3.2 Încarcare date Observatii	60.68	80.00	85.71	75.46
4.1 Test acceptanta date	50.10	50.00	100.00	66.70
4.2 Calcul Xbar, R, Capabilitate	100.00	100.00	100.00	100.00
5.1 Afis rez X, R, Capabilitate	89.81	90.00	100.00	93.27
5.2 Interpretare rezultate	94.80	90.00	100.00	94.93
6. Arhivare date	14.64	30.00	85.71	43.45

Pentru functiuni realizate în Prototip =

339.13

Pentru restul de functiuni =

256.89

TOTAL=

596.01

FUNCTIA	CTi Halstead	CCi McCabe	CDi Complexitate date	MEDIE (Ci)
---------	--------------	------------	-----------------------	------------

Grad de realizare complexitate în prototip= 56.90%

7) Indicator general de complexitate a prototipului:

$$C_{gp} = \frac{\sum_{i=1}^N C_i \times p_i}{\sum_{i=1}^N C_i} \times 100$$

$$= \frac{8,87 + 26,55 + 40,29 + 55,71 + 52,42}{8,87 + 26,04 + 26,55 + 40,29 + 39,55 + 55,71 + 52,42 + 53,87 + 25,25} \times 100 =$$

$$= \frac{183,84}{328,55} \times 100 = 55,95\% , \text{ unde:}$$

C<sub>i</sub> - Complexitatea generala a functiei i a prototipului (6);

N - numarul de functiuni ale prototipului;

P<sub>i</sub> - prezenta functiei în prototip (0=NU, 1=DA).

Dupa cum se vede, calculul indicatorului este complex si laborios, chiar si pentru prototipuri mai simple, indicând în exemplul de fata o complexitate superioara me-diei pentru prototipul analizei statistice a calitatii productiei.

8) Indicator de reutilizare a functiunilor prototipului :

$$C_r = \frac{\sum_{i=1}^N N_f \times K_i}{N_t} = \frac{1 \times 0,2}{9} = 0,022 (2,2\%), \text{ unde:}$$

C<sub>r</sub> - Indicator de reutilizare a functiunilor prototipului, C<sub>r</sub> ∈ [0, 1];

N<sub>f</sub> - Numar de functiuni reutilizate;

K<sub>i</sub> - Coeficient de importanta a partii reutilizate, K<sub>i</sub> ∈ [0, 1];

N<sub>t</sub> - Numar total de functiuni ale prototipului.

Indicatorului are o valoare foarte mica (2,2%) prin faptul ca prototipul reutilizeaza o singura functie, de complexitate redusa (meniul). Problema de analiza statistica a calitatii productiei este mai rar abordata în practica, cu functii speciale si, din aceasta cauza, posibilitatile de reutilizare a functiunilor prototipului sunt reduse.

9) Indicator de fiabilitate a functiunilor prototipului:

$$C_f = \frac{N_{fe}}{N_{\hat{t}}} = \frac{3}{25} = 0,12 (12\%), \text{ unde:}$$

C<sub>f</sub> - Indicator de fiabilitate a functiunilor prototipului, C<sub>f</sub> ∈ [0, 1];

N<sub>fe</sub> - Numar de esuari ale functiunilor testate;  
N<sub>t</sub> - Numar total de încercari ale functiunilor prototipului.

S-au efectuat un numar de 25 de testari ale functiilor si s-au înregistrat trei esecuri ale acestora, ceea ce corespunde unui procent de 12% de esecuri. Apreciez ca un procent mai mare de 20% nu este acceptabil si trebuie actionat atât asupra prototipului cât si asupra seturilor de date de test.

10) Indicator de adecvare a functiunilor prototipului la cerintele produsului program:

$$C_{ap} = \frac{\sum_{i=1}^N C_{a_i}}{N} = \frac{75 + 0 + 100 + 100 + 0 + 90 + 90 + 0 + 20}{9} = 52,77\%$$

unde:

C<sub>a<sub>i</sub></sub> - Indicator (estimat) de adecvare a functiei i a prototipului la functia corespunzatoare a produsului program (pot exista functiuni neimplementate în prototip ? C<sub>a<sub>i</sub></sub> = 0)

N - Numarul de functiuni ale produsului program.

Prin functiunile implementate, s-a realizat un grad de adecvare al acestora de 52,77%, un nivel normal pentru un prototip.

11) Indicatori de performanta a prototipului:

$$I_p = \frac{D}{N_{ex}} = \frac{9000}{15} = 600 \text{ sec/problema, unde:}$$

I<sub>p</sub> - Indicator de performanta a prototipului - exprima durata medie de executie a unei probleme;

D - Durata de executie totala (secunde);

N<sub>ex</sub> - Numar de executii (probleme rezolvate).

Acest indicator este mai putin important pentru prototip, însa trebuie sa se mentina în limite rezonabile pentru a nu abuza de rabdarea utilizatorului final.

Pentru aceasta problema, un timp de 10 minute/problema este bun; într-o ora se pot realiza trei-patru demonstrari ale prototipului si se pot purta discutii pe baza rezultate-lor obtinute.

**12)** Costul prototipului, determinat pe baza elementelor sale cantitative, corectat cu un indicator de complexitate, se calculeaza astfel:

$$C = \sum_{i=1}^N D_i \times P_i \times K_i =$$

$$= 42 \times 0,6 \times 0,25 + 220 \times 0,6 \times 0,2 + 273 \times 0,6 \times 0,5 + 1270 \times 0,6 \times 0,8 + 660 \times 0,6 \times 0,8 = 1041 \text{ USD}$$

unde:

$D_i$  - Dimensiunea programului  $i$  (de exemplu numar de instructiuni);

$P_i$  - Pretul unitar al elementului de program (de exemplu: costul unitar de realizare a unei instructiuni într-un limbaj de programare);

$K_i$  - Coeficientul (estimat) de complexitate al programului  $i$ ;

$N$  - Numarul de programe ale prototipului.

#### **Indicatori de structura a prototipului:**

**13)** Indicator de prototipizare a meniului:

$$I_m = \frac{N_{emp}}{N_{tem}} \times 100 = \frac{6}{10} \times 100 = 60\% , \text{ unde:}$$

$N_{emp}$  - Numar de elemente de meniu incluse în prototip;

$N_{tem}$  - Numar total de elemente de meniu ale produsului program.

În meniul prototipului s-au inclus un numar de sase elemente din cele 10 estimate a fi necesare meniului produsul program. Consider ca acest indicator trebuie sa aiba o valoare mai mare de 50% pentru a asigura claritatea necesara asupra functiilor implementate în prototip.

**14)** Indicator de prototipizare a intrarilor :

$$I_i = \frac{N_{eip}}{N_{tei}} \times 100 = \frac{2}{3} \times 100 = 66\% , \text{ unde:}$$

$N_{eip}$  - Numar de elemente de intrare incluse în prototip;

$N_{tei}$  - Numar total de elemente de intrare ale produsului program..

În meniul prototipului s-au inclus un numar de doua tipuri de intrari de date din cele trei estimate a fi necesare pentru produsul program, respectiv date generale privind

reperele si rezultate privind masurato-rile efectuate asupra reperelor. Intrarile incluse în prototip asigura sursele principale de date pentru testarea si demonstrarea acestuia. Intrarile necesare pentru testele statistice asupra normalitatii datelor culese nu s-au inclus în prototip, în aceasta varianta seturile de date necesare fiind verificate prin alte metode. Valoarea indicatorului difera de la problema la problema, în functie de specificul acesteia.

**15)** Indicator de prototipizare a iesirilor:

$$I_e = \frac{N_{eep}}{N_{tee}} \times 100 = \frac{4}{8} \times 100 = 50\% , \text{ unde:}$$

$N_{eep}$  - Numar de elemente de iesire incluse în prototip;

$N_{tee}$  - Numar total de elemente de iesire ale produsului program.

Prototipului asigura un numar de patru tipuri de iesiri de date din cele opt estimate a fi necesare pentru produsul program. Principalele informatii furnizate utilizatorului se refera la functiile  $\bar{X}$ ,  $R$  si capabilitatea procesului supus analizei. Indicatorul nu are o valoare de referinta, acesta difera de la o problema la alta, în functie de specificul acesteia si poate evolua rapid în timpul testarii si demonstrarii prototipului.

**16)** Indicator de prototipizare a prelucrarilor:

$$I_p = \frac{N_{epp}}{N_{tep}} \times 100 = \frac{3}{5} \times 100 = 60\% , \text{ unde:}$$

$N_{epp}$  - Numar de elemente de prelucrare incluse în prototip;

$N_{tep}$  - Numar total de elemente de prelucrare ale produsului program.

În prototip s-au inclus un numar de trei tipuri de elemente de prelucrare din cele cinci estimate a fi necesare pentru produsul program; se asigura prelucrarile necesare pentru functiile  $\bar{X}$ ,  $R$  si capabilitatea procesului. Apreciez ca valoarea acestui indicator trebuie sa fie mai mare de 50% pentru a asigura acoperirea de catre prototip a principalelor functii ale produsului program.

**17)** Indicator general de prototipizare a structurii produsului program:

$$I_{gsp} = \frac{I_m + I_i + I_e + I_p}{4} = \frac{60 + 66 + 50 + 60}{4} = 59\%$$

Valorile obtinute pentru indicatori 13–16 sunt toti superiori valorii de 50%, iar valoarea obtinuta pe ansamblu (59%), indica un prototip care a abordat echilibrat fiecare element de structura a acestuia, la un nivel superior mediei de 50%, dar la o distanta semnificativa de valoarea de 100% - o limita extrema si nerealista pentru un prototip.

Apreciez ca acest indicator trebuie sa se situeze în intervalul 35–65%, în afara acestuia având prototipuri “sarace” sau “prea bogate”.

Prin acest sistem de indicatori se asigura controlul realizarii de prototipuri de calitate minimala care sa prefigureze viitorul produs program. Se creeaza instrumentul de analiza a calitatii pe functiuni, iar prin masurarea gradului de adecvare a prototipului la cerintele produsului program, se directioneaza construirea produsului program conform cerintelor utilizatorului, cu un grad de reusita maxim.

Utilizarea sistemului de indicatori propus si extinderea în functie de obiective a acestuia, masurarea complexitatii prototipului si a calitatii acestuia asigura un raspuns mai bun la întrebările clasice ale utilizatorului: “ce face?”, “cu ce ma ajuta?”, “cât costa?” si “când este gata?”

### Bibliografie

- ✚ [BULL99] Bullock James – “Software Realities: Improving the Development System Model”, COMPUTER – Innovative Technology for Computer Professionals, Octombrie 1999, pag. 119-124
- ✚ [COMS96] Coman Sergiu – “Dezvoltare software prin prototipuri”, Comunicare stiintifica la a sasea sesiune “Strategii economice alternative”, Universitatea “Gheorghe Cristea”, Bucuresti, 1996
- ✚ [COMS97] Coman Sergiu – “Prototyping techniques”, Comunicare stiintifica la a treia sesiune INFOREC - “Simpozion

international de informatica economica”, ASE, Bucuresti, 1997

✚ [IVAN01] Ivan Ion, Paul Pocatilu, Doru Ungureanu – “*Project Complexity*”, Ed. Infocrec, Bucuresti, 2001

✚ [RAND96] Randall Smith, Mark Lentczner, Walter Smith, Antero Taivalsaari, David Ungar - “*Prototype - Based Languages: Object Lesson from Class-Free Programming*”

✚ [TEOD01] Teodorescu Laurentiu, Ivan Ion - “*Managementul calitatii software*”, Editura Infocrec, Bucuresti, 2001