

## Quality Metrics for Information Systems

Prof.dr. Ion IVAN, prep. Doru CAZAN  
Catedra de Informatică Economică, A.S.E. București

*This paper's objective is to define metrics or information systems quality measurement. Indicators for evaluation of information systems performance are defined. For a complex system those indicators are tested and their representative ness is analyzed. For dynamic indicators a separated analysis should be done.*

*Keywords: information system, quality, indicators, metrics.*

### **E**voluția calității sistemelor informatice pe durata de viață a acestora

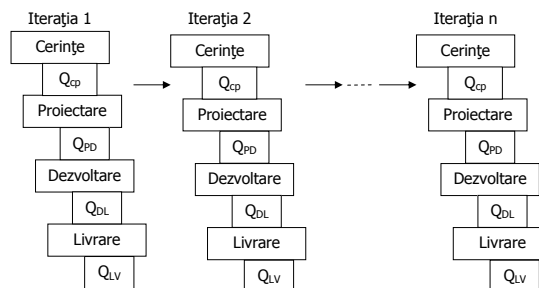
Necesitatea este dată de existența unui număr foarte mare de sisteme informatice dintre care utilizatorul trebuie să aleagă pe acela care îi satisface cel mai bine criteriile de performanță. De asemenea, trecerea de la o versiune la alta este justificată dacă noua versiune crește nivelul de calitate a sistemului informatic. În sistemele existente se efectuează modificări și trebuie văzut dacă acestea cresc sau diminuează performanța sistemului.

Pentru realizarea unui sistem informatic se parcurg o serie de etape care diferă în funcție de metodologia folosită. După fiecare etapă se procedează la analiza calității. Parcurgerea tuturor etapelor se constituie într-o iterație. Pentru realizarea sistemului informatic sunt necesare mai multe iterații. Rezultatul fiecărei iterații este un produs stabil care converge către produsul final pe măsură ce sunt parcurse mai multe iterații. Indiferent de metodologia folosită se identifică faze în care:

- se definește problema; echipa de dezvoltare împreună cu clientul identifică cerințele și stabilesc obiectivele noului sistem;
- se analizează sistemul informațional existent; analiza are ca scop crearea specificațiilor software;
- se proiectează noul sistem informatic; în această fază sunt elaborate specificațiile funcționale, se modelează conceptual, logic și fizic noul sistem și se pregătesc planuri de lucru și estimări ale costurilor pentru fazele ulterioare;
- se dezvoltă: echipa scrie module de cod, creează baze de date, integrează module;

- se testează; produsul este folosit în condiții de mediu reale în vederea detectării și eliminării erorilor; se livrează produsul final: echipa instalează produsul la beneficiar, construiește manualul de utilizare și pregătește utilizatorii finali.

Fiecare etapă din cadrul iterațiilor și fiecare iterație sunt urmate de evaluări ale calității sistemului informatic de către furnizor pe baza de criterii stabilite împreună cu beneficiarul în momentul semnării contractului. Prima etapă a livrării sistemului către beneficiar este reprezentată de un set exhaustiv de teste menite să determine calitatea sistemului informatic livrat.



**Fig.1.** Iterații parcurse la realizarea sistemului informatic cu control de calitate Q

Avantajele noului sistem informatic nu rezidă doar în calitatea prelucrărilor efectuate de către sistem ci includ și calitatea utilizării acestuia și calitatea integrării sistemului în cadrul organizației beneficiare. Toate acestea influențează calitatea finală a afacerii.

Chiar dacă importanța asigurării și evaluării calității sistemelor informatice este în creștere în paralel cu dezvoltarea societății informaționale, două aspecte rămân în stadiul de discuție teoretică:

- nu există încă un model, metodologii sau standarde general valabile care să acopere domeniul calității sistemelor informatice în întregime, până la gradul de detaliu care să le facă utile în activitatea zilnică;
- de ce producătorii de software implementează cu dificultate modelele teoretice existente.

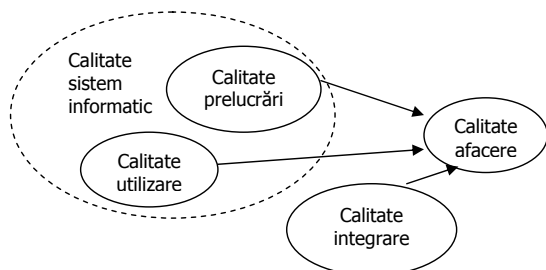


Fig.2. Factori care determină calitatea afacerii

### Caracteristici de calitate ale sistemelor informatice

Atingerea unor niveluri ridicate ale calității reprezintă o cerință obligatorie în zilele noastre pentru orice sistem informatic, cu importanță practică deosebită. Modul în care fiecare dintre noi, furnizori sau beneficiari ai sistemelor informatice înțelegem termenul *calitate* diferă.

Odată cu dezvoltarea societății informaționale, a creșterii numărului de furnizori de sisteme informatice și a beneficiarilor acestora s-a pus problema ca sistemele informatice să se conformeze standardelor de calitate internaționale. Conform [ISO9000] calitatea este definită ca *totalitatea proprietăților și caracteristicilor unui produs sau serviciu care îi conferă acestuia aptitudinea de a satisface necesitățile exprimate sau implicite*.

Calitatea din punct de vedere al utilizatorului vizează acele caracteristici care justifică implementarea unui astfel de sistem prin:

- reducerea duratei de prelucrare a datelor folosind sisteme de gestiune a bazelor de date de ultimă generație care implementează algoritmi performanți, optimizarea sau rescrierea rutinelor mari consumatoare de timp sau programarea rulării unor module în afara programului de lucru;
- degrevarea factorilor de decizie de efectuarea unor prelucrări de date prin crearea de interogări complexe care să livreze rapoartele

finale, eliminând etape de colectare și sintetizare a informațiilor intermediare; devine astfel extrem de important ca factorii de decizie să fie conștienți de nevoile pe care le au și să transmită cu acuratețe aceste informații analiștilor de sistem;

- creșterea gradului de agregare a informațiilor și a diversității rapoartelor care apar ca necesitate în condițiile evoluției pieței și a nevoilor consumatorilor și a cerințelor noi apărute din partea factorilor de decizie;

- obținerea de informații privind momente și elemente critice ale proceselor de producție, livrare și stocare în vederea identificării în timp util a măsurilor ce trebuie luate și a resurselor necesare depășirii acestor momente;

- reducerea erorilor în raportări datorită datelor incomplete, înregistrării eronate, decalajelor de înregistrare prin procedee complexe de validare;

- obținerea unor forme de prezentare a datelor personalizate în funcție de nevoile sau dorințele beneficiarilor;

- creșterea nivelului de confidențialitate.

Calitatea sistemelor informatice este dificil de măsurat ca atare. Cercetătorii au studiat relațiile care există între calitate așa cum e definită și o serie de factori / atribute ale sistemelor informatice și au ajuns la concluzia că pentru a fi operaționale sistemele informatice trebuie înzestrate cu o serie de caracteristici de calitate precum mentenabilitatea, fiabilitatea, scalabilitatea, toleranța la erori sau complexitatea. Evaluarea acestor caracteristici permite evaluarea calității globale a sistemului informatic. Aceste caracteristici de calitate formează un sistem. Creșterea nivelului unei caracteristici atrage după sine creșterea nivelului altor caracteristici. Sunt numeroase situațiile în care creșterea nivelului unei caracteristici este însoțită de descreșterea nivelului altei caracteristici. De exemplu creșterea fiabilității sistemului informatic este însoțită de creșterea complexității. Evoluția procesului de mentenanță reduce fiabilitatea sistemului atât timp cât noile componente nu sunt testate și corectate astfel încât să ajungă la nivelul de calitate a componentelor deja existente.

Pentru evaluarea calității sistemelor informatice trebuie evaluate fiecare din aceste caracteristici. Aceasta se face cu ajutorul indicatorilor asociați caracteristicilor de calitate. Din cauza dificultății măsurării unor indicatori în practică, se vor determina corelațiile dintre caracteristicile de calitate prezentate și se vor elimina acele caracteristici greu de evaluat dar care sunt puternic corelate cu caracteristici ușor de măsurat. Se va construi astfel un sistem de indicatori care să nu elimine influența variației nivelurilor unor atribute de calitate asupra calității globale a sistemului informatic.

### Complexitatea McCabe extinsă

Complexitatea McCabe este metrică a structurii unui sistem. Măsoară numărul de căi liniare independente existente într-un modul de program. Este independentă de limbajul de programare. Este cunoscută și sub numele de complexitate ciclomatică [www-SEI].

Se determină pe baza unui graf conex asociat modulului, graf care urmărește fluxul execuției programului. Valoarea indicatorului se calculează conform formulei  $C = E - N + P$ , unde:  $E$  - numărul arcelor grafului;  $N$  - numărul nodurilor grafului;  $P$  - numărul componentelor interconectate.

O valoare mică a complexității McCabe caracterizează un modul ușor de înțeles, mentenabil și ușor de testat. O valoare mare a complexității caracterizează din contra, un modul complex, greu de întreținut și de testat. Complexitatea McCabe este folosită pentru analiza riscului în fazele de dezvoltare și menținere și testare.

Indicatorul poate fi extins pentru a măsura complexitatea unui sistem informatic, alcătuit din mai multe module interconectate care folosesc o colecție de date grupate în fișiere. Pentru calculul valorii indicatorului extins se va considera și complexitatea datelor preluate de sistem. Se asociază colecției de date un graf în care nodurile sunt grupuri (tabele într-o bază de date) iar arcele corespund relațiilor dintre grupuri (tabele). În figura 3 este prezentat un astfel de graf.

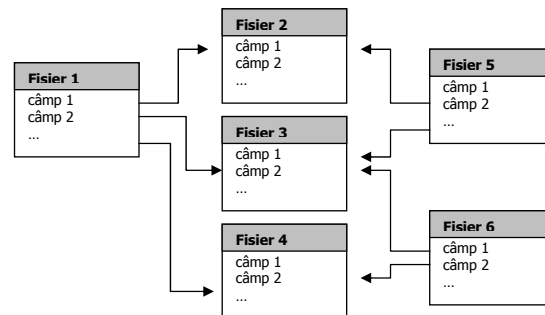


Fig.3. Graf asociat datelor și relațiilor dintre ele

Se calculează după aceeași formulă valoarea complexității asociate:

$C_F = E_F - N_F + P_F$ , unde  $E_F$  este numărul arcelor grafului;  $N_F$  este numărul nodurilor grafului;  $P_F$  este numărul componentelor interconectate. Indicatorul extins are expresia analitică:

$$C_X = \frac{\min(C; C_F)}{\max(C; C_F)}$$

Valori ale complexității McCabe în intervalul [1..10] indică un sistem simplu, fără riscuri de dezvoltare sau mentenanță. Valori cuprinse în intervalul [11..20] caracterizează un sistem de complexitate medie care prezintă riscuri acceptabile. Valorile ale indicatorului care depășesc 20 indică un sistem complex, iar valori peste 50 sunt obținute pentru sisteme informatice foarte complexe.

### Indicator pentru măsurarea mentenabilității codului sursă

Se definește un indicator pentru măsurarea mentenabilității codului sursă pentru un sistem informatic. Factorii luați în considerare sunt:

- repartizarea codului sursă pe module: variația normată a numărului de linii sursă din fiecare modul  $CV_{LS}$ ;
- proporția instrucțiunilor care modifică fluxul liniar al execuției codului: se determină procentul de instrucțiuni de tip IF/IF-ELSE/FOR/CALL raportat la numărul de instrucțiuni din fiecare modul  $P_{JMP}$ ;
- proporția comentariilor în codul sursă: se determină procentul liniilor de comentariu raportat la numărul de linii sursă pentru fiecare modul  $P_{CMT}$ .

Expresia analitică a indicatorului este:

$$I = CV_{LS} \times \frac{(1 + P_{CMT})}{(1 + P_{JMP})}$$

Rezultatele experimentale au fost obținute studiind un sistem informatic care gestionează contracte de asigurare, pe parcursul etapelor de dezvoltare, și testare. Sistemul informatic rulează pe o mașină IBM AS400 cu sistem de operare OS400 V4R4, folosește DB2 ca sistem de gestiune a bazelor de date și a fost scris în COBOL400. Valorile indica-

torilor au fost corelate cu nivelul de satisfacție al utilizatorilor evidențiat în formularele completate în etapa de testare și numărul de evenimente nefavorabile survenite în procesul de producție. În acest scop a fost creată o aplicație SystemStat în Delphi care prelucrează toate fișierele sursă cu extensia „ssd” dintr-un director. Au fost prelucrate 304 fișiere pentru care s-au obținut valorile din tabelul 1.

Tabelul 1. Valorile nivelurilor caracteristicilor măsurate

Modul	Mi	Li	Pi	FORi	IF	ELSEi	CALLi	INSTi	COMi
QS36SRC.AAAAA1	112	4376	0	0	6	0	2	41	23
QS36SRC.ACOP07	188	7322	1	0	4	0	1	58	43
QS36SRC.ADDDATE	203	7665	0	0	6	0	0	16	16
QS36SRC.AGCTAN	318	11915	9	0	14	0	0	126	7
QS36SRC.AGNOTS	170	6438	8	0	12	0	0	71	4
QS36SRC.AGNOTT	178	6815	8	0	10	0	3	72	4
QS36SRC.AGNOTZ	128	4763	7	0	6	0	2	51	1
QS36SRC.AI0002	304	12788	3	0	8	0	1	85	40
QS36SRC.AI0003	557	23233	16	0	16	0	0	228	88
QS36SRC.AI0004	1651	72657	71	0	125	0	57	764	144
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
QS36SRC.PRT502	475	20175	9	0	33	0	15	254	35
QS36SRC.READ07	149	5745	1	0	4	0	2	47	15
QS36SRC.REFIS07	201	7917	2	0	7	0	2	45	72
QS36SRC.SY0101	640	26268	43	0	37	0	3	360	2
QS36SRC.TRA001	201	7913	3	0	12	0	2	91	17
QS36SRC.TRANSA	295	11026	14	0	32	0	8	161	2
QS36SRC.XPROTO	544	24113	24	0	38	0	5	291	76

Indicatorul a fost calculat pentru fiecare modul, și comparat cu evaluarea obținută de experți în urma procesului de mentenanță a sistemului informatic respectiv. S-a împărțit in-

tervalul în care poate varia indicatorul [0..1] în 8, 9 și 10 subintervale de lungime egală și s-au grupat modulele în funcție de valoarea indicatorului.

Tabelul 2. Numărul modulelor grupate după valoarea indicatorului

Interval	Module	Interval	Module	Interval	Module
[0,00; 0,13]	225	[0,00; 0,11]	210	[0,0; 0,1]	192
[0,13; 0,25]	57	[0,11; 0,22]	70	[0,1; 0,2]	87
[0,25; 0,38]	3	[0,22; 0,33]	5	[0,2; 0,3]	4
[0,38; 0,50]	12	[0,33; 0,44]	10	[0,3; 0,4]	8
[0,50; 0,63]	2	[0,44; 0,56]	3	[0,4; 0,5]	6
[0,63; 0,75]	1	[0,56; 0,67]	2	[0,5; 0,6]	2
[0,75; 0,88]	2	[0,67; 0,78]	0	[0,6; 0,7]	1
[0,88; 1,00]	2	[0,78; 0,89]	2	[0,7; 0,8]	0
Total	<b>304</b>	[0,89; 1,00]	2	[0,8; 0,9]	2
		Total	<b>304</b>	[0,9; 1,0]	2
				Total	<b>304</b>

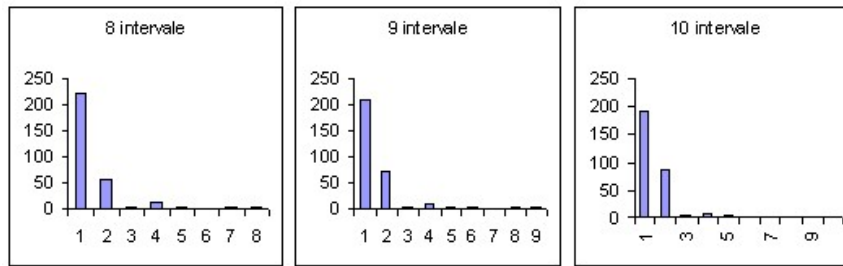


Fig.4.

A fost elaborată astfel următoarea ipoteză: indicatorul este reprezentativ pentru evaluarea mentenabilității codului sursă și se consideră că modulele pentru care indicatorul ia valori în intervalul [0,0..0,15) sunt module de complexitate redusă, ușor de menținut, cele cu o valoare a indicatorului în intervalul [0,15..0,5) necesită efort mediu de menținere iar cele pentru care indicatorul depășește valoarea 0,6 sunt foarte greu de menținut. Importanța acestui indicator se manifestă în procesul de dezvoltare, atunci când măsurarea lui este posibilă și când poate indica apli-

carea unor măsuri de reducere a complexității modulelor prin împărțirea sau rescrierea acestora.

**Corelații între caracteristicile de calitate**

S-a studiat pe baza acestor rezultate și corelația dintre caracteristicile analizate în scopul determinării acelor caracteristici care sunt substituibile în procesul de calcul al indicatorilor.

În tabelul următor sunt prezentați coeficienții de corelație dintre caracteristici de calitate măsurate:

Tabelul 3. Coeficienții de corelație dintre caracteristicile sistemului

	M <sub>i</sub>	L <sub>i</sub>	P <sub>i</sub>	FOR <sub>i</sub>	IF <sub>i</sub>	ELSE <sub>i</sub>	INST <sub>i</sub>	COM <sub>i</sub>
M <sub>i</sub>	1,0000	0,9985	0,8545	0,2621	0,9444	0,2721	0,9641	0,8246
L <sub>i</sub>		1,0000	0,8425	0,2779	0,9408	0,2764	0,9564	0,8209
P <sub>i</sub>			1,0000	0,1598	0,8495	0,1253	0,9277	0,7439
FOR <sub>i</sub>				1,0000	0,2789	0,0285	0,2215	0,3335
IF <sub>i</sub>					1,0000	0,2619	0,9600	0,7688
ELSE <sub>i</sub>						1,0000	0,2264	0,1659
INST <sub>i</sub>							1,0000	0,7758
COM <sub>i</sub>								1,0000

Pentru evidențierea caracteristicilor corelate s-a determinat prin încercări succesive o valoare  $\xi = 0.09$  pentru care s-a obținut:

Tabelul 4. Caracteristici corelate

	M <sub>i</sub>	L <sub>i</sub>	P <sub>i</sub>	FOR <sub>i</sub>	IF <sub>i</sub>	ELSE <sub>i</sub>	INST <sub>i</sub>	COM <sub>i</sub>
M <sub>i</sub>	1	1			1		1	
L <sub>i</sub>		1			1		1	
P <sub>i</sub>			1				1	
FOR <sub>i</sub>				1				
IF <sub>i</sub>					1		1	
ELSE <sub>i</sub>						1		
INST <sub>i</sub>							1	
COM <sub>i</sub>								1

Evaluarea calității sistemelor informatice se face cu ajutorul indicatorilor asociați caracteristicilor de calitate. Din cauza dificultății măsurării unor indicatori în practică, se vor

determina corelațiile dintre caracteristicile de calitate și se vor elimina acele caracteristici greu de evaluat dar care sunt puternic corelate cu caracteristici ușor de măsurat. Se va

construi astfel un sistem de indicatori care să nu elimine influență variației nivelurilor unor atribute de calitate asupra calității globale a sistemului informatic.

### Concluzii

S-a pornit în desfășurarea cercetării de la rezultatele obținute și publicate în literatura de specialitate din domeniu și au fost propuși o serie de noi indicatori pentru evaluare nivelurilor atributelor de calitate ale sistemelor informatice. S-au identificat o serie de deschideri pe care cercetarea trebuie să le facă în viitor privind:

- includerea în sistemul informatic a unor componente de autoevaluare care să permită afișarea indicatorilor de performanță și dinamica acestora: numărul de articole din baza de date, durată medie tranzacție, diversitatea rapoartelor;
- includerea de componente care să evidențieze facilitățile, parametri, opțiunile, modulele definite în sistem și neactivate de la început sau pe intervale;
- când se realizează un sistem informatic pentru a fi livrat la cheie mai multor beneficiari el se proiectează pentru a fi personalizat; în acest context indicatorii de activare a componentelor se ameliorează substanțial întrucât fiecărui beneficiar i se livrează structura de module potrivită acoperirii intrărilor și ieșirilor respectivului beneficiar.

### Bibliografie

- [HELL97] L.A. von Hellens - Information system quality versus software quality Information and Software Technology vol. 39, no. 12, p. 801 Elsevier Science, Amsterdam, 1997
- [ISO9000] Quality management and Quality Assurance standards
- [IVAN97] I. IVAN, Felix SIMION, V. NICĂ - Gradul de interferență al metricilor Halstead și McCabe, Revista Română de Informatică și Automatică vol. 7, nr. 3, p. 23, București, 1997
- [IVAN99] Ion IVAN, Mihai POPESCU, Panagiotis SINIOROS, Felix SIMION - Metrici software, Editura INFOREC, București, 1997

[IVAN04] I. IVAN, C. BOJA - Metode statistice în analiza software, Editura ASE, București, 2004

[LARM02] C. LARMAN - Applying UML and patterns: an introduction to object-oriented analysis and design and the Unified Process / 2nd edition Prentice Hall, NJ, 2002

[PAUN80] GH. PĂUN - Possibilities and Limits in Reducing Social Indicators Complexity GPID the United Nations University, Tokyo, 1980

[REEV94] C.A. Reeves, D.A. Bednar, Defining quality: alternatives and implications, Academy of Management Review, Finland, 1994

[SABA94] G. SABĂU, I. LUNGU, T. SURCEL, C. BODEA, Sisteme informatice pentru conducere, Editura SIAJ, București, 1994

[SALM97] H. Salmela - From information system quality to sustainable business quality, Information and Software Technology vol. 39, no. 12, p. 819, Elsevier Science, Amsterdam, 1997

[TRIC99] RAY TRICKER, ISO 9000 pentru întreprinderi mici și mijlocii, Editura ALL Beck, București, 1999

[www-SEI] <http://www.sei.cmu.edu>