

# Determinarea calității aplicațiilor mobile pe baza modului de dezvoltare

Alin ZAMFIROIU<sup>1,2</sup>, Radu BONCEA<sup>1</sup>, Ionuț PETRE<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Informatică - ICI București, B-dul Mareșal Averescu Nr. 8-10, București, 011455, România

<sup>2</sup> Academia de Studii Economice,

Piața Romană Nr. 6, Sector 1, București, 010374, România

zamfiroiu@ici.ro

radu@rotld.ro

ionut.petre@ici.ro

**Rezumat:** Creșterea numărului de dispozitive mobile aduce cu sine o creștere a aplicațiilor dezvoltate pentru aceste dispozitive. Nevoia de penetrare rapidă a pieței de aplicații mobile face ca managementul să pună presiune pe echipele de dezvoltare în scopul lansării de aplicații înaintea concurenței. Totuși pentru a obține efectul scontat este necesar ca în procesul de dezvoltare să se țină seama de indicatorii de calitate pentru dezvoltarea aplicațiilor mobile din punctul de vedere al utilizatorilor. În cadrul acestui articol, pe baza caracteristicilor de dezvoltare a aplicațiilor mobile - lizibilitatea, modificabilitatea, regenerabilitatea, integritatea și testabilitatea, se demonstrează că acestea sunt interconectate și că este necesară considerarea tuturor caracteristicilor pentru a obține o aplicație mobilă de calitate. Aceste caracteristici au stat la baza realizării unui chestionar dedicat evaluării calității aplicațiilor. Chestionarul a fost distribuit specialiștilor dezvoltatori de software și utilizatorilor obișnuiți de aplicații mobile. În urma analizei rezultatelor obținute au rezultat două seturi de ponderi ale caracteristicilor de dezvoltare care au fost utilizate pentru construirea metricilor de evaluare a calității aplicațiilor mobile. Astfel s-a obținut indicatorul agregat pentru calculul calității aplicațiilor mobile din punctul de vedere al dezvoltatorilor și cel al utilizatorilor.

**Cuvinte cheie:** Calitate, Aplicații mobile, Dezvoltare, Indicatori, Caracteristici.

## Quality of mobile applications based on their development

**Abstract:** Increasing the number of mobile devices brings an increase in applications developed for these devices. The need for rapid penetration of the mobile application market forces management to put pressure on development teams to launch applications ahead of competition. However, in order to achieve the expected effect, it is necessary for the development process to take into account the quality indicators for the development of mobile applications from the point of view of the users. Within this article, based on the mobile application development features - legibility, modifiability, regenerability, integrity and testability, it is demonstrated that they are interconnected and that it is necessary to consider all the features to achieve a high quality mobile application. These features were the basis for a questionnaire dedicated to app quality assessment. The questionnaire was distributed to software developers and ordinary mobile application users. Based on the analysis of the results obtained, two sets of weighting of the development characteristics were used that were used to build the mobile application quality assessment metrics. This has resulted in the aggregate indicator for mobile computing for developers and users.

**Keywords:** Quality, Mobile applications, Development, Indicators, Features.

## 1. Introducere

Trendul de utilizare a dispozitivelor mobile este la o cotă mai ridicată ca oricând, iar instituțiile din toate domeniile se bazează pe acest canal ascendent pentru a-și îmbunătăți imaginea și a-și crește cota de piață prin satisfacerea cerințelor clienților. Tendințele din modurile de dezvoltare a aplicațiilor mobile se modifică rapid, astfel că sunt întrunite condițiile apariției unor tehnici și instrumente noi, precum și creșterea nivelului de răspândire a tehnologiilor și abordărilor tradiționale.

Cu o piață ce se estimează a produce venituri la nivel global de aproximativ 190 de miliarde de dolari în 2020, comparativ cu cele 69,7 miliarde generate în 2015 (Statista, 2018), importanța dezvoltării aplicațiilor mobile este evidentă.

Gartner estimează că până în 2020, 70% dintre interacțiunile software vor avea loc prin intermediul aplicațiilor mobile din întreprinderi. Echipele de dezvoltare a aplicațiilor mobile sunt de multe ori supraîncărcate și întâmpină dificultăți în furnizarea eficientă a numărului din ce în ce mai mare de aplicații mobile solicitate (Gartner, 2015). Chiar în condițiile în care timpul alocat ciclului de proiectare-dezvoltare se restrânge, dezvoltatorii trebuie să țină seama de toate caracteristicile de dezvoltare a aplicațiilor mobile pentru a nu livra produse cu un nivel de calitate scăzut.

## 2. Caracteristici privind dezvoltarea aplicațiilor mobile

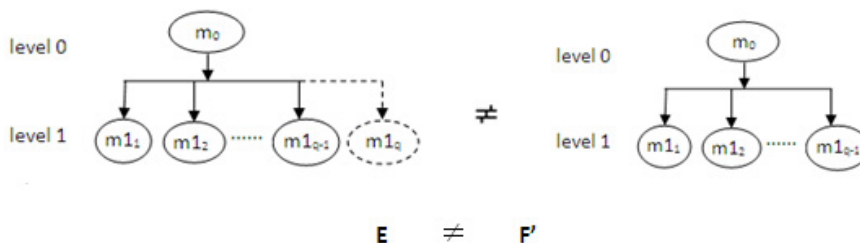
Caracteristicile privind modul de dezvoltare a unei aplicații mobile (Parsons & Ryu, 2016), (Tomai & Silaghi, 2012), modul de scriere a codului sursă și modul de testare al acesteia sunt:

- **lizibilitatea** codului sursă influențează calitatea programului, întrucât acest cod poate suferi modificări într-o versiune superioară) a aplicației mobile. Dacă persoana care trebuie să facă modificarea pe codul sursă nu înțelege respectivul cod din cauza lizibilității, atunci este forțată să îl rescrie și astfel se pierde timp important. Aplicațiile mobile se modifică foarte mult și trecerea de la o versiune la alta se face frecvent; astfel, este necesară o înțelegere rapidă a codului sursă. Pentru sporirea lizibilității programelor se recomandă:
  - evitarea scrierii mai multor instrucțiuni pe aceeași linie;
  - adăugarea de spații albe.
- **modificabilitatea** reprezintă caracteristica de calitate prin care este reliefată rapiditatea cu care un programator poate aduce modificări într-o aplicație mobilă. În cazul în care codul sursă al m-aplicației este lizibil și prezintă comentarii ajutătoare, aplicația mobilă prezintă un grad ridicat de

modificabilitate; modificabilitatea reprezintă cât de rapid se poate modifica o aplicație mobilă de la procesul de dezvoltare, punerea acesteia în cadrul magazinului prin care este distribuită și instalarea la utilizator;

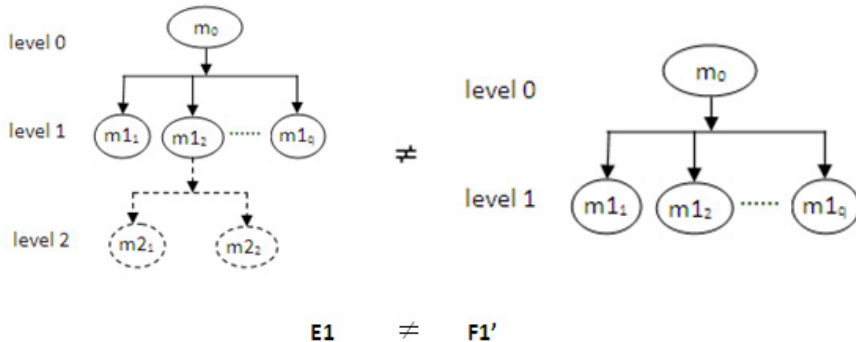
- **regenerabilitatea** reprezintă capacitatea aplicației de a se refăce în urma unui atac și a reveni la forma avută anterior evenimentului respectiv, (Sidiroglou et al, 2009), (Fuad, Deb și Baek, 2011), (WEI et al, 2011). Modelul propus de regenerabilitate este ca aplicația să fie dezvoltată modular (pe module), iar atunci când aplicația este atacată să fie (sunt) avariate doar anumite module ale sale (din cadrul aplicației) care să fie (sunt) ușor restaurate și aduse la forma inițială. În acest fel există două tipuri de regenerabilitate: verticală și orizontală. Fie o aplicație A, care are un text sursă executabil stocat într-un fișier etalon E și într-un fișier în uz F. În timp, din cauza atacurilor fișierul în uz F devine F'. Dacă  $F' \neq E$  înseamnă că s-a produs un atac asupra aplicației și atunci trebuie să aibă loc restaurarea (refacerea) fișierului F', prin intermediul fișierului E. Dacă aplicația revine în totalitate la starea inițială, aceasta este regenerabilă.

În Figura 1 sunt prezentate structurile celor două aplicații E și F'. Pentru aplicația F' a fost atacat și deteriorat un modul de pe primul nivel al acesteia. Astfel, aplicația F' diferă ca structură de aplicația etalon E. Refacerea modulului avariata și aducerea aplicației la forma avută înainte de atac reprezintă proprietatea de regenerabilitate pe orizontală.



**Figura 1.** Regenerabilitatea pe orizontală

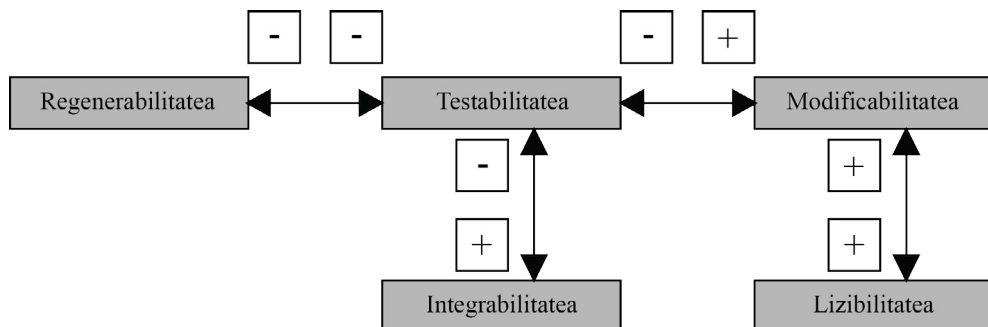
În Figura 2 sunt prezentate structurile a două aplicații. Pentru aplicația F1', în urma unui atac au fost deteriorate modulele de pe nivelul 2. Astfel, aceasta diferă de aplicația etalon E1. Regenerabilitatea pe verticală reprezintă capacitatea aplicațiilor de refacere a modulelor în adâncime. Caracteristica de regenerabilitate este specifică aplicațiilor deschise care sunt construite ca module interconectate între ele.



**Figura 2.** Regenerabilitatea pe verticală

- **integrabilitatea** reprezintă capacitatea m-aplicației de a prelua alte componente existente, cu care utilizatorii sunt deja familiarizați, dar și modalitatea de a structura m-aplicația astfel încât aceasta să devină componentă în cadrul altor m-aplicații;
- **testabilitatea** reprezintă nivelul la care aplicația poate fi testată și modul în care aceasta este testată; în cazul în care presupune conectarea la baza de date, testarea în emulator se poate realiza doar dacă este permisă conexiunea din cadrul emulatorului la baza de date; altfel aplicația este testată pe un dispozitiv mobil conectat la Internet, fiind permisă conectarea la baza de date aflată pe un server la distanță.

În Figura 3 sunt prezentate legăturile și influențele dintre caracteristicile de calitate privind dezvoltarea aplicației și codul sursă al acesteia.



**Figura 3.** Influențele dintre caracteristicile de calitate privind dezvoltarea unei m-aplicații

Testabilitatea este caracteristica ce influențează caracteristicile precum Regenerabilitatea, Integrabilitatea și Modificabilitatea. Lizibilitatea este singura

caracteristică (care nu este) neinfluențată de Testabilitate, aceasta fiind influențată doar de către caracteristica Modificabilitate a aplicației mobile.

Astfel, este demonstrat faptul că toate caracteristicile au stabilite legături între ele și nu este suficientă considerarea unei singure caracteristici de calitate pentru aplicațiile mobile, ci a tuturor, garantându-se în acest mod realizarea unei aplicații cu un nivel ridicat de calitate.

În funcție de produsele software mobile, se creează diferite sisteme de caracteristici pentru determinarea calității.

### 3. Obținerea ponderilor pentru metricile de evaluare a calității în dezvoltarea aplicațiilor mobile

Pentru stabilirea ponderilor caracteristicilor de calitate a fost realizat un chestionar alcătuit din mai multe întrebări. Pentru caracteristicile de calitate privind dezvoltarea aplicațiilor a fost formulată întrebarea din Tabelul I.

**Tabel I.** Întrebarea pentru determinarea ponderilor caracteristicilor de calitate pentru dezvoltarea aplicațiilor mobile

Ordonăți următoarele caracteristici din categoria “Dezvoltarea aplicației” în funcție de influența acestora asupra calității software (1 - influență sporită, 5 - influență redusă)	Integrabilitatea Modificabilitatea Lizibilitatea Regenerabilitatea Testabilitatea
---	---

Chestionarul realizat a fost postat pe platforma e-sondaje.ro și distribuit atât specialiștilor dezvoltatori de software, cât și utilizatorilor de rând de aplicații software. Acesta a fost distribuit doar în mediul online, prin intermediul platformei. La chestionar au răspuns 178 de persoane.

Dintre acestea, 92 de persoane sunt de sex feminin, iar restul de 86 de persoane sunt de sex masculin.

Aproximativ 45% dintre persoanele intervievate au terminat masteratul, ceea ce reliefează experiența acestora cu mai multe limbaje de programare și cu mai multe tipuri de aplicații.

Majoritatea au experiență în utilizarea aplicațiilor desktop, a aplicațiilor web și a aplicațiilor mobile. Doar 23 de persoane (13%) au afirmat că au experiență în utilizarea aplicațiilor distribuite.

Peste 83% dintre respondenți au experiență în utilizarea aplicațiilor mobile, ceea ce reprezintă un plus pentru determinarea ponderilor pentru caracteristicile de calitate ale aplicațiilor mobile, deoarece respondenții au foarte mare experiență cu acest tip de aplicații.

Dintre cei 178 de respondenți, 62 nu au dezvoltat nici un tip de aplicații software și sunt simpli utilizatori.

Restul respondenților au dezvoltat aplicații software, unii dintre ei au dezvoltat chiar mai multe tipuri de aplicații dintre care majoritatea au dezvoltat aplicații desktop și aplicații web. Aplicații mobile au dezvoltat 42 de respondenți, ceea ce reprezintă 23% din totalul respondenților. Fiind luate în considerare datele de la toți respondenții, se obțin ponderile din Tabelul II.

Pe baza chestionarului se disting cele două categorii de specialiști: utilizatori și dezvoltatori. Astfel, sunt determinate două seturi de ponderi: un set de ponderi din punctul de vedere al dezvoltatorilor de aplicații mobile și un set de ponderi din punctul de vedere al utilizatorilor de aplicații mobile. Cele două seturi de ponderi reliefează importanța celor două categorii de caracteristici aferente tipurilor de utilizatori: modul de dezvoltare al aplicațiilor mobile pentru specialiștii în dezvoltare și modul de interacțiune cu utilizatorul pentru specialiștii în utilizarea aplicațiilor mobile.

Pentru determinarea setului de ponderi din punctul de vedere al dezvoltatorilor de aplicații mobile, au fost alese răspunsurile date de specialiștii care dezvoltă aplicații mobile. Acestea sunt în număr de 42. Pe baza răspunsurilor acestora, au fost stabilite ponderile prezentate în Tabelul III.

Pentru determinarea setului de ponderi din punctul de vedere al utilizatorilor de aplicații mobile, au fost alese răspunsurile date de specialiștii care folosesc aplicații mobile. Acestea sunt în număr de 148. Pe baza răspunsurilor acestora au fost stabilite ponderile prezentate în Tabelul IV.

**Tabel II.** Ponderi pentru caracteristicile de calitate din punctul de vedere al dezvoltatorilor

<b>Dezvoltarea aplicației</b>	
<b>Caracteristica</b>	<b>Pondere</b>
Lizibilitatea	0,20
Modificabilitatea	0,23
Regenerabilitatea	0,17
Integrabilitatea	0,23
Testabilitatea	0,17
	1

**Tabel III.** Ponderi pentru caracteristicile de calitate din punctul de vedere al dezvoltatorilor

Dezvoltarea aplicației	
Caracteristica	Pondere
Lizibilitatea	0,20
Modificabilitatea	0,25
Regenerabilitatea	0,16
Integrabilitatea	0,22
Testabilitatea	0,17
	1

**Tabel IV.** Ponderi pentru caracteristicile de calitate din punctul de vedere al utilizatorilor

Dezvoltarea aplicației	
Caracteristica	Pondere
Lizibilitatea	0,21
Modificabilitatea	0,23
Regenerabilitatea	0,16
Integrabilitatea	0,23
Testabilitatea	0,17
	1

#### 4. Construirea metricilor de evaluare a calității aplicațiilor mobile

Pentru fiecare caracteristică de calitate a aplicațiilor mobile se construiește un indicator care intră în componența metricii software de determinare a calității aplicațiilor mobile (Ivan și Boja, 2004), (Ivan și Amancei, 2006). În Tabelul V sunt prezentați indicatorii pentru caracteristicile de calitate ale aplicațiilor mobile.

**Tabel V.** Codificarea indicatorilor caracteristicilor de calitate pentru dezvoltarea aplicațiilor

1	Lizibilitatea	Gradul de lizibilitate	IGL
2	Modificabilitatea	Gradul de modificare a codului aplicației	IGMC
3	Regenerabilitatea	Gradul de regenerabilitate	IGR
4	Integrabilitatea	Gradul de integrabilitate	IGI
5	Testabilitatea	Gradul de testare al aplicației	IGT

Indicatorul **gradului de lizibilitate** IGL este definit conform formulei:

$$IGL = \frac{NrLinNec * NLG}{NTLC},$$

unde:

NrLinNec – numărul de linii de text la care este necesară o linie goală, astfel încât codul să fie lizibil;

NLG – numărul de linii goale din textul sursă al aplicației;

NTLC – numărul total de linii din textul sursă.

Modificabilitatea codului sursă este influențată de nivelul de documentare al codului sursă, astfel indicatorul **gradului de modificare a codului sursă** IGMC este definit conform formulei:

$$IGMC = \frac{NLC}{NTLC - NLG},$$

unde:

NLC – numărul de linii comentate cu indicații din textul sursă al aplicației.

Indicatorul **gradului de regenerabilitate** IGR este definit conform formulei de calcul:

$$IGR = 1 - \frac{nar}{naa},$$

unde:

nar – numărul de accesări din momentul atacului, până în momentul regenerării totale a aplicației;

naa – numărul total de accesări ale aplicației.

Indicatorul **gradului de integrabilitate** IGI se calculează conform expresiei:

$$IGI = \frac{nrM}{nrMI},$$

unde:

nrM – numărul de module din cadrul aplicației;

nrMI – numărul de module integrabile între ele.



Indicatorul **gradului de testare al aplicației IGT** se calculează conform expresiei:

$$IGT = \frac{\min(nrTsPl, nrTs Re)}{\max(nrTsPl, nrTs Re)},$$

unde:

$nrTsPl$  – numărul de teste planificate a fi realizate asupra aplicației;

$nrTsRe$  – numărul de teste realizate asupra aplicației.

Calitatea unei aplicații mobile din punctul de vedere al dezvoltatorului software care are ca obiectiv parcurgerea ciclului de dezvoltare într-un timp rezonabil, cu costuri ce îi asigură un nivel de eficiență stimulat, este dată de ușurința prin care modifică aplicația respectivă, de minimizarea numărului de situații în care este necesară asigurarea mentenanței pentru aplicația respectivă, precum și de nivelul în care aplicația atrage noi utilizatori care să o achiziționeze.

Pentru determinarea calității din punctul de vedere al dezvoltatorilor de aplicații mobile, se folosește sistemul de ponderi determinat pe baza răspunsurilor date de respondenții dezvoltatori și de formulele de construire a metricii software. Astfel, se obține Tabelul VI.

**Tabel VI.** Formulele indicatorilor de calitate pentru dezvoltarea aplicațiilor mobile din punctul de vedere al dezvoltatorilor

1	Lizibilitatea	IGL	$IGL = \frac{NrLinNec * NLG}{NTLC}$	0,20
2	Modificabilitatea	IGMC	$IGMC = \frac{NLC}{NTLC - NLG}$	0,25
3	Regenerabilitatea	IGR	$IGR = 1 - \frac{nar}{naa}$	0,16
4	Integrabilitatea	IGI	$IGI = \frac{nrM}{nrMI}$	0,22
5	Testabilitatea	IGT	$IGT = \frac{\min(nrTsPl, nrTs Re)}{\max(nrTsPl, nrTs Re)}$	0,17
	Dezvoltarea aplicației	$A_{dez}$	$A_{dez} = \sum_{i=1}^5 P_{C_i^{dez}}^{dez} * I_{C_i^{dez}}$	

Din punctul de vedere al utilizatorului, calitatea este dată de obținerea soluțiilor problemei avute, fără efort de învățare, interacțiune minimă cu aplicația și disponibilitatea aplicației în orice moment.

Pentru determinarea calității din punctul de vedere al utilizatorilor de aplicații mobile, se folosește sistemul de ponderi determinat pe baza răspunsurilor date de respondenții care au afirmat că folosesc aplicații mobile și de formulele de construire a metricii software. Astfel, se obține Tabelul VII. Acest tabel prezintă ponderile obținute pentru fiecare indicator atribuit fiecărei caracteristici software de calitate. Pe baza acestor valori, se construiește indicatorul agregat.

**Tabel VII.** Formulele indicatorilor de calitate pentru dezvoltarea aplicațiilor mobile din punctul de vedere al utilizatorilor

1	Lizibilitatea	IGL	$IGL = \frac{NrLinNec * NLG}{NTLC}$	0,21
2	Modificabilitatea	IGMC	$IGMC = \frac{NLC}{NTLC - NLG}$	0,23
3	Regenerabilitatea	IGR	$IGR = 1 - \frac{nar}{naa}$	0,16
4	Integrabilitatea	IGI	$IGI = \frac{nrM}{nrMI}$	0,23
5	Testabilitatea	IGT	$IGT = \frac{\min(nrTsPl, nrTs Re)}{\max(nrTsPl, nrTs Re)}$	0,17
	Dezvoltarea aplicației	$A_{dez}^{utiliz}$	$A_{dez}^{utiliz} = \sum_{i=1}^5 P_{C_i^{dez}}^{utiliz} * I_{C_i^{dez}}$	

Pentru calcularea indicatorului agregat, asemănător cu determinarea calității din punctul de vedere al dezvoltatorilor de aplicații mobile, trebuie calculate valorile tuturor indicatorilor pentru caracteristicile de calitate privind aplicațiile mobile.

## 5. Concluzii

În pofida faptului că numărul de descărcări al aplicațiilor mobile este în plină expansiune, indiferent că este vorba de aplicații gratuite sau contra-cost, utilizatorii au început să dezvolte reziliență la aplicațiile cu un grad de calitate scăzut. Utilizatorii

folosesc în mod regulat câteva aplicații, în timp ce altele sunt utilizate doar o dată la câteva luni. Indicatorii de calitate pentru dezvoltarea aplicațiilor mobile din punctul de vedere al utilizatorilor sunt factori de care toate echipele de dezvoltare trebuie să țină cont în procesul de proiectare-dezvoltare, pentru a putea asigura succesul aplicației finale.

Cele două seturi de ponderi obținute în urma analizei chestionarului aplicat reliefează importanța celor două categorii de caracteristici aferente tipurilor de utilizatori: modul de dezvoltare al aplicațiilor mobile pentru specialiștii în dezvoltare și modul de interacțiune cu utilizatorul pentru specialiștii în utilizarea aplicațiilor mobile. Ponderile obținute arată similitudini majore în modul de reflectare a calității unei aplicații prin prisma caracteristicilor de dezvoltare. Tehnologiile și metodologiile de dezvoltare existente permit echipelor ca, încă din perioada de realizare a unei aplicații, să automatizeze calculul indicatorilor de calitate. Aplicarea conceptelor Agile sau TDD – Test Driven Development – în dezvoltarea aplicațiilor permite ca valorile indicatorilor de dezvoltare să poată fi obținute la fiecare modificare de cod sursă, asigurând timp de remediere a posibilelor devieri de la țintele propuse înainte lansării aplicației.

Monitorizarea valorilor caracteristicilor de dezvoltare și ajustarea abaterilor de la valorile propuse vor permite obținerea efectului dorit de dezvoltatori pentru utilizatorii aplicației. Indicatorii agregați construiți și propuși în cadrul acestui articol reprezintă o referință importantă pentru calitatea unei aplicații mobile.

## BIBLIOGRAFIE

1. Fuad, M. M, Deb, D. & Baek, J. (2011). Self-Healing by Means of Runtime Execution Profiling. In *Proceedings of 14<sup>th</sup> International Conference on Computer and Information Technology (ICCIT 2011)*, 22-24 December, 2011, Dhaka, Bangladesh (pp. 6).
2. Gartner. <<https://www.gartner.com/newsroom/id/3076817>>.
3. Ivan, I. & Amancei, C. (2006). *Stabilitatea coeficienților modelului global de calitate software*, 170 p. Bucharest, ASE Publishing House. ISBN 9735948079.
4. Ivan, I. & Boja, C. (2004). *Metode Statistice in Analiza Software*, 482 p. Bucharest, ASE Publishing House. ISBN 973-594-498-7.
5. Parsons, D. & Ryu, H. (2006). A Framework for Assessing the Quality of Mobile Learning. In *International Conference For Process Improvement, Research And Education*, 2006 (pp. 17-27).

6. Sidiroglou, S., Laadan, O., Perez, C., Viennot, N., Nieh, J. & Keromytis A. D. (2009). Assure: Automatic Software Self-Healing Using Rescue Points. In *Proceeding of The 14<sup>th</sup> International Conference on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems*, 07-11 March, 2009, Washington, DC, USA (pp. 37-48).
7. Tomai, N. & Silaghi, Gh. C. (2012). *Tehnologii și aplicații mobile*, 506 p. Cluj-Napoca, Editura RISOPRINT.
8. Wei, L., Yian, Z., Chunyan, M. & Longmei, Z. (2011). A Model Driven Approach for Self-Healing Computing System. In *Seventh International Conference on Computational Intelligence and Security*, 3-4 December 2011, Sanya, Hainan, China (pp. 185-189).
9. Worldwide mobile app revenues in 2015, 2016 and 2020. <<https://www.statista.com/statistics/269025/worldwide-mobile-app-revenue-forecast/>>.
10. Zamfiroiu, A. (2016). *Metrici software de evaluare a calității aplicațiilor mobile din mediul educațional*, 133 pp. București, ASE Publishing House. ISBN: 978-606-34-0050-6.