

004.4:005.6

STANDARDE ȘI MODELE DE CALITATE SOFTWARE

Drd. Ran BERGMANN, Israel
Universitatea de Stat din Moldova,
bergman.rani@gmail.com
Conf. univ. dr. Tudor BRAGARU,
Universitatea de Stat din Moldova
theosnume@gmail.com

Motto: *Dăți-mi un punct de sprijin
și voi muta Pământul din loc!*
Arhimede

În domeniul realizării software există destul de multe lucrări despre programare, design și practicile arhitecturale, în timp ce îmbunătățirile și acțiunile organizatorice de asigurare a calității în managementul de proiect sunt ignorate de către dezvoltatorii software. În scopul umplerii acestui gol, lucrarea prezintă o succintă analiză a bunelor practici, încorporate în standardele actuale de calitate de circulație internațională în contextul managementului proiectelor informaționale (IPs), asigurării calității sistemelor informaționale (IS), sistemelor și aplicațiilor software. Totodată, standardele spun doar ce trebuie de făcut, dar nu și cum trebuie făcut. În lucrare se face o tentativă de elucidare a acțiunilor necesare pentru implementarea unui sistem corporativ de calitate și o prezentare sumară a modelelor de calitate, pentru a ajuta utilizatorii în selectarea și elaborarea modelelor de calitate software conforme propriilor misiuni și strategii.

Cuvinte-cheie: *proiect informațional, calitate software, managementul calității, sistemul calității, modelul calității.*

JEL: L15, L86, I23.

Introducere

Tehnologiile informaționale și comunicaționale moderne (TIC) schimbă modul în care

004.4:005.6

STANDARDS AND SOFTWARE QUALITY MODELS

PhD candidate Ran BERGMANN, Israel
State University of Moldova,
bergman.rani@gmail.com
Assoc. Prof., PhD Tudor BRAGARU,
State University of Moldova
theosnume@gmail.com

Motto: *Give me a point of support
and I'll move the Earth out of the way!*
Archimedes

There are quite a lot of work on programming, design and architectural practices in software development, while improvements and organizational actions to ensure quality in project management are ignored by software developers. In order to fill this gap, the paper presents a brief analysis of good practices embedded into current international quality standards in the context of information project management (IPs), quality assurance of information systems (IS), systems and software applications. At the same time, standards only say what needs to be done, but they do not say how to do it. The paper attempts to elucidate the actions needed to implement a quality corporate system and a brief presentation of quality models to help users select and develop their software quality models according to their own mission and strategy.

Keywords: *information project, software quality, quality management, quality system, quality model.*

JEL: L15, L86, I23.

Introduction

Modern information and communication technologies (I&CT) change the way we live, work, learn, entertain, etc. Today almost everyone uses various and numerous software applica-

trăim, muncim, învățăm, ne distrăm etc. Astăzi aproape toată lumea utilizează diverse și multiple aplicații software, îndeosebi mobile, ceea ce impune cerințe avansate de calitate a produselor și provocarea producătorilor pentru a supraviețui pe piața globală extrem de competitivă. Societatea contemporană, numită Societate Informațională bazată pe Cunoaștere (SIC), constituie o nouă etapă a evoluției sale, în care predomină schimbarea și inovarea. SIC modernă este caracterizată prin:

- Creșterea rolului informației și a cunoașterii. *Astăzi este bogat nu cel ce deține bunuri tangibile* (clădiri, terenuri etc.), *dar cel ce deține cunoștințe bogate* (proprietate intelectuală). *Informația este estimată ca al patrulea element vital: după aer, apă și foc.*
- Forța motrice a dezvoltării a devenit producerea de informații și cunoștințe. Principalul produs și valoarea principală a Societății Cunoașterii au devenit informațiile și cunoașterea.
- În SIC se observă majorarea cotei comunicațiilor informaționale, produselor și serviciilor informaționale în produsul intern brut (de exemplu, în Republica Moldova la nivel de 9-10% [1]).
- În SIC apare economia digitală globală, spațiului informațional global, noi modele de afaceri electronice, mobile, iar și cele vechi sunt susținute de tehnologii informaționale moderne, toate acestea conducând la creșterea continuă a cererii de software calitativ.

Edificarea SIC la nivel global, integrarea noilor tehnologii ale informației în toate domeniile activității umane, dezvoltarea produselor și serviciilor informaționale digitale, inclusiv *e-bancă, e-plăți, e-guvernare, e-educație, e-sănătate* etc. constituie obiectivele strategice ale guvernelor majorității țărilor lumii, inclusiv a Republicii Moldova și Israel, care au adoptat Strategii de dezvoltare digitală [1, 2]. Planurile de edificare a SIC la nivel național presupun realizarea a numeroase proiecte informaționale, orientate spre satisfacerea necesităților sociale și personale în pro-

tions, especially mobile, which implies advanced product quality requirements and challenges manufacturers to survive in the highly competitive global marketplace. Modern society, called Knowledge Based Information Society (KIS), is a new stage in its evolution, where change and innovation prevail. Modern KIS is characterized by:

- Increasing the role of information and knowledge. *Today rich is considered not the one who owns tangible goods* (buildings, land, etc.), *but he who possesses rich knowledge* (intellectual property). *Information is estimated as the fourth vital element: after air, water, and fire.*
- The driving force of development has become the production of information and knowledge. The main product and the main value of the Knowledge Society have become information and knowledge.
- In KIS there is an increase in the share of information communications, information products and services in gross domestic product (for example in the Republic of Moldova by 9-10% [1]).
- The Global digital economy, the global information space, new electronic and mobile business models, and the old ones are supported by modern information technologies, all of which lead to the continuous increase of demand for quality software.

Building globally KIS, integrating new information technologies into all areas of human activity, developing digital information products and services, including *e-banking, e-payments, e-government, e-education, e-health* and so on, are the strategic objectives of the governments of most countries of the world, including the Republic of Moldova and Israel, which have adopted Digital Development Strategies [1, 2]. KIS-building plans at national level involve the realization of many informational projects aimed at meeting the social and personal needs in information products and services, including

duse și servicii informaționale, inclusiv accesul la resurse informaționale pentru oricine este abilitat, de oriunde și oricând are așa necesitate, în condiții de siguranță.

Dezvoltarea rapidă a TIC și a industriei de software din ultimii 20 de ani, schimbările profunde în societate, dependența din ce în ce mai mare de infrastructuri critice, de diverse sisteme și aplicații software au ridicat considerabil nivelul așteptărilor clienților față de produsele și serviciile dorite, impunând o cultură sporită a calității, o calitate ridicată la costuri relativ scăzute. Promovarea implementării unor *Sisteme corporative de management al calității (SMC)* ar permite diminuarea haosului [3] în realizarea proiectelor informaționale, creșterea competitivității firmelor și a eficienței activităților de edificare a SIC (tabelul 1, figura 1).

access to information resources for anyone who is empowered, wherever and whenever necessary, in safety conditions.

The rapid development of I&CT and software industry over the last 20 years, profound changes in society, increasing dependence on critical infrastructure, various systems and software applications have considerably increased the level of customer expectations for the desired products and services, *an enhanced quality culture, high quality at relatively low costs*. Promoting the implementation of *Corporate Quality Management Systems (QMS)* would reduce the chaos [3] in the development of information projects; increase the competitiveness of firms and the efficiency of the KIS building activities (table 1, figure 1).

Tabelul 1/ Table 1

Rezoluția proiectelor după mărime/ Projects resolution by size

Mărime proiect/ Size of project	De succes/ Successful	Controversate/ Challenged	Eșuate/ Failed	Total
Grand/ Megaproiecte	2/8	7/27	17/65	100%
Large/ Mari	6/13	17/36	24/51	100%
Medium/ Medii	9/14	26/39	31/47	100%
Moderate	21/30	32/46	17/24	100%
Small/ Mic	62/70	16/18	11/12	100%
Total	100%	100%	100%	100%

Sursa: elaborat de autori în baza [3] / Source: developed by the authors based on [3].

Datele provin din noua bază de date CHAOS din anii fiscali 2011-2015 cu peste 10000 proiecte. În celulele tabelului, de asupra barei, se află cota pe tipuri de proiecte, iar sub bară se află cota de rezoluție. Definiția „Proiect de succes” utilizată în Chaos Report 2015 [3] este în timp util, în bugetul prestabilit, cu un rezultat satisfăcător. Acest lucru înseamnă că proiectul a fost realizat în timp rezonabil, a rămas în limitele bugetului și a oferit satisfacția clienților și a utilizatorilor, indiferent de cerințele inițiale.

The data comes from the new CHAOS data base in the fiscal years 2011-2015 with over 10000 projects. In the cells of the table above the bar there is the share by project type, and under the bar there is the share of the resolution. The definition of “Success Story” used in the Chaos Report 2015 [3] is timely, with a satisfactory result in the budget. This means that the project was done within reasonable time, stayed within the budget, and provided customer and user satisfaction, regardless of the initial requirements.

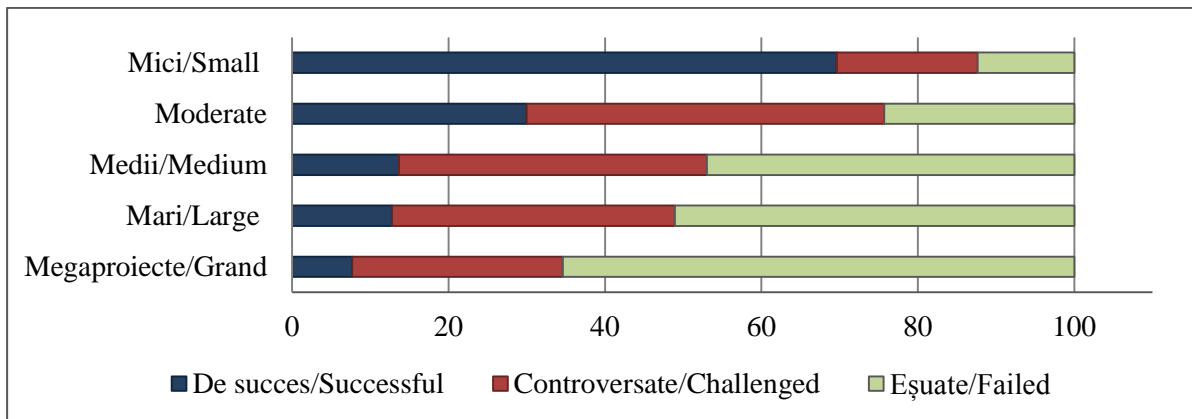


Figura 1. Rezoluția proiectelor după mărime/ Figure 1. Projects resolution by size
Sursa: elaborată de autori în baza datelor [3]/ Source: developed by the authors based [3]

O astfel de rezoluție slabă a proiectelor în alte domenii este greu de imaginat.

Creșterea cererii de produse digitale duce la creșterea numărului producătorilor de software și la deficitul de specialiști. Ca urmare, crește volumul lucrărilor de externalizare, numărul problemelor de securitate și de certificări. Toate acestea conduc la creșterea necesității de SMC, care ar oferi firmelor multiple beneficii. Or, astăzi calitatea a devenit o cerință esențială într-o piață competitivă, globalizată și fără hotare. Iar managementul calității IS, managementul calității sistemelor și aplicațiilor software și al calității proiectelor prin care acestea sunt realizate, câștigă tot mai multă importanță (figura 2).

Such poor resolution of the projects in other areas is hard to imagine.

Increasing demand for digital products leads to an increase in the number of software producers and the shortage of specialists. As a result, the volume of outsourcing work, the number of security issues and certifications increases. All of this leads to an increase in the need for SMC, which would provide multiple benefits to companies. Today, quality has become an essential requirement in a competitive, globalized and borderless market. And the quality management of IS, software systems, applications and projects through which they are realized – are gaining more and more importance (figure 2).

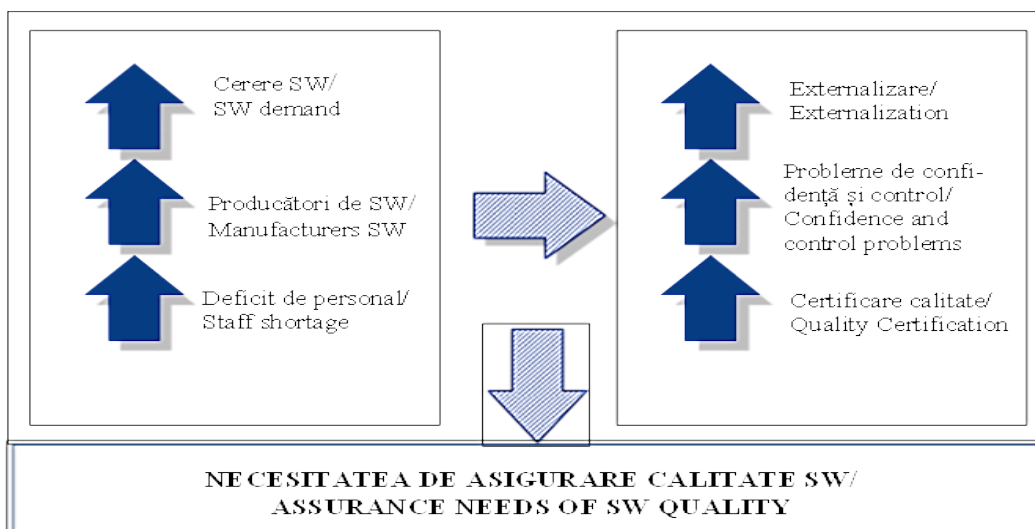


Figura 2. Fundalul nevoii de calitate a sistemelor și aplicațiilor software (SW)/
Figure 2. Background to the need of quality for systems and software applications (SW)
Sursa: elaborată de autori în baza analizei tendințelor/ Source: developed by the authors based on trend analysis

Exigențele de creștere eficientă a calității produselor oferite, afirmarea producătorilor pe piața internațională ca prestatori de servicii calitative ar deschide noi orizonturi și ar ridica nivelul de competitivitate, asigurând posibilitatea de a câștiga noi proiecte și clienți.

În asemenea condiții se impune imperativ elaborarea/aprobarea unor seturi de criterii mutual acceptate pentru diverse tipuri de *sisteme, aplicații software* și metodologii de asigurare a calității lor la nivel corporativ, recunoscute pe plan european și internațional. Această tematică își găsește **actualitatea** și **utilitatea** pentru firmele producătoare de software și pentru domeniul de educație și cercetare.

Metode aplicate

Prezenta lucrare are un caracter de sinteză. Cercetarea se concentrează pe studiul și sintetizarea cadrelor de abordare a sistemului de management al calității (SMC) în general și pe cea a calității produselor software în special. Prezența unui mare număr de norme/standarde de calitate, abundență de informații pe subiectul abordat constituie o adevărată provocare, o „mlaștină” care îi poate ușor „înghiți” pe cei ce doresc să implementeze un sistem robust și eficient de calitate. Soluționarea problemei impune un studiu profund și prezentarea generală interrelaționată a celor mai bune practici/cadre de abordare a calității, rezumând într-un ghid adecvat al utilizării standardelor, *relativ simplu și transparent*, pentru a ajuta utilizatorul să facă alegerea potrivită cu propria strategie și politică de calitate a organizației.

Într-adevăr, la nivel mondial există diverse moduri de abordare a calității, de exemplu: implementarea SMC, conform standardului internațional ISO 9001:2015, sau a filosofiei managementului calității totale (TQM), a managementului calității proiectelor (seria ISO 10000), a managementului calității software (conform seriei ISO 25000, Systems and software quality requirements and evaluation, abreviat SQuaRE) etc. Există zeci de asemenea standarde, dar ținând cont de specificul domeniilor de activitate (telecomunicații, transport, sănătate etc.), de specificul platformelor, activităților, domeniilor de aplicare a sisteme-

The requirements of increasing the quality of offered products, the assertion of producers on the international market as quality service providers, would open up new horizons and raise the level of competitiveness, ensuring the possibility of winning new projects and customers.

Under such conditions, it is imperative to develop/approve sets of mutually accepted criteria for different types of *systems and software applications* and methodologies to ensure their quality at corporate level, recognized at European and international level. This theme is **topical** and **useful** for software developers and education and research.

Applied methods

This work has a synthesis character. Research focuses on the study and synthesis of the quality management system (QMS) approach frameworks in general and of the quality of software products in particular. The presence of a large number of quality norms/standards, abundance of information on this subject is a real challenge, is a “swamp” that can easily “swallow” those who want to implement a robust and efficient quality system. Solving the problem requires a profound study and a general interrelated presentation of best practices/ quality frameworks, summing up a *relatively simple and transparent* guide to the use of standards to help the user choose the right strategy and policy quality of the organization.

Indeed, there are numerous quality frameworks around the world, such as the implementation of the QMS in according with the international standard ISO 9001:2015 or the overall quality management (TQM) philosophy, project quality management (ISO 10000 series), software quality management (according to the ISO 25000 series, Systems and software quality requirements and evaluation, abbreviated SQuaRE), etc. There are dozens of such standards and taking into account the specifics of the fields of activity (telecommunications, transport, health, etc.), the specifics of the platforms, activities, application areas of developed systems – the number of

lor elaborate, numărul standardelor este de câteva sute. Apare întrebarea firească, ce familii de standarde sunt actuale și necesare pentru a asigura managementul calității proiectelor sistemelor și aplicațiilor software? Pentru multe firme de dezvoltare software poate să nu fie clar, pe ce standard să se bazeze la început: pe ISO 9004, ISO 90003 sau ISO 9001; pe seria ISO 9126 sau pe seria ISO 25000; pe CMM (Capability Maturity Model), CMMI (CMM Integrated) sau pe modele ierarhice de calitate software?

Subiectul lucrării nu este examinarea îndeaproape a acestor standarde și detalii privind definiția caracteristicilor modelelor, ci doar o orientare a aplicării lor în contextul concret al unei firme de dezvoltare software.

Rezultate obținute și discuții

1. Calitatea și Managementul calității proiectelor software

Managementul calității reprezintă ansamblul activităților funcției generale de management care determină politica privind calitatea, obiectivele, responsabilitățile și le implementează prin planificare, control, asigurare și îmbunătățire a calității în cadrul sistemului de management al calității (SMC). Managementul calității reprezintă responsabilitatea tuturor nivelurilor de management, dar rolul de coordonare revine conducerii de vârf a organizației [4, pct.5.1].

Printre avantajele recunoscute ale unui SMC bine pus la punct în comparație cu procesele haotice, aplicate periodic pentru verificarea calității, se pot menționa: *un SMC dezvoltă rapid afacerea; duce la simplificarea și optimizarea proceselor, creșterea considerabilă a nivelului de satisfacere a clienților, motivarea angajaților, diminuarea cheltuielilor și creșterea productivității, crearea sau ajustarea instrumentelor specifice pentru standardizare.*

Totodată, implementarea SMC produce modificări esențiale în cadrul organizației, atât la nivel organizațional, procesual, structural, cât și în ceea ce privește implicarea managerilor și executanților, poziția clienților, interacțiunea proceselor etc.

standards is several hundred. There arises the natural question, which family of standards is current and necessary to ensure the quality management of software systems and software projects? For many software development organization it may not be clear at what standard to rely on: ISO 9004, ISO 90003 or ISO 9001; on the ISO 9126 or ISO 25000 series; on CMM (Capability Maturity Model), CMMI (CMM Integrated), or on hierarchical software quality models?

The subject of the paper is not the close examination of these standards and details on defining the characteristics of the models, but only an orientation of their application in the concrete context of a software development company.

Results and discussions

1. Quality and Quality Management of Software Projects

Quality management is the set of activities of the overall management function that determines the quality policy, objectives and responsibilities and implements them through quality planning, control, assurance and improvement within the quality management system (QMS). Quality management is the responsibility of all levels of management, but the coordinating role lies with the top management of the organization [4, point 5.1].

Among the well-known advantages of a well-established QMS compared to the chaotic processes applied periodically for quality verification can be mentioned: *a QMS rapidly develops the business; leads to simplification and process optimization, a significant increase in customer satisfaction, employee motivation, lower spending and productivity gains, the creation or adjustment of specific standardization tools.*

At the same time, the QMS implementation produces essential changes within the organization, both at the organizational, procedural, structural level, as well as with the involvement of managers and executors, the position of the clients, the interaction of the processes, etc.

Standardul ISO 9001, ajuns astăzi la ediția a III-a din 2015, întrunește cele mai bune practici, inclusiv din Managementul total al calității (TQM). În viziunea TQM calitatea este definită și apreciată de către client, iar întreaga firmă își definește strategia pornind de la fixarea de obiective precise în ceea ce privește calitatea produsului finit. TQM se concentrează pe continua îmbunătățire a proceselor pentru obținerea unei calități înalte a produsului. TQM urmărește identificarea celor mai bune căi și mijloace de îmbunătățire a raportului cost-calitate ca o condiție obligatorie a oricărei organizații.

În esență, TQM la fel ca și familia ISO 9000, constituie un sistem primar de cunoaștere. Chiar dacă managementul se poate îmbunătăți în mod consecvent, pas cu pas, și prin alte sisteme (de exemplu, premii, concursuri etc.), oricum la baza acestora se află bunele practici ISO 9001 sau filosofia TOM. Există certificare conform ISO 9001, dar nu sunt certificare conform TQM.

Certificarea SMC conform ISO 9001 nu este obligatorie, dar oferă avantaje suplimentare. În anumite cazuri certificarea este impusă. De exemplu, fără a deține un certificat al SMC, firma nu poate participa la unele tendere internaționale.

Principala concluzie care trebuie desprinsă se referă la faptul că sistemul calității, conform ISO 9001 sau TQM, este necesar să fie adaptat la contextul intern și extern al organizației, la produsele, condițiile și circumstanțele specifice ale companiei, trebuie implicat personalul, care are o anumită mentalitate. Adică, nu poate fi aplicată o soluție de-a gata, și nici o soluție impusă din extern, deoarece sistemul de calitate depinde mult de contextul organizației, de tradițiile locale, de personalul întreprinderi etc. Or, *SMC trebuie să se „nască”, să „crească” și să se „matureze” în interiorul firmei.*

Sinteza conceptelor teoretice, împreună cu exemplificarea și demonstrarea beneficiilor reale obținute în urma utilizării unui sistem certificat de management al calității, ar putea motiva firmele pentru adoptarea unor politici de calitate, deschizând în așa fel noi orizonturi de activitate și atrăgând noi investitori.

The ISO 9001 standard, reached today in the third edition of 2015, complies with best practices, including TQM Total Quality Management (TQM). In the TQM vision, quality is defined and appreciated by the client, and the whole firm defines its strategy from setting precise objectives on the quality of the finished product. TQM focuses on continuous improvement of processes to achieve high product quality. TQM seeks to identify the best ways and means to improve cost-effectiveness as a prerequisite for any organization.

Essentially, TQM, like the ISO 9000 family, is a primary system of knowledge. Even though management can consistently get consistently step by step and through other systems (e.g. prizes, competitions, etc.), however, they are based on good practice ISO 9001 or TOM philosophy. There is certification according to ISO 9001 and there is no certification according to TQM,

QMS certification according to ISO 9001 is not mandatory, but provides additional benefits. In some cases, certification is obligatory, for example without having a certificate of QMS firm can't participate in some international tenders.

The *main conclusion* to be drawn is that the quality system according to the ISO 9001 or TQM need to be adapted to the organization's internal and external context, to the specific products, conditions and circumstances of the company, which has a certain mentality. That is, a ready-made solution can't be applied, and nor an external solution, because the quality system depends greatly on the organization's context, local traditions, enterprise staff, etc. *QMS must be “born”, “grow” and “mature” inside the company.*

The synthesis of the theoretical concepts, together with the exemplification and demonstration of the real benefits obtained through the use of a quality management system, could motivate companies to adopt quality policies, opening up new horizons of activity and attracting new investments, subscribing.

2. Specificul Managementului calității la nivel de proiect rezidă în înțelegerea la fel a contextului proiectului de către organizația beneficiar și executor ([5], pct. 4.1). Principiile de management sunt comune cu cele descrise în ISO 9001:2015 și ISO 10006:2017, care este total compatibil cu PMBOK, ediția VI, capitolul 8 [6]. Doar ca ISO 10006 este mult mai succint.

Ținând cont de specificul produselor dezvoltate prin proiecte (sisteme informaționale, sisteme și aplicații software), se poate asigura repetabilitatea acțiunilor, monitoriza activitățile, asigura managementul cu informațiile necesare în mod sistematic și planificat.

În acest context, *utilizarea șabloanelor, standardizarea operațiilor, evenimentelor, rapoartelor* – constituie bune practici, ce micșorează considerabil timpul necesar pentru încheierea cu succes a unor etape de proiect și garantează un minim de erori. Metodologiile moderne de dezvoltare software, precum filosofia Agile [7] prescriu șabloane, cerințe unice standardizate pentru activități, ceremonii și evenimente desfășurate în proiect, inclusiv urmărirea și raportarea; utilizarea de instrumente colaborative simple pentru a asigura comunicarea facilă și transparența proiectului.

Posibilitatea de a utiliza sistematic metrice și metode de analiză predefinite disciplinează procesele, garantează o dezvoltare predictibilă a organizației, oferind un mare beneficiu de identificare și prevenire a riscurilor, o viziune clară despre procesele și activitățile din fiecare etapă ale unui proiect.

Ideea de bază care trebuie desprinsă este că un sistem bun de calitate permite identificarea punctelor slabe și a pistelor de ameliorare nemijlocit în procesele, operațiile și procedurile tehnologice, garantând o îmbunătățire continuă. Or, rolul metodologiei și a instrumentelor aplicate în derularea unor proiecte este crucial pentru asigurarea calității.

3. Specificul calității software

Calitatea unui produs software se poate obține la finalul procesului de dezvoltare doar dacă de-a lungul ciclului dezvoltării se constru-

2. The specificity of Quality Management at project level resides in the same understanding of the project context by the Beneficiary and Enforcement Organization [5, pct. 4.1]. The management principles are common to those in ISO 9001:2015 and ISO 10006:2017, which is fully compatible with PMBOK, edition VI, chapter 8 [6]. Only ISO 10006 is much shorter.

Taking into account the specifics of products developed through projects (information systems, systems and software applications) we can ensure repeatability of actions, monitor activities, ensure management with the necessary information in a systematic and planned manner.

In this context, *the use of templates, standardization of operations, events, reports* – is good practice, which considerably shortens the time needed to successfully complete some project stages and guarantees a minimum of errors. Modern software development methodologies, such as Agile [7], prescribe templates, unique standardized requirements for activities, ceremonies and events in the project, including tracking and reporting; using of simple collaborative tools to ensure easy communication and project transparency.

The ability to systematically use predefined metrics and methods of analysis disciplines processes, guarantees a predictable development of the organization, providing a great benefit of risk identification and prevention, a clear vision of processes and activities at each stage of a project.

The basic idea to be detached is that a good QMS allows to identify the weaknesses and milestones directly in the processes, operations and the technological procedures, guaranteeing a continuous improvement. However, the role of methodology and tools applied in the development of projects is crucial to quality assurance.

3. Specific software quality

The quality of a software product can only be attained at the end of the development process if, over the development cycle, those internal properties are created that determine the level of external characteristics that shape product

iesc acele proprietăți interne, care determină nivelul caracteristicilor externe, ce formează calitatea produsului în utilizare. Examinarea caracteristicilor de calitate poate fi un subiect separat. Aici menționăm doar că există diverse grupe de caracteristici de calitate software:

- **Caracteristici constructive** – sunt cele definiții pentru soluțiile adoptate, de exemplu caracteristicile principalelor componente ale produsului program.
- **Caracteristici funcționale** – sunt definiții pentru rezultatele obținute în exploatare, de exemplu viteza de execuție, randamentul, productivitatea, fiabilitatea etc.
- **Caracteristici economice** – un sistem de indicatori care definesc efortul de realizare a produsului prin costuri, de exemplu cheltuieli de proiectare, realizare, exploatare, întreținere, de eliminare a eventualelor erori etc.;
- **Caracteristici tehnologice, de identificare, estetice, ergonomice, ecologice** etc.

Caracteristicile interne ale produsului (procesului sau resursei) sunt acelea care se măsoară prin examinarea produsului, procesului sau resursei, separat de modul lor de comportare.

Caracteristicile externe ale produsului, procesului sau resursei sunt acelea care se măsoară numai cu referire la modul în care produsul, procesul sau resursa reacționează cu mediul. Caracteristicile externe ale calității software afectează în mod direct valoarea produsului la utilizator.

Conform acestor două tipuri de caracteristică deosebit:

- **Calitatea externă**, cea observată de utilizator, care este testată și servește drept criteriu de acceptare sau refuz al produsului. Nivelul scăzut al calității externe poate fi manifestat prin căderea sistemului, comportarea neașteptată, coruperea datelor, performanță scăzută etc.
- **Calitatea internă** reprezintă partea

quality in use. Examination of quality characteristics may be a separate subject. Here, we just mention that there are various groups of software quality features:

- **Constructive features** – are defining the adopted solutions, for example the characteristics of the main components of the program product.
- **Functional features** – defining performance results, such as execution speed, yield, productivity, reliability, etc.
- **Economic features** – a system of indicators that define the effort to achieve the product through costs, e.g. design, realization, exploitation, maintenance, elimination of potential errors, etc.;
- **Technological, identification, aesthetic, ergonomic, ecological features**, etc.

The internal characteristics of the product (process or resource) are those that are measured by examining the product, process or resource, separate from their mode of behaviour.

External features of the product, process or resource are those that are measured only with reference to how the product, process or resource reacts with the environment. External features of software quality directly affect product value to the user.

According to these two types of feature we distinguish:

- **External quality** that is observed by the user, which is tested and serves as the acceptance or refusal criterion of the product. The low level of external quality can be manifested by system failure, unexpected behaviour, data corruption, low performance, etc.
- **Internal quality** is the unobserved direct part of its product, reflecting the program's structure, coding, testing, and maintainability practices. Low internal quality is measured in wasteful times in

neobservabilă a produsului, ce reflectă structura programului, practicile de codificare, testare și mentenabilitate. Calitatea internă scăzută se măsoară în timpuri irosite în procesul de dezvoltare. De exemplu, remediarea defectelor poate cauza apariția altor noi probleme și, în consecință, noi testări. Din punct de vedere al afacerii, nivelul redus al calității interne determină pierderea reputației companiei și a competitivității.

O axiomă fundamentală a calității software constă în faptul că aceste *caracteristici interne tangibile ale produsului determină calitatea caracteristicilor externe*, iar *pentru creșterea calității software este necesară îmbunătățirea calității interne*.

4. Model de sistem al calității software

Modelele calității proiectării software sunt realizate cu scopul de a permite dezvoltatorilor o înțelegere mai clară a relațiilor dintre calitatea internă și externă, a modurilor de diminuare a numărului defectelor în dezvoltarea software, creșterea eficienței etc.

Actualmente există zeci de modele cunoscute în literatura de specialitate, câteva dintre ele fiind enumerate în figura 2. Examinarea detaliată a acestor modele nu este subiectul prezentei lucrări, dat fiind faptul că, pe parcurs, ele au fost continuu rafinate, îmbunătățite și incorporate, parțial sau total, în noile modele. Din acest motiv, doar pentru exemplificare vom aduce explicații succinte pentru unele modele mai ilustrative, de exemplu modelul McCall [8], care se focalizează pe cerințele utilizatorului, conține 11 caracteristici și 35 subcaracteristici ale calității grupate în trei categorii (figura 3).

Pentru detalii pot fi consultate sursele indicate în figura 2. Chiar dacă unele standarde au fost scoase din uz, modelele pot fi aplicate, doar că nu poate fi obținută certificarea, care este activă doar pentru standardele în vigoare.

the development process. For example, troubleshooting may cause new issues and, consequently, new testing. From the point of view of the business, the low level of internal quality determines loss of company's reputation and competitiveness.

A fundamental axiom of software quality is the fact *that tangible internal product characteristics determine the quality of external features, and for improving software quality it is necessary to improve internal quality*.

4. Model of software quality systems

The software quality models are designed to allow developers a clearer understanding of the relationships between internal and external quality, ways to reduce the number of defects in software development, increase efficiency, etc.

There are currently dozens of models known in the literature, some of which are listed in figure 2). The detailed examination of these models is not the subject of this paper, since they have been continuously refined, improved and incorporated, partially or totally, in the new models. For this reason, just to exemplify we will give brief explanations for a more illustrious model – McCall [8], which focuses on user requirements, contains 11 features and 35 sub-characteristics of quality grouped into three categories (figure 3).

For details, see the sources listed in figure 2. Even if some standards have been dropped, models can be applied, but certification can't be obtained, which is only active for the standards in force.

	Grup de caracteristici/ Group of characteristics	Factori de calitate/ Quality factors	Criteria de calitate/ Quality criteria	
Calitatea produsului/ Product quality	Operare produs/ Product operation	Corectitudine/ Correctness	Trasabilitatea/Traceability	Metrici/ Metrics
			Deplinătate/Completeness	
			Consecvență/Consistency	
		Fiabilitate/ Reliability	Precizie/Accuracy	
			Toleranța erorilor /Error tolerance	
			Eficiență de execuție/ Execution efficiency	
		Eficiență/ Efficiency	Eficiența stocării/ Storage efficiency	
			Integritate/ Integrity	
		Acces audit/ Access audit		
		Utilizabilitate/ Usability	Operativitate/Operability	
			Instruire/Training	
			Comunicativitate/ Communicativeness	
	Revizuire produs/ Product operation	Mentenanță/ Maintenability	Simplitate/Simplicity	
			Concizie/Conciseness	
		Flexibilitate/ Flexibility	Instrumentație/ Instrumentation	
			Auto-descriptivism/ Self-descriptiveness	
		Testabilitate/ Testability	Expandabilitate/ Expandability	
	Generalitate/ Generality			
	Tranziție produs/ Product transition	Portabilitate/ Portability	Modularitate/ Modularity	
			Independența de SO/ SO independence	
Reutilizabilitate/ Reusability		Independența de mașină/ Machine independence		
		Comunitatea comunicațiilor/ Communications communality		
Interoperabilitate/ Interoperability		Comunitatea datelor/ Data communality		

Figura 3. Modelul calității McCall/ Figure 3. The McCall quality model
Sursa: elaborată de autori în baza [8] / developed by the authors based on [8]

Modelul Boehm [9] este un model ierarhic similar cu modelul McCall și este concentrat pe cerințele utilizatorului.

Modelul Dromey [10] presupune separarea caracteristicilor calității software în caracteristici de comportament și caracteristici de utilizare. Conceptul face distincție între componentele produsului, caracteristicile calității și caracteristicile purtătoare de calitate.

Modelul calității conform standardului ISO 9126/1 [11] care este un model ierarhic similar cu modelul McCall, stabilește șase caracteristici cheie în realizarea software de calitate: *funcționalitatea, fiabilitatea, utilizabilitatea, eficiența, mentenabilitatea și portabilitatea*.

În cazul modelelor *Boehm* și *McCall* există mai multe caracteristici primitive, care determină mai multe caracteristici de nivel înalt. De exemplu, în modelul *Boehm*, *completitudinea* determină atât *portabilitatea*, cât și *fiabilitatea*, iar în modelul *McCall* *consistența* determină *corectitudinea, fiabilitatea și mentenabilitatea*. În aceste cazuri, descompunerea caracteristicilor de nivel superior în caracteristici primitive, determină deplasarea interdependențelor și redundanțelor dintre caracteristicile structurii de nivel înalt către structura de nivel inferior. Modelul *McCall* explicitează relațiile dintre cele 11 caracteristici principale luate în considerare.

Modelul ISO 9126/1 [11] și modelul ISO 25010 sunt mai coerente din acest punct de vedere, pentru că, deși există interdependențe *încrucșate* între caracteristici, acestea nu sunt integrate în model. De fapt, pentru modelul ISO/IEC 9126, structura de nivel inferior a acestuia nu face parte din standard, fiind doar o propunere a ISO și International Electrotechnical Commission.

Modelul ISO/IEC 25010:2013, prezintă *calitatea în utilizare*, ce acoperă caracteristicile externe și *Modelul calității produsului* (figura 4). Detalii privind definirea caracteristicilor: a se vedea ISO 25010:2013 [12].

The Boehm Model [9] is a hierarchical model similar to the McCall model and is focused on user requirements.

The Dromey Model [10] involves separating software quality characteristics from behavioural features and usage features. The concept distinguishes between product components, quality characteristics and quality-bearing characteristics.

The ISO 9126/1 Quality Model [11] is a hierarchical model similar to the McCall model, identifying six key features in delivering quality software: *functionality, reliability, usability, efficiency, maintainability and portability*.

For *Boehm* and *McCall* models there are several primitive features that determine more high-level features. For example, in the *Boehm* model, *completeness* determines both *portability* and *reliability*, and in the *McCall* model *consistency* determines *fairness, reliability and maintainability*. In these cases, the decomposition of the higher-level features into primitive characteristics determines the displacement of interdependencies and redundancies between the characteristics of the high-level structure to the lower-level structure. The *McCall* model explains the relationships between the 11 main features considered.

The ISO 9126/1 model [11] and ISO 25010 model are more coherent in this content, because although there are *interdependencies* between features, they are not integrated into the model. In fact, for model ISO / IEC 9126, the lower-level structure of the model is not part of the standard, being only a proposal from ISO and the International Electrotechnical Commission.

The ISO/IEC 25010:2013 model presents the *quality of use* covering the external characteristics and *Product Quality Model* (figure 4). For details on defining characteristics, see ISO 25010: 2013 [12].

Calitatea produsului software/ Software product Quality	Capacitatea funcțională/ Functional Suitability	Completitudine funcțională/ Functional completeness
		Corectitudinea funcțională/ Functional correctness
		Relevanța funcțională/ Functional appropriateness
	Eficiența Productivității/ Performance efficiency	Comportamentul în timp/ Time behaviour
		Utilizarea resurselor/ Resource utilization
	Compatibilitate/ Compatibility	Coexistența/ Co-existence
		Interoperabilitate/ Interoperability
	Utilizabilitate/ Usability	Conștientizarea relevanței/ Appropriateness recognizability
		Învățabilitate/ Learnability
		Operativitate/ Operability
		Protecția de erorile utilizatorului / User error protection
		Estetica interfeței utilizator/ User interface aesthetics
		Accesibilitate/ Accessibility
	Fiabilitate/ Reliability	Maturitate/ Maturity
		Disponibilitate/ Availability
		Toleranța la defecțiuni/ Fault tolerance
		Recuperabilitatea/ Recoverability
	Securitate/ Security	Confidențialitate/ Confidentiality
		Integritate/ Integrity
		Non-repudiare/ Nonrepudiation
		Autenticitate/ Authenticity
		Responsabilitate/ Accountability
	Mentenabilitate/ Maintainability	Reutilizabilitate/ Reusability
		Analizabilitate/ Analyzability
		Modificabilitate/ Modifiability
		Testabilitatea/ Testability
	Portabilitate/ Portability	Adaptabilitate/ Adaptability
Instalabilitate/ Installability		
Înlocuibilitate/ Replaceability		

**Figura 4. Modelul calității externe și interne conform ISO 25010:2013/
Figure 4. Quality model for external and internal quality by ISO 25010:2013**
Sursa: elaborată de autori în baza [12] / developed by the authors based on [12]

Concluzii

În lucrare se argumentează necesitatea implementării sistemului corporativ de calitate. Cerințele crescânde ale clienților și beneficiarilor în software din punct de vedere al calității, pot fi satisfăcute implementând un SMC conform ISO 9001.

Sunt scoase în evidență specificul SMC și particularitățile proceselor de management al calității pentru companiile ce realizează IPs și oferă servicii de dezvoltare software. Suplimentar, la implementarea SMC pentru astfel de organizații, trebuie să se țină cont de recomandările standardelor de calitate din seriile ISO 10000, 25000 și celor ce țin de ingineria software. O mare importanță are sintetizarea propriilor modele de calitate, ce reflectă specificul sistemelor elaborate.

Ținând cont de volumul operațiilor de rutină, evaluarea și managementul calității software poate fi eficientă doar în condiții de automatizare. Metoda propusă de abordare a calității constă în utilizarea directă a ieșirilor proceselor de management și a operațiunilor tehnologice de dezvoltare software ca intrări în aplicația de management al calității.

Aplicația digitală recomandată pentru managementul calității este una promițătoare, pentru că contribuie la reducerea costurilor, evită multe operații de rutină prin importarea directă a datelor de intrare, exclude neconcordanța datelor etc.

Cercetarea nu este una exhaustivă. Pentru construirea unui cadru de măsurare, evaluare și îmbunătățire a calității este nevoie atât de sprijin metodologic, cât și de un suport tehnologic cu instrumente potrivite. Iar pentru a dezvolta/realiza acest instrument ca aplicație software destinată pentru suportul managementului calității, sunt necesare mai multe cercetări empirice, inclusiv sondaje de opinie ale experților.

Conclusions

The paper argues the need to implement the quality corporate system. The growing demands of customers and beneficiaries in quality software can be met by implementing an SMC in according to ISO 9001.

Paper highlights SMC's specificity and the particularities of quality management processes for IPs and software development companies. In addition, the SMC for such organizations should consider the recommendations of the ISO 10000, 25000 series and the software engineering standards. An important milestone is the synthesis of our own quality models, reflecting the specifics of the developed systems.

Considering the volume of routine operations, software evaluation and management can be effective only under automation conditions. The proposed approach to quality is the direct use of the outputs of management processes and software development operations as inputs to the quality management application

The recommended digital quality management application is promising because it saves costs, avoids many routine operations by directly importing input data, excludes data mismatch, etc.

Research is not an exhaustive one. To build a framework for measuring, assessing and improving quality requires both methodological support and technology support with the right tools. And to develop / implement this tool as a software application designed to support quality management, more empirical research, including expert opinion surveys, is required.

Bibliografie/Bibliography:

1. Strategia națională de dezvoltare a Societății informaționale „Moldova Digitală 2020”. Chișinău 2013. - 37 p.

2. Grand strategy for Israel: Reflections and Directions. 2017. - 419 p. (accesat la adresa <https://www.neaman.org.il/en/Files/Grand%20Strategy.pdf>).
3. Standish group. Chaos report 2015. -15 p. (accesat la adresa https://www.standishgroup.com/sample_research_files/CHAOSReport2015-Final.pdf/).
4. ISO 9001:2015. Quality management systems. Requirement. -58 p.
5. ISO 10006:2107. Quality management. Guideline for quality management in projects. -34 p.
6. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK). PMI, 2017.
7. Agile development is where speed meets collaboration. <https://www.mendix.com/agile-guide/>
8. McCALL, J. A. *Factors in Software Quality* / McCall J. A., Richards P. K., Walters G. F. // Nat'l Tech. Information Service. – 1977. Vol. 1, 2 and 3.
9. BOEHM, B. W. *Characteristics of Software Quality* / Boehm B. W., Brown J. R., Kaspar H., Lipow M., McLeod G., Merritt M. // North Holland. – 1978.
10. DROMEY, G. R. *A model for software product quality* / Dromey, G. R. // IEEE Trans. on software Eng. – 1995. Vol.21, no. 2, pp.146-162.
11. International Standard ISO 9126-1. Software engineering – Product quality – Part 1: Quality. – 2001. 32 p.
12. International standard ISO/IEC 25010. System and software quality models. – 2010, 34 p.