

**UOT 004.052**

**Kazımov T.H.<sup>1</sup>, Bayramova T.A.<sup>2</sup>**

AMEA İnformasiya Texnologiyaları İnstitutu, Bakı, Azərbaycan

<sup>1</sup>tofig@mail.ru, <sup>2</sup>tamilla@iit.ab.az

**PROQRAM TƏMİNATININ ETİBARLILIĞININ  
QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ MODELLƏRİ**

*Məqalədə proqram təminatının keyfiyyətinin əsas göstəricilərindən biri olan etibarlılıq və onun qiymətləndirilməsi üçün istifadə edilən modellər haqqında məlumat verilmişdir. Proqram vasitələrinin etibarlılığının qiymətləndirilməsi üçün tətbiq edilən mövcud riyazi modellərdən bir neçəsi müqayisəli şəkildə araşdırılmışdır.*

**Açar sözlər:** etibarlılıq, analitik model, dinamik model, empirik model, proqram mühəndisliyi, imtinaların intensivliyi, etibarlılıq dərəcəsi

**Giriş**

Mürəkkəb informasiya sistemlərinin yaradılma və tətbiq edilmə təcrübəsi göstərdi ki, onların istismarı zamanı baş verən imtinalar əksər hallarda proqram komplekslərində olan xətalara əlaqədardır və böyük zərərli nəticələnir. Hal-hazırda proqram mühəndisliyinin qarşısında dayanan əsas problemlərdən biri proqramın keyfiyyətinin yüksəldilməsidir.

ISO 9126:1991 standartında [1] keyfiyyətin altı xarakteristikası və alt xarakteristikaları verilmişdir. Burada etibarlılıq proqram təminatının (PT) keyfiyyətinin əsas xarakteristikalarından biri kimi göstərilmişdir. Etibarlılıq sistemin ümumi məhsuldarlığını və səmərəliliyini təyin edən vacib amillərdən biridir. Buna görə də layihələndirmə prosesində etibarlılıq məsələlərinə xüsusi diqqət yetirilməlidir. Mütəxəssislər tərəfindən proqram vasitələrinin bütün həyat dövründə etibarlılığın təmin edilməsi müasir metodologiya, texnoloji vasitələr, standart və normativ sənədlərdən istifadə etməklə həyata keçirilməlidir. Proqram vasitələrinin etibarlılığını təmin etmək üçün səhvlər haqqında xəbərdarlıq edən və onların qarşısını alan, eyni zamanda bu səhvlərin yaranması zamanı proqramın fəaliyyətini davam etdirməyə imkan verən effektiv metod və vasitələrin işlənilməsi və tətbiq edilməsi vacibdir.

Sistemin xərclər və iş qrafiki arasındakı qarşılıqlı asılılığı layihələndirilən zaman sistemin etibarlılığına olan tələblər də nəzərə alınmalıdır. Belə ki, məhz onlar layihənin qiymətinə təsir edir. PT-nin qiyməti və onun etibarlılığı bir-biri ilə sıx əlaqəlidir. Belə ki, etibarlılığı yüksək olan PT-ni işləyərkən layihələndirmə, sınaq və müşayiət etmə proseslərinə tələblər yüksək olur, bu da onların qiymətinin artması ilə nəticələnir.

*PT-nin etibarlılığı* proqram məhsulunun verilən şəraitdə və verilən vaxt müddətində müəyyən funksiyaları kifayət qədər böyük dəqiqliklə yerinə yetirə bilmək qabiliyyətidir [2].

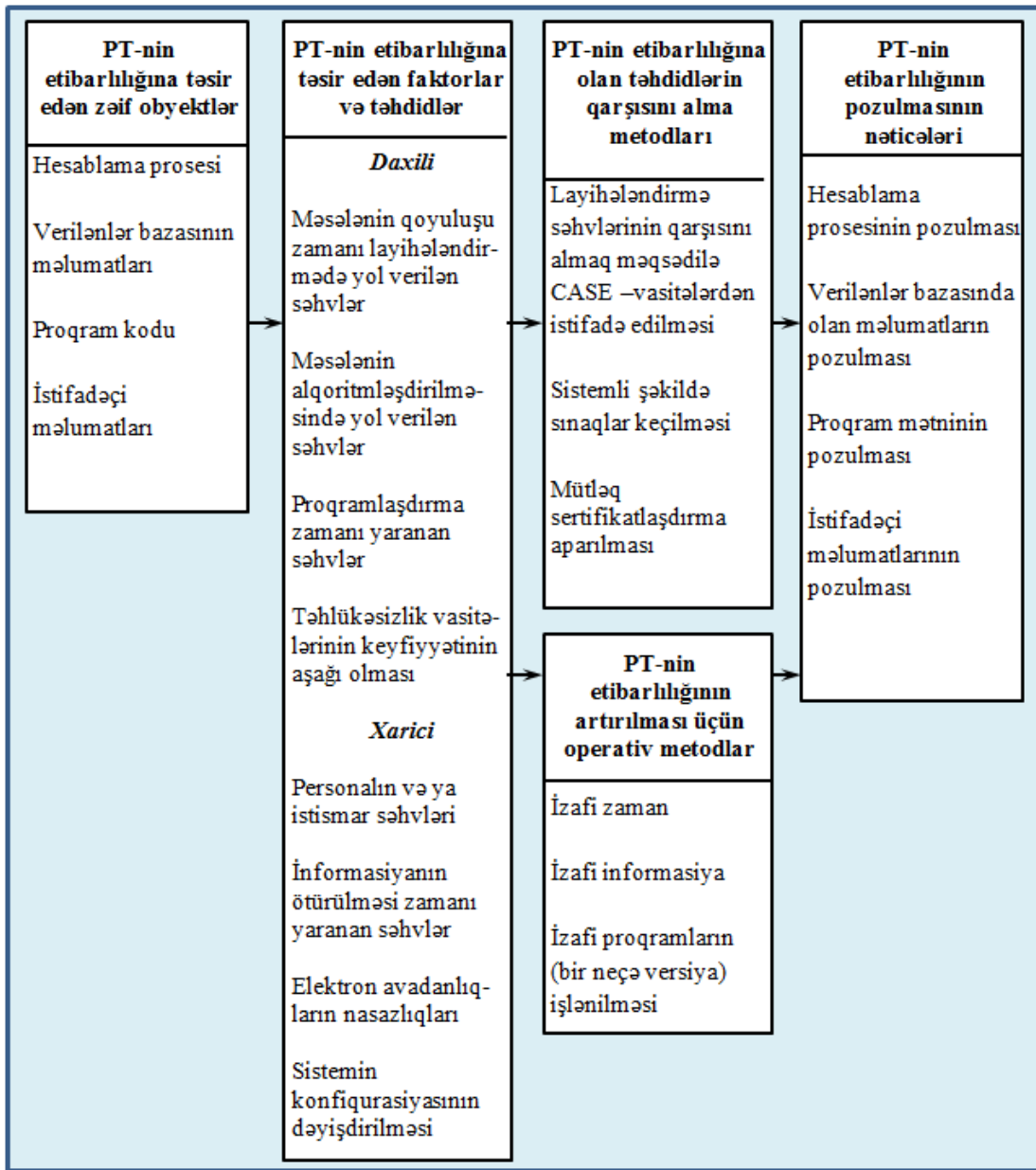
PT-nin qiymətləndirilməsində istifadə edilən əsas anlayışlardan bir neçəsi aşağıda göstərilmişdir [3]:

- *PT-nin imtinası* (proqramın fəaliyyət xarakteristikalarının qarşıya qoyulan tələblərdən yolverilməz dərəcədə uzaqlaşmasıdır);
- *etibarlılıq dərəcəsi* (proqramın müəyyən vaxt müddətində imtinasız işləmə ehtimalı ilə xarakterizə olunur);
- *proqramın imtina etmə ehtimalı*;
- *proqramın imtinalarının intensivliyi*;
- *PT-nin müntəzəmliyi* (proqramın informasiyanı emal edərkən iş qabiliyyətini qoruyub saxlamasıdır);
- *PT-nin dayanıqlılığı* (PT-nin öz xətalının və xarici mühitin mənfi təsirlərinin nəticəsini məhdudlaşdırması və ya onlara qarşı dözümlülüyüdür).

Kənardan məqsədli təsir olmadan PT-də yaranan səhvlər təsadüfi xarakter daşıyır. Onlar xarakteri və nəticəsinə görə müxtəlif olurlar. [4] işində PT-nin etibarlılığına təsir edən əsas komponentlərin qarşılıqlı münasibətini göstərən model verilmişdir (şəkil 1).

PT-nin etibarlılığının qiymətləndirilməsinə iki yanaşma mövcuddur: keyfiyyət və kəmiyyət. Keyfiyyət yanaşması standartlar və təşkilatdaxili normativ sənədlər tərəfindən müəyyən edilən tələblər sisteminə əsaslanır. PT-nin etibarlılığını qiymətləndirən zaman bu tələblər yoxlanılır. Kəmiyyət yanaşmasında PT-nin etibarlılığı müxtəlif riyazi modellər əsasında qiymətləndirilir [5].

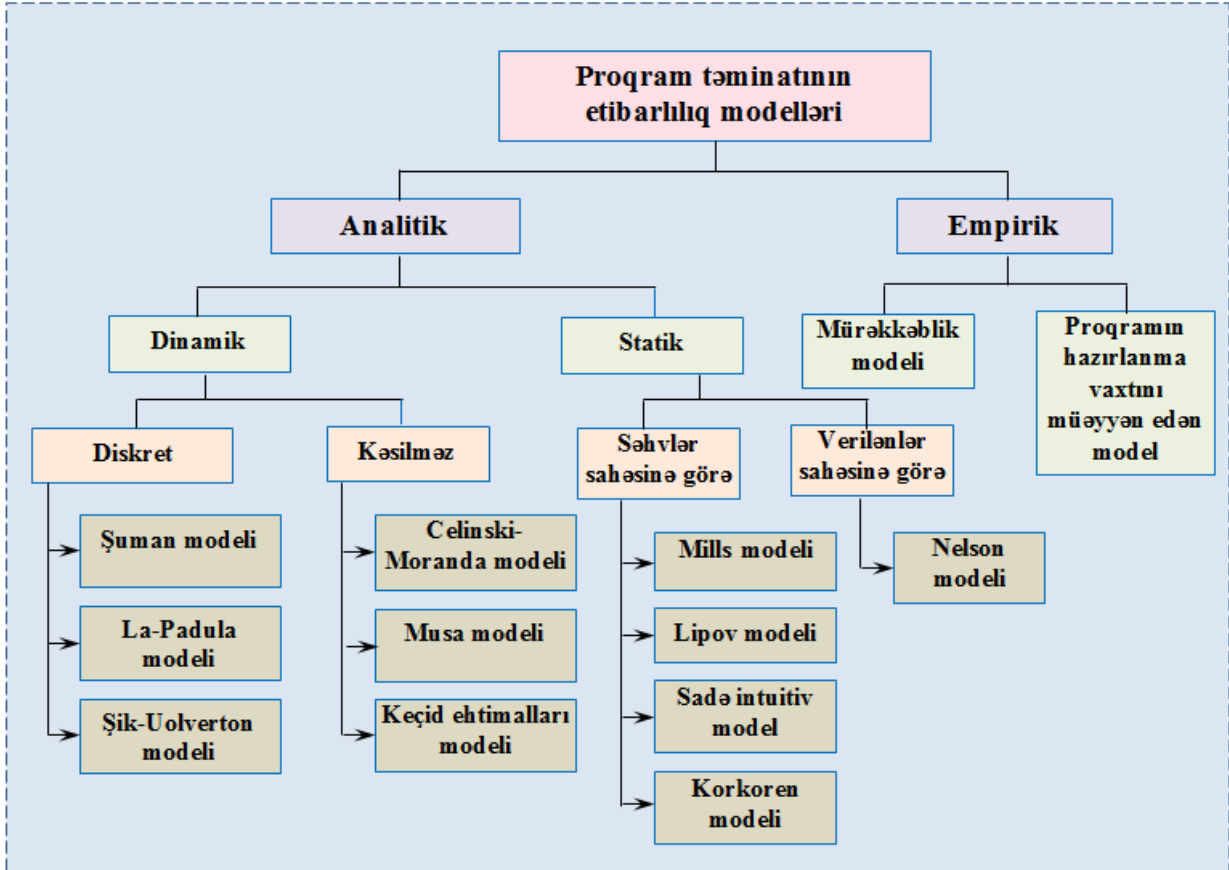
PT-nin etibarlılığının kəmiyyət göstəricilərini qiymətləndirmək üçün etibarlılıq modellərindən istifadə edilir. Etibarlılıq modeli dedikdə, etibarlılığın əvvəlcədən məlum olan və ya məsələnin həlli zamanı aşkar edilən parametrlərdən asılılığını qiymətləndirmək üçün qurulmuş riyazi modellər başa düşülür. Bu modellər vasitəsilə PT-nin həyat dövrünün müxtəlif mərhələlərində etibarlılığı qiymətləndirmək olar.



Şəkil 1. PT-nin etibarlılığına təsir edən əsas komponentlərin qarşılıqlı münasibətini göstərən sxem

Hal-hazırda PT-nin etibarlılığını təyin etmək üçün müxtəlif riyazi modellər və onların modifikasiyaları mövcuddur. Bu modellərdən hər biri proqram vasitələrinin işlənmə, sınaq və müşayiət etmə mərhələlərində alınan parametrləri təyin edir. Əsas verilən kimi imtina və səhvlərin tapılma müddəti götürülür. Lakin proqram sistemlərinin mürəkkəbliyi, işlədiyi mühit və giriş verilənləri kimi parametrlərə əsaslanan modellər də mövcuddur. PT-nin etibarlılıq modelləri müxtəlif olduğundan onların klassifikasiyasına da müxtəlif yanaşmalar var [6].

[7, 8] işində etibarlılıq modellərinin ən çox yayılmış klassifikasiyası göstərilmişdir (şəkil 2).

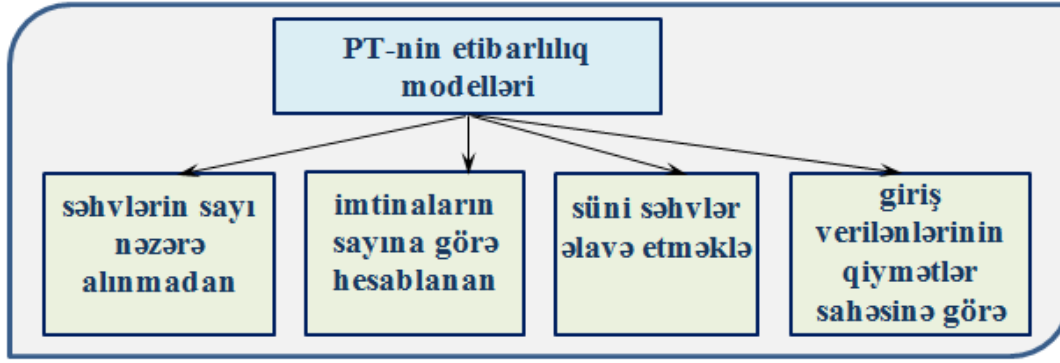


Şəkil 2. PT-nin etibarlılıq modellərinin klassifikasiyası

Empirik modellər proqramların struktur xüsusiyyətlərinin təhlilinə əsaslanır. Proqramın mürəkkəbliyi ilə onun etibarlılığı arasında sıx əlaqə var. Mürəkkəblik dedikdə, PT-nin ölçüsü (proqram modullarının sayı), operatorların sayı, alt sistemlərin və modullararası interfeyslərin sayı, mürəkkəbliyi və s. başa düşülür. Empirik modellərin üstünlüyü ondadır ki, mürəkkəb düsturlar yoxdur və hesablamalar asandır. Çatışmazlığı isə ondadır ki, hesablamalar təxminidir və proqramın istismarı zamanı proseslərin dinamikasını özündə əks etdirmir.

Analitik modellər sınaq zamanı alınan verilənlərə əsaslanaraq etibarlılığın kəmiyyət göstəricilərini hesablamağa imkan verir. Analitik modellər də *dinamik* və *statik* olmaqla iki qrupa bölünür. Dinamik modellərdə imtinaların zamandan asılılığı nəzərdən keçirilir. Statik modellər dinamik modellərdən onunla fərqlənir ki, burada səhvlərin yaranma vaxtı nəzərə alınmır. Burada imtinaların ya test sınaqlarının, ya da giriş verilənlərinin sayından asılılığı nəzərə alınır.

Şəkil 3-də Qoel klassifikasiyasına görə etibarlılıq modelləri göstərilmişdir [9].



Şəkil 3. PT-nin etibarlılıq modellərinin Goel klassifikasiyası

Səhvlərin sayını nəzərə almayan modellər proqramın imtinaları arasında keçən vaxt müddətinin ölçülməsinə əsaslanır və proqramda qalan səhvlərin sayını proqnozlaşdırmağa imkan verir. Hər imtinadan sonra etibarlılıq qiymətləndirilir və növbəti imtinaya qədər olan müddət hesablanır [10].

İmtinaların sayına görə qiymətləndirilən modellər verilən zaman müddətində aşkar edilmiş səhvlərin sayına əsaslanır. Proqramın zamandan asılı olaraq sıradan çıxması stoxastik proses, səhvlərin sayı isə təsadüfi kəmiyyət hesab edilir.

Süni səhvlər əlavə etməklə qiymətləndirilən modellər proqram kodunda düzəldilmiş səhvlərin sayına və süni səhvlərin (tipi və sayı əvvəlcədən məlum olan) əlavə edilməsinə əsaslanır. Proqram kodunda proqnozlaşdırılan tapılmayan səhvlərin sayının tapılmamış süni səhvlərin sayına olan nisbəti qurulur və tapılan səhvlərin sayının tapılan süni səhvlərin sayına olan nisbəti ilə müqayisə edilir. Bu müqayisənin nəticəsi proqramın etibarlılığının qiymətləndirilməsində istifadə edilir.

Giriş verilənlərinin qiymətlər sahəsinə görə hesablanan modellərdə təsadüfi giriş verilənləri generasiya edilir və bu test verilənləri əsasında proqramın imtinalarına görə etibarlılıq qiymətləndirilir.

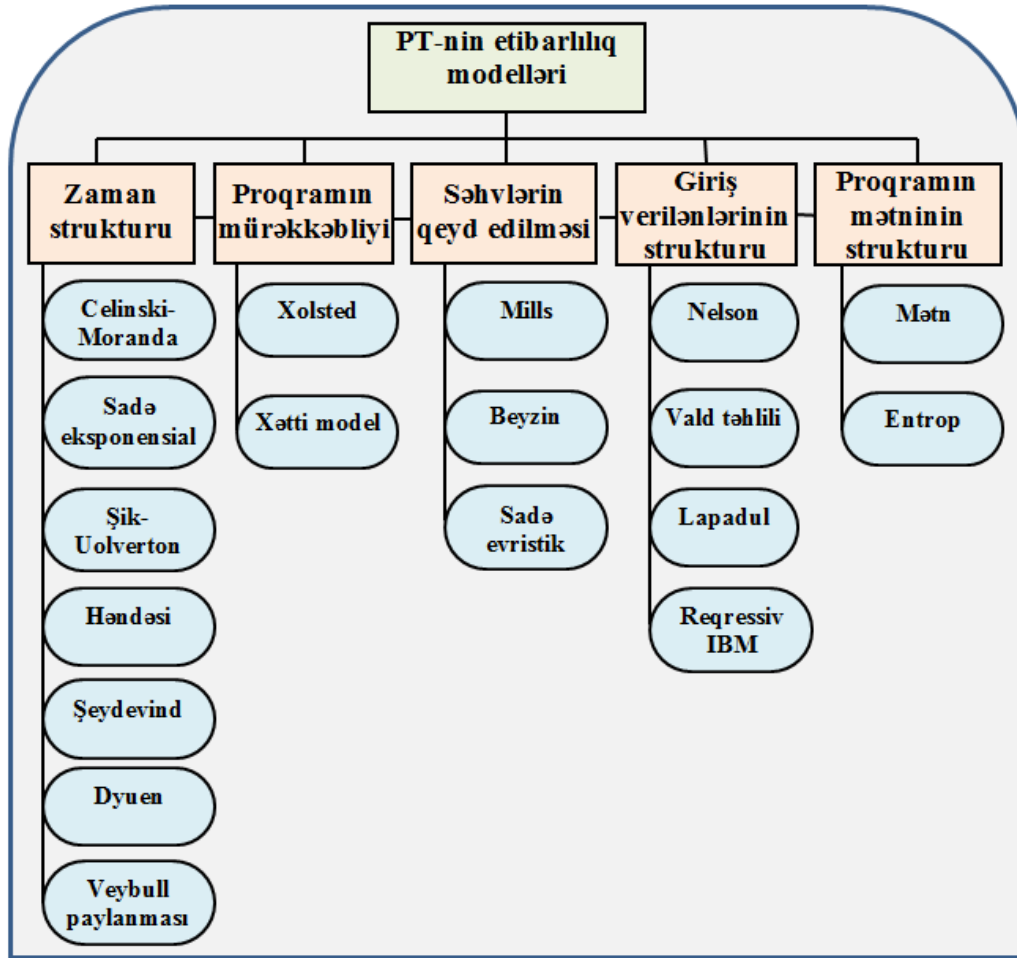
Qeyd etdiyimiz klassifikasiya ilə yanaşı Xetç, Polonnikov-Nikandrov, Fatuev və s. klassifikasiyaları da var [11, 12].

PT sənayesinin inkişafı ilə əlaqədar olaraq, etibarlılıq modellərinin klassifikasiya sxemi də xeyli genişlənmişdir və yeni klassifikasiya texnikası işlənilmişdir. [13] işində PT-nin etibarlılıq modellərinin klassifikasiyasında istifadə edilən ümumi faktorlar verilmişdir (cədvəl 1 və şəkil 4).

Cədvəl 1

Etibarlılıq modellərinin klassifikasiyasında istifadə edilən ümumi faktorlar

Klassifikasiya əlamətləri	İstifadə edilən parametrlər
Zaman strukturu	<ul style="list-style-type: none"> <li>– səhvlərin aşkar edilmə müddəti</li> <li>– səhvlərin aşkar edilməsi arasında keçən müddət</li> <li>– verilən vaxt müddətində səhvlərin sayı</li> </ul>
Proqramın strukturu (mürəkkəbliyi)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– proqramın uzunluğu</li> <li>– proqramın həcmi</li> <li>– funksiya və verilənlərin sayı</li> </ul>
Səhvlərin qeyd edilməsi	Proqrama məlum sayda səhvlər əlavə edilir
Giriş verilənləri sahəsinin strukturu	Bu verilənlərlə bir neçə dəfə sınaq aparılır. Ümumi sınaqların sayının çox hissəsini uğurlu sınaqlar təşkil etməlidir
Proqram mətninin strukturu	Səhvlərin proqram mətnində paylanması (mətnin hansı hissəsində səhvlər daha çoxdur)



Şəkil 4. PT-nin etibarlılıq modellərinin ümumi parametrlərə görə klassifikasiyası

Məqalədə göstərilən etibarlılıq modelləri PT-nin həyat dövrünün müxtəlif mərhələlərində keçirilən sınaqlar zamanı tətbiq edilməklə proqram məhsulu haqqında müəyyən fikir formalaşdırmağa imkan verir. Məsələn, sınaq mərhələsində tapılmış və düzəldilmiş səhvlərin sayının çox olması belə bir fikir yaradır ki, məhsulun sınağı sona çatmaq üzrədir, çünki qalan səhvlərin sayı minimum olmuşdur. Əslində bu həqiqətə uyğun olmaya bilər. Belə halda PT-nin etibarlılıq modellərinin tətbiq edilməsi məsələyə aydınlıq gətirə bilər.

Səhvlərin qeyri-bərabər paylanması və proqramın sıradan çıxmasının stabil olmayan bir proses olduğunu nəzərə alaraq demək olar ki, bu klassik modellər əsasında etibarlılığı dəqiq hesablamaq mümkün deyil. Bu halda kəmiyyət və keyfiyyət analizi əsasında qiymətləndirmə metodlarından istifadə edilir. İmtinalar ağacının analizi (ing. *Fault Tree Analysis, FTA*), etibarlılığın struktur sxemi (ing. *Reliability Block Diagram, RBD*), imtina rejimləri və effektlərinin kritiklik dərəcəsinin analizi (ing. *Failure Mode and Effects Critical Analysis, FME(C)A*), imtina rejimlərinin, effekt və diaqnostikasının analizi (ing. *Failure Mode Effect and Diagnostic Analysis, FMEDA*) bu metodlara aiddir [14].

### Nəticə

PT-nin layihələndirilməsi və işlənilməsi zamanı səhvlərin vaxtında aşkar edilməməsi insan həyatı və ətraf mühit üçün ciddi problemlər yarada biləcəyi halda etibarlılıq məsələləri ön plana keçir.

PT-nin etibarlılığını qiymətləndirmək üçün bir çox riyazi modellər işlənmişdir və bunlar etibarlılıq xarakteristikalarını (imtina qədər işləmə müddəti, hazırlıq əmsali, imtinanın ehtimalı və s.) hesablamağa imkan verir. Qeyd etmək lazımdır ki, tamamilə etibarlı model yoxdur. Belə ki,

etibarlılığın mütləq qiymətini müəyyən etmək olmur, deməli, onu tapmaq da mümkün deyil. Göstərilən modellər əsasən nəzəri yanaşmadır və tətbiq zamanı bəzi məhdudiyyətlər olur. Bu modellərdə nəzərə alınmır ki, səhvləri düzəldərkən proqram koduna yeni səhvlər əlavə etmək olar. Hələ elə bir model yoxdur ki, onun tətbiqində məhdudiyyətlər olmasın. Bu səbəbdən PT-nin etibarlılığına təsir edən amillərin düzgün təyin edilməsi, onun qiymətləndirilməsi və proqnozlaşdırılması üçün daha müasir metodların işlənilməsi aktual məsələlərdəndir.

Son illərdə PT-nin etibarlılığını qiymətləndirmək üçün aparılan tədqiqatlarda aşağıda göstərilən əsas istiqamətlər üstünlük təşkil edir:

- xətalara yaranma səbəbinin təhlili [15];
- imtinaların yaranma müddətinin paylanma funksiyasının aparat vasitələrini (rezerv sürətlərinin yaradılma imkanı və müddəti, bərpa edilə bilməyən imtinaların yaranma ehtimalı və s. nəzərə almaqla hesablanması [16, 17];
- imtinaların proqnozlaşdırılması üçün PT-nin işlənilməsi [18];
- genetik proqramlaşdırma və zaman sıralarından istifadə etməklə xətalara proqnozlaşdırılması [19, 20];
- genetik alqoritmlərin köməyiylə PT-nin etibarlılığının modelləşdirilməsi [21] və s.

## Ədəbiyyat

1. ISO 9126:1991. Информационная технология. Оценка программного продукта. Характеристики качества и руководство по их применению. 186 с.
2. IEEE Std 610.12-1990, IEEE Standard Glossary of Software Engineering Technology (ANSI). 1283 p.
3. Майерс Г. Надежность программного обеспечения. М.:Мир, 1980, 360 с.
4. Липаев В.В. Надежность программных средств. М.:Синтег, 1998, 232 с.
5. “О метрическом подходе к оценке качества и надежности программного обеспечения” [www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/14636/soi\\_2002\\_6\\_60.pdf](http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/14636/soi_2002_6_60.pdf)
6. Sukert A.N., Goel L.A. A guidebook for software reliability assessment / Proc. Annual Reliability and Maintainability Symp. Tokyo (Japan), 1980, pp.186–190.
7. Классификация моделей надежности программных средств, <https://studfiles.net/preview/6179493/>
8. Благодатских В.А., Волнин В.А., Посакалов К.Ф. Стандартизация разработки программных средств: Учеб. пособие. М.:Финансы и статистика, 2005, 288 с.
9. Goel A.L. Software reliability models: Assumptions, Limitations and Applicability // IEEE Transactions on Software Engineering, vol. SE-11, no.12, 1985, pp.1411–1423.
10. Jelinski Z., Moranda P.B. Software Reliability Research. Statistical Computer Performance Evaluation. Academic Press, New York, 1972, pp.465–484.
11. Полонников Р.И., Никандров А.В. Методы оценки показателей надежности программного обеспечения. СПб.: Политехника, 1992, 78 с.
12. Фатуев В. П., Высоцкий В.И., Бушинский В.И. Надежность автоматизированных информационных систем: Учебное пособие, Тула: ТГУ, 1998, 104 с.
13. <http://konf.x-pdf.ru/18tehnicheckie/416395-1-metodi-ocenivaniya-nadezhnosti-programmnihsredstv-uchetom-vtorichnih-defektov.php>
14. Харченко В.С., Скляр В.В., Тарасюк О.М. Методы моделирования и оценки качества и надежности программного обеспечения. Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2004, 188 с.
15. Kumaresh S., Ramachandran B. Defect Prevention Based on 5 Dimensions of Defect Origin // International Journal of Software Engineering & Applications (IJSEA), 2012, no.3, pp.87–98.

16. Марков А.С. Модели оценки и планирования испытаний программных средств по требованиям безопасности информации // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана, сер. «Приборостроение», 2011, с.90–103.
17. Mirtskhulava L., Khunjgurua M., Lomineishvili N., Bakuria K. Software Reliability Prediction Model Analysis // International Journal of Computer, Information, Systems and Control Engineering, 2014, no.6, pp.927–932.
18. Al-Rahamneh Z., Reyalat M., Sheta A.F., Bani-Ahmad S. A New Software Reliability Growth Model: Genetic-Programming-Based Approach // Journal of Software Engineering and Applications, 2011, no.4, pp.476–481.
19. Tsakonas A., Dounias G. Predicting Defects in Software Using Grammar-Guided Genetic Programming / Proceedings of the 5th Hellenic conference on Artificial Intelligence, SETN, Syros, 2008, pp.413–418.
20. Raja U., Hale J.E., Hale D. P. Temporal Patterns of Software Evolution Defects: A Comparative Analysis of Open Source and Closed Source Projects // Journal of Software Engineering and Applications, 2011, no.4, pp.497–511.
21. Silvia R. V., Aurora P. A grammar-guided Genetic Programming framework configured for data mining and software testing // International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering, 2006, no.2, pp.245–267.

#### УДК 004.052

**Кязимов Тофик Г.<sup>1</sup>, Байрамова Тамилла.А.<sup>2</sup>**

Институт Информационных Технологий НАНА, Баку, Азербайджан

[1tofig@mail.ru](mailto:1tofig@mail.ru), [2tamilla@iit.ab.az](mailto:2tamilla@iit.ab.az)

#### **Модели оценки надежности программного обеспечения**

В статье рассматривается надежность как один из основных показателей качества программного обеспечения и основные показатели для оценки надежности программного обеспечения. Рассмотрены некоторые из существующих моделей оценки надежности программного обеспечения.

***Ключевые слова:** надежность, аналитическая модель, динамическая модель, эмпирическая модель, программная инженерия, интенсивность отказов, степень надежности.*

**Kazimov H. Tofig<sup>1</sup>, Bayramova A. Tamilla<sup>2</sup>**

Institute of Information Technology of ANAS, Baku, Azerbaijan

[1tofig@mail.ru](mailto:1tofig@mail.ru), [2tamilla@iit.ab.az](mailto:2tamilla@iit.ab.az)

#### **Models for estimation of software reliability**

In the article it has been informed about one of the main signs of software – reliability and models which is used for its estimation. Some of mathematical models that is applied in estimation of reliability of software tools have been researched.

***Key words:** reliable, analytical model, dynamic model, empirical model, software engineering, failure rate, degree of reliability.*