

2/2023,  
mart-  
aprell  
(№ 00064)



## УЗЛУКСИЗ ҲАРАКАТДАГИ АХБОРОТ ТИЗИМЛАРИ УЧУН АНАЛИТИК МОДЕЛ

**Абидов Абдужаббор Абдухамидович**

*Тошкент давлат иқтисодиёт университети доценти, техника фанлари номзоди. Тошкент, Ўзбекистон. [abidov53@list.ru](mailto:abidov53@list.ru)*

**ORCID: 0000-0001-9692-9460**

**DOI: [https://doi.org/10.55439/EIT/vol11\\_iss2/i23](https://doi.org/10.55439/EIT/vol11_iss2/i23)**

### **Аннотация**

Ахборот хавфсизлиги, тизимларни ишончли ишлашига бўлган талаблар ҳечам эскирмай келаяпти. Аксинча уларга бўлган талаб ошиб ўз актуаллигини йўқотмайдиган муаммога айлانган. Каттадан катта дастурий-техника мажмуаларни носозликларга чидамлилиги айниқса онлайн режимида ишончли ишлашни таъминлаш катта аҳамият касб этаётгани сир эмас. Тақдим этилаётган мақолада шу масалаларга бағишланган ва носозликлар шароитида дастурий таъминотга назорат усуллари қўлласа унинг сифат кўрсаткичларини қанчалик ошиши баҳолаш учун модел таклиф этилган.

**Калит сўзлар:** марков занжири, Пуассон тақсимланиши, ахборот хавфсизлиги, ишончли дастурий таъминот, носозликларга чидамли тизимлар, назоратни ташкил этиш усуллари.

## АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

**Абидов Абдужаббар Абдухамидович**

*Доцент Ташкентского государственного экономического университета, кандидат технических наук. Ташкент, Узбекистан.*

### **Аннотация**

Требования к информационной безопасности и надежной работе систем не устаревают. Наоборот, спрос на них увеличился и стал проблемой, не теряющей своей актуальности. Ни для кого не секрет, что большое значение имеет отказоустойчивость больших программных комплексов, особенно когда они находятся в сети. Этим вопросам посвящена представленная статья и предлагается модель для оценки показателей качества программного обеспечения в условиях отказов.

**Ключевые слова.** Цепь Маркова, распределение Пуассона, информационная безопасность, надежное программное обеспечение, отказоустойчивые системы, методы контроля надежности.

## ANALYTICAL MODEL FOR INFORMATION SYSTEMS OF CONTINUOUS ACTION

**Abidov Abdujabbar Abdukhamidovich**

*Associate Professor of Tashkent State University of Economics, Candidate of Technical Sciences. Tashkent, Uzbekistan*

## **Abstract**

Requirements for information security and reliable operation of systems do not become obsolete. On the contrary, the demand for them has increased and has become a problem that does not lose its relevance. It's no secret that the fault tolerance of large software systems is of great importance, especially when they are online. The presented article is devoted to these issues and a model is proposed for evaluating software quality indicators under failure conditions.

**Keywords.** Markov chain, Poisson distribution, information security, reliable software, fault-tolerant systems, reliability control methods.

## **Кириш**

Атрофимизда реал вақт масштабида фаолият юритадиган тизимлар кўплаб топилади. Туну-кун ҳамроҳимизга айланиб қолган Интернетдан тортиб, 24/7 тамойилига асосан бетўхтов хизмат кўрсатадиган банк соҳаси, осмонда учиб юрадиган спутникларми, барчаси ёрқин мисолга ўтади. Уларда эса коммутация узели асосий боғловчи, операцион амалиётни олиб борувчи восита ҳисобланади. Шу тўғрисида коммутация узели дастурий таъминотида содир бўладиган бузилишлар ва носозликлар манбаи бўлган ҳисоблаш тизимини характерлайдиган аналитик модел яратиш долзарб ҳисобланади..

Аналитик моделни ишлаб чиқишга бўлган эҳтиёж сабаблари: коммутация узели дастурий таъминотини ўтказиш қобилиятига бузилишлар ва носозликлар таъсирини тадқиқ қилиш; турли хил юк омилида даврий назоратни ишга тушириш оралиғини бошқариш; оператив ва даврий назорат, ҳамда тикланиш тўғрисида самарадорликнинг ошиши ёки камайиши каби параметрларни аниқлаш.

Моделни ишлаб чиқишда коммутация узели дастурий таъминотида юзага келадиган барча ҳодисаларни Пуассон оқимида хослиги тўғрисида тахминлар қабул қилинди.

## **Мавзуга оид адабиётлар таҳлили**

Ўрнатилган дастурий таъминотнинг ортиб бораётган хавфсизлик талаблари тўғрисида хатоларга чидамлик ва ишончликни баҳолаш соҳасида кўплаб тадқиқотлар пайдо бўлди. Анъанавий ёндашув, келажакдаги хатоликлар хулқи ҳақида башорат қилиш учун, асосан дастурий таъминотни тестлаш синивида топилган хатолик маълумотларига таянади.

Кўп сонли намуналар билан имитацион эксперимент натижаларига боғлиқ бўлган вақтинчалик носозликлар билан курашиш учун Монте-Карло моделлаштириши [1] каби статистикага асосланган усул ишлатилган.

Статистик ёндашувда ҳисоб-китобларнинг катта миқдори тўғрисида, келтирилган тадқиқот фаолиятида баъзи ишлаб чиқувчилар томонидан расмий хатоларга бардошликни режалаштириш ва ишончилигини таҳлил қилиш масалаларида кўриб чиқилган. Реал вақт режимида дастурий таъминот хатосига бардош бериш тизими [2] ва назорат нуқтасидан қайта ишга тушириш ва вақт бўйича заҳиралаш усули [3] дастурий таъминот ишончилигини башорат қилишнинг асосий моделлари сифатида тақдим этади. А. Бернс ва бошқалар [4] барча вазифалар ҳар доим белгиланган муддатларда жадвал бўйича бажарилиши кераклиги ҳақидаги эҳтимоллик кафолатининг бир қисми сифатида режалаштириш таҳлилида эҳтимоллик моделини киритдилар. И. Бростер ва бошқалар [5] жавоб вақтининг эҳтимоллик тақсимоидан носозлик эҳтимолининг аниқ прогнозларини ҳисоблаш учун ушбу усулни CAN

тармоғига кенгайтирди. Бироқ, бу ёндашувлар [4,5] маълум чекловларга эга ва ўта пессимистик натижаларга олиб келади.

Хавфсизлик учун муҳим иловалар, ҳатто хатолар мавжуд бўлса ҳам, тўғри ва вақт белгиланган муддатлар ичида ишлаши керак. Г. Лима ва бошқ. [6] хатоларга чидамли талабчан реал вақт тизимлари учун жавоб бериш вақтини режалаштиришнинг энг ноқулай таҳлилини таклиф қилди ва юқори устуворлик билан бошланган вазифаларни тиклашни ҳисобга олди ва тизимнинг хатоларга чидамлилигини ошириш учун маҳсус имтиёзга эга алгоритмни жорий қилди [7]. Натижада, процессордан ортиқча вақт фойдаланиш ва носозликларга чидамлилик ўртасидаги муносабат ҳал қилишга ҳаракат қилинган.

Ли ва бошқалар [8] носозликларга чидамли устуворликларни белгилаш янги алгоритмини таклиф қилдилар. У қўйидагиларни ҳисобга олади: чекланган устуворлик даражалариларига асосланганликни [9] ва ихтиёрий узоқ муддатли [10] хатога бардошлиликни, ҳамда мушкул реал вақт муаммолари учун энг ёмон ҳолатларда жавоб бериш вақтини режалаштириш таҳлиliga эгаликни.

[11] тизимни лойиҳалашнинг дастлабки босқичида гуруҳли проактив режалаштириш ва вақт хусусиятини синовдан ўтказиш учун энг узоқ жавоб вақтини муҳокама қилади. Бироқ, бу усуллар, асосан, вазифаларнинг устуворлигини режалаштириш ва кўриб чиқишга киритилган тизим ишончилигини баҳолаш учун эҳтимоллик моделининг йўқлиги ўртасидаги боғлиқликка (муносабаатларга) қаратилган.

Бу тадқиқотларда дастур ишончилигини баҳолаш учун Марков тасодифий жараёнлари тарзида кўрилмаган. Кейинги бандда мазкур масала кўриб чиқилади.

### **Методологик таҳлил**

Тадқиқот методологияси ахборот хавфсизлиги, дастурий таъминотни чидамлилигини ва ишончилилик даражасини аниқлаш, баҳолаш моделлари, глобал рақамли кўп функционал платформаларни ривожланиши ва самарали ишлаши соҳасидаги замонамизнинг етук олимларининг нашрларида акс эттирилган янги билимлар, илмий ютуқлар тамойиллари билан белгиланади.

Ушбу мақолани ёзиш пайтида мантиқий, қиёсий, иқтисодий ва математик таҳлил усуллари қўлланилган.

### **Таҳлил ва натижалар**

Марков тасодифий жараёнлари Марков занжири деб аталади улардаги ҳолат ва вақт дискрет бўлса, аксинча бўлиб, вақт узилишга эгамас ҳолида узлуксиз Марков занжири дейилади [12].

Амалда узлуксиз вақт билан тасодифий жараёнларга дуч келиш эҳтимоли кўпроқ. Масалан, бирон-бир қурилманинг элементи ишдан чиқиши (тўхтаб қолиши) исталган вақтда юз бериши мумкин; бу элементни таъмирлаш (тиклаш) тугаш вақтини ҳам олдиндан айтиш қийин ва ҳоказо.

Бундай занжирда (S) тизимнинг бир ҳолатдан бошқа ҳолатга ўтиши баъзи бир воқеалар оқимлари таъсирида  $\lambda_{ij}$  интенсивлиги билан содир бўлган деб талқин қилиш қабул қилинган. Агар бу оқимларнинг барчаси Пуассонча бўлса (яъни оддий ва оқибатларсиз, доимий ёки вақтга боғлиқ интенсивлик билан), унда тизимда содир бўлаётган жараён ҳам Марков занжирига боғлиқ бўлади [12]. Бундан ташқари, агар тизимни ҳолатдан ҳолатга ўтказадиган барча ҳодисалар оқимлари энг содда бўлса

(яъни доимий  $\lambda_{ij}$  интенсивлик билан стационар Пуассон оқимлари каби), унда баъзи ҳолларда тизимнинг қайси ҳолатига боғлиқ бўлмаган якуний (ёки чекланган) ҳолат эҳтимоли мавжуд, у дастлабки пайтда  $S$  тизими қайси ҳолатда бўлганлигига боғлиқ бўлмайди.

Якуний эҳтимолликлар мавжуд бўлган тизим эргодик дейилади, тегишли тасодифий жараён эса эргодик жараён деб аталади.

Ҳолатларининг якуний(финал) эҳтимолликлари(ЯХЭ) мавжудлиги учун  $\lambda_{ij} = const$  етарли эмас. Қуйидаги шарт ҳам бажарилиши керак: агар тизим  $S$  чекланган сонли вазиятларга  $S_1, S_2, \dots, S_n$  эга бўлса, якуний эҳтимолликлар мавжудлиги учун тизимнинг ҳар қандай ҳолатидан (маълум бир қадамда) бошқасига ўтиш кифоя.

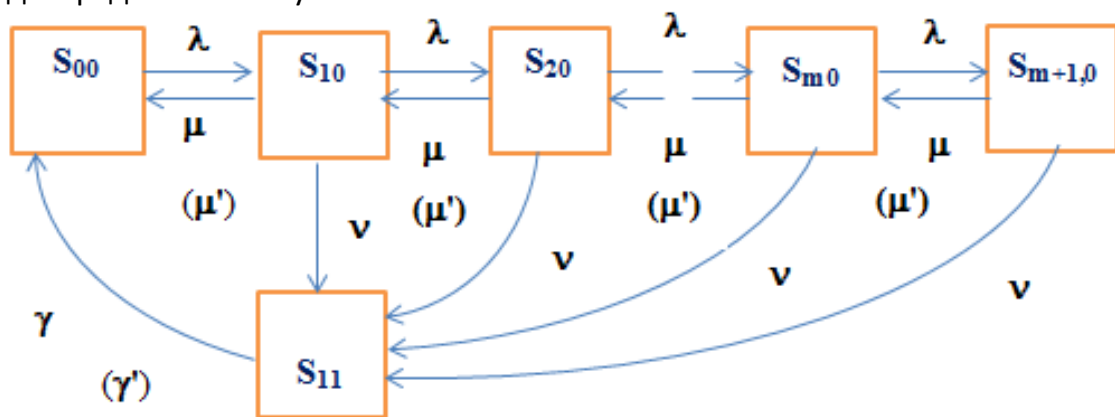
Якуний ҳолат эҳтимолликларини(ЯХЭ) олиш учун қуйидаги мнемоник қоида қўлланилади: ҳар бир ҳолат учун чиқувчи эҳтимоллик оқимининг умумий қиймати умумий кирувчи эҳтимолликка тенг. ЯХЭФлар олишнинг яна бир усули – Колмогоров дифференциал тенгламаларидан олинган алгебраик тенгламаларни ечишда чап томон ҳосилалар нолга тенг бўлиши зарурдир[12, 13].

Тасодифий вақтларда келадиган ҳар қандай сўров (талаб) ларга хизмат қилиш учун мўлжалланган жуда кўп тизимлар оммавий хизмат назарияси(ОХН) аппарати томонидан ўрганилади ва ўрганилаётган тизимлар оммавий хизмат тизимлари (ОХТ) деб аталади.

ОХТ устидаги аналитик тадқиқотлар энг содда ҳисобланади, агар унда ҳолатдан ҳолатга ўтказадиган барча ҳодисалар оқимлари содда бўлса (стационар Пуассон деб номланади). ОХТ учун бу тахмин бу шунинг англатадики, сўров оқими ҳам, хизмат оқими ҳам оддий содда бўлади.

Агар барча воқеалар оқимлари энг содда бўлса деган тасдиққа[13] асосан, ОХТ да ўтаётган жараён, Марков тасодифий ҳодисаси(жараёни) дискрет ҳолатлар ва узлуксиз вақтда ўтати, у учун якуний ҳолат эҳтимолликлари мавжуддир, юқоридаги шартлар бажарилганда деб ҳисобланади.

Назорат ва тиклаш процедураларидан фойдаланмасдан (А жараёни) ва уларни қўллаган ҳолда (Б жараёни) адаптив коммутация узели дастурий таъминотининг носозликлар мавжуд ҳисоблаш тизимида ишлаш жараёни белгиланган граф (1-расм) сифатида ифодаланиши мумкин.



**1-расм. Реал вақтда фаолият юритадиган коммутация узели дастурий таъминотини носозликлар шароитида ишлаш жараёни модели**

Бу ерда:  $S_{i0}$  ( $i=0, m+1$ ),  $S_{11}$  – ОХТ ҳолатлари

$S_{00}$  – ОХТ бўш ва хизматга яроқли;

$S_{10}$  – канал банд(буюртма ёки сўровга хизмат кўрсатяпти) ва тўғри ишлайди, навбатда сўров йўқ;

$S_{20}$  – канал банд ва тўғри ишлайди, навбатда битта сўров мавжуд;

$S_{m0}$  – канал банд ва тўғри ишлайди, навбатда  $m-1$  битта сўров;

$S_{m+1,0}$  – канал банд ва тўғри ишлайди, навбатда  $m$  та сўров;

$S_{11}$  – канал носоз ва тикланмоқда;

$\lambda$  – сўровни қабул қилиш интенсивлиги;

$\mu$  – оператив назоратсиз сўровларга хизмат кўрсатиш интенсивлиги;

$\mu'$  – оператив назорат билан бирга сўровларга хизмат кўрсатиш интенсивлиги;

$\nu$  – тўхтаб қолиш ҳолатига ўтиш интенсивлиги;

$\gamma$  – оператор тамонидан тиклаш интенсивлиги;

$\gamma'$  – дастур билан тиклаш интенсивлиги;

$P_{ij} - S_{ij}$  ҳолатларига ҳолатларга ўтиш эҳтимоллиги, бу ерда  $i=0, m+1, j=0,1$  чегарада ўзгаради.

ЯХЭ ни  $A$  жараёни учун алгебраик тенглама қуйидагича тузилди:

$$\lambda P_{00} = \mu P_{10} + \gamma P_{11}$$

$$z P_{10} = \lambda P_{00} + \mu P_{20}$$

...

$$z P_{m0} = \lambda P_{m-1,0} + \mu P_{m+1,0}$$

$$(\mu + \nu) P_{m+1,0} = \lambda P_{m0}$$

$$\gamma P_{11} = \sum_{i=1}^{m+1} P_{i0}$$

$$(1)$$

бу ерда  $z = \lambda + \mu + \nu$

Нормаллаштириш ҳолатини ҳисобга олган ҳолда

$$P_{00} + P_{10} + \dots + P_{m+1,0} + P_{11} = 1 \quad (2)$$

биринчи тенгламани бекор қилиб ва эҳтимолликларни  $P_{m+1,0}$  орқали ифодалаб, коэффициентларни ҳисоблаш учун қуйидаги (3) рекурент формулаларни киритамиз:

$$A_k = \begin{cases} 1 & , \text{агар } k = m+1 \\ (\mu + \nu) / \lambda & , \text{агар } k = m \\ (z A_{k+1} - \mu A_{k+2}) / \lambda & , \text{агар } 0 \leq k \leq m-1 \end{cases} \quad (3)$$

$A_k$  коэффициентлари  $P_{m+1,0}$  эҳтимолиги орқали бошқа эҳтимолликларни  $P_{k0}$  ҳисоблаш имконини беради.

$$P_{k0} = A_k P_{m+1,0} \quad (4)$$

$$P_{11} = A_{11} P_{m+1,0} \quad (5)$$

Бу ерда,

$$A_{11} = \frac{\nu \sum_{i=1}^{m+1} A_i}{\gamma} \quad (6)$$

Нормаллаштириш ҳусусиятидан келиб чиққан ҳолда (7) га эга бўламиз

$$P_{m+1,0} = \frac{1}{A_{11} + \sum_{i=1}^{m+1} A_i + A_0} \quad (7)$$

Коэффициентларни қуйидаги кетма-кетликда ҳисоблаш керак:  $A_{m+1}, \dots, A_0, A_{11}$

$A_k, A_{11}$  ларни (7) га қўйиб  $P_{m+10}$  топамиз.  $P_k$  ( $k=1,m$ ) ва  $P_{11}$  эҳтимолликлар (4), (5) формулалари билан топилади.

Мазкур модел бошқа бир моделга [12] нисбатан умумий ҳисобланиб,  $m = 2, 3, n$  ларни олиб ташлаб хусусий ҳолга келиш мумкин.

Маълум тадқиқотларга [12,13] асосан нисбий ўтказувчанлик қобилияти қўйидаги формула билан ҳисобланади

$$Q = (1 - P_{otk}) (1 - P_{11}) p^3 p \quad (8)$$

бу ерда:  $P_{otk}$  – хизматни рад этиш эҳтимоли,  $(1 - P_{11})$  иш ҳолатида бўлиш эҳтимоли,  $p^3$  – сўровларга хизмат кўрсатиш пайтида тўғри ишлаш эҳтимоли, ( $p = \mu / (\mu + \nu)$ ),  $p$  – носозлик ҳисоблаш тизимнинг ишдан чиқишига олиб келмаса, носозлик юз берганда хатосиз хизмат кўрсатиш эҳтимоли (бу ерда  $p$  – тўғри қайта ишланган буюртма(сўров)лар сонининг қабул қилинган буюртмаларнинг умумий сонига нисбатидан иборат).

Ушбу схема  $K_{not}$  – самарадорликни йўқотиш коэффицентини аниқлашга имкон беради, бу хатолардан кейин тикланиш ҳолатида бўлиш эҳтимоли –  $P_{11}$  билан тавсифланади. У ҳолда қўйидаги формула ёрдамида ҳисоблаш тизимининг  $A$  жараёнининг тайёрлигини ҳисоблаш мумкин

$$K_{tq} = 1 - K_{not} \quad (9)$$

Ҳисоблаш тизимидаги коммутация узелининг дастурий таъминотининг назорат ва тиклаш процедуралари (Б жараёни) носозликлар содир бўладиган жараёни учун аналитик модел  $A$  жараёни моделига айний бўлади. Фақат  $\mu$  ва  $\nu$  параметрлари ўрнига  $\mu'$  ва  $\nu'$  параметрлари ишлатилади. Параметр  $\sigma'$  параметри АК узелининг дастурий таъминотида оператив назорат томонидан киритилган вақт бўйича ортиқчаликни ҳисобга олади. Агар  $\mu = 1/T_{обс}$  бўлса у ҳолда

$$\mu' = \frac{1}{T_{обс}} = \frac{1}{T_{обс} + \sigma'} \quad (10)$$

бу ерда  $T'_{обс}$ ,  $T_{обс}$  – оператив назорат билан ва усиз битта сўровга хизмат кўрсатиш вақти.

### **Хулоса**

Мазкур назарий материаллар асосида яратилган аналитик моделни хизмат доираси кенг. Маълумки [14,15,16] маълумотларни узатиш тармоқларида, буюртмаларни қабул қилиш ва хизмат кўрсатиш оқимларининг Пуассон тақсимооти ҳақидаги фикр ҳақиқатга яқин бўлган ягона тахминдир. [15] да ҳисоблаш тизим узелларининг ишлашини таҳлил қилиш учун Марков занжирларидан фойдаланиш мумкинлиги асосланган.

Шу муносабат билан ва юқоридаги баёнотга биноан АК узелида содир бўладиган барча ҳодисалар оддий Пуассон оқимини ташкил қилади деган тахмин асосида аналитик модел тузилди ва унда ҳисоблаш учун дастурий қўллаб қувватлаш амалга оширилганда имитацион моделда олинган натижаларга жуда яқин маълумотларга эга бўлинди. Бу эса, аналитик модел шунга қиёс жараёнларда баҳолашда қўллаш мумкинлигидан далолатдир.

### **Фойдаланилган адабиётлар рўйхати**

1. M. Sebastian, R. Ernst (2008) Modelling and Designing Reliable On-Chip-Communication Devices in MPSoCs with Real-Time Requirements. In: 13th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, pp.1465-1472.

2. T. Anderson, J.C. Knight (1983) A Framework for Software Fault Tolerance in Real-Time Systems. IEEE Transactions on Software Engineering, SE-9(3): 355-364.
3. C. M. Krishna, A. D. Singh (1993) Reliability of Checkpointed real-time systems using time redundancy. IEEE Transactions on Reliability, 42(3): 427-435
4. A. Burns, S. Punnekkat, L. Strigini, D.R. Wright (1999) Probabilistic scheduling guarantees for fault-tolerant real-time systems. In: Dependable Computing for Critical Applications, pp.361-378
5. I. Broster, A. Burns, G. Rodriguez-Navas (2002) Probabilistic analysis of CAN with faults. In: 23rd IEEE Real-Time Systems Symposium, pp 269-278.
6. G. M. de A. Lima, A. Burns (2001) An Effective Schedulability Analysis for Fault-Tolerant Hard Real-Time Systems. In: 3th Euromicro Conference on Real-Time Systems, pp 209-216.
7. G. M. de A. Lima, A. Burns (2003) An Optimal Fixed-Priority Assignment Algorithm for Supporting Fault-Tolerant Hard Real-Time Systems. IEEE Transactions on Computers, 52(10): 1332-1346.
8. Li Jun, Yang Fumin, Lu Yansheng (2005) A Feasible Schedulability Analysis for Fault-Tolerant Hard Real-Time Systems. In: Proceeding of the 10th IEEE International Conference on Engineering of Complex Computer Systems, pp 176-183.
9. Li Jun, Yang Fumin, Tu Gang, Cao wanhua and Lu Yansheng (2007) Schedulability Analysis for Fault-Tolerant Hard Real-Time Tasks with Limited Priority Levels. In: The 4th International Conference on Autonomic and Trusted Computing, pp 529-538.
10. Li Jun, Yang Fumin and Lu Yansheng. (2007) Schedulability Analysis for Fault-Tolerant Hard Real-Time Tasks with Arbitrary Large Deadlines. In: the 6th International Symposium on Parallel and Distributed Computing, pp 149 – 156.
11. Z. Wu, L. Wang, G. Yang, Z. Zheng (2005) Schedulability Analysis For Fault-Tolerant Group-Based Preemptive Scheduling. Journal of Pervasive Computing and Communications, 1(3): 71-76.
12. Вентцель Е.С. Исследование операций: принципы, методология. Учеб. пособие для студ. вузов. – 2-ое изд., стер. –М.: Высш. шк., 2001. –208с.
13. Вентцель Е.С..Овчаров Л.А. Прикладные задачи теории вероятностей. – М.: Радио и связь, 1983. – 416 с.
14. Мартин Дж. Системный анализ передачи данных. II том – М.: Мир,1975. – 431с.
15. Chen X., Hou W., Zhang Y. Reliability Evaluation of Embedded Real-time System based on Error Scenario. From the book Current Trends in Computer Science and Mechanical Automation Vol.2 Published by De Gruyter Open Poland 2022 <https://doi.org/10.1515/9783110584998-056>
16. Абидов А.А. -Y Качество и отказоустойчивость реально функционирующих систем. “Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar” (Economics and Innovative Technologies) ilmiy elektron jurnali 2022й. Маҳсус сон. <http://iqtisodiyot.tsue.uz>