



HESABLAMA SİSTEMLƏRİNİN ƏSAS MODELƏRİNİN TƏHLİLİ

Məsimov Afiq Qəzənfər oğlu¹, Musayeva Aynur Rəhim qızı²,
Orucova Elnarə Məhərrəm qızı³, İbrahimova Fəxriyyə Ələddin qızı⁴

XÜLASƏ

Tədqiqatın məqsədi – müəssisənin informasiya sisteminin layihələndirilməsi üçün optimal modelin qurulması və onun əsas parametrlərinin müəyyənəşdirilməsidir. Riyazi modelləşdirmə müxtəlif sahələrdə mürəkkəb obyektlərin, sistemlərin və proseslərin öyrənilməsi üçün güclü və effektiv vasitədir.

Tədqiqatın metodologiyası. Tədqiq olunan sistemlərin struktur və funksional təşkilini əks etdirən riyazi modellərdən geniş istifadə olunur. Bu modellər analitik və statistik metodlardan istifadə etməklə təhlil oluna bilən kütləvi xidmət nəzəriyyəsi modellərinə əsaslanır. Analitik metodlar kimi kütləvi xidmət nəzəriyyəsinin ehtimal metodlarından və təsadüfi proseslər nəzəriyyəsi, statistik metodlar kimi isə imitasiya modelləşdirmə üsullarından istifadə edilir.

Tədqiqatın tədbiqi əhəmiyyəti – müəssisə və təşkilatların korporativ informasiya sistemlərinin qurulmasında metodologiya kimi istifadə oluna bilər.

Tədqiqatın nəticələri. Sərhədsiz yaddaş tutumuna malik modelə üstünlük verilir, çünki o, müxtəlif sorğulara xidmət intizamı və müxtəlif siniflər üçün sorğunun işlənməsi müddətlərinin ixtiyari paylanması altında sistemin məhsuldarlıq xüsusiyyətlərinin analitik hesablanmasına imkan verir.

Tədqiqatın elmi yeniliyi - hesablama sisteminin məhsuldarlıq göstəricilərinin dəyərlərini müəyyən edilməsi, onun optimal strukturunu əsaslandırması və tədqiq olunan variantları təkmilləşdirmək üçün tövsiyələr formalaşdırılmasıdır.

Açar sözlər: hesablama sistemi, riyazi modelləşdirmə, kütləvi xidmət sistemi, kompüter şəbəkələri, email modeli

Giriş.

Böyük və mürəkkəb sistemlərin layihələndirilməsi təkcə onların tərkib hissələrinin - elementlərin və alt sistemlərin xassələri ilə deyil, həm də ümumsistem problemi kimi qəbul edilən bütün sistemin işləmə sxemləri ilə bağlı məsələləri qaldırır. Bu, geniş spektrli spesifik problemlərin həllini tələb edir, o cümlədən: sistemin ümumi strukturunun və elementlərə və alt sistemlərə olan tələblərin müəyyən edilməsi, onlar arasında qarşılıqlı əlaqənin təşkili, optimal iş rejimlərinin seçilməsi, sistem daxilində proseslərə optimal şəkildə nəzarət edilməsi, ətraf mühitin təsirlərini nəzərə almaq və s. Sistemlər mürəkkəbləşdikcə, sistem miqyasında məsələlər getdikcə aktuallaşır və sistemlərin kompleksləşdirilməsi, sistemlərin modelləşdirilməsi çərçivəsində nəzərdən keçirilir.

Riyazi modelləşdirmə müxtəlif sahələrdə mürəkkəb obyektlərin, sistemlərin və proseslərin öyrənilməsi üçün güclü və effektiv vasitədir. Tədqiq olunan sistemlərdə və obyektlərdə baş verən proseslərin müxtəlifliyi layihələndirmə prosesində istifadə olunan riyazi metod və vasitələrin müxtəlifliyini müəyyən edir. Əksər texniki sistemlər, o cümlədən hesablama sistemləri və şəbəkələri ehtimal metodlarından istifadə etməklə diskret təsadüfi proseslər baxımından təsvir olunur. Tədqiq olunan sistemlərin struktur və funksional təşkilini əks etdirən riyazi modellərdən geniş istifadə olunur. Bu modellər analitik və statistik metodlardan istifadə etməklə təhlil oluna bilən kütləvi xidmət nəzəriyyəsi modellərinə əsaslanır. Analitik metodlar kimi kütləvi xidmət nəzəriyyəsinin ehtimal metodlarından və

¹ Əsas müəllif/Corresponding author: Məsimov Afiq Qəzənfər oğlu, dosent, ADAU, Mühəndislik fakültəsi, e-mail: masimov-1@mail.ru

² Musayeva Aynur Rəhim qızı, ADAU, Mühəndislik fakültəsi, e-mail: musayevaaynur99@gmail.com

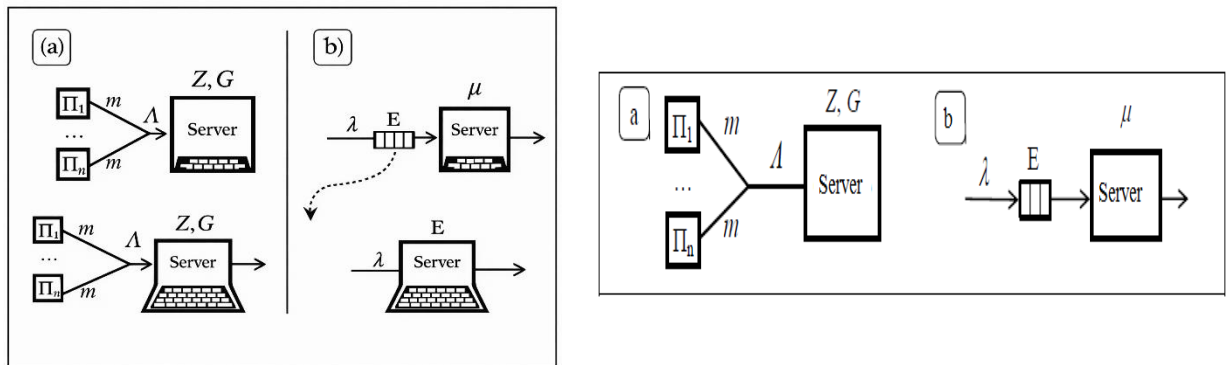
³ Orucova Elnarə Məhərrəm qızı, ADAU, Mühəndislik fakültəsi, e-mail: orucovaelnara@gmail.com

⁴ İbrahimova Fəxriyyə Ələddin qızı, ADAU, Mühəndislik fakültəsi, müəllim, e-mail: faxriyya.ibrahimova@adau.edu.az

təsədüfi proseslər nəzəriyyəsindən, statistik metodlar kimi isə imitasiya modelləşdirmə üsullarından istifadə edilir.

Material və metodlar. Hesablama sistemlərinin (CS) və kompüter şəbəkələrinin sistemotexniki layihəsində problemlərin həlli zamanı müxtəlif siniflərin kütləvi xidmət sistemləri şəklində əsas modelləri verilənlərin emalı və ötürülməsi proseslərini təmsil edən ən sadə modellər kimi istifadə edilə bilər və ayrı-ayrı qurğuların və alt sistemlərin işini qiymətləndirmək üçün istifadə edilə bilər (Алиев 2015, Олифер 2016).

Server emalının sadə modelini nəzərdən keçirək. Fərz edək ki, lokal şəbəkə (LAN) serveri (şəkil 1,a) artıq neçə sorğunun göndərilməsindən və hazırda serverdə olmasından asılı olmayaraq, hər bir istifadəçi hər saatda orta hesabla m sorğu göndərməklə, təsədüfi vaxtda n istifadəçidən sorğu qəbul edir. Ümumi server sorğu dərəcəsi saatda $\Lambda = n \cdot m$ sorğudur. Vaxt vahidi üçün işlənmiş sorğuların orta sayı ilə ölçülən server ötürmə qabiliyyəti dəqiqədə Z



sorğudur. Sistemə daxil olan sorğular serverin G meqabayt tutumlu bufer yaddaşında saxlanılır. Maksimum sorğu uzunluğu g kilobaytdır. Bufer yaddaşı dolu olduqda serverə gələn sorğu itirilir (Вишнеvский və Семенова, 2017).

Vahid sorğu axını və məhdud tutumlu yaddaşa malik tək cihaz kütləvi xidmət sistemləri təsvir olunan sistem üçün model kimi xidmət edə bilər (şəkil 1b).

Şəkil 1. LAN serveri (a) və onun modeli (b)

Aşağıdakı parametrləri təyin edərək modeli parametrləşdirək: sorğunun daxilolma sürəti λ , xidmət dərəcəsi (emal sürəti) μ və yaddaş tutumu E .

Aydındır ki, sorğunun daxil olma sürəti serverə ümumi sorğu daxilolma sürəti ilə üst-üstə düşür və ölçülər nəzərə alınmaqla: $\lambda = \Lambda/3600 \text{ s}^{-1}$, sorğunun xidmət sürəti isə serverin ötürmə qabiliyyətinə bərabərdir: $\mu = Z/60 \text{ s}^{-1}$.

Saxlama tutumu aşağıdakı düsturdan istifadə etməklə bütün sorğuların maksimum uzunluğa malik olduğunu nəzərə alaraq hesablanı bilər: $E = 1000G/g$. Maksimum sorğu uzunluğu ilə bağlı bu son fərziyyə ən pis halda sistemin əməliyyat xüsusiyyətlərini, xüsusən də itki ehtimalını hesablamağa imkan verir.

Processor emal modeli. Baxılan server emal modeli genişləndirilmiş və əhəmiyyətli dərəcədə sadələşdirilmişdir, serverin struktur təşkilini nəzərə almır və buna görə də processorun emalının həyata keçirilməsi xüsusiyyətlərinin və xarici yaddaşa mübadiləsinin təşkilinin sistemin işinə təsirini müəyyən etməyə imkan vermir (Столинс, 2023).

Kompüter sistemində processorların emal modellərini hazırlayarkən, problemin həlli prosesində xarici sistem qurğuları ilə, xüsusən də xarici yaddaş qurğuları ilə mübadilə aparılmadığı nəzərdə tutulur. Bu fərziyyə xarici yaddaş qurğularının olmadığı (məsələn, quraşdırılmış idarəetmə sistemlərində) və ya xarici yaddaş qurğuları ilə məlumat mübadiləsinin əhəmiyyətsiz olduğu və sistemin işinə təsir etmədiyi hallarda əsaslandırılır.

Nəticələr və müzakirə. Ən sadə prosessor emal modeli tək prosessorlu kompüter sisteminin nüvəsinin - “mərkəzi prosessor - operativ yaddaş” altsisteminin (CPU-RAM alt sistemi) işini əks etdirir.

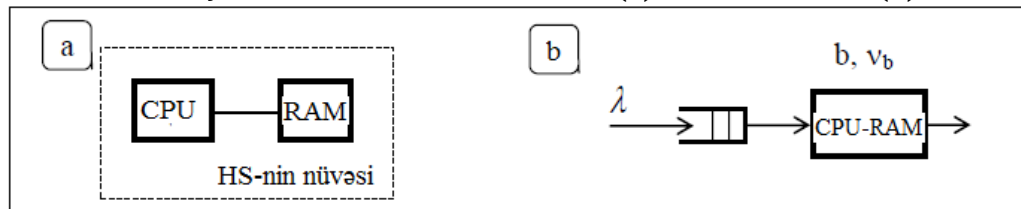
Qoy kompüter sistemi tək CPU-dan ibarət olsun (şəkil 2,a). Sistemdə istifadəçi tələbləri ilə homogen tapşırıqlar yerinə yetirilir. Tapşırıqların yerinə yetirilməsi üçün sorğular sistemdəki sorğuların sayından asılı olmayaraq təsadüfi vaxtlarda daxil olur və bu bizə istifadəçiləri qeyri-məhdud sorğu mənbəyi kimi nəzərdən keçirməyə imkan verir.

Sorğular arasındakı orta interval a -ya bərabərdir. İcra edilmiş təlimatların orta sayı kimi müəyyən edilən tək sorğunun orta CPU emal resurs intensivliyi (tapşırıq resursunun intensivliyi) θ -ə bərabərdir. RAM sürətini (RAM-a giriş vaxtı) nəzərə alaraq CPU sürətini təmsil edən və vaxt vahidi üçün yerinə yetirilən tapşırıqların sayı ilə ölçülən prosessorun emal məhsuldarlığı (kompüter nüvəsinin) V ilə işarələnir. Güman edirik ki, yaddaş ölçüsü sistemə daxil olan bütün sorğuları saxlamaq üçün kifayətdir, daha dəqiq desək, yaddaşın daşması ehtimalı 10^{-3} -dən çox deyil. Bu sonuncu fərziyyə bizə prosessor emal modeli kimi qeyri-məhdud tutumlu saxlama cihazı ilə kütləvi xidmət sistemindən istifadə etməyə imkan verir (Авеш 2021, Грекул 2015, Богге, 2020).

Qeyri-məhdud tutumlu yaddaş qurğusu olan modeldən istifadə etməklə hesablanmış sistemin işləmə xüsusiyyətləri ilə məhdud tutumlu yaddaş qurğusu olan model üçün əldə edilən nəticələr arasındakı fərq (səhv) əhəmiyyətsizdir və sistem yükünün $y = \lambda \theta / V < 0,9$ olması şərti ilə 5%-dən çox deyil. Yaddaşın daşması ehtimalı 10^{-4} -dən çox deyilsə, $y = 0,99$ yüklə belə nəticələrdəki səhv 5% -dən azdır.

Beləliklə, yuxarıda göstərilən fərziyyələrə əsasən, vahid cihaz axını və qeyri-məhdud tutumlu saxlama qurğusu olan KXS prosessor emal modeli kimi istifadə edilə bilər (Şəkil 29b).

Şəkil 2. CPU-RAM alt sistemi (a) və onun modeli (b)



Modeli parametrləşdirək və aşağıdakı model parametrlərini təyin edək:

- sorğu daxilolma sürəti: $\lambda = 1/a$;
- orta xidmət (emal) vaxtı: $b = \theta/V$.

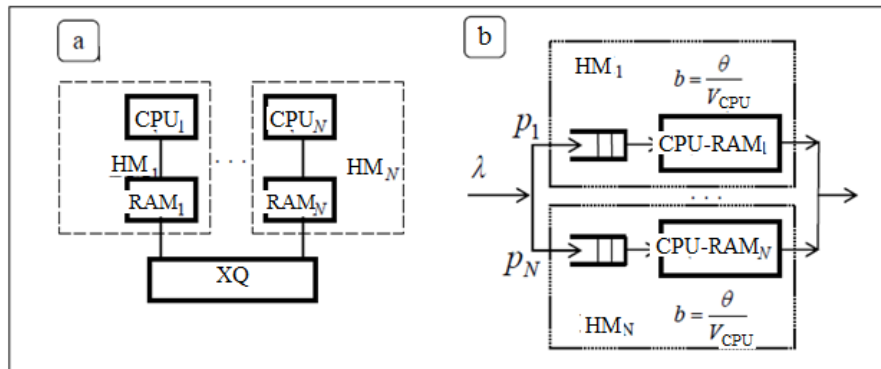
Tutaq ki, sistemə gələn sorğular sadə bir axın təşkil edir və bir sorğunun emal vaxtı eksponensial olaraq paylanır. Daha sonra M/M/1 tipli KXS (Kendall notasiyası baxımından) prosessor emal modeli kimi istifadə oluna bilər. Əgər sorğunun emalının müddəti (resurs intensivliyi) variasiya əmsalı v olan ixtiyari qanuna uyğun olaraq paylınırsa, prosessorun emal modeli kimi M/G/1 tipli KXS istifadə olunur.

Bu əsas model CPU-RAM altsisteminin əsas əməliyyat xüsusiyyətlərini, xüsusən də alt sistemin yükünü, sorğunun qalma müddətini (cavab müddəti) və eyni zamanda CPU-RAM altsistemində sorğuların sayını hesablamağa imkan verir.

Çox məşinli və çox prosessorlu emal modelləri. Çox məşinli və çoxprosessorlu kompüterlərdə prosessor emal modellərinin hazırlanması bu sistemlər arasındakı əsas (funksional təşkil baxımından) fərq nəzərə alınmaqla həyata keçirilir ki, bu da aşağıdakı kimidir (Фаулер 2019, Бендров 2018, Zachman 2019).

Çox maşınlı emalda hər bir CPU yalnız müvafiq RAM modulunda yerləşən, yalnız həmin prosessor üçün əlçatan olan tapşırıqları yerinə yetirə bilər (şəkil 3,a). Belə sistemlərə özəl yaddaş sistemləri deyilir. Problemin həlli zamanı əvvəllər olduğu kimi, xarici qurğularla heç bir əlaqənin olmamasını fərz etsək, prosessorun emal modeli sayı hesablama maşınlarının (CM) sayına, yəni CPU sayına bərabər olan tək kanallı kompüter sistemləri (şəkil 3, b) bir dəst kimi təqdim edilə bilər.

Şəkil 3. Çox maşınlı emal (a) və onun modeli (b)



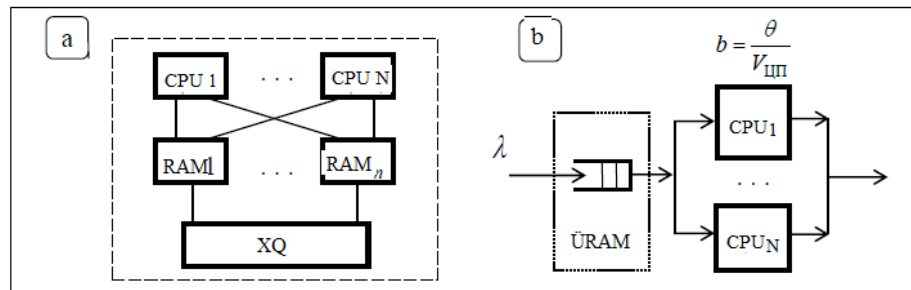
Belə bir modeli parametrləşdirərkən, sorğu sürəti $\lambda = 1/a$ və orta emal müddəti $b = \theta/V_{CPU}$ ilə yanaşı, prosessorlara gələn sorğu payını təsvir edən $p_1, p_2, \dots, p_N$ ehtimallarını da göstərmək lazımdır. Ehtimalların cəmi 1-ə bərabərdir. Onda CPU_i-yə sorğu axını sürəti $\lambda_i = \lambda p_i$ ($i = 1, N$) kimi hesablanır. Əgər p_1, p_2, p_N ehtimalları göstərilməyibsə, onda onları bərabər qəbul edə bilərik: $p_i = 1/N$ ($i = 1, N$).

Qeyd edək ki, CPU-lar müxtəlif məhsuldarlıq imkanlarına malik ola bilər, onda müxtəlif CPU-larda orta emal vaxtları da fərqli olacaq: $b = \theta/V_{CPU_i}$.

Çoxprosessorlu emalda bütün CPU-lar paylaşılan RAM-da yerləşən istənilən tapşırığı yerinə yetirə bilər (şəkil 4,a). Belə sistemlər ortaq yaddaş sistemləri (SMS) adlanır və onlarda prosessorun işlənməsi çoxkanallı kütləvi xidmət sistemi (KXS) şəklində modellərlə təmsil olunur ki, bu sistemlərdə qurğuların sayı CPU-ların sayına bərabərdir (şəkil 4,b).

Ümumiyyətlə bütün CPU-ların eyni məhsuldarlığa (V_{CPU}) malik olduğu güman edilir və sistemə göndərilən sorğu istənilən boş CPU tərəfindən işləyə bilər.

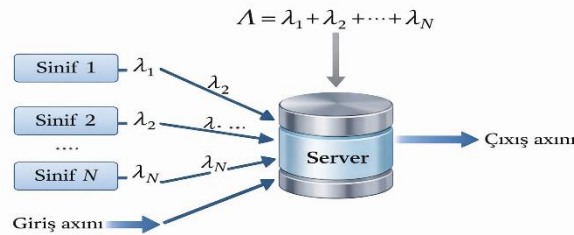
Şəkil 4. Çoxprosessorlu emal (a) və onun modeli (b)



Qeyri-bircins yüklə emal modeli. Ümumiyyətlə, hesablama sistemi H tapşırıq növlərini (siniflərini) yaradan TP₁, ..., TP_N müxtəlif tətbiqi proqramlar tərəfindən işlənən qeyri-bərabər sorğu axını təşkil edən müxtəlif növ sorğuları qəbul edə bilər. Bu proqramlar, ilk növbədə, müxtəlif resurs intensivliyi ilə xarakterizə olunur: $\theta_1, \dots, \theta_N$ və ola bilsin, onların icrası üçün müxtəlif gecikmə tələblərimövcuddur. Belə hesablama sistemləri, yuxarıda müzakirə edilənlərdən fərqli olaraq, qeyri-bircins yükü olan sistemlər adlanır.

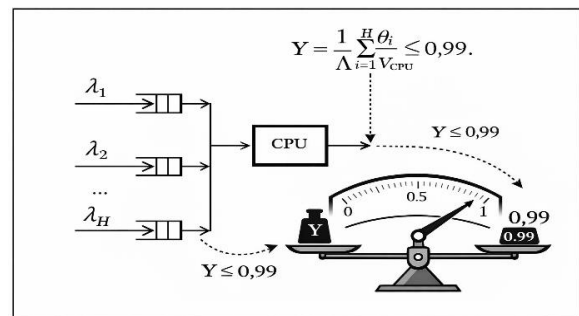
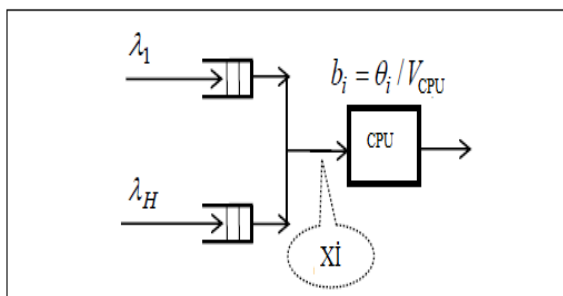
Bəzən qeyri- bircins yük intensivliyi ilə bir model qurarkən parametrlərin orta qiymətlərini alaraq bircins yükə gətirilə bilər. Bu zaman sistemə sorğu axınının intensivliyi hər bir sinfin intensivlikləri cəmi kimi hesablanır və "orta" tapşırığın resurs intensivliyi:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^H \lambda_i,$$



Burada λ_i – i sinfinin sorğu axınının intensivliyidir ($i = 1, N$); orta məslənin resurs tutumu isə Modelin qurulması prosesi heterogen iş yükünü homogenə endirə bilmədiyi hallarda, emal modeli kimi müxtəlif siniflərin tapşırıqlarının həlli üçün heterogen sorğu axını olan KXS şəklində modellər istifadə olunur (şəkil 5). Homogen bir tapşırığa endirməyin qeyri-mümkünlüyü müxtəlif səbəblərlə, o cümlədən tapşırıqlar arasında prioritetlərin olması, tapşırıqların icrası üçün müxtəlif gecikmə tələblərinin olması və müxtəlif siniflərin tapşırıqlarının xüsusiyyətlərini fərqləndirmək ehtiyacı, xüsusən də kompüter sistemində emal müddətində əhəmiyyətli fərqlər olduğu hallarda ola bilər. Məhdud və ya qeyri-məhdud tutumlu yaddaşa malik KXS heterogen iş yükü üçün emal modeli kimi istifadə edilə bilər. Sonuncu, xüsusən də yaddaşa daşması ehtimalı 10^{-4} -dən çox olmadıqda istifadə edilə bilər və ümumi sistem yükü

$$Y = \frac{1}{\Lambda} \sum_{i=1}^H \frac{\lambda_i \theta_i}{V_{CPU}} \leq 0,99.$$



Şəkil 5. Qeyri-bircins yüklə sistem modeli

Yekun nəticə. Sərhədsiz yaddaş tutumuna malik modelə üstünlük verilir, çünki o, müxtəlif sorğulara xidmət intizamı və müxtəlif siniflər üçün sorğunun işlənməsi müddətlərinin ixtiyari paylanması altında sistemin məhsuldarlıq xüsusiyyətlərinin analitik hesablanmasına imkan verir. Qeyri-bərabər yük və məhdud saxlama qabiliyyəti olan modellərdən istifadə edərkən, xüsusiyyətlərin analitik hesablanması çətin və ümumiyyətlə



qeyri-mümkün olur. Qeyri-bərabər yükü olan modelin parametrləşdirilməsi hər bir tapşırıq sinfi üçün yük parametrlərinin təyin edilməsini nəzərdə tutur ($i = 1, H$):

- Tapşırıqların həlli üçün daxil olan sorğu intensivliyi: $\lambda_i = 1/a_i$;
- Sorğunun orta işləmə müddəti: $b_i = \theta_i / V_{CPU}$.

Bundan əlavə, sorğuya xidmət intizamının (RSD) müxtəlif siniflərini və məhdud tutumlu saxlama modelində buferləmə intizamını təyin etmək lazımdır.

Sərhədsiz yaddaş tutumuna malik model, sistemə daxil olan sorğular üçün xidmət intizamı (SD) kimi müəyyən edilmiş hesablama prosesinin idarə edilməsi strategiyasının müəyyən edilməsindən ibarət olan informasiya idarəetmə sistemlərinin funksional layihələndirilməsi problemini həll etmək üçün istifadə edilə bilər.

ƏDƏBİYYAT

1. Т.И. Алиев Основы проектирования систем. Санкт-Петербург 2015, 120 с.
2. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 3-е изд. / Олифер В.Г., Олифер Н.А. – СПб: Питер, 2016. – 958 с.: ил. ISBN 978-5-469-00504-9. (Глава 7 – Методы обеспечения качества обслуживания).
3. Вишневский В.М., Семенова О.В. Системы поллинга: теория и применение в широкополосных беспроводных сетях. – М.: Техносфера, 2017. – 312 с. ISBN 978-5-94836-166-6.
4. Столингс В. Современные компьютерные сети. – СПб.: Питер, 2023. – 783 с.: ил. ISBN 978-5-94723-327-4. (Часть 3 – Моделирование и оценка производительности)
5. Авен О.И., Гурин Н.Н., Коган Я.А. Оценка качества и оптимизация вычислительных систем. – М.: Наука, 2021. – 464 с.
6. Грекул, В. И. Проектирование информационных систем. Курс лекций : учебное пособие / В. И. Грекул, Г. Н. Денищенко, Н. Л. Коровкина. – М. : Интернет-университет ИТ, 2015.
7. Боггс, У. UML и Rational Rose / У. Боггс, М. Боггс. – Изд-во «ЛОРИ», 2020. – 580 с.
8. Фаулер, М. UML в кратком изложении. Применение стандартного языка объектного моделирования / М. Фаулер, К. Скотт ; пер. с англ. – М. : Мир, 2019. – 191 с.
9. Вендров, А. М. CASE-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем. – М. : Финансы и статистика, 2018.
10. Zachman, J.A. (2019) “A framework for information systems architecture”, IBM Systems Journal, 2/3, p. 454–470.

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ МОДЕЛЕЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Масимов Афиг Газанфар, Мусаева Айнур Рагим, Оруджова Эльнара Магеррам,
Ибрагимова Фахрия Аладдин

Аннотация

Цель исследования – построение оптимальной модели проектирования информационной системы предприятия и определение её основных параметров. Математическое моделирование – мощный и эффективный инструмент исследования сложных объектов, систем и процессов в различных областях.

Методология исследования. Широко используются математические модели, отражающие структурно-функциональную организацию исследуемых систем. В основе этих моделей лежат модели теории массового обслуживания, которые могут быть проанализированы аналитическими и статистическими методами. В качестве аналитических методов используются вероятностные методы теории массового обслуживания и теории случайных процессов, а в качестве статистических – методы имитационного моделирования.



Прикладная значимость исследования – оно может быть использовано в качестве методологии при построении корпоративных информационных систем предприятий и организаций.

Результаты исследования. Предпочтение отдано модели с неограниченным объёмом памяти, поскольку она позволяет проводить аналитический расчёт характеристик производительности системы при различных дисциплинах обслуживания запросов и произвольном распределении времени обработки запросов разных классов.

Научная новизна исследования заключается в определении значений показателей производительности вычислительной системы, обосновании её оптимальной структуры и формулировании рекомендаций по совершенствованию исследуемых вариантов.

Ключевые слова: вычислительная система, математическое моделирование, система массового обслуживания, вычислительные сети, модель обработки данных

ANALYSIS OF MAIN COMPUTING SYSTEM MODELS

Masimov Afig Gazanfar¹, Musayeva Aynur Rahim², Orucova Elnara Maharram³, Ibrahimova Fakhriya Aladdin⁴

Abstract

The objective of the study is to construct an optimal design model for an enterprise information system and determine its key parameters. Mathematical modeling is a powerful and effective tool for studying complex objects, systems, and processes in various fields.

Research Methodology. Mathematical models reflecting the structural and functional organization of the systems under study are widely used. These models are based on queuing theory models, which can be analyzed using analytical and statistical methods. Probabilistic methods of queuing theory and the theory of random processes are used as analytical methods, while simulation modeling methods are used as statistical methods.

The study's practical significance lies in its potential use as a methodology for building corporate information systems for enterprises and organizations.

Research Results. Preference was given to a model with unlimited memory capacity, as it enables analytical calculation of system performance characteristics for various request servicing disciplines and arbitrary distribution of request processing times for different classes.

The scientific novelty of the study lies in determining the values of computing system performance indicators, substantiating its optimal structure, and formulating recommendations for improving the studied variants.

Keywords: computing system, mathematical modeling, queuing system, computing networks, data processing model

Məqalə daxil olmuşdur: 18.11.2025

Təkrar işləməyə göndərilmişdir:

25.11.2025

Çapa qəbul edilmişdir: 02.12.2025

Дата поступления статьи в

редакцию: 18.11.2025

Отправлено на повторную

обработку: 25.11.2025

Принято к печати: 02.12.2025

The date of the admission of the

article to the editorial office:

18.11.2025

Send for reprocessing: 25.11.2025

Accepted for publication: 02.12.2025