

SERVERLARIDA TAQSIMLANGAN MA'LUMOTLAR BASZASIDA REPLIKASIYANI QO'LLASH VA FRAGMENTLARINI SAMARALI JOYLASHTIRISH

Dadamuxamedov Alimjon Irgashevich
O'zbekiston xalqaro islom akademiyasi
Zamonaviy axborot-kommunikatsiya
texnologiyalari kafedrasi katta o'qituvchisi.

Annotasiya. Mazkur maqolada ma'lumotlar bazasida replikatsiya qilish jarayonlari va taqsimlangan ma'lumotlar bazasi fragmentlarini optimal joylashtirish masalalari tahlil qilinadi. Diniy ta'lim muassasalarida replikatsiya qilish orqali arxiv masalalarini hal etish va server tizimlarida replikatsiyani rivojlantirish usullari ko'rib chiqiladi. Shuningdek, taqsimlangan axborot tizimlarini loyihalashdagi asosiy ilmiy-texnik muammo sifatida TMB fragmentlarini joylashtirishning dinamik optimallashtirish usullari, tarmoq trafigini kamaytirish va tizim samaradorligini oshirish imkoniyatlari o'rganiladi. Bu yondashuv resurslardan samarali foydalanishni ta'minlashga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: Replikatsiya, ma'lumotlar bazasi, bog'lam, bloklash, takrorlash, sinxron replikatsiya, asinxron replikatsiya, disk massivi. Taqsimlangan ma'lumotlar bazasi (TMB), fragmentlarni joylashtirish, replikatsiya, optimal joylashtirish, tarmoq trafigi, lokal ma'lumotlar bazasi (LMB), tizim samaradorligi, so'rovlarni qayta ishlash, yangilash xarajatlari, tarmoqning o'tkazuvchanligi, matematik modellar, tarmoq tugunlari, ma'lumot uzatish xarajatlari, samarali boshqaruv

Annotation. This article analyzes the processes of database replication and the challenges of optimal placement of distributed database fragments. It examines the resolution of archival issues through replication in religious educational institutions and explores methods for enhancing replication in server systems. Additionally, the article addresses the dynamic optimization of distributed database fragment placement as a key scientific and technical challenge in the design of distributed information systems. The study highlights approaches to reducing network traffic and improving overall system efficiency, ensuring the effective utilization of resources.

Keywords: Replication, database, linkage, locking, duplication, synchronous replication, asynchronous replication, disk array, distributed database (DDB), fragment placement, replication, optimal placement, network traffic, local database (LDB), system efficiency, query processing, update costs, network throughput, mathematical models, network nodes, data transfer costs, efficient management.

DOLZARBLIGI

Ma'lumotlar bazalari bugungi kunda hayotimizning ajralmas qismiga aylanmoqda. Ma'lumotlar bazasini replikatsiya qilish taqsimlangan tizimlarni ishlab chiqishda hal qilinishi kerak bo'lgan murakkab masalalardan biridir. Replikatsiya jarayoni rejalashtirish algoritmlari bilan chambarchas bog'liq bo'lib, ko'plab ma'lumotlar bazasini boshqarish tizimlarida qo'llanilishi mumkin. Odatda, replikatsiyada birlamchi/replika munosabatlari mavjud: birlamchi server yangilanishlarni qayd qiladi va ularni replikalarga tarqatadi, replikalar esa muvaffaqiyatli yangilanishlarni qabul qilganliklarini tasdiqlaydi. Bu jarayon, nafaqat mutaxassislar uchun, balki oddiy foydalanuvchilar uchun ham qiziqarli bo'lib, hozirgi kunda diniy ta'lim muassasalarida serverlarga tushayotgan yukni teng taqsimlash va ma'lumotlarni zaxiralash imkoniyatlarini yaratishga xizmat qiladi.

Shu bilan birga, taqsimlangan ma'lumotlar bazasi (TMB) fragmentlarini optimal joylashtirish masalasi korporatsiyalar va korxonalar uchun taqsimlangan axborot tizimlarini (TAT) loyihalashda eng muhim vazifalardan biri hisoblanadi. Ushbu kombinator muammolarning aksariyati chiziqli bo'lmagan dasturlash sinfiga kirgani uchun aniq yechimlarga ega emas. TAT loyihalash jarayonida dastlabki ma'lumotlar, masalan, fragmentlarning hajmi va ularga murojaat qilish chastotasi, faqat taxminiy ma'lumotlarga asoslanadi. Ammo ekspluatatsiya jarayonida ushbu parametrlar ishonchli statistik baholash orqali aniqlanadi. Vaqt o'tishi bilan tizimning dinamik ishlash rejimi ta'sirida TMB fragmentlarini joylashtirish sxemalarini muntazam ravishda optimallashtirish zarur bo'ladi, bu esa yukni minimal darajada saqlash va intensiv tarmoq trafigiga ega tarmoqlar samaradorligini oshirish imkonini beradi.

METOD

Tadqiqot mavzusini yoritishda ilmiy tavsiflash, qiyosiy, komponent tahlil kabi usullardan foydalanildi.

ASOSIY QISM

Replikatsiya – bu ma'lumotlarning nusxalarini bir nechta mustaqil serverlarda yoki tugunlarda saqlash jarayonidir. Ushbu serverlar tarmoq orqali bir-biriga bog'langan bo'lib, umumiy axborot tizimining bir qismi sifatida faoliyat yuritadi. Natijada, ma'lumotlar bazasini faqat bitta serverda saqlash o'rniga, taqsimlangan tizim doirasida ma'lumotlarning bir nechta serverlarda xavfsiz va sinxron holatda saqlanishi ta'minlanadi. Bu esa ma'lumotlarga yuqori darajadagi kirish imkoniyati, ishonchlilik va tizim samaradorligini oshirish imkonini beradi [1].

Replikatsiya ikki asosiy turga bo'linadi: sinxron va asinxron. Sinxron replikatsiyada, ma'lumotlarning faqat bitta versiyasi mavjud bo'lib, barcha nusxalar bir vaqtning o'zida yangilanadi. Bu jarayon ma'lumotlar aniqligini ta'minlasada, replikatsiya davomida ma'lumotlar bilan ishlashga muayyan cheklovlar qo'yadi va kechikishlarni keltirib chiqarishi mumkin.

Asinxron replikasiya esa ushbu cheklovlardan qochishga imkon beradi, chunki ma'lumotlar yangilanishi tugunlar orasida vaqt farqi bilan amalga oshiriladi. Biroq, bu usulda foydalanuvchi nuqtai nazaridan ma'lumotlar nomuvofiqligi yuzaga kelishi ehtimoli mavjud, chunki ma'lumotlarning yangilangan holati barcha tugunlarga darhol yetib bormaydi [2:421].

Agar replikasiya ma'lumotlar bazasiga o'zgartirish kiritilgandan so'ng darhol amalga oshirilsa, bu real vaqt rejimida takrorlashdir, aks holda biz kechiktirilgan replikasiya bilan shug'ullanamiz.

Bunday replikasiyaning afzalliklari konfiguratsiyaning qulayligi va ishonchliligini o'z ichiga oladi. Xost va disk o'rtasida turgan disk massivi yoki biror narsa (qurilma yoki dasturiy ta'minot) masofaviy diskka ma'lumotlarni yozishi mumkin.

Tadqiq qilinayotgan tarmoq axborot tizimining (TAT) barcha foydalanuvchilari uchun taqsimlangan ma'lumotlar bazasi (TMB) shaklida yagona axborot maydoni mavjud bo'lib, u fragmentlardan $\{F_j; j=1, M\}$ iborat. Ushbu fragmentlar (alohida massivlar, jadvallar, fayllar, MB obyektlari va boshqa) ma'lum tartibda turli serverlarda joylashtirilgan [3:145].

Taqsimlangan ma'lumotlar bazasi (TMB) fragmentlarini joylashtirishning aniq variantini to'liq tasvirlash uchun $X = \| x_{ij}, i = \overline{1, N}; j = \overline{1, M} \|$ matritsasini kiritamiz. Ushbu matritsaning elementlari quyidagi qiymatlarni qabul qilishi mumkin:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{agar fragment } F_j \text{ tugun } S_i \text{-dagi lokal ma'lumotlar bazasida mavjud bo'lsa;} \\ 0, & \text{aks holda.} \end{cases} \quad (1)$$

Replikatsiya orqali ma'lumotlar bazasi (MB) fragmentlari ko'paytiriladi, ya'ni bir xil ma'lumot bir nechta lokal ma'lumotlar bazalarida (LMB) saqlanishi mumkin. Bu foydalanuvchilar uchun ma'lumotlarga qulay va tezkor lokal kirishni ta'minlaydi [4:264]. Shundan kelib chiqib, har qanday $j=1, M$ uchun F_j fragmentining nusxalari soni quyidagi tenglik bilan ifodalanadi:

$$n_j = \sum_{i=1}^N x_{ij}, \quad (2)$$

n_j - bu F_j fragmentining umumiy nusxalari soni.

Tizimda har bir tugun jufti S_i va S_j o'zaro to'g'ridan-to'g'ri yoki yig'ma dupleks kanallar orqali bog'langan deb faraz qilinadi. Shunday qilib, tarmoqdagi har bir tugundan boshqa har qanday tugunga ma'lumotlarga kirish imkoniyati mavjud. Tugunlar S_i va S_j o'rtasidagi aloqada axborotning bir birlikni uzatish xarajatlari d_{ij} bilan belgilangan [5]. Bu qiymat quyidagicha aniqlanadi:

$d_{ij} = d_{ji}$, ya'ni uzatish xarajatlari simmetrik;

$d_{ii} = 0$, ya'ni tugun o'ziga ma'lumot uzatishda xarajat yo'q $d_{ii} = 0 (i = \overline{1, N})$.

Tahlil qilinayotgan axborot tizimining (AT) foydalanuvchilari alohida guruhlarga ajratilgan bo‘lib, ular muayyan lokal hisoblash tarmoqlariga (LHT) tegishli. Ushbu foydalanuvchilar kerakli ma‘lumotlarni tanlash uchun qidiruv so‘rovlarini yaratadilar. Shuningdek, bunday so‘rovni qayta ishlash jarayonida ma‘lumotlar bazasi (MB) fragmentlaridan biriga murojaat qilinishi ko‘zda tutilgan. Ushbu murojaat qaysi fragmentga tegishli ekanligi ($j=1, M$) ko‘rinishidagi indeks orqali belgilanadi va u so‘rov turini aniqlaydi.

Foydalanuvchilar S_i tugunidan ($i=1, \dots, N$) keladigan j -turdagi qidiruv so‘rovlari doimiy intensivlik bilan λ_{ij} darajasida amalga oshiriladi. Agar S_i tugundagi lokal ma‘lumotlar bazasi (LMB) F_j fragmentini o‘z ichiga olsa ($x_{ij}=1$), bu so‘rovlar ichki so‘rovlarga tegishli bo‘ladi va ularni kelib chiqish joyida (LMBda) qayta ishlash mumkin, boshqa elementlarga murojaat qilmasdan. Agar $x_{ij}=0$, so‘rov masofaviy so‘rovga aylanadi va boshqa S_k tuguniga yo‘naltiriladi, bunda $x_{kj}=1$ sharti bajarilishi kerak $k \neq i$.

Masofaviy qidiruv so‘rovlarini qayta ishlash jarayonida olingan natijalar S_i va S_k tugunlari orasidagi ma‘lumotlar uzatish kanallari orqali manba tuguniga qaytariladi. Natijada, umumiy ma‘lumotlar hajmi θ_{ij} ga teng bo‘ladi [5].

Taqsimlangan ma‘lumotlar bazasi (TMB) fragmentlarini optimal joylashtirish muammosi. Taqsimlangan axborot tizimining (TAT) samaradorligi va uning ishlash ko‘rsatkichlari nafaqat texnik vositalar (serverlar va aloqa kanallari) parametrlariga, balki ma‘lumotlar joylashtirilishi strategiyasiga ham bog‘liq. Replikatsiya jarayoni, ya‘ni ma‘lumotlar nusxalarini yaratish, qidiruv so‘rovlariga javob berish vaqtini kamaytirish va tizimning ishonchliligini oshirish imkonini beradi. Biroq, replikatsiya sonining oshishi bilan ma‘lumotlarni saqlash uchun ko‘proq xotira talab qilinadi. Nusxalarni sinxronlashtirish xarajatlari ortadi [6].

Shunday qilib, nusxalar soni (ortiqchalik darajasi) ko‘p omillarni hisobga olgan holda, samaradorlik va resurs talablari o‘rtasidagi muvozanatni ifodalaydi. Bundan tashqari, TATda samarali qidiruv so‘rovlarini tashkil qilish uchun resurslarni tugunlar o‘rtasida optimal tarzda taqsimlash muhim ahamiyatga ega [7:6377]. Bu muammo TMB fragmentlarini joylashtirishni optimallashtirishda asosiy masala sifatida ko‘rib chiqiladi.

Ma‘lum modellarni tahlil qilish shuni ko‘rsatadiki, navbatlar nazariyasini qo‘llash matematik jihatdan murakkab apparatni talab qiladi. Shu sababli, amaliyotda ko‘proq tarqalgan yondashuv - bu hisoblash tarmog‘i kanallari orqali ma‘lumotlar uzatish hajmini minimallashtirishga qaratilgan oddiyroq usuldir. Ushbu yondashuv TAT ishlash jarayonida ma‘lumotlar almashinuvini kamaytirish orqali tizim samaradorligini oshirishga imkon beradi. Ma‘lumotlar uzatish ehtiyojlari kamayishi bilan, so‘rovlarni qayta ishlash tezligi ham oshadi [7:149].

Agar har bir TMB fragmentining nusxasi har bir tugunda joylashtirilsa, barcha qidiruv so‘rovlari lokal ravishda qayta ishlanadi, bu ma’lumotlarni tarmoq kanallari orqali uzatishga ehtiyojni bartaraf etadi. Biroq, faylni yangilash jarayonida ushbu faylning nusxalari mavjud bo‘lgan barcha tugunlarga ma’lumotlar paketi yuboriladi. Bu esa yangilash xarajatlarini oshiradi. Shuning uchun yangilash xarajatlari nuqtai nazaridan, har bir fragmentning faqat bitta nusxasini saqlash tarmoq samaradorligini oshirishi mumkin. Ushbu tahlildan kelib chiqib, har bir TMB fragmenti uchun optimal nusxalar sonini aniqlash masalasi yuzaga keladi. Maqsad - barcha so‘rovlarni qayta ishlash uchun umumiy xarajatlarni minimal darajada saqlashdir. TATni optimallashtirishning murakkab yondashuvidan kelib chiqib, ushbu masalani TMB fragmentlarini tarmoq tugunlari bo‘ylab eng yaxshi tarzda taqsimlash bilan bog‘lash maqsadga muvofiq [8].

Masalani yechish: Agar $x_{ij}=0$ (ya'ni, S_i tugunidagi lokal ma'lumotlar bazasida F_j fragmenti mavjud bo‘lmasa), unda ushbu tugundagi foydalanuvchilardan j -turdagi qidiruv so‘rovlari kelganida, kerakli ma'lumotlar boshqa tugundan uzatilishi kerak bo‘ladi. Bunda so‘rovlar bir vaqt birligida kelib tushadi va umumiy uzatiladigan ma'lumot hajmi quyidagicha bo‘ladi: $\lambda_{ij}\theta_{ij}$, bu yerda:

- λ_{ij} - j -turdagi so‘rovlarning intensivligi;
- θ_{ij} - uzatiladigan ma'lumotlar hajmi.

Faylning nusxasi joylashgan tugunni S_m deb faraz qilamiz, bunda $x_{mj}=1$ va $m \neq i$. Ushbu tugun qidiruv so‘rovlari uchun zarur bo‘lgan ma'lumotlarni taqdim etadi. Faylni saqlovchi tugun S_m quyidagi shart asosida tanlanadi: $d_{im} = \min d_{ik}$, bu yerda: d_{ik} - tugunlar S_i va S_k o‘rtasidagi uzatish xarajati; $k: x_{kj}=1$, ya'ni F_j fragmenti mavjud bo‘lgan tugunlar to‘plamidan eng kam xarajatli tugun tanlanadi [9:1399].

Bu matematik ifoda ma’lumotlarni tarmoqda optimal uzatish va xarajatlarni minimallashtirish uchun fragment joylashuvini aniqlashga yordam beradi. Taqsimlangan axborot tizimining (TAT) bir vaqt birligida ishlashi natijasida qidiruv so‘rovlarni qayta ishlash jarayonida tarmoq kanallari orqali ma’lumot almashinuvi tufayli quyidagi umumiy xarajatlar yuzaga keladi:

$$C_1(X) = \sum_{i=1}^N \left[\sum_{j=1}^M \left[(1 - x_{ij}) \cdot (\lambda_{ij} \cdot \theta_{ij} \cdot \min(d_{ik})) \right] \right] \quad (3)$$

$k: x_{kj} = 1.$

Elementlar izohi:

$C_1(X)$ - tarmoqdagi so‘rovlarni qayta ishlash uchun umumiy xarajatlar.

N - tarmoqdagi tugunlar soni.

M - ma’lumotlar bazasi fragmentlarining soni.

x_{ij} - indikator, agar F_j fragmenti S_i tugunda mavjud bo‘lsa, $x_{ij} = 1$, aks holda $x_{ij} = 0$

$(1-x_{ij})$ - fragment mavjud emasligini ko'rsatadi, ya'ni faqat masofaviy so'rovlar uchun xarajat hisobga olinadi.

λ_{ij} - So'rov intensivligi (i-tugundan j-fragmentga qanchalik tez-tez so'rov yuborilishi).

θ_{ij} - So'rov natijasida uzatiladigan ma'lumot hajmi.

$\min d_{ik}$ - Tugunlar orasidagi minimal uzatish xarajati (i-dan k-ga, bu yerda k-tugunda fragment mavjud).

Bu formula TATdagi umumiy xarajatlarni hisoblashga xizmat qiladi, bunda:

- Lokal ravishda mavjud bo'lmagan ma'lumotlar masofadan uzatiladi;
- Xarajatlar uzatish intensivligi, ma'lumotlar hajmi va uzatish masofasi bilan belgilanadi.

Bu yondashuv TAT samaradorligini oshirish va xarajatlarni minimallashtirish uchun optimal strategiyalarni ishlab chiqishga yordam beradi. Yangilash so'rovlari bilan bog'liq xarajatlar quyidagicha ifodalanadi:

$$C_2(X) = \sum_{i=1}^N \left[\sum_{j=1}^M \left[\lambda'_{ij} \cdot \theta'_{ij} \cdot \left(\sum_{k=1}^N x_{kj} \cdot d_{ik} \right) \right] \right] \quad (4)$$

$C_2(X)$ - ragmentlarni yangilash va sinxronlashtirish xarajatlarini ifodalaydi.

λ'_{ij} - yangilash so'rovlarining intensivligi.

θ'_{ij} - yangilash so'rovlarida uzatiladigan ma'lumot hajmi.

x_{kj} - indikator, agar F_j fragmenti S_k tugunida mavjud bo'lsa, $x_{kj} = 1$, aks holda $x_{kj} = 0$.

d_{ik} - tugunlar S_i va S_k o'rtasidagi ma'lumot uzatish xarajatlari.

$\sum_{k=1}^N x_{kj} d_{ik}$ - Fragment j uchun barcha k-tugunlardan i-tugunga uzatish xarajatlarining yig'indisi.

Fragmentlarni optimal joylashtirish orqali yangilash xarajatlarini minimallashtirish va tarmoq samaradorligini oshirish.

$$C(X) = \sum_{i=1}^N \left[\sum_{j=1}^M \left[(1-x_{ij}) \cdot \lambda_{ij} \cdot \theta_{ij} \cdot \min(d_{ik}) \right] + \sum_{k=1}^N \lambda'_{ij} \cdot \theta'_{ij} \cdot x_{kj} \cdot d_{ik} \right] \quad (5)$$

$k: x_{kj} = 1$ Bu ifoda indeksli shartni bildiradi, ya'ni k-tugun S_k haqida gap ketadi, va bu shart quyidagicha ifodalangan: $x_{kj} = 1$: Agar j-fragment k-tugunda mavjud bo'lsa. 1 va 2 cheklovlar asosida.

Taqsimlangan ma'lumotlar bazasi fragmentlarini samarali joylashtirish texnologiyasi har qanday sohada katta hajmdagi ma'lumotlarni tezkor, ishonchli va samarali boshqarishni talab qiladigan tizimlarda qo'llanilishi mumkin [10:112]. Bu yondashuv davlat boshqaruvi, moliyaviy xizmatlar, sog'liqni saqlash, ta'lim, tijorat,

telekommunikatsiya, transport, energetika, mudofaa va xavfsizlik kabi keng doiradagi sohalar uchun juda muhimdir. Tizimlar o'rtasida tezkor axborot almashinuvi, resurslardan samarali foydalanish, xarajatlarni kamaytirish va ishonchlilikni oshirish orqali tashkilotlar o'z faoliyatlarini muvofiqlashtirishi va optimallashtirishi mumkin. Bu esa, natijada, tashkilotlarning umumiy samaradorligini oshiradi va foydalanuvchilar uchun qulaylik yaratadi.

Resurslardan samarali foydalanishni ta'minlash uchun matematik modellar asosida xarajatlarni minimallashtirish strategiyalari ishlab chiqilgan. Masalan, tarmoq trafiginini kamaytirish va ma'lumotlar bazasi so'rovlari uchun umumiy xarajatlarni minimallashtirish uchun quyidagi matematik funksiya qo'llaniladi:

$$C = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \lambda_{ij} q_{ij} d_{ij} \quad (6)$$

bu yerda: λ_{ij} – tugunlar orasidagi so'rovlar chastotasi; q_{ij} - so'rovlar natijasida uzatiladigan ma'lumot hajmi; d_{ij} – tarmoq tugunlari orasidagi uzatish xarajati. Mazkur yondashuv orqali tarmoq trafigi 30% ga kamayishi va server yuklanishi 20% ga balanslanishi kutiladi. Shuningdek, fragmentlarni lokal joylashtirish strategiyasi tarmoq uzatish vaqtini sezilarli darajada qisqartiradi.

XULOSA. Mazkur tadqiqot diniy idoralararo tizimlarda taqsimlangan ma'lumotlar bazasi (TMB) fragmentlarini samarali joylashtirishga bag'ishlangan bo'lib, bu zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalari sohasida muhim ahamiyatga ega. TMB yirik tashkilotlar, jumladan diniy idoralar uchun yagona axborot maydonini yaratish orqali o'zaro integratsiyalashgan faoliyatni qo'llab-quvvatlaydi. Tadqiqotda TMB fragmentlarini samarali joylashtirish orqali tizim samaradorligini oshirish strategiyalari ko'rib chiqilgan. Diniy idoralar o'rtasida katta hajmdagi ma'lumotlar almashinuvi tufayli, tarmoq trafiginini kamaytirish, resurslardan samarali foydalanish va tezkor kirishni ta'minlash asosiy vazifalar sifatida belgilangan. Matematik modellar asosida fragmentlarni joylashtirish va yangilash xarajatlarini minimallashtirish usullari ishlab chiqilgan. Replikatsiya darajasini boshqarish orqali tizim ishonchliliigi oshiriladi, ortiqcha nusxalarni cheklash bilan esa samaradorlik saqlanadi. Ushbu tadqiqot natijalari diniy idoralararo tizimlarni takomillashtirishda texnik va iqtisodiy jihatdan katta ahamiyatga ega.

Фойдаланилган адабиётлар:

1. Bartoli, A., Jiménez-Peris, R., Kemme, B., and all: Adapt: towards autonomic web services. In: Distributed Systems Online (2015).
2. Bochkov, M. V. Proektirovanie avtomatizirovannykh sistem obrabotki informatsii i upravleniya / M. V. Bochkov, Ye. I. Novikov, O. V. Tarakanov; pod red. M. V. Bochkova. – Orel: Akademiya FSO Rossii,–406 s.. (2017).
3. Breitbart, Y., Korth, H.F.: Replication and consistency: being lazy helps

sometimes. In: ACM Int. Conf. on Principles of Database Systems (PODS) (2017).

4. Cardellini, V., Casalicchio, E., Colajanni, M., Yu, P.S.: The state of the art in locally distributed Web-server systems. *ACM Comput. Surv.* 34(2), 263–311 (2018).

5. Chen, J., Soundararajan, G., Amza, C.: Autonomic provisioning of backend databases in dynamic content web servers. In: *Int. Conf. on Autonomic Computing (ICAC)* (2006).

6. de Sousa, A.L.P.F., Oliveira, R.C., Moura, F., Pedone, F.: Partial replication in the database state machine. In: *IEEE Int. Symposium on Network Computing and Applications* (2017).

7. Irgashevich, D. A. Development of national network (tas-ix). *ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal*, 10(5), 144-151. (2020).

8. de Sousa, A.L.P.F., Oliveira, R.C., Moura, F., Pedone, F.: Partial replication in the database state machine. In: *IEEE Int. Symposium on Network Computing and Applications* (2017).

9. Mohamed, A., Alimjon, D., Choriev, A., Saravanan, T., Alzubaidi, L., & B, M. (2023). Development and Application of Mechanical Design Engineering Database Based on Simulated Annealing Algorithm. *2023 Second International Conference On Smart Technologies For Smart Nation (SmartTechCon)*, 1398-1403.

10. Кондратьева, Т. А., Мейкшан, В. И., & Мейкшан, Л. И. (2014). К вопросу оптимального размещения данных в распределённой информационной системе. *Сборник научных трудов Новосибирского государственного технического университета*, (2), 107-120.