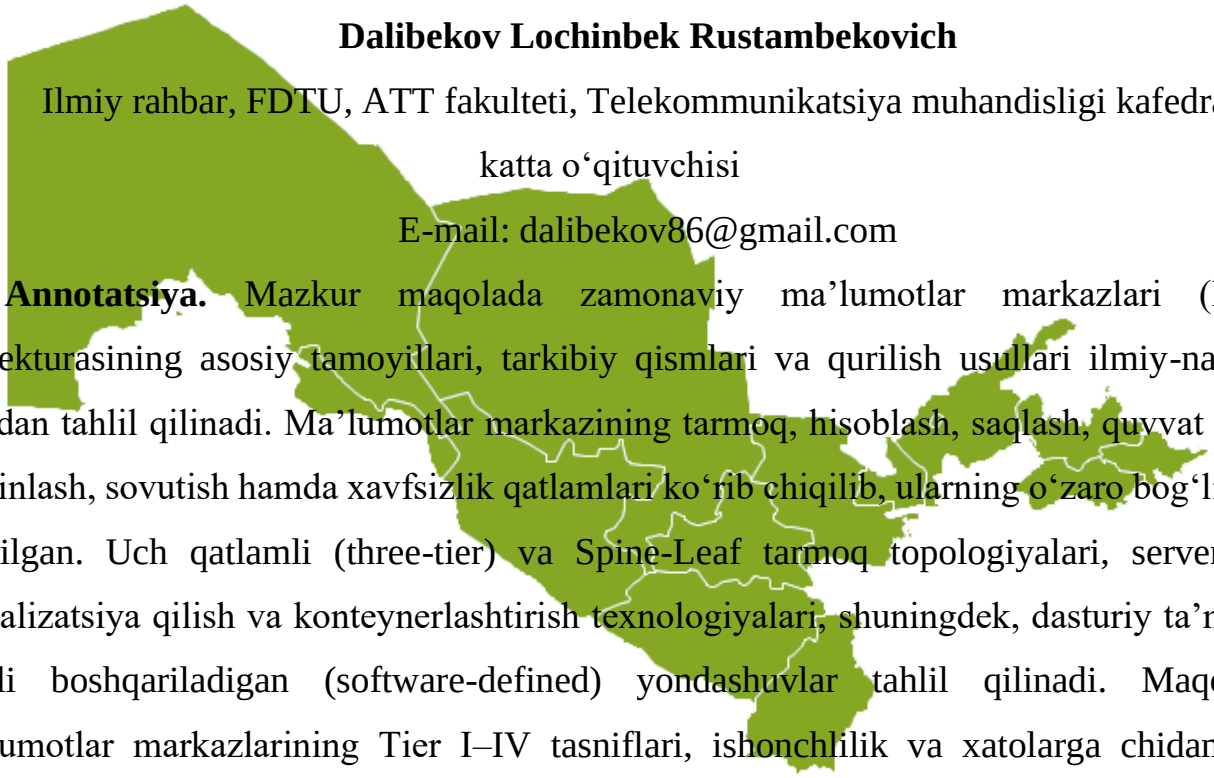
Qabul qilindi: 16-noyabr 2026-yil • Ma’qullandi: 18-noyabr 2026-yil • Nashr qilindi: 20-noyabr 2026-yil

MA’LUMOTLAR MARKAZI ARXITEKTURASI

Abduqodirov Samandar Abdug‘affor o‘g‘li
Farg‘ona davlat texnika universiteti
E-mail: samandarabduqodirov176@gmail.com
Dalibekov Lochinbek Rustambekovich
Ilmiy rahbar, FDTU, ATT fakulteti, Telekommunikatsiya muhandisligi kafedrasi katta o‘qituvchisi
E-mail: dalibekov86@gmail.com



Annotatsiya. Mazkur maqolada zamonaviy ma’lumotlar markazlari (MM) arxitekturasining asosiy tamoyillari, tarkibiy qismlari va qurilish usullari ilmiy-nazariy jihatdan tahlil qilinadi. Ma’lumotlar markazining tarmoq, hisoblash, saqlash, quvvat bilan ta’minlash, sovutish hamda xavfsizlik qatlamlari ko‘rib chiqilib, ularning o‘zaro bog‘liqligi yoritilgan. Uch qatlamli (three-tier) va Spine-Leaf tarmoq topologiyalari, serverlarni virtualizatsiya qilish va konteynerlashtirish texnologiyalari, shuningdek, dasturiy ta’minot orqali boshqariladigan (software-defined) yondashuvlar tahlil qilinadi. Maqolada ma’lumotlar markazlarining Tier I–IV tasniflari, ishonchlilik va xatolarga chidamlilik ko‘rsatkichlari, energiya samaradorligi (PUE) masalalari yoritilgan. Bulutli texnologiyalar va xizmatlar (IaaS, PaaS, SaaS) ma’lumotlar markazi infratuzilmasiga tayanishi ko‘rsatib berilib, bulutli hisoblash muhitida MM arxitekturasini to‘g‘ri tanlash xizmat sifati, masshtablanuvchanlik va iqtisodiy samaradorlikka bevosita ta’sir qilishi asoslab beriladi. Olingan natijalar zamonaviy bulutli infratuzilmalarni loyihalash va modernizatsiya qilishda amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: Ma’lumotlar markazi, bulutli texnologiyalar, arxitektura, virtualizatsiya, Spine-Leaf, Tier tasnifi, PUE, IaaS, PaaS, SaaS, xatolarga chidamlilik, energiya samaradorligi

KIRISH

Bugungi kunda raqamli iqtisodiyotning rivojlanishi, internet foydalanuvchilari sonining ortib borishi hamda katta hajmdagi ma’lumotlarning (Big Data) shiddat bilan o‘sishi axborot-kommunikatsiya infratuzilmasiga bo‘lgan talabni keskin oshirmoqda. Elektron hukumat xizmatlari, onlayn savdo, masofaviy ta’lim, moliyaviy tizimlar va ijtimoiy tarmoqlar kabi ko‘plab xizmatlar uzluksiz ishlashi uchun ishonchli va yuqori unumdorlikka ega hisoblash infratuzilmasi zarur. Aynan shunday infratuzilmaning asosini ma’lumotlar markazlari tashkil etadi.

O‘zbekistonda ushbu yo‘nalishga alohida e’tibor qaratilmoqda. «Raqamli O‘zbekiston – 2030» strategiyasida raqamli infratuzilmani, jumladan, ma’lumotlarni qayta ishlash markazlarini rivojlantirish ustuvor vazifalardan biri sifatida belgilangan [4]. «Axborotlashtirish to‘g‘risida»gi va «Elektron hukumat to‘g‘risida»gi qonunlar esa axborot tizimlari va resurslarini yaratish, saqlash hamda ulardan foydalanishning huquqiy asoslarini belgilab beradi [3, 5]. Bu esa ma’lumotlar markazlarini loyihalash masalasini nafaqat texnik, balki davlat ahamiyatiga molik vazifaga aylantiradi.

Ma’lumotlar markazi (Data Center) – bu axborotni qayta ishlash, saqlash va uzatish uchun mo‘ljallangan serverlar, saqlash tizimlari, tarmoq uskunalari hamda ularni ta’minlovchi muhandislik tizimlarini o‘zida birlashtirgan maxsus binolar yoki inshootlar majmuasidir. Bulutli texnologiyalar va xizmatlar (Cloud Computing) paydo bo‘lishi bilan ma’lumotlar markazlarining ahamiyati yanada ortdi, chunki har qanday bulutli xizmat – infratuzilma (IaaS), platforma (PaaS) yoki dasturiy ta’minot (SaaS) ko‘rinishida bo‘lishidan qat’i nazar – oxir-oqibat ma’lumotlar markazidagi jismoniy resurslarga tayanadi.

An’anaviy ma’lumotlar markazlarida har bir ilova alohida serverga biriktirilar edi, bu esa resurslardan samarasiz foydalanishga, yuqori energiya sarfiga va tizimni kengaytirishdagi murakkabliklarga olib kelardi. Virtualizatsiya, konteynerlashtirish, dasturiy ta’minot orqali aniqlanadigan tarmoqlar (SDN) va avtomatlashtirish texnologiyalarining joriy etilishi ma’lumotlar markazi arxitekturasini tubdan o‘zgartirdi. Hozirgi kunda zamonaviy ma’lumotlar markazlari yuqori darajadagi masshtablanuvchanlik, moslashuvchanlik, ishonchlilik va energiya samaradorligini ta’minlashga yo‘naltirilgan.

Mazkur maqolaning asosiy maqsadi ma’lumotlar markazi arxitekturasining tarkibiy qismlarini, qurilish tamoyillarini va bulutli xizmatlarni ta’minlashdagi o‘rnini ilmiy-nazariy hamda amaliy jihatdan tahlil qilishdan iborat. Tadqiqot doirasida tarmoq topologiyalari, hisoblash va saqlash tizimlari, muhandislik infratuzilmasi hamda ishonchlilik darajalari qiyosiy ko‘rib chiqiladi.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Ma’lumotlar markazlari arxitekturasi bo‘yicha olib borilgan ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, bu yo‘nalish bulutli hisoblash sohasining eng muhim va tez rivojlanayotgan qismlaridan biridir. Mavzuga oid adabiyotlarda ma’lumotlar markazining asosiy komponentlari, ularning o‘zaro aloqasi hamda loyihalash tamoyillari keng yoritilgan. Barroso va hamkasblarining tadqiqotlarida ma’lumotlar markazi alohida serverlar to‘plami sifatida emas, balki yagona yirik «omborxona miqyosidagi kompyuter» (warehouse-scale computer) sifatida qaralishi lozimligi asoslangan [9].

Tarmoq arxitekturasiga oid ilmiy manbalarda an’anaviy uch qatlamli model (access, aggregation, core) ning kamchiliklari – «sharq–g‘arb» (east–west) trafigi ortganda tor joylar paydo bo‘lishi, kechikishlarning oshishi va kengaytirish murakkabligi ta’kidlanadi. Al-Fares va boshqalar tomonidan taklif etilgan Fat-Tree topologiyasi hamda undan rivojlangan Spine-Leaf arxitekturasi barcha serverlar o‘rtasida bir xil kechikish va yuqori o‘tkazish qobiliyatini ta’minlashi bilan ajralib turadi [10].

O‘zbek tilidagi adabiyotlarda bulutli texnologiyalar kompyuter resurslarining internet orqali xizmat sifatida taqdim etilishi, ya’ni foydalanuvchi o‘z qurilmasida emas, balki masofadagi ma’lumotlar markazida hisoblash va saqlash amallarini bajarishi sifatida izohlanadi [1]. Servisga yo‘naltirilgan arxitektura (SOA) masalalariga bag‘ishlangan ishlarda esa ilovalar o‘zaro bog‘liq mustaqil xizmatlar ko‘rinishida qurilishi, bu yondashuv bulutli xizmatlarning nazariy asosi ekani ta’kidlanadi [2]. NIST tomonidan e’lon qilingan ta’rifda bulutli hisoblashning beshta muhim xususiyati, uchta xizmat modeli (IaaS, PaaS, SaaS) va to‘rtta joylashtirish modeli (xususiy, jamoaviy, ommaviy va gibrid) belgilab berilgan [11].

Ishonchlilik masalalariga bag‘ishlangan manbalarda Uptime Institute tomonidan ishlab

chiqilgan Tier I–IV tasnifi asosiy mezon sifatida keltiriladi. Ushbu tasnifga ko‘ra Tier I darajasidagi ma’lumotlar markazining yillik ishlash vaqti (uptime) taxminan 99,671 % ni, Tier IV darajasida esa 99,995 % ni tashkil etadi [12]. Shuningdek, ANSI/TIA-942 standarti ma’lumotlar markazlarining telekommunikatsiya infratuzilmasi, kabel tizimlari, elektr ta’minoti va sovutish tizimlariga qo‘yiladigan talablarni belgilaydi [13].

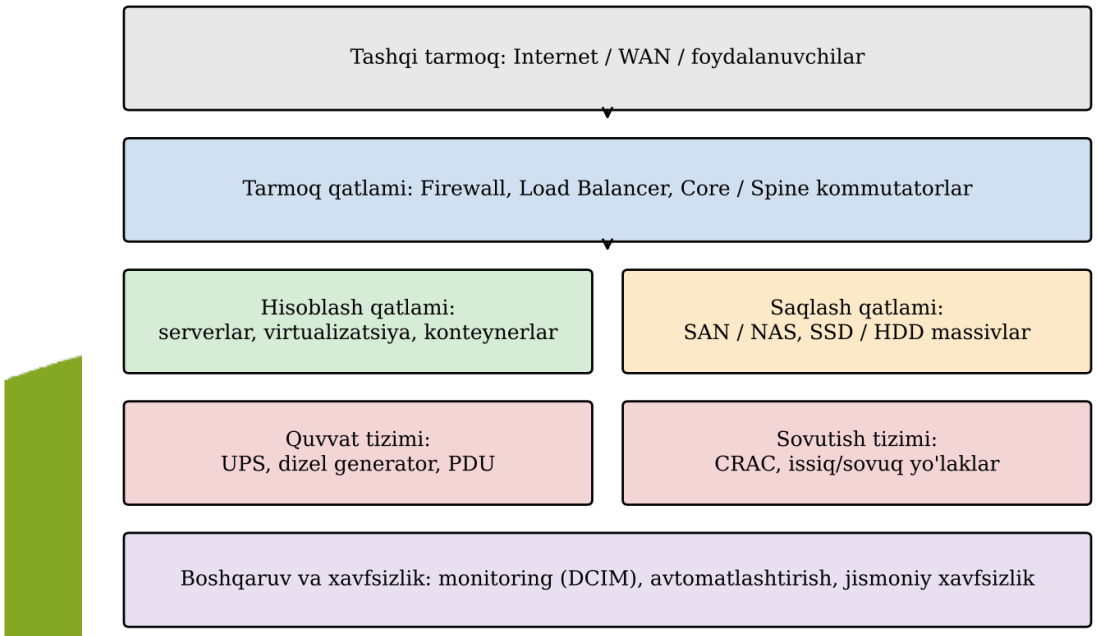
Energiya samaradorligi bo‘yicha tadqiqotlarda PUE (Power Usage Effectiveness) ko‘rsatkichi keng qo‘llaniladi. U ma’lumotlar markazining umumiy iste’mol qilgan energiyasining axborot-texnologiya uskunalari iste’mol qilgan energiyaga nisbati bilan aniqlanadi. Adabiyotlarda qayd etilishicha, an’anaviy ma’lumotlar markazlarida PUE qiymati 2,0 atrofida bo‘lsa, zamonaviy gipermasshtabli markazlarda bu ko‘rsatkich 1,1–1,2 gacha pasaytirilgan [9]. Shu bilan birga, so‘nggi yillarda chekka hisoblash (edge computing), mikro ma’lumotlar markazlari va sun’iy intellekt yuklamalari uchun GPU-klasterlar bilan bog‘liq yangi yondashuvlar muhokama qilinmoqda.

Respublikamizda ma’lumotlar markazlari bo‘yicha amaliy tajribalar ham to‘planmoqda. «O‘zbektelekom» AK tomonidan ishga tushirilgan «UZCLOUD» ma’lumotlarni qayta ishlash markazi davlat va tijorat tashkilotlariga bulutli xizmatlar ko‘rsatishga mo‘ljallangan [1]. Toshkent IT Parkida Tier III darajasidagi, 12 MVt IT yuklamaga ega ko‘p qavatli ma’lumotlar markazini qurish loyihasi ham xalqaro moliya institutlari tomonidan ko‘rib chiqilmoqda [7]. Shuningdek, bulutli infratuzilmani rivojlantirish, ma’lumotlar suverenitetini ta’minlash va axborot xavfsizligini kuchaytirish masalalari yetakchi texnologik kompaniyalar bilan muzokaralarda muhokama qilinmoqda [8]. Ushbu manbalarni umumlashtirib, ma’lumotlar markazi arxitekturasi masalasi respublikamiz uchun ham dolzarb ekanini ta’kidlash mumkin.

MATERIALLAR VA USULLAR

Tadqiqot jarayonida ma’lumotlar markazi arxitekturasini o‘rganish uchun nazariy tahlil, qiyosiy tahlil, tizimli yondashuv va tajriba ma’lumotlarini umumlashtirish usullaridan foydalanildi. Tahlil obyekti sifatida ma’lumotlar markazining beshta asosiy qatlami tanlab olindi: tarmoq qatlami, hisoblash qatlami, saqlash qatlami, muhandislik (quvvat va sovutish) qatlami hamda boshqaruv va xavfsizlik qatlami. Ushbu qatlamlarning o‘zaro bog‘liqligi 1-

rasmda ko‘rsatilgan.



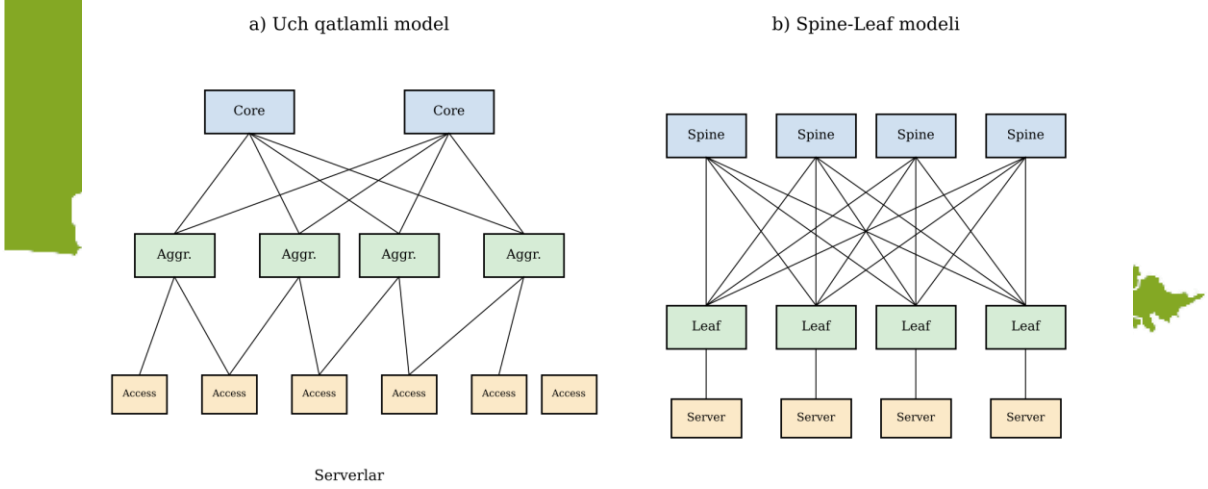
1-rasm. Ma’lumotlar markazi arxitekturasining asosiy qatlamlari.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Ushbu tadqiqot ma’lumotlar markazi arxitekturasini kompleks o‘rganishga yo‘naltirilgan bo‘lib, u bir necha bosqichdan iborat bo‘ldi. Birinchi bosqichda xalqaro standartlar (ANSI/TIA-942, Uptime Institute Tier tasnifi, NIST ta’riflari) va ilmiy manbalar tahlil qilindi. Ikkinchi bosqichda tarmoq topologiyalari – uch qatlamli va Spine-Leaf modellari – o‘tkazish qobiliyati, kechikish, kengayish imkoniyati va narx mezonlari bo‘yicha solishtirildi. Uchinchi bosqichda hisoblash resurslarini boshqarish usullari (virtual mashinalar, konteynerlar, bare-metal) hamda saqlash tizimlari (DAS, NAS, SAN) tahlil qilindi. To‘rtinchi bosqichda ma’lumotlar markazining ishonchlilik darajalari va energiya samaradorligi ko‘rsatkichlari o‘rganildi. Energiya samaradorligini baholashda quyidagi formuladan foydalanildi: PUE = E_umumiy / E_AT, bunda E_umumiy – ma’lumotlar markazining umumiy energiya iste’moli, E_AT – axborot-texnologiya uskunalarining energiya iste’moli. PUE qiymati 1,0 ga qanchalik yaqin bo‘lsa, markaz shunchalik samarali hisoblanadi. Yillik ishlamay qolish vaqti esa quyidagicha hisoblandi: T_to‘xtash = (1 − A) × 8760 soat, bunda A – mavjudlik (availability) koeffitsienti.

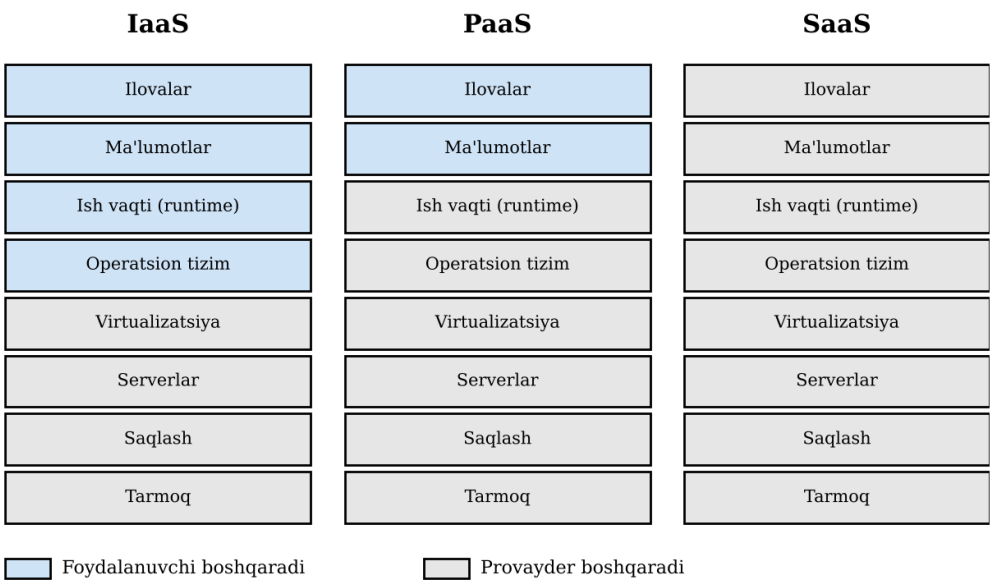
TADQIQOT NATIJALARI VA ULARNING TAHLILI

Tadqiqot davomida olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, ma’lumotlar markazi arxitekturasining samaradorligi uning alohida qatlamlari sifatiga emas, balki ularning o‘zaro muvofiqlashtirilganligiga bog‘liq. Tarmoq qatlami bo‘yicha tahlil Spine-Leaf topologiyasi zamonaviy bulutli muhit uchun eng maqbul ekanini ko‘rsatdi. Bunda har bir Leaf kommutatori barcha Spine kommutatorlariga ulangani sababli ixtiyoriy ikki server orasidagi yo‘l uzunligi bir xil bo‘ladi va kechikish oldindan bashorat qilinadi. Uch qatlamli modelda esa «sharq–g‘arb» trafigi ortganda agregatsiya va yadro qatlamlarida tiqilinch yuzaga keladi. Ikkala topologiyaning tuzilishi 2-rasmda keltirilgan.



2-rasm. Uch qatlamli va Spine-Leaf tarmoq topologiyalarining solishtirilishi.

Hisoblash qatlamida virtualizatsiya va konteynerlashtirish serverlarning o‘rtacha yuklanishini an’anaviy 10–15 % dan 60–70 % gacha oshirish imkonini beradi. Bu esa bir xil hisoblash quvvati uchun kerak bo‘ladigan jismoniy serverlar sonini sezilarli qisqartirib, energiya va joy tejalishiga olib keladi. Saqlash qatlamida SAN tizimlari yuqori tezlik va past kechikishni, NAS tizimlari fayllarga umumiy kirishni, obyektli saqlash esa katta hajmdagi tuzilmagan ma’lumotlar uchun masshtablanuvchanlikni ta’minlaydi. Hisoblash va saqlash resurslarini birlashtirib, ularni talab bo‘yicha taqdim etish bulutli xizmatlarning asosiy g‘oyasidir.



3-rasm. Bulutli xizmat modellarida boshqaruv javobgarligining taqsimlanishi.

Bulutli xizmat modellari ma’lumotlar markazi resurslaridan turlicha foydalanadi. IaaS modelida foydalanuvchiga virtual serverlar, saqlash va tarmoq resurslari beriladi, operatsion tizim va ilovalarni esa foydalanuvchining o‘zi boshqaradi. PaaS modelida provayder operatsion tizim va ish vaqti muhitini ham o‘z zimmasiga oladi, foydalanuvchi faqat ilova va ma’lumotlarga javob beradi. SaaS modelida esa butun texnologik zanjir provayder tomonidan boshqariladi. Boshqaruv javobgarligining taqsimlanishi 3-rasmda, modellarning asosiy xususiyatlari 1-jadvalda ko‘rsatilgan.

1-jadval. Bulutli xizmat modellarining ma’lumotlar markazi resurslariga munosabati.

Model	Foydalanuvchi boshqaradi	Provayder boshqaradi	Misol
IaaS	OT, ilova, ma’lumot	Server, saqlash, tarmoq	Virtual server ijarasi
PaaS	Ilova, ma’lumot	OT, ish vaqti, infratuzilma	Ilovalarni joylashtirish platformasi
SaaS	Faqat foydalanish	Barcha qatlamlar	Elektron pochta, ofis ilovalari

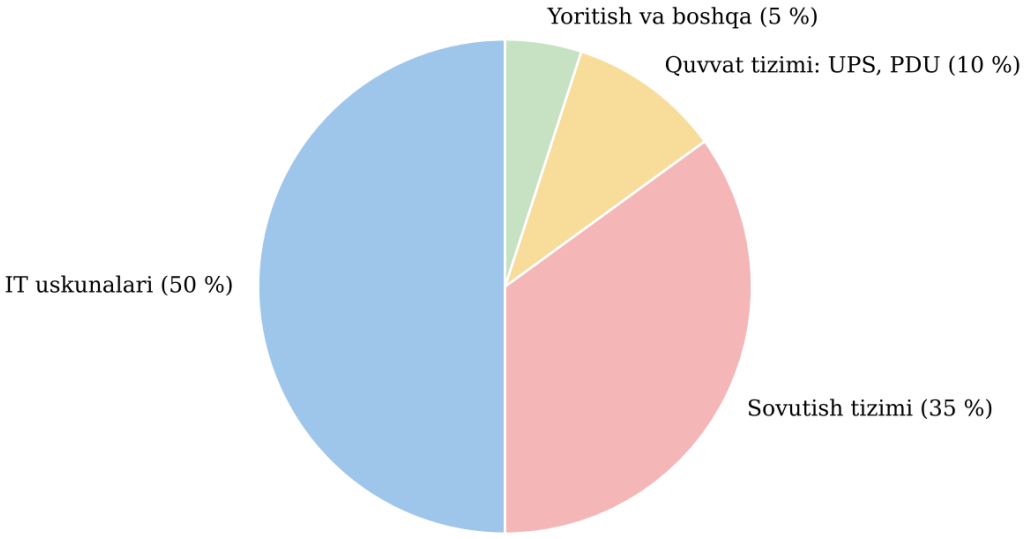
Ishonchlilik bo‘yicha Uptime Institute tasnifining asosiy ko‘rsatkichlari va ularning amaliy ma’nosi 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval. Uptime Institute bo‘yicha Tier darajalarining qiyosiy tahlili.

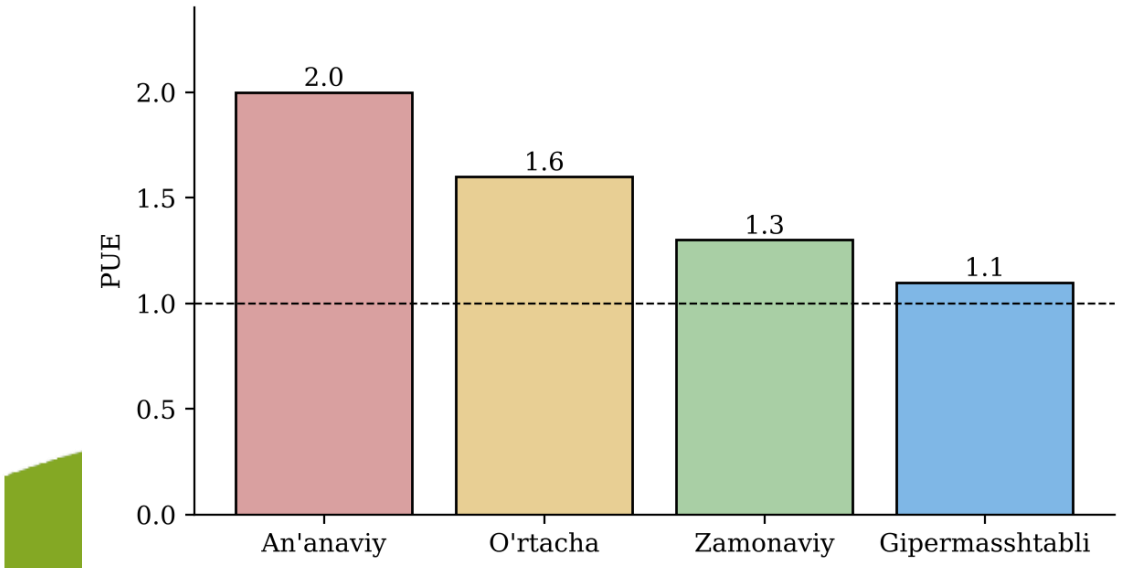
Ko‘rsatkich	Tier I	Tier II	Tier III	Tier IV
Mavjudlik, %	99,671	99,741	99,982	99,995

Yillik to‘xtash	~28,8 soat	~22 soat	~1,6 soat	~26 daqiqa
Redundantlik	N (zaxirasiz)	N+1 (qisman)	N+1 (to‘liq)	2N yoki 2(N+1)
Texnik xizmat vaqtida ishlash	Yo‘q	Qisman	Ha	Ha
Xatoga chidamlilik	Yo‘q	Yo‘q	Qisman	To‘liq

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, Tier darajasi oshgan sari ma’lumotlar markazining ishlamay qolish vaqti keskin kamayadi, biroq qurilish va ekspluatatsiya xarajatlari ham ortadi. Shu sababli arxitektura darajasini tanlashda xizmatning muhimligi, mijozlar talablari va iqtisodiy samaradorlik o‘rtasidagi muvozanatni topish zarur. Masalan, bank tizimlari va davlat axborot tizimlari uchun odatda Tier III yoki Tier IV talab etilsa, sinov va ishlab chiqish muhitlari uchun Tier II ham yetarli bo‘lishi mumkin. Energiya samaradorligi nuqtai nazaridan eng katta ta’sirni sovutish tizimi ko‘rsatadi, chunki ma’lumotlar markazi umumiy energiyasining 30–40 % gacha qismi sovutishga sarflanadi (4-rasm). Issiq va sovuq yo‘laklarni ajratish (hot/cold aisle containment), suyuqlik bilan sovutish, tashqi havo yordamida sovutish (free cooling) hamda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish PUE ni 1,2 gacha va undan ham pastga tushirish imkonini beradi.



4-rasm. Ma’lumotlar markazida energiya sarfining taxminiy taqsimlanishi.



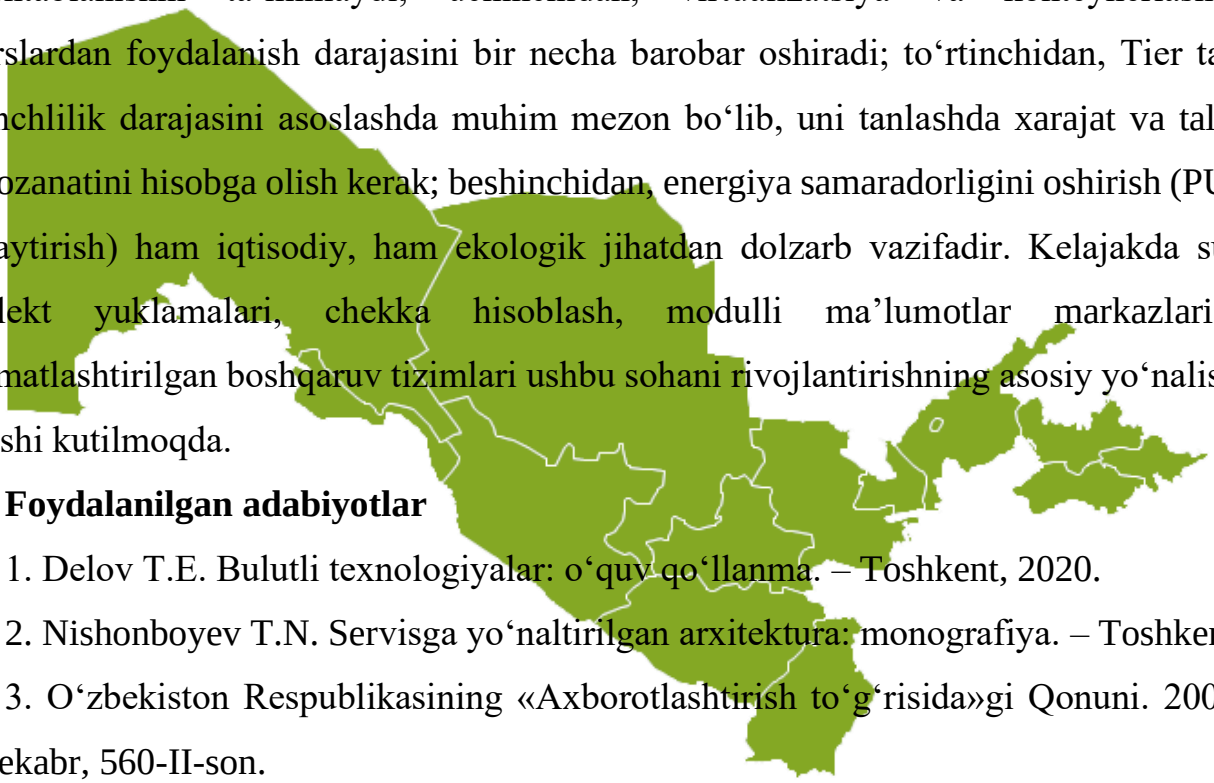
5-rasm. Turli avlod ma’lumotlar markazlarida PUE ko‘rsatkichining o‘rtacha qiymatlari.

PUE ko‘rsatkichining turli avlod ma’lumotlar markazlari bo‘yicha o‘rtacha qiymatlari 5-rasmda keltirilgan. Rasmdan ko‘rinib turibdiki, an’anaviy markazlardan gipermasshtabli markazlarga o‘tilganda PUE qariyb ikki barobar kamaygan.

Respublikamiz sharoitida ma’lumotlar markazi arxitekturasini tanlashda yana bir qator omillarni hisobga olish zarur: iqlim sharoitlari (yoz oylarida yuqori harorat sovutish xarajatlarini oshiradi), elektr ta’minotining ishonchliligi, magistral aloqa kanallarining mavjudligi hamda ma’lumotlarni mamlakat hududida saqlash talablari. Shu bois davlat va moliya sohasi uchun mo‘ljallangan markazlarda kamida Tier III darajasi, ikki mustaqil elektr kirishi va zaxira ma’lumotlar markazi (DR-sayt) nazarda tutilishi maqsadga muvofiq [4, 8]. Bulutli texnologiyalar nuqtai nazaridan olib qaraganda, ma’lumotlar markazi arxitekturasi xizmat sifati kelishuvi (SLA) ning bajarilishini bevosita belgilaydi. IaaS xizmatlari uchun hisoblash va saqlash resurslarining elastikligi, PaaS uchun platforma qatlamining izchilligi, SaaS uchun esa yuqori mavjudlik va javob berish tezligi birinchi o‘rinda turadi. Bundan tashqari, resurslarni bir nechta geografik hududda (availability zone va region) joylashtirish ma’lumotlarni yo‘qotish xavfini kamaytiradi va tabiiy ofatlardan keyin tiklanish (disaster recovery) imkoniyatini beradi.

XULOSA

Ma’lumotlar markazi arxitekturasini ilmiy-nazariy hamda amaliy jihatdan o‘rganish natijasida quyidagi xulosalarga kelindi: birinchidan, zamonaviy ma’lumotlar markazi tarmoq, hisoblash, saqlash, muhandislik va xavfsizlik qatlamlaridan iborat yaxlit tizim bo‘lib, uning samaradorligi qatlamlarning o‘zaro muvofiqligiga bog‘liq; ikkinchidan, Spine-Leaf topologiyasi bulutli muhitda yuqori o‘tkazish qobiliyati, past kechikish va oson masshtablanishni ta’minlaydi; uchinchidan, virtualizatsiya va konteynerlashtirish resurslardan foydalanish darajasini bir necha barobar oshiradi; to‘rtinchidan, Tier tasnifi ishonchlilik darajasini asoslashda muhim mezon bo‘lib, uni tanlashda xarajat va talablar muvozanatini hisobga olish kerak; beshinchidan, energiya samaradorligini oshirish (PUE ni kamaytirish) ham iqtisodiy, ham ekologik jihatdan dolzarb vazifadir. Kelajakda sun’iy intellekt yuklamalari, chekka hisoblash, modulli ma’lumotlar markazlari va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari ushbu sohani rivojlantirishning asosiy yo‘nalishlari bo‘lishi kutilmoqda.



Foydalanilgan adabiyotlar

1. Delov T.E. Bulutli texnologiyalar: o‘quv qo‘llanma. – Toshkent, 2020.

2. Nishonboyev T.N. Servisga yo‘naltirilgan arxitektura: monografiya. – Toshkent.

3. O‘zbekiston Respublikasining «Axborotlashtirish to‘g‘risida»gi Qonuni. 2003-yil 11-dekabr, 560-II-son.

4. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining «Raqamli O‘zbekiston – 2030» strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida»gi PF-6079-son Farmoni. 2020-yil 5-oktyabr.

5. O‘zbekiston Respublikasining «Elektron hukumat to‘g‘risida»gi Qonuni. 2015-yil 9-dekabr, O‘RQ-395-son.

6. Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari izohli lug‘ati. – Toshkent: BMT Taraqqiyot dasturi (UNDP). https://www.undp.org (Glossary of ICT terms in Uzbek).

7. DataVolt Uzbekistan: loyiha tavsifi (PSD 56480). – Yevropa tiklanish va taraqqiyot banki (EBRD), 2026. https://www.ebrd.com

8. O‘zbekistonda bulutli texnologiyalar infratuzilmasi rivojlantiriladi. – O‘zbekiston

Milliy axborot agentligi (UzA). https://uza.uz

9. Barroso, L. A., Clidaras, J., & Hölzle, U. (2013). The Datacenter as a Computer: An Introduction to the Design of Warehouse-Scale Machines (2nd ed.). Morgan & Claypool Publishers.

10. Al-Fares, M., Loukissas, A., & Vahdat, A. (2008). A scalable, commodity data center network architecture. ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 38(4), 63–74.

11. Mell, P., & Grance, T. (2011). The NIST Definition of Cloud Computing. NIST Special Publication 800-145.

12. Uptime Institute. (2018). Tier Standard: Topology. Uptime Institute, LLC.

13. ANSI/TIA-942-B. (2017). Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers. Telecommunications Industry Association.

