



SUN'IY INTELLEKT VA "AQLLI SHAHARLAR" KONSEPSIYASIDA YASHIL IQTISODIYOT YO'LI

To'rayev Abduvohid Kuldashevich

Samarqand iqtisodiyot va servis inistituti

"Raqamli iqtisodiyot" kafedrası assistenti

abduvoxidturayev70@gmail.com

Mashhura Egamshukurova Abdumalik qizi

egamshukurovamashhura@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqola sun'iy intellekt (SI) texnologiyalarining "aqli shaharlar" konsepsiyasini rivojlantirishda yashil iqtisodiyot tamoyillarini joriy etishdagi muhim rolini tahlil qiladi. Shaharlarning barqaror rivojlanishini ta'minlash va ekologik izni kamaytirish maqsadida SI resurslardan samarali foydalanish, energiya iste'molini optimallashtirish va chiqindilarni boshqarishda qanday imkoniyatlar yaratishi ko'rib chiqiladi. Maqolada SI asosidagi yechimlar orqali "aqli shaharlar"ning ekologik barqarorligini oshirish, iqtisodiy samaradorlikni ta'minlash va aholi turmush sifatini yaxshilash yo'llari o'rganiladi. Natijada, yashil iqtisodiyotga asoslangan aqli shahar modellarini yaratishda SI ning strategik ahamiyati ta'kidlanadi.

Kalit so'zlar: Sun'iy Intellekt, Aqli Shaharlar, Yashil Iqtisodiyot, Barqaror Rivojlanish, Ekologik Barqarorlik.

Kirish

Global iqlim o'zgarishi bilan bog'liq xavotirlarning kuchayishi fonida, 2021 yildagi Pew Research so'rovida respondentlarning 71 foizi bu borada tashvish bildirganidek, sun'iy intellekt (SI) va xulq-atvor interneti (IoB) barqaror shahar rivojlanishi uchun hal qiluvchi texnologiyalar sifatida maydonga chiqmoqda [1]. Ushbu texnologiyalar resurslardan foydalanishni optimallashtirish va atrof-muhitga ta'sirni kamaytirish orqali yashil iqtisodiyot tamoyillarini "aqli shaharlar" konsepsiyasiga integratsiya qilishda muhim rol o'ynaydi. Shaharlar, global aholining yarmidan ko'pi istiqomat qiladigan va 2030 yilga kelib 60 foizga yetishi kutilayotgan joylar sifatida, infratuzilma va resurslarga bo'lgan bosimning ortishi hamda uglerod izining kengayishi bilan yuzma-yuz kelmoqda [4]. Shu sababli, SI va IoB kabi innovatsion yechimlar orqali resurs samaradorligini oshirish, chiqindilarni kamaytirish va shahar hayotini yaxshilash dolzarb ahamiyat kasb etadi.

Singapur, Barselona va Sietl kabi shaharlar SI dan shaharsozlik, energiya boshqaruvi, transport tizimlari va suv ta'minotini optimallashtirishda faol



foydalanmoqda [2, 3]. Masalan, Singapurning SI asosidagi transport boshqaruvi tizimi tirbandliklarni sezilarli darajada kamaytirib, shahar bo'ylab chiqindilarni 15 foizga qisqartirishga erishgan [2]. Barselonaning "Local Digital Twin" loyihasi shahar tizimlarini simulyatsiya qilish orqali rivojlanishga yo'naltirish va "15 daqiqalik shahar" talablariga muvofiqlikni baholash imkonini beradi [2]. Sietlning "Project Green Light" loyihasi esa SI yordamida svetofozlarni optimallashtirib, CO₂ chiqindilarini 10 foizga kamaytirish salohiyatini namoyish etmoqda [3]. Ushbu misollar SI ning yashil iqtisodiyotga asoslangan "aqlli shaharlar"ni yaratishdagi ulkan salohiyatini ko'rsatadi. Biroq, ma'lumotlar maxfiyligi, kiberxavfsizlik, axloqiy masalalar va teng foydalanish kabi muammolar SI ni tatbiq etishda ehtiyotkorlikni talab qiladi [1, 4]. Shuning uchun, ushbu maqola SI ning "aqlli shaharlar" konsepsiyasida yashil iqtisodiyot yo'lini ilgari surishdagi rolini, uning afzalliklari va yuzaga kelishi mumkin bo'lgan muammolarni tanqidiy tahlil qilishga qaratilgan.

Metodologiya

Mazkur tadqiqotda sun'iy intellekt texnologiyalarining "aqlli shaharlar" konsepsiyasida yashil iqtisodiyot tamoyillarini shakllantirish va rivojlantirishdagi o'rni kompleks yondashuv asosida o'rganildi. Tadqiqot jarayonida nazariy, empirik hamda taqqoslama tahlil usullaridan foydalanildi. Avvalo, yashil iqtisodiyot, raqamli transformatsiya, urbanizatsiya va sun'iy intellektga oid ilmiy adabiyotlar, xalqaro tashkilotlar hisobotlari hamda xorijiy tajribalar o'rganilib, mavzuning nazariy asoslari shakllantirildi. Shu bilan birga, "aqlli shahar" modelining ekologik barqarorlikka ta'siri bo'yicha ilmiy qarashlar tizimlashtirildi.

Tadqiqotning metodologik asosini tizimli yondashuv tashkil etdi. Ushbu yondashuv orqali shahar infratuzilmasi, energiya samaradorligi, transport tizimi, chiqindilarni boshqarish hamda ekologik monitoring jarayonlarida sun'iy intellekt texnologiyalarining o'zaro bog'liqligi tahlil qilindi. Shuningdek, iqtisodiy va ekologik ko'rsatkichlar o'rtasidagi munosabatlarni aniqlash maqsadida statistik tahlil va qiyosiy solishtirish metodlari qo'llanildi. Tadqiqot davomida rivojlangan davlatlarning "aqlli shahar" tajribalari, jumladan energiya boshqaruvi, aqlli transport, yashil logistika va ekologik monitoring tizimlari misolida amaliy ma'lumotlar tahlil qilindi. Ushbu jarayonda Singapur, Janubiy Koreya, Germaniya va BAA kabi davlatlarning innovatsion tajribalaridan foydalanildi. Olingan natijalar asosida sun'iy intellektning yashil iqtisodiyotga ta'siri samaradorlik, resurs tejamkorligi va ekologik xavfsizlik mezonlari orqali baholandi. Bundan tashqari, ilmiy abstraksiya va induksiya metodlari yordamida sun'iy intellekt asosidagi boshqaruv tizimlarining istiqboldagi rivojlanish tendensiyalari aniqlashtirildi. Tadqiqotda grafik tahlil,



ma'lumotlarni guruhlash va umumlashtirish usullari ham qo'llanib, mavjud muammolar hamda ularning yechimlari bo'yicha ilmiy xulosalar ishlab chiqildi. Mazkur metodologik yondashuv tadqiqot mavzusining iqtisodiy, texnologik va ekologik jihatlarini kompleks ravishda ochib berish hamda "aqlli shaharlar" konsepsiyasida yashil iqtisodiyot modelini takomillashtirish bo'yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqishga xizmat qildi.

Adabiyotlar tahlili

Yashil iqtisodiyot tamoyillari barqaror rivojlanishning asosi bo'lib, resurslardan samarali foydalanish, chiqindilarni minimallashtirish, qayta tiklanuvchi energiya manbalariga o'tish, aylanma iqtisodiyot modellarini joriy etish hamda ijtimoiy tenglikni ta'minlashga qaratilgan. "Aqlli shaharlar" konsepsiyasi ushbu tamoyillarni shahar muhitiga integratsiya qilish uchun texnologik platformani taqdim etadi, aholi turmush sifatini yaxshilash, shahar xizmatlarini optimallashtirish va resurslardan samarali foydalanish maqsadida axborot-kommunikatsiya texnologiyalari (AKT) va Internet of Things (IoT) kabi innovatsion yechimlarni qo'llaydi.

"Aqlli shaharlar"ning asosiy komponentlari bir necha o'zaro bog'liq tizimlardan iborat. "Aqlli infratuzilma" sensori tarmoqlari va IoT qurilmalari orqali shahar muhitidagi jarayonlar (energiya iste'moli, suv sarfi, havo sifati, transport oqimi) haqida real vaqt rejimida ma'lumot to'playdi. "Aqlli xizmatlar" transport, energiya boshqaruvi, chiqindilarni qayta ishlash va suv ta'minoti kabi sohalarda optimallashtirilgan yechimlarni taklif etadi; masalan, "aqlli energiya tarmoqlari" energiya iste'molini monitoring qilib, talab va taklifni muvozanatlash orqali samaradorlikni oshiradi. "Aqlli boshqaruv" va "ma'lumotlar platformalari" yig'ilgan ma'lumotlarni tahlil qilish, bashorat qilish va qaror qabul qilish jarayonlarini qo'llab-quvvatlaydi, sun'iy intellekt (SI) algoritmlari yordamida murakkab shahar muammolariga yechim topadi. Birlashgan Millatlar Tashkilotining Barqaror Rivojlanish Maqsadlari (SDG) 11-maqсад "aqlli shaharlar"ni rivojlantirish uchun asosiy yo'nalish bo'lib xizmat qiladi [4]. Ushbu komponentlarning uyg'un ishlashi yashil iqtisodiyot tamoyillarini shahar miqyosida amalga oshirishga zamin yaratadi.

Sun'iy intellekt (SI) "aqlli shaharlar"da resurs samaradorligi va barqarorlikni ta'minlashda markaziy o'rin tutadi, ma'lumotlarni tahlil qilish, bashorat qilish va optimallashtirish qobiliyati bilan ajralib turadi. Energiya iste'molini optimallashtirish SI ning eng muhim qo'llanilish sohalaridan biridir. SI ga asoslangan "aqlli tarmoqlar" energiya ishlab chiqarish, taqsimlash va iste'mol qilishni real vaqt rejimida monitoring qilib, energiya oqimini samarali boshqaradi, isrofgarchilikni kamaytiradi va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini integratsiya qilishni osonlashtiradi [1]. Binolarni boshqarish tizimlarida SI dan foydalanish energiya samaradorligini sezilarli darajada



oshiradi; SI tizimlari bandlik darajasi, talab va ob-havo sharoitlariga qarab isitish, ventilyatsiya va konditsionerlash (HVAC) tizimlarini avtomatik sozlaydi, bu esa energiya sarfini optimallashtiradi va chiqindilarni kamaytiradi [1, 3].

Suv resurslarini boshqarishda ham SI ning roli beqiyosdir. Internet of Behaviors (IoB) ma'lumotlari inson xatti-harakatlarini bashorat qilish va SI ga asoslangan ilovalarga suvdan foydalanishni optimallashtirish imkonini beradi [1]. Masalan, Tucson Suv Departamenti VODA.ai tizimidan foydalanib, suv quvurlarining holatini doimiy baholaydi va nosozlik ehtimolini prognoz qiladi, bu esa sizishlarni oldini olishga yordam beradi [3]. SI shuningdek, chiqindilarni boshqarishda samaradorlikni oshiradi; SI ga asoslangan ilovalar chiqindi yig'ish yo'nalishlarini optimallashtirib, yoqilg'i sarfini va operatsion xarajatlarni kamaytiradi [1, 2]. Ta'minot zanjiri samaradorligini oshirish orqali ham SI uglerod izini minimallashtirishga hissa qo'shadi [4]. Umuman olganda, SI ning ushbu keng qamrovli qo'llanilishi uglerod chiqindilarini kamaytirish, resurs samaradorligini oshirish va shahar hayotini yaxshilash kabi umumiy foydalarni ta'minlaydi [1].

AI ga asoslangan yechimlar shahar harakati va infratuzilmasini yashil tamoyillar asosida qayta shakllantirishda muhim ahamiyatga ega. Transport tizimida SI ning qo'llanilishi tirbandliklarni kamaytirish, yoqilg'i sarfini optimallashtirish va havo ifloslanishini pasaytirish orqali sezilarli ekologik foyda keltiradi. Singapur, SI ga asoslangan transport boshqaruvi tizimlari yordamida tirbandliklarni 20% ga kamaytirishga va shahar bo'ylab chiqindilarni 15% ga qisqartirishga erishgan [2]. Jamoat transportidagi innovatsiyalar natijasida yo'lovchilar soni 25% ga oshgan, kutish vaqtlari 15% ga qisqargan va chiqindilar 10% ga kamaygan [2]. Sietlning "Project Green Light" loyihasi esa SI yordamida svetoforlarni optimallashtirib, to'xtashlar sonini 30% ga, CO₂ chiqindilarini esa 10% ga kamaytirish salohiyatini namoyish etmoqda [3].

Infratuzilma sohasida SI raqamli egizaklar (digital twins) texnologiyasi orqali muhim rol o'ynaydi. Raqamli egizaklar shaharning virtual nusxalari bo'lib, ular shahar tizimlarini simulyatsiya qilish, rivojlanishni yo'naltirish va turli stsenariylarning ta'sirini baholash imkonini beradi. Barselonaning "Local Digital Twin" loyihasi "15 daqiqalik shahar" konsepsiyasiga muvofiqlikni baholashda qo'llaniladi [2]. Las-Vegas kabi shaharlar raqamli egizaklardan energiya iste'moli, chiqindilar va transportni modellashtirish, siyosatni shakllantirish uchun foydalanadi [3]. Galveston, Texas, esa raqamli egizak yordamida suv toshqinining ta'sirini simulyatsiya qilib, shaharning chidamliligini rejalashtirishga yordam beradi [3]. Bundan tashqari, SI binolarning energiya samaradorligini oshirishda ham muhim rol o'ynaydi. Sensorlar va ob-havo ma'lumotlariga asoslangan real vaqt rejimida HVAC



tizimlarini boshqarish orqali generativ SI binolarning energiya iste'molini optimallashtirishi mumkin [3].

Atrof-muhit monitoringi va siyosatni shakllantirishda ma'lumotlar tahlili va sun'iy intellekt (SI) ning integratsiyasi "aqlli shaharlar" uchun barqaror rivojlanish strategiyalarini ishlab chiqishda hal qiluvchi ahamiyatga ega. Sensorlar va IoT texnologiyalari yordamida real vaqt rejimida atrof-muhit monitoringi havo sifati, suv sifati, shovqin darajasi va boshqa ekologik omillar haqida qimmatli ma'lumotlarni taqdim etadi [1, 3]. SI algoritmlari ushbu ma'lumotlar massivini tahlil qilib, murakkab naqshlarni aniqlaydi, atrof-muhitdagi o'zgarishlarni bashorat qiladi va potentsial xavflarni oldindan sezadi. Bu esa shahar ma'muriyatiga xabardor qarorlar qabul qilish va ekologik muammolarga o'z vaqtida javob berish imkonini beradi [1].

Generativ SI atrof-muhitni bashorat qilishda ham katta salohiyatga ega. U turli manbalardan olingan ma'lumotlarni birlashtirib, mahalliy havo sifati monitoringi va favqulodda vaziyatlarga javob berish tizimlarini yaxshilashi mumkin [3]. Masalan, SI yordamida havo ifloslanishining tarqalishini modellashtirish va uning aholi salomatligiga ta'sirini baholash mumkin, bu esa ifloslanish manbalarini aniqlash va ularni kamaytirish bo'yicha samarali choralar ko'rishga yordam beradi.

Siyosatni shakllantirishda SI va ma'lumotlar tahlili yanada strategik rol o'ynaydi. Raqamli egizaklar va SI modellari turli siyosiy qarorlarning shahar tizimlariga ta'sirini simulyatsiya qilish orqali siyosatchilarga yordam beradi. Masalan, Galveston, Texas, raqamli egizakdan foydalanib, suv toshqinining ta'sirini simulyatsiya qiladi, bu esa shaharning chidamliligini oshirishga qaratilgan siyosatlarni ishlab chiqishda muhim ma'lumot beradi [3]. Barselonaning "Local Digital Twin" loyihasi ham shahar rivojlanishini yo'naltirish va "15 daqiqalik shahar" konsepsiyasiga muvofiqlikni baholash orqali siyosatni shakllantirishda qo'llaniladi [2]. Bu yondashuv shaharlarga reaktiv boshqaruvdan proaktiv boshqaruvga o'tish imkonini beradi, bu esa ekologik muammolarni oldini olish va barqaror rivojlanishni ta'minlash uchun juda muhimdir.

Sun'iy intellekt (SI) ning "aqlli shaharlar"da yashil iqtisodiyot yo'lini ilgari surishdagi ulkan salohiyatiga qaramay, uni tatbiq etishda bir qator jiddiy muammolar va axloqiy masalalar mavjud. Eng muhim muammolardan biri ma'lumotlar maxfiyligi va kiberxavfsizlikdir. SI tizimlari ulkan hajmdagi shaxsiy va shahar ma'lumotlarini to'playdi; bu ma'lumotlarning noto'g'ri ishlatilishi yoki kiberhujumlar fuqarolar maxfiyligiga jiddiy tahdid solishi mumkin [1, 4]. Shuning uchun, ma'lumotlarni himoya qilish mexanizmlarini mustahkamlash va qat'iy boshqaruv siyosatlarini joriy etish zarur.

Ikkinchi muhim masala – SI tizimlaridagi xolislik (bias) va teng



foydalanish imkoniyatidir. SI algoritmlari o'qitilgan ma'lumotlardagi xolislikni aks ettirishi va kuchaytirishi mumkin, bu esa shahar aholisining ayrim guruhlariga nisbatan adolatsiz qarorlarga olib kelishi mumkin [1]. Raqamli bo'linish tufayli SI texnologiyalariga teng foydalanish imkoniyatini ta'minlash ham muhimdir.

SI, xususan, generativ SI ning o'zining ekologik izi ham baholanishi kerak. Murakkab SI modellarini o'qitish va ishga tushirish uchun katta miqdordagi energiya talab qilinadi, bu esa uglerod chiqindilarini oshirishi mumkin [3]. Shu sababli, SI ni tatbiq etishda energiya iste'molini minimallashtirish va qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanishga ustuvor ahamiyat berish lozim. Standartlashtirishning yetishmasligi va manfaatdor tomonlar o'rtasidagi hamkorlikning sustligi ham SI ni "aqlli shaharlar"ga tatbiq etishda to'siq bo'lishi mumkin [4].

Axloqiy jihatdan, SI ning shaffofligi, javobgarligi va nazorati masalalari dolzarbdir. SI qaror qabul qilish jarayonlari tushunarli va izohlanadigan bo'lishi kerak (explainable AI) [3]. SI ni tatbiq etishda ehtiyotkorlik, risklarni boshqarish va moliyaviy barqarorlikni ta'minlash zarur [1, 3]. Ushbu muammolarni hal qilish uchun SI ni tatbiq etish aniq barqarorlik maqsadlariga mos kelishi, axloqiy tamoyillarga rioya qilishi va shaffoflikni ta'minlashi kerak [3]. Birlashgan Arab Amirliklari kabi davlatlar strategik siyosatlarni ishlab chiqish orqali namuna ko'rsatmoqda, bu esa to'g'ri siyosat va investitsiyalar bilan SI ning iqtisodiy va ekologik foydalarini maksimal darajada oshirish mumkinligini ko'rsatadi [4]. Ushbu muammolarni kompleks yondashuv orqali hal qilish "aqlli shaharlar"ning yashil iqtisodiyot yo'lida muvaffaqiyatli rivojlanishini ta'minlaydi.

Natijalar va muhokama

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, sun'iy intellekt texnologiyalarining "aqlli shaharlar" tizimiga integratsiyalashuvi yashil iqtisodiyot tamoyillarini samarali amalga oshirishda muhim omil hisoblanadi. Ayniqsa, energiya resurslaridan oqilona foydalanish, ekologik monitoringni kuchaytirish va transport tizimini optimallashtirish jarayonlarida sun'iy intellekt texnologiyalarining amaliy samaradorligi yuqori ekanligi aniqlandi. Tadqiqot davomida tahlil qilingan davlatlar tajribasi shuni ko'rsatdiki, aqlli boshqaruv tizimlari orqali energiya iste'moli sezilarli darajada kamayib, karbonat anhidrid chiqindilarini qisqartirish imkoniyati yuzaga kelmoqda.

Natijalar asosida "aqlli shahar" infratuzilmasida IoT (Internet of Things), Big Data va sun'iy intellekt algoritmlarining uyg'unlashuvi shahar boshqaruvining samaradorligini oshirishi aniqlashtirildi. Masalan, aqlli svetofoir tizimlari transport oqimini avtomatik boshqarish orqali tirbandliklarni kamaytiradi va yoqilg'i sarfini qisqartiradi. Bu esa nafaqat iqtisodiy



samaradorlikni oshiradi, balki atmosfera ifloslanishining oldini olishga ham xizmat qiladi. Shu bilan birga, energiya taqsimotini avtomatik nazorat qiluvchi sun'iy intellekt tizimlari elektr energiyasidan foydalanish samaradorligini oshirib, ortiqcha sarf-xarajatlarni kamaytiradi.

Muhokama jarayonida aniqlanishicha, yashil iqtisodiyotning muvaffaqiyatli rivojlanishi faqat texnologik omillar bilan emas, balki institutsional boshqaruv, ekologik siyosat va raqamli infratuzilmaning rivojlanganlik darajasi bilan ham bevosita bog'liqdir. Ayrim rivojlanayotgan davlatlarda sun'iy intellekt texnologiyalarini joriy etishda moliyaviy resurslarning cheklanganligi, yuqori texnologik infratuzilmaning yetarli emasligi hamda malakali mutaxassislar tanqisligi asosiy muammolar sifatida namoyon bo'lmoqda. Shu sababli "aqlli shahar" modelini shakllantirishda davlat va xususiy sektor hamkorligini kuchaytirish muhim ahamiyat kasb etadi. Shuningdek, tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, "aqlli shaharlar" konsepsiyasi doirasida yashil iqtisodiyotga o'tish uzoq muddatli strategik jarayon hisoblanadi. Mazkur jarayonni samarali tashkil etish uchun raqamli transformatsiya, ekologik xavfsizlik va iqtisodiy barqarorlik o'rtasidagi muvozanatni ta'minlash talab etiladi. Sun'iy intellekt texnologiyalari aynan shu muvozanatni shakllantirishda asosiy innovatsion vosita sifatida namoyon bo'lmoqda.

Xulosa

Ushbu maqola sun'iy intellektning "aqlli shaharlar"da yashil iqtisodiyot tamoyillarini ilgari surishdagi markaziy rolini ta'kidlaydi. SI resurslardan oqilona foydalanish, energiya va transport tizimlarini optimallashtirish, shuningdek, atrof-muhit monitoringi va siyosatni shakllantirish orqali shahar barqarorligini oshiradi. Biroq, ma'lumotlar maxfiyligi, kiberxavfsizlik, algoritmlardagi xolislik va SI ning o'zining ekologik izi kabi jiddiy muammolar mavjud. Shuning uchun, SI ning to'liq salohiyatini ro'yobga chiqarish uchun axloqiy me'yorlarga asoslangan, shaffof va kompleks strategik yondashuvni joriy etish muhimdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Singh, S. K., Singh, P. K., & Singh, A. K. (Muharrirlar.). Sun'iy intellekt barqaror shaharlar uchun. Singapore: Springer, 2022.
2. Komninos, N., & Kakderi, C. Aqlli Shaharlar va Yashil Iqtisodiyot: Raqamlashtirish va Barqarorlik. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2022.
3. Singh, S. K., Singh, P. K., & Singh, A. K. (Muh.). Aqlli shaharlarda Etik Sun'iy Intellekt: Imkoniyatlar va Qiyinchiliklar. Singapore: Springer, 2023.



4. Allam, A., & Dhillon, A. "Sun'iy intellekt aqlli shaharlarda: Ilovalar, qiyinchiliklar va imkoniyatlarga sharh." *Shahar Boshqaruvi Jurnal*i, vol. 10, no. 1, 2021, pp. 43-54.
5. Mohammadi, M., Al-Fuqaha, A., & Guizani, M. "Aqlli shaharlarda aqlli energiya boshqaruvi uchun sun'iy intellekt: Sharh." *IEEE Access*, vol. 9, 2021, pp. 10321-10339.
6. Al-Fuqaha, A., Mohammadi, M., Al-Fuqaha, S. Q., & Guizani, M. "Aqlli shaharlarda Xulq-atvor Interneti (IoB): ilovalar, muammolar va imkoniyatlarga sharh." *IEEE Narsalar Interneti Jurnal*i, jild. 9, son. 1, 2022, bet. 1-10.