



SUV TA'MINOTI TIZIMLARINING RAQAMLI EGIZAKLARINI ISHLAB CHIQISH VA TADQIQ ETISH

Boboyev.A

**Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, “Avtomatlashtirish va
boshqaruv” kafedrası dotsenti,**

Suyunova .M

**Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, “Avtomatlashtirish va
boshqaruv” kafedrası magistri**

Annotatsiya. 2020 yil COVID-19 (koronavirus kasalligi) pandemiyasi davrida, odamlar butun dunyo bo‘ylab ijtimoiy masofada bo‘lib va masofadan ishlagani sababli, kundalik faoliyatlar naqshlari keskin o‘zgardi. Kundalik tartiblarning o‘zgarishi suv iste‘moli naqshlarining o‘zgarishiga olib keldi. Suv talabining sezilarli o‘zgarishlari suv taqsimlash tizimlarining ishlashiga ta’sir qilishi mumkin, natijada suvning yoshiga, tarmoqdagi bosimga va energiya iste‘moliga ta’sir qiladigan yangi oqim naqshlari vujudga keladi. Ushbu tadqiqot COVID-19 pandemiyasi bilan bog‘liq suv talablari o‘zgarishlari natijasida infratuzilmaga ta’sirlarni baholash uchun Advanced Metering Infrastructure (AMI) ma’lumotlarini gidravlik model bilan bog‘laydigan raqamli egizak (digital twin) ishlab chiqadi. 2019 yil va COVID-19 ssenariylari uchun gidravlik model suv yoshi asosida suv sifatidagi o‘zgarishlarni, tarmoqdagi tugunlar bo‘yicha bosimni va ichimlik suvini taqsimlash uchun tizim tomonidan talab qilinadigan energiyani baholash uchun ishga tushirildi. Suv ta’minotining uzilishi hodisasi tarmoqning 2019 yil va COVID-19 talablaridagi turg‘unligini (barqarorligini) baholash maqsadida asosiy suv quvuri uzilishi sifatida modellashirildi. Raqamli egizak paydo bo‘layotgan iste‘mol naqshlarini va ularning suv tizimlari ishlashiga ta’sirini o‘rganish va vizuallashtirish imkoniyatlarini taqdim etadi, bu esa suv ta’minoti boshqaruvchilari uchun qimmatli tahlillar va infratuzilmani optimallashtirish bo‘yicha uzoq muddatli rejalashtirish uchun foydali tushunchalar beradi.

Kalit so‘zlar: COVID-19; Suv talabi; Suv taqsimlash tizimlari; Ko‘p modeli nosozlik; Turg‘unlik; Raqamli egizak.

1.Kirish

Raqamli egizak (digital twin) aqlli shahar texnologiyasi sifatida suv infratuzilmasini boshqarishni yaxshilash uchun real vaqt rejimidagi ma’lumotlardan foydalanish yondashuvini taqdim etadi. Raqamli egizak — bu tizimning dinamik raqamli nusxasi



bo‘lib, uning real dunyodagi xatti-harakatlarini aks ettiradi . Raqamli egizak fizik obyektning joriy va kelajakdagi holatlarini ifodalash va bashorat qilish uchun yuqori vaqtinchalik va fazoviy aniqlikda uzatiladigan katta ma’lumotlar oqimini modelga asoslangan simulyatsiyalar bilan integratsiya qiladi . Raqamli egizak infratuzilma ma’lumotlarini saqlashi, hamda manfaatdor tomonlar o‘rtasida ma’lumotlarni xavfsiz tarzda almashish va vizuallashtirish imkoniyatlarini taqdim etishi mumkin.

Raqamli egizak yondashuvi turli sensorlardan olingan ma’lumotlarni fizik jarayonlar simulyatsiyasi bilan avtomatik ravishda integratsiya qiladi va foydalanuvchilar real vaqt rejimida operatsion qarorlar qabul qilish uchun ma’lumotlarni tahlil qilishi va boshqarishi mumkin .Infratuzilma va jamiyat xulq-atvorining raqamlashtirilishi barqaror shahar boshqaruvi uchun yangi imkoniyatlar yaratiladi.ADIBarqaror shahar boshqaruvining muhim tarkibiy qismi — bu ofatlarga javob berish bo‘lib, raqamli egizaklar o‘zlarining real vaqt qaror qabul qilishni qo‘llab-quvvatlash imkoniyatlari tufayli ofatlar kontekstida muhim qo‘llanilishga ega. Shaharlardagi ofatlar tezda rivojlanadi va murakkablashadi, chunki xavf omillari o‘zaro bog‘langan ijtimoiy va texnik tizimlarga zarba beradi, natijalar esa o‘zaro ulanadigan infratuzilma tizimlari bo‘ylab zanjirsimon tarzda tarqaladi. Jamiyatning ofatlarni boshqarishi oqibatlarni oldindan ko‘ra olish va yumshatuvchi choralarni tanlash uchun jamiyat va ofatning o‘ziga xos xususiyatlarini birlashtirishi lozim.

Raqamli egizak yondashuvi ko‘p manbali ma’lumotlarni sezish, ma’lumotlar tahlili, qaror qabul qilish va tarmoq tahlilini birlashtirib, favqulodda vaziyatlarni boshqarishni yaxshilashi mumkin. Jamiyat a’zolarining joylashuvi, qarorlari va xatti-harakatlari bo‘yicha real vaqt ma’lumotlarini infratuzilma simulyatsiya modellashtirish bilan integratsiya qiluvchi yangi sotsiotexnik yondashuvlar ofat rivojlanishi jarayonida oqibatlarni vizuallashtirish, bashorat qilish va yumshatishni yo‘naltirish uchun qo‘llanishi mumkin.

Raqamli egizaklarni ishlab chiqishning asosiy harakatlantiruvchi omillaridan biri — ularni ishlab chiqarish sohasida qo‘llashdir raqamli egizakdan isitish, shamollatish va konditsioner (HVAC) tizimlari ma’lumotlaridagi anomaliyalarni aniqlash va nosoz nasoslarni topish uchun foydalangan. Raqamli egizaklarning boshqa qo‘llanilishlari murakkab binolarning konstruktiv holatini baholash va profilaktik texnik xizmat ko‘rsatishni amalga oshirishga qaratilgan. Masalan, Milan soborining konstruktiv holatini modellashtirib, zararlarni bashorat qilish va profilaktik xizmat ko‘rsatish faoliyatini belgilashgan. Mualliflar kuzatilgan ma’lumotlarni murakkab tizimlar modellariga birlashtiruvchi yondashuvni rivojlantirishda raqamli egizaklarning muhimligini ta’kidlaydi.

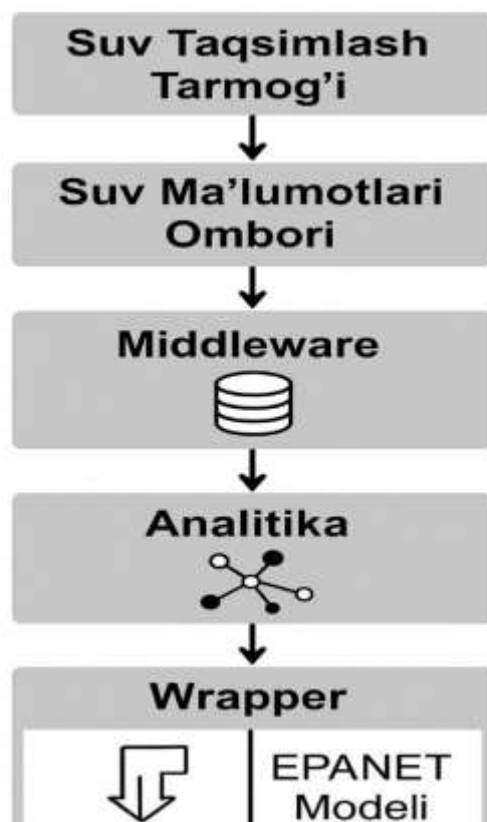


Raqamli egizak suv infratuzilmasi ilovalari uchun bir nechta tadqiqotlar orqali o'rganilgan. Katta ma'lumotlar va suv tizimlari modellarini birlashtiruvchi, atrof-muhit sensorlarini ma'lumotlar ombori va suv tizimi modeli bilan bog'laydigan ma'lumotlar aylanishi asosidagi konsepsiyani taklif qilgan. Konsepsiyaning ayrim komponentlari suv taqsimlash tizimi uchun raqamli egizak sifatida amalga oshirilgan bo'lib, bunda dinamik talab taqsimlash moduli qo'llangan — ushbu modul oqim holatidagi AMI ma'lumotlarini gidravlik modelga kiritish ushbu raqamli egizak konsepsiyasini Ispaniyaning Valensiya shahri uchun yanada kengaytirgan. Raqamli egizak SCADA ma'lumotlari yordamida infratuzilma elementlari holatini avtomatik yangilaydi va AMI ma'lumotlari asosida tugunlardagi iste'molni yangilaydi. Qo'shimcha algoritmlar GIS ma'lumotlaridan foydalanib tarmoq topologiyasini yangilash; SCADA ma'lumotlaridagi xatolarni filtrlaydi va tuzatadi; va aqlli hisoblagichlar mavjud bo'lmagan abonentlar uchun talablarni hisoblashni amalga oshiradi.

2. Metodlar

Ushbu tadqiqotda qo'llanilgan raqamli egizak (digital twin) asosiy tuzilmasi 1-rasmda ko'rsatilgan.. Tuzilma uchta dasturlash tilidan foydalanilgan holda ishlab chiqilgan. R va stringr paketi AMI xom ma'lumotlariga kirish uchun ishlatilgan (R Core Team, Wickham). Python dasturlash tili va scikit-learn paketi (Pedregosa, Varoquaux, Gramfort, Michel, Thirion, Grisel, Blondel, Prettenhofer, Weiss, Dubourg, Vanderplas, Passos, Cournapeau, Brucher, Perrot, Duchesnay, 2011; Van Rossum, Drake, 2009) ma'lumotlarni tozalash, wrapper yaratish va suv talabi o'zgarishlarini tahlil qilish uchun qo'llangan.

EPANET–MATLAB toolkit (Eliades, Kyriakou, Vrachimis, Polycarpou, 2016; MATLAB, 2020; Rossman, Woo, Tryby, Shang, Janke, Haxton, 2020) esa gidravlik simulyatsiya va infratuzilma ta'sirlarini tahlil qilish uchun ishlatilgan.



1-rasm

2.1. Umumiy suv iste'moli

Ichimlik suvi tozalash inshootlari tomonidan ishlab chiqarilgan va tarmoqqa uzatilgan suv hajmi boshqaruv maqsadlarida hisobot qilinadi. Talab hajmi yoki iste'mol qilingan suv esa tizim qancha suv tarqatayotganini umumiy tushunish imkonini beradi. Iste'mol grafiklari ham tekshirish uchun beriladi. Umumiy suv iste'moli (1)-tenglamada ko'rsatilganidek hisoblanadi:

$$Q_{system} = \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^T b_i \times p_k$$

Bu yerda:

Q_{system} — tizim tomonidan iste'mol qilingan umumiy suv hajmi (m^3),

b_i — tarmoqdagi har bir tugunning (i) asosiy talabi ($m^3/soat$) bo'lib, u demografik ma'lumotlar va xizmat ko'rsatish darajasiga asoslanadi (N — talabga ega tugunlar soni),

p_k — har bir vaqtdagi talab o'zgarishini hisobga oluvchi ko'paytma,

T — vaqt bosqichlari soni.



Tugunlardagi talab o'zgarishi tizim tomonidan iste'mol qilingan umumiy suv hajmiga bevosita ta'sir qiladi.

3. Natija va

Suv taqsimlash
bog'liq. Agar
ishlash rejimi

$$\overline{P}_{sys} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{i,t}}{N}$$

ortib ketadi. Tizimning o'rtacha bosimi ($\overline{P}_{sys}$) quyidagi (2)-tenglama orqali, ya'ni ma'lum bir vaqt bosqichida barcha tugunlardagi bosimlarning o'rtachasi sifatida aniqlanadi:

muhojama

tizimlarida bosim bevosita talab bilan talab kamaygan bo'lsa va tizim moslashtirilmasa, tarmoqdagi bosim

Bu yerda:

$P_{i,t}$ — t vaqt bosqichida i-tugundagi bosim (m),

N — tarmoqdagi tugunlar soni.

Energiya sarfi

Istemolchilarga suv yetkazib berish jarayoni energiya ishlab chiqarish va iste'mol qilishni talab qiladi. Suvga bo'lgan talabning o'zgarishi suv ta'minoti tizimlarida energiya sarfining o'zgarishiga ham olib kelishi mumkin

(Beal, Gurung, Stewart, 2016; Friedman, Heaney, Morales, Palenchar, 2014).

Tizimdagi nasoslar tomonidan ishlab chiqarilgan energiyaning yig'indisi umumiy energiya hisoblanadi. Energiya (E) har bir nasos (pmp) tomonidan tarmoqdagi i va j tugunlarini bog'lagan holda quyidagi tenglama (3) orqali kVt·soat birligida hisoblanadi:

$$E_{k,pmp} = \gamma \times Q_{k,pmp} \times \Delta h_{k,ij} \times k$$

Bu yerda:

γ — suvning o'ziga xos og'irligi (kN/m³),

$Q_{k,pmp}$ — k vaqtidagi nasosning suv oqim tezligi (m³/soat),

$\Delta h_{k,ij}$ — i va j tugunlari orasidagi bosim balandliklari farqi,

k — gidravlik modellashtirishning vaqt bosqichi.

Tenglamadan ko'rinadiki, suv iste'moli kamayganda nasoslar tomonidan iste'mol qilinadigan energiya ham kamayadi.

4. Xulosa

Ushbu tadqiqot COVID-19 pandemiyasi davrida talablarning o'zgarishi suv



infratuzilmasiga qanday ta'sir ko'rsatganini baholash uchun raqamli egizak (digital twin) modelini ishlab chiqadi. Aqlli hisoblagichlardan olingan ma'lumotlar (smart meter) orqali COVID-19 davrida uyda qolish cheklovlari sabab suv iste'moli qanday o'zgargani aniqlangan.

2019-yil fevral–aprel va 2020-yil fevral–aprel (pandemiya davri) oralig'idagi 12 haftalik ma'lumotlar solishtirildi. AMI ma'lumotlariga ko'ra, odatda ertalab va kechqurun ikki cho'qqiga ega bo'lgan sutkalik iste'mol grafigi COVID-19 davrida o'zgarib, ish kunlari ertalabgi cho'qqi yo'qolib, iste'molning yagona cho'qqisi kechki paytga siljigan.

Digital twin AMI talablari bilan gidravlik modelni bog'lash, hamda o'zgarib borayotgan infratuzilma ishlashini tahlil qilish uchun joriy etildi. Bosim, energiya sarfi va suv sifati COVID-19 davridagi sharoitda simulyatsiya qilindi. Shutdownning dastlabki haftalarida 2019-yil holatiga nisbatan katta o'zgarishlar kuzatildi. Taxminan 3–4 haftadan so'ng, talablar tiklanishi bilan tizim ko'rsatkichlari ham pandemiya gacha bo'lgan normal holatga qaytdi.

Asosiy tozalash inshootidagi suv uzilishi holati ham modellashtirilib, talablarning o'zgarishi tizim barqarorligiga qanday ta'sir qilishi baholandi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, talabning kamayishi tufayli bosim yo'qotilishi xavfi kamaygan.

5. Adabiyotlar

1. Alsharef A., Banerjee S., Uddin S., Albert A., Jaselskis E. AQSh qurilish sanoatiga COVID-19 pandemiyasining dastlabki ta'siri. Atrof-muhit bo'yicha xalqaro ilmiy tadqiqotlar va jamoat salomatligi jurnali. 2021; 18(4):1559. doi: 10.3390/ijerph18041559.
2. American Water Works Association (2020). COVID-19 inqirozining AQSh ichimlik suvi kommunal korxonalariga moliyaviy ta'siri. AWWA rasmiy hisobot, 2020.
3. Angjeliu G., Coronelli D., Cardani G. Tarixiy g'ishtin inshootlarda raqamli egizak ilovalari uchun simulyatsiya modelini ishlab chiqish: raqamli va eksperimental haqiqatning integratsiyasi. Kompyuterlar va Tuzilmalar. 2020; 238:106282.
4. Asadi-Ghalhari M., Aali R. COVID-19: Ommaviy joylarni qayta ochishda ichki quvurlar tarmoqlarida turg'un suv orqali ikkilamchi sog'liq xavflari. Ichki va qurilgan muhit jurnali. 2020.
5. AWWA qo'mitasi hisobot: Suv taqsimoti tizimini modellashtirishdagi tendensiyalar. Amerika Suv Tarmoqlari Assotsiatsiyasi jurnali. 2014; 106(10):51–59.
6. Balacco G., Totaro V., Iacobellis V., Manni A., Spagnoletta M., Piccinni A.F. COVID-19 tarqalishining ichimlik suviga bo'lgan talabga ta'siri: Italiyaning janubidagi Pugliya viloyati misolida. Barqarorlik jurnali. 2020; 12(15):5919.



- 7.Beal C.D., Gurung T.R., Stewart R.A.Talabni boshqarish orqali ta'minot samaradorligini oshirish: cho'qqi iste'molni kamaytirishga qaratilgan modellashtirilgan strategiyalar.Barqaror ishlab chiqarish va iste'mol. 2016; 6:1–11.
- 8.Berglund E.Z., Monroe J.G., Ahmed I., Noghabaei M., Do J., Pesantez J.E., ... Aqlli infratuzilma: aqlli shaharlar rivojida fuqarolik muhandisligi kasbining roli bo'yicha konsepsiya.Infratuzilma tizimlari jurnali. 2020; 26(2):03120001.
- 9.Berglund E.Z., Thelemaque N., Spearing L., Faust K.M., Kaminsky J., Sela L.Suv va oqova suv tizimlari hamda kommunal xizmatlar: COVID-19 pandemiyasi davridagi muammolar va imkoniyatlar.Suv resurslarini rejalashtirish va boshqarish jurnali. 2021; 147(5):02521001.
- 10.Berman J.D., Ebisu K.AQShda COVID-19 pandemiyasi vaqtida havo ifloslanishidagi o'zgarishlar.To'liq ekologik fan jurnali. 2020; 739:139864.doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.139864