HSR (LONDON),
HOUGHTON STREET REVIEW JOURNAL
ISSN: 2058-5519|Impact factor-15.9
http://houghtonstreetreview.com/index.php/hsr

SHAHAR KO‘CHA VA YO‘LLARIDA YOMG‘IR SUVLARINI OQIZISH TIZIMINING GIDROLOGIK VA GIDRAVLIK HISOBLASH USULLARINING ZAMONAVIY HOLATI VA ULARNI TAKOMILLASHTIRISH ISTIQBOLLARI

Toshtemirova Durdona Alisher qizi
Toshkent arxitektura-qurilish universiteti
E-mail: durdonatoshtemirova75@gmail.com

Doi: https://doi.org/10.5281/zenodo.21952924

Annotatsiya: Shaharlarning jadal urbanizatsiyasi, suv o‘tkazmaydigan qoplamalar ulushining ortishi va ekstremal yog‘ingarchiliklar xavfining kuchayishi yomg‘ir suvlarini oqizish tizimlarini loyihalash yondashuvlarini qayta ko‘rib chiqishni talab etmoqda. Maqolaning maqsadi shahar ko‘cha va yo‘llarida yomg‘ir suvlari oqimini hisoblashda qo‘llaniladigan gidrologik va gidravlik usullarni tizimli qiyoslash hamda ularni Toshkent sharoitida qo‘llash uchun yagona metodik ketma-ketlikni taklif etishdan iborat. Tadqiqot adabiyotlar tahlili, qiyosiy-tizimli yondashuv va me’yoriy hujjatlarni tahlil qilish asosida bajarildi. Rational, SCS-CN, SWMM, HEC-HMS, Manning va Darcy–Weisbach yondashuvlarining vazifalari, afzalliklari va cheklovlari baholandi. Shuningdek, SuDS, LID va WSUD konsepsiyalarining urban drenajga integratsiyasi ko‘rib chiqildi. Tahlil natijasida Rational usulini kichik va o‘rta suv yig‘ilish havzalarida dastlabki maksimal oqim sarfini baholash, Manning tenglamasini erkin oqimli drenaj quvurlarining boshlang‘ich gidravlik parametrlarini tanlash, SWMM yoki HEC-HMSni esa murakkab tizimlarni ssenariyli tekshirish uchun qo‘llashdan iborat ketma-ketlik taklif qilindi. Ushbu yondashuv Toshkent sharoitida GIS, mahalliy yog‘ingarchilik ma’lumotlari va raqamli modellashtirishni birlashtirish imkonini beradi. Maqolaning ilmiy-amaliy qiymati usullarni alohida emas, balki loyiha bosqichlari bo‘yicha yagona metodik tizimga birlashtirish taklifida namoyon bo‘ladi. Yondashuv keyingi bosqichda mahalliy kuzatuv ma’lumotlari bilan kalibrlanishi lozim.

Kalit so‘zlar: shahar drenaji, yomg‘ir suvlari, urban gidrologiya, Rational usuli, Manning tenglamasi, SWMM, HEC-HMS, GIS.

KIRISH

Urbanizatsiya natijasida tabiiy suv o‘tkazuvchan yuzalar qisqarib, asfalt, beton va boshqa impervious qoplamalar ulushi ortadi. Bu jarayon yog‘in suvlarining infiltratsiyasini kamaytirib, qisqa vaqt ichida yuzaki oqimning shakllanishini tezlashtiradi. Urban gidrologiya bo‘yicha zamonaviy sharhlar yomg‘irni kuzatish va modellashtirish, suv sifatini himoya qilish hamda drenaj tizimlarini iqlim noaniqligiga moslashtirish masalalari tobora muhimlashayotganini ko‘rsatadi[1]. IPCC baholashlari ham inson faoliyati bilan bog‘liq iqlim o‘zgarishi ekstremal hodisalar, jumladan kuchli yog‘ingarchiliklar xavfining o‘zgarishi bilan bog‘liqligini qayd etadi[2]. Toshkent shahridagi amaliy holat ham muammoning dolzarbligini ko‘rsatadi. Toshkent shahar hokimligining 2026-yil 12-maydagi rasmiy ma’lumotiga ko‘ra, 10-may kuni shaharda 35 mm yog‘ingarchilik qayd etilgan va uning katta qismi ikki soatdan kam vaqtda tushgan; sakkiz tumanda 23 ta suv to‘planish holati bo‘yicha murojaat qayd etilgan[3]. Rasmiy ma’lumotda amaldagi yomg‘ir suvi drenaj tizimi kuniga 20 mm gacha yog‘ingarchilikni qabul qilishga mo‘ljallangani, bosh reja doirasida quvvatni 36 mm gacha oshirish ko‘zda tutilgani bildirilgan. Bu ma’lumotlar kuchli qisqa muddatli yog‘ingarchiliklar uchun drenaj tizimining gidrologik va gidravlik ishonchliligini qayta baholash zarurligini ko‘rsatadi.

HSR (LONDON),
HOUGHTON STREET REVIEW JOURNAL
ISSN: 2058-5519|Impact factor-15.9
http://houghtonstreetreview.com/index.php/hsr

Yomg‘ir suvi oqimini hisoblashda Rational usuli soddaligi sabab kichik suv yig‘ilish havzalari uchun amaliy vosita sifatida qo‘llanadi; uning umumiy ko‘rinishi Q = C·i·A bo‘lib, hisobiy oqim yog‘ingarchilik intensivligi, oqim koeffitsiyenti va havza maydoniga bog‘lanadi[4,5]. Biroq murakkab urban tizimlarda vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi yog‘in, infiltratsiya, quvur tarmog‘i va suv bosish holatlarini birgalikda modellashtirish uchun dinamik modellar zarur bo‘lishi mumkin. EPA SWMM aynan urban drenaj tizimlarida bir martalik hodisa yoki uzluksiz simulyatsiya uchun qo‘llanadigan dinamik yomg‘ir–oqim modeli sifatida ishlab chiqilgan[6]. HEC-HMS esa yog‘in–oqim va oqimni yo‘naltirish jarayonlarini modellashtirish uchun turli gidrologik usullarni birlashtiradi[7].

Gidravlik bosqichda drenaj quvurlarining o‘tkazuvchanligi, oqim tezligi va diametri aniqlanadi. Erkin oqimli kanallar va qisman to‘lgan quvurlar uchun Manning tenglamasi amaliy jihatdan qulay; avtomobil yo‘llari va urban drenaj tizimlari uchun FHWAning HEC-22 qo‘llanmasi gidrologik va gidravlik loyihalash jarayonlarini, jumladan yomg‘ir–oqim, yo‘l yuzasi drenaji, kirish inshootlari va storm-drain quvurlarini qamrab oladi[5,8]. Bosimli yoki murakkab gidravlik yo‘qotishlar mavjud bo‘lganda Darcy–Weisbach kabi yondashuvlardan foydalanish mumkin[9,10]. Tadqiqot muammosi shundaki, mavjud ishlarning katta qismi alohida usul yoki alohida hududga qaratilgan. Toshkent uchun esa gidrologik oqimni dastlabki baholashdan tortib quvur parametrlarini tanlash va tarmoqni dinamik tekshirishgacha bo‘lgan bosqichlarni yagona metodik ketma-ketlikda birlashtirish masalasi alohida asoslashni talab etadi. Shuning uchun ushbu maqolaning maqsadi mavjud yondashuvlarni qiyoslash va Toshkent sharoitida keyingi amaliy tekshiruvlarga asos bo‘ladigan metodik ketma-ketlikni taklif etishdir

Tadqiqot vazifalari: zamonaviy gidrologik va gidravlik usullarni tasniflash, ularning qo‘llanish shartlari va cheklovlarini qiyoslash, xalqaro barqaror drenaj yondashuvlarini umumlashtirish, Toshkent sharoitidagi mavjud muammolarni aniqlash, Rational–Manning–SWMM/HEC-HMS asosidagi yagona metodik ketma-ketlikni ishlab chiqish.

ADABIYOTLAR SHARHI

Urban gidrologiya tadqiqotlari yomg‘ir, yuzaki oqim, drenaj tarmog‘i va qabul qiluvchi suv obyektlari o‘rtasidagi bog‘lanishni kompleks ko‘rib chiqadi. Fletcher, Andrieu va Hamel urban gidrologiyaning rivojlanishi kichik vaqt va makon masshtablarida yog‘in va oqimni bashorat qilish, suv toshqinidan himoyalanish hamda suv sifatini boshqarishni birlashtirayotganini ko‘rsatadi[1]. Butler va Davies urban drenajni gidrologik va gidravlik jarayonlarning o‘zaro bog‘langan tizimi sifatida ko‘rib, loyihalashda havza xususiyatlari, oqim shakllanishi va tarmoq o‘tkazuvchanligini birgalikda baholash zarurligini ta’kidlaydi[11]. Rational usuli kichik havzalarda maksimal loyihaviy oqimni tez baholash uchun qulay. Uning asosiy afzalligi ma’lumotlar talabi nisbatan kam va hisoblashning soddaligidir; asosiy cheklovi esa oqim gidrografini batafsil ifodalamasligi va parametrlarning vaqt bo‘yicha o‘zgarishini cheklangan tarzda aks ettirishidir[4,5]. SCS-CN usuli yog‘in–oqim munosabatida yer qoplamasi, tuproq va infiltratsiya xususiyatlarini hisobga olish imkonini beradi[12]. Murakkab urban tizimlarda SWMMning dinamik imkoniyatlari ayniqsa muhim. EPA hujjatlarida modelning urban hududlardan oqim miqdori va sifatini bir martalik yoki uzluksiz simulyatsiya qilishi ko‘rsatilgan[6]. HEC-HMS esa yog‘in–oqim va oqimni yo‘naltirish jarayonlarini turli usullar orqali modellashtirishga mo‘ljallangan[7]. Gidrologik hisob natijasida olingan Q qiymati drenaj tarmog‘ining gidravlik loyihalash bosqichiga kirish parametri sifatida xizmat qiladi. Manning tenglamasi ochiq oqim va qisman to‘lgan quvurlarda tezlik hamda o‘tkazuvchanlikni baholash uchun amaliy vosita bo‘lib, uning qo‘llanishi urban drenaj loyihalarida keng tarqalgan[5,10]. FHWA HEC-22 qo‘llanmasining 2024-yilgi to‘rtinchi nashri yo‘l bo‘yi storm-drain tizimlarini gidrologik va

HSR (LONDON),
HOUGHTON STREET REVIEW JOURNAL
ISSN: 2058-5519|Impact factor-15.9
http://houghtonstreetreview.com/index.php/hsr

gidravlik loyihalash bo‘yicha yangilangan amaliy ko‘rsatmalarni beradi[8]. Shu sababli Rational orqali Q ni aniqlash va Manning orqali dastlabki D va V parametrlarini tanlash mantiqan ketma-ket bog‘lanadi[4,5,8,10].

Urban drenajning zamonaviy konsepsiyalari faqat suvni tez chiqarishga emas, balki oqimni manbada kamaytirish, infiltratsiyani kuchaytirish, suv sifatini yaxshilash va ko‘p funksiyali shahar makonini yaratishga yo‘naltiriladi. SuDS Manual SuDSni rejalashtirish, loyihalash, qurish va ekspluatatsiya qilish bo‘yicha tizimli yondashuv sifatida tavsiflaydi[13]. Ahiablame, Engel va Chaubey LID amaliyotlarini stormwaterni manbada boshqarish va ularning modellashtirilishini tahlil qilgan[14]. Fletcher va hammualliflar SuDS, LID, BMP va WSUD atamalarining mazmuni va qo‘llanishini tizimlashtirgan[15]. Ashley va hammualliflar WSUDni suv masalasini shahar rejalashtirish va dizayniga integratsiyalash vositasi sifatida ko‘rsatgan[16]. Mavjud adabiyotlar Rational va Manning kabi an’anaviy hisoblash vositalari hamda SWMM/HEC-HMS kabi raqamli modellarni alohida yoki turli kombinatsiyalarda qo‘llashni ko‘rsatadi[4-8,10-12]. Biroq Toshkent uchun mahalliy meteorologik ma’lumotlar, GIS asosidagi havza ajratish, maksimal oqimni Rational orqali dastlabki baholash, Manning orqali quvur parametrlarini tanlash va SWMM orqali tarmoqni ssenariyli tekshirishni yagona metodik ketma-ketlik sifatida shakllantirish ushbu reviewning asosiy ilmiy-amaliy bo‘shlig‘i sifatida belgilanadi. Shu bilan birga, bu yondashuvning samaradorligi hali real Toshkent drenaj tarmog‘i va kuzatuv ma’lumotlari bilan empirik tekshirilmagan; shu sababli maqoladagi taklif “metodik model” sifatida talqin qilinadi.

METODOLOGIYA

Tadqiqot adabiyotlar sharhi va qiyosiy-tizimli tahlil dizaynida olib borildi. Tadqiqotda urban gidrologiya, shahar drenaji, yomg’ir suvlari oqimi, gidrologik va gidravlik hisoblash usullari hamda barqaror drenaj yondashuvlariga oid ilmiy maqolalar,rasmiy texnik qo’llanmalar va me’yoriy hujjatlar tahlil qilindi. Manbalar uch guruhga ajratildi: birinchi guruhga urban gidrologiya va drenaj bo‘yicha ilmiy maqolalar, ikkinchi guruhga SWMM, HEC-HMS va HEC-22 kabi rasmiy texnik qo‘llanmalar, uchinchi guruhga esa SuDS/LID/WSUD va O‘zbekiston sharoitiga oid me’yoriy hamda rasmiy materiallar kiritildi[6-8,13-16]. Manbalarni qiyosiy baholashda quyidagi mezonlardan foydalaniladi: ma’lumotlarga bo’lgan talab, hisoblash murakkabligi, vaqt bo‘yicha oqimni ifodalash imkoniyati, gidrologik jarayonlarni modellashtirish darajasi, gidravlik parametrlarni aniqlash imkoniyati, urban sharoitga moslashuvchanlik va amaliy qo‘llanish sohasi. Shu mezonlar asosida Rational, SCS-CN, SWMM va HEC-HMS gidrologik vositalari hamda Manning va Darcy–Weisbach gidravlik yondashuvlari qiyoslandi[4-8,10,12]. Ratsional usul kichik va o’rta suv yig’ilish havzalarida maksimal loyihaviy oqimni dastlabki baholash vositasi sifatida, Manning tenglamasi drenaj quvurlarining dastlabki gidravlik parametrlarini aniqlash vositasi sifatida, SWMM va HEC-HMS esa murakkabroq gidrologik va urban drenaj jarayonlarini modellashtirish vositasi sifatida ko’rib chiqildi[4-8,10,12].GIS hududiy ma’lumotlarni, suv yig’ilish havzalarini va yer qoplamalarini fazoviy tahlil qilish vositasi sifatida metodik ketma- ketlikka kiritildi. SWMM va HEC-HMS bo‘yicha rasmiy texnik hujjatlar modelning matematik asoslari, asosiy parametrlar va modellashtirish imkoniyatlarini tavsiflash uchun foydalanildi[6,7]. SuDS, LID va WSUD bo‘yicha manbalar esa yomg‘ir suvlarini manbada boshqarish, infiltratsiyani oshirish va drenaj tizimiga tushadigan gidrologik yuklamani kamaytirish yondashuvlarini baholash uchun tahlil qilindi[13,16]. Tahlil natijalari usullarni alohida emas, balki loyiha bosqichlari bo‘yicha o‘zaro bog‘langan metodik ketma-ketlik sifatida qo‘llash imkoniyatini baholashga yo‘naltirildi. Taklif etilayotgan ketma-ketlik GIS → IDF → Rational → Manning → SWMM/HEC-HMS → gidravlik tekshiruv → optimallashtirish shaklida ifodalandi.

HSR (LONDON),
HOUGHTON STREET REVIEW JOURNAL
ISSN: 2058-5519|Impact factor-15.9
http://houghtonstreetreview.com/index.php/hsr

Ushbu ketma-ketlik maqolada empirik jihatdan tasdiqlangan yakuniy model emas, balki mavjud ilmiy va texnik manbalar asosida ishlab chiqilgan metodik sintez sifatida talqin qilinadi.[6-8,13-16].

NATIJALAR

Qiyosiy tahlil natijasida urban drenaj tizimlarini hisoblashda qo‘llaniladigan usullar bir-birining o‘rnini to‘liq bosmasligi, balki loyihalashning turli bosqichlarida o‘zaro to‘ldiruvchi vazifalarni bajarishi aniqlandi. Rational usuli kichik va nisbatan sodda suv yig‘ilish havzalarida maksimal loyihaviy oqimni dastlabki baholash uchun qulay vosita sifatida ajratildi, SWMM esa tarmoqlangan urban drenaj tizimlarining vaqt bo‘yicha ishlashini batafsil tekshirish imkonini beradi [4, 6]. HEC-HMS havza gidrologiyasini mustaqil modellashtirish va Rational usuli orqali olingan natijalarni qo‘shimcha tekshirish uchun qo‘llanishi mumkin [7]. Manning tenglamasi gidrologik hisobdan keyingi gidravlik bosqichda quvur diametri, oqim tezligi va o‘tkazuvchanlik kabi parametrlarni dastlabki tanlash imkonini beradi [5, 8]. Shu asosda gidrologik hisob natijasi bo‘lgan Q qiymati keyingi gidravlik hisoblash uchun boshlang‘ich parametr sifatida qabul qilinadi.

3-jadval. Shahar ko‘cha va yo‘llarida yomg‘ir suvlarini oqizish tizimlarida suvlarni qollash bosqichlari bo‘yicha qiyosiy natijalar

№	Bosqich	Asosiy vazifa	Usul	Kirish ma’lumotlari	Suvlarni qollash usuli (mazmuni)	Natija	Qiyosiy ustunliklari
1	Suv yig‘ilish havzasini aniqlash	Drenajga xizmat qiluvchi hudud chegarasini belgilash	GIS	• Relyef (DEM) • Yo‘l tarmog‘i • Yer qoplami	Havza chegarasi, so‘qmoqlar yo‘nalishi va oqim yo‘llari GIS yordamida aniqlanadi.	A – havza maydoni (ha)	Hududni aniq vizuallashtirish, ma’lumotlarni yangilash oson, relief va tarmoq bilan integratsiya imkoniyati mavjud.
2	Yuzalar tarkibini aniqlash	Suv o‘tkazmaydigan va o‘tkazuvchan yuzalarni ajratish	GIS + tizimli tahlil	• Yer qoplami (kartasi) • Yo‘l va qurilmalarI	Yer qoplami tasnifi asosida oqim koeffitsiyentlari belgilanadi.	C – oqim koeffitsiyenti (↵	Yuzalar alveoli aniq hisoblanadi, C qiymati real sharoitga yaqinlashadi.
3	Loyihaviy yog‘ingarchilikni aniqlash	Yog‘in intensivilgi va davomiyligini belgilash	IDF tahlili	• Mahalliy yog‘ingarchilik qatori • Stansiya ma’lumotlari	IDF egri chiziqlari bo‘yicha berilgan davomiylik (t) va ta’minotlik (P) uchun i aniqlanadi.	i – loyihaviy intensivlik (mm/soat)	Mahalliy sharoitga mos, loyihaga xavfni moslashtirish imkonini beradi.
4	Maksimal oqimni hisoblash	Hisobiy maksimal oqim sarfini dastlabki aniqlash	Rational usuli	• C (oqim koeff.) • i (intensivlik) • A (havza maydoni)	Rational formulasi orqali Qmax aniqlanadi.	Qmax – maksimal oqim (m³/s)	Soddaligi, tez hisoblanadi, kam ma’lumot bilan qo‘llash imkoniyati.
5	Quvur parametrlarini tanlash	O‘tkazuvchanlik va oqim tezligini baholash	Manning tenglamasi	• Q (oqim) • n (qo‘pollik koeff.) • R (gidravlik radius) • S (nishablik)	Manning tenglamasi bilan V va D (diametr) dastlabki tanlanadi.	D – quvur diametri (m) V – oqim tezligi (m/s)	Gidravlik hisob uchun eng keng qo‘llaniladigan usul, amaliy va ishonchli.
6	Tarmoqni dinamik tekshirish	Gidrograf, tugunlar va surcharge holatini baholash	SWMM	• Yog‘in (hyetograf) • Subcatchment, quvur va tugun parametrlari • Chegaraviy shartlar	Tarmoqning vaqt bo‘yicha ishlashini (sath, oqim, surcharge) modellashtiradi.	Gidrograf va tarmoq holati	Murakkab tarmoqni vaqt bo‘yicha aniq baholaydi, suv bosish xiavfini ko‘rsatadi.
7	Gidrologik natijani qo‘shimcha tekshirish	Yog‘in–oqim va routing jarayonlarini baholash	HEC-HMS	• Yog‘in ma’lumotlari • Havza parametrlari • Routing parametrlari	Havza uchun oqim gidrografini mustaqil modellashtiradi.	Gidrograf (m³/s – t)	Havza gidrologiyasini chuqur tahlil qilish, ssenariylarni baholash oson.
8	Yakuniy variantni shakllantirish	Natijalarni birlashtirish va yechimni baholash	GIS + Manning + SWMM/HEC-HMS	• Q, D, S va model natijalari • Texnik va iqtisodiy cheklovlar	Natijalar taqqoslanadi, optumal yechim shakllantiriladi.	Metodik taklif va optimal yechim	Barcha usullar integratsiyasi, texnik va iqtisodiy jihatdan asoslangan yechim.

1-rasm. Shahar ko’cha va yo’llarida yomg’ir suvlarini oqizish tizimlari uchun usullarni qo’llash bosqichlari bo’yicha qiyosiy natijalar

Jadvaldan ko‘rinadiki, usullar funksional jihatdan ketma-ket joylashadi: Rational maksimal oqimni dastlabki baholaydi, Manning shu oqimni o‘tkazish uchun zarur quvur parametrlarini tanlashga xizmat qiladi, SWMM esa butun urban drenaj tarmog‘ining vaqt bo‘yicha ishlashini tekshiradi. HEC-HMS qo‘shimcha gidrologik tekshiruv va ssenariylarni baholash vositasi sifatida qo‘llanadi [4–8]. Qiyosiy natijalarni umumlashtirish asosida Toshkent sharoitida yomg‘ir suvlari drenajini hisoblash

HSR (LONDON),
HOUGHTON STREET REVIEW JOURNAL
ISSN: 2058-5519|Impact factor-15.9
http://houghtonstreetreview.com/index.php/hsr

uchun quyidagi metodik ketma-ketlik taklif etildi: GIS → mahalliy yogingarchilik va IDF → Rational → Manning → SWMM/HEC-HMS → gidravlik tekshiruv → optimallashtirish. Birinchi bosqichda suv yig‘ilish havzasi va yer qoplamalari aniqlanadi. Ikkinchi bosqichda mahalliy meteorologik ma’lumotlar asosida loyihaviy yog‘ingarchilik intensivligi belgilanadi. Uchinchi bosqichda Rational usuli yordamida maksimal oqim sarfi dastlabki hisoblanadi. To‘rtinchi bosqichda Manning tenglamasi asosida quvur diametri, nishabligi va oqim tezligi bo‘yicha dastlabki yechim tanlanadi. Keyingi bosqichda SWMM yordamida tarmoqning vaqt bo‘yicha ishlashi tekshiriladi, zarurat bo‘lganda HEC-HMS orqali havza gidrologiyasi mustaqil baholanadi [4–8]. Toshkent sharoitida ushbu ketma-ketlikni qo‘llashda mahalliy yog‘ingarchilik ma’lumotlarining sifati muhim hisoblanadi. Xususan, 2026-yil 10-maydagi kuchli yog‘ingarchilik bo‘yicha rasmiy ma’lumotlar qisqa vaqt ichida katta miqdordagi yog‘in tushishi mumkinligini ko‘rsatadi [3]. Shu sababli kunlik jami yog‘ingarchilik bilan cheklanmasdan, qisqa vaqt qadamlaridagi yog‘ingarchilik intensivligi va davomiyligi ma’lumotlarini yig‘ish hamda mahalliy IDF munosabatlarini qayta baholash zarur. Mazkur tahlilning ilmiy yangiligi Rational yoki Manning formulalarining o‘zida emas. Yangilik sifatida ularning Toshkent sharoitida GIS, mahalliy IDF ma’lumotlari va dinamik modellashtirish bilan bog‘langan yagona metodik ketma-ketlik sifatida taklif qilinishi ilgari suriladi. Bunda: Rational — gidrologik dastlabki baholash; Manning — gidravlik dastlabki tanlash; SWMM/HEC-HMS — tekshiruv va ssenariyli modellashtirish bosqichiga biriktiriladi. Ushbu sintez mavjud ilmiy va texnik manbalarda bayon etilgan usullarning funksional imkoniyatlarini qiyoslash asosida ishlab chiqildi [4–11]. Amaliy jihatdan taklif etilgan ketma-ketlik Toshkent shahrida drenaj tizimlarini takomillashtirish uchun quyidagi yo‘nalishlarni belgilaydi: mahalliy IDF munosabatlarini yangilash, GIS asosida mavjud drenaj tarmoqlarini inventarizatsiya qilish, SWMM/HEC-HMS modellarini bosqichma-bosqich joriy etish, SuDS/LID elementlarini mos uchastkalarda sinovdan o‘tkazish [6, 7, 13–16]. Ushbu bo‘limdagi natijalar empirik tajriba natijalari emas, balki adabiyotlar va rasmiy texnik qo‘llanmalar asosidagi qiyosiy-sintetik natijalardir. Mazkur maqolada Toshkent shahrining real drenaj tarmog‘i uchun kalibrlangan SWMM/HEC-HMS modeli, kuzatilgan oqim sarflari yoki NSE va RMSE kabi validatsiya ko‘rsatkichlari hisoblanmagan. Shu sababli taklif etilgan ketma-ketlikni Toshkent uchun yakuniy tasdiqlangan muhandislik yechimi sifatida emas, balki keyingi empirik tadqiqotlarda tekshirilishi lozim bo‘lgan metodik model sifatida baholash kerak.

MUHOKAMA

Olingan natijalar urban drenaj bo‘yicha zamonaviy ilmiy adabiyotlarda kuzatiladigan umumiy tendensiya bilan mos keladi: an’anaviy hisoblash usullari tezkor va amaliy bo‘lsa-da, murakkab urban tizimlar uchun dinamik modellashtirish va barqaror drenaj choralarini integratsiyalash zarur [1, 6, 7, 13–16]. SWMMning urban drenaj tarmoqlarini dinamik modellashtirish imkoniyatlari [6], HEC-HMSning yog‘in–oqim va routing jarayonlarini modellashtirish imkoniyatlari [7] hamda FHWA HEC-22ning yo‘l drenaji uchun gidrologik-gidravlik loyihalash doirasini belgilashi [8] taklif etilgan metodik ketma-ketlikning asosiy texnik asosini tashkil etadi. Shu bilan birga, Rational usulini barcha urban havzalar uchun yakuniy hisoblash vositasi sifatida qabul qilish to‘g‘ri emas. Havza kattalashishi, tarmoq murakkablashishi yoki vaqt bo‘yicha oqimni aniqlash zarurati ortishi bilan dinamik modellashtirishning ahamiyati kuchayadi [4–7]. Xuddi shuningdek, Manning tenglamasi quvur parametrlarini dastlabki tanlash uchun qulay bo‘lsa-da, murakkab gidravlik sharoitlarda qo‘shimcha hisoblash vositalari talab qilinishi mumkin [5, 8, 10].

SuDS, LID va WSUD elementlarini Toshkent sharoitiga joriy etish faqat “yashil yechim” sifatida emas, balki gidrologik yuklamani kamaytiruvchi muhandislik chorasi sifatida ko‘rilishi kerak [13–16]. SuDS Manual yomg‘ir suvlarini boshqarishda suv toshqini xavfini kamaytirish, suv sifatini

HSR (LONDON),
HOUGHTON STREET REVIEW JOURNAL
ISSN: 2058-5519|Impact factor-15.9
http://houghtonstreetreview.com/index.php/hsr

yaxshilash va shahar muhitining boshqa funksiyalarini birgalikda ko‘rib chiqishga asoslangan tizimli yondashuvni taklif qiladi [13]. LID bo‘yicha tadqiqotlar esa oqimni manbada boshqarish va infiltratsiyani kuchaytirish imkoniyatlarini ko‘rsatadi [14]. Fletcher va hammualliflarning tadqiqotida SUDS, LID, BMP va WSUD kabi tushunchalarning rivojlanishi hamda urban drenaj tizimlarida ularning qo‘llanish doirasi tizimlashtirilgan [15]. Ashley va hammualliflar esa WSUD yondashuvi suv masalasini shahar rejalashtirish va dizayniga integratsiyalash imkonini berishini ko‘rsatgan [16]. So‘nggi tadqiqotlarda urban drenaj tarmoqlarini iqlim o‘zgarishiga moslashtirish, barqaror va chidamli yomg‘ir suvi boshqaruvini shakllantirish hamda yashil infratuzilmani rejalashtirish masalalariga katta e’tibor qaratilmoqda [17–19]. Urban drenaj tarmoqlarining iqlim o‘zgarishiga moslashuvi bo‘yicha tadqiqotlar mavjud drenaj tizimlarini kelajakdagi yog‘ingarchilik sharoitlariga moslashtirish zarurligini ko‘rsatadi [17]. Bu holat Toshkent sharoitida loyihaviy yog‘ingarchilik parametrlarini davriy ravishda qayta baholash va drenaj tizimining hisobiy quvvatini tekshirish zarurligini ko‘rsatadi. Urban stormwater boshqaruvining barqaror va chidamli yondashuvlari bo‘yicha tadqiqotlar yashil infratuzilma, infiltratsiya, oqimni ushlab qolish va mavjud drenaj tizimlari bilan integratsiyani kompleks ko‘rib chiqish zarurligini ta’kidlaydi [18]. Yashil stormwater infratuzilmasini rejalashtirish bo‘yicha tadqiqotlar esa yashil infratuzilma obyektlarini hududiy joylashtirishni mavjud urban drenaj tizimlari bilan birgalikda ko‘rib chiqish zarurligini ko‘rsatadi [19]. Yashil va kulrang infratuzilmalarning fazoviy konfiguratsiyasini urban stormwater tarmoqlari bilan integratsiyalash masalasi zamonaviy tadqiqotlarda muhim yo‘nalish sifatida ko‘rilmoqda [20]. Bunday yondashuv drenaj tizimini faqat quvur diametrlarini kattalashtirish orqali emas, balki oqimni manbada kamaytirish va mavjud tarmoq yuklamasini optimallashtirish orqali rivojlantirish imkonini beradi. LID obyektlarini tanlash bo‘yicha qiyosiy tadqiqotlar hududning gidrologik, geografik va infratuzilmaviy xususiyatlarini hisobga olish zarurligini ko‘rsatadi [21]. Shu sababli Toshkent sharoitida SuDS/LID elementlarini barcha hududlarga bir xil tarzda qo‘llash emas, balki GIS asosida suv yig‘ilish havzasi, yer qoplami, nishablik va mavjud drenaj tarmog‘ining xususiyatlariga qarab tanlash maqsadga muvofiq. SWMM modellarini optimallashtirishga oid tadqiqotlar model parametrlarini takomillashtirish va urban stormwater tizimlarini yanada aniqroq baholash imkoniyatlarini ko‘rsatmoqda [22]. Bu Toshkent sharoitida kelajakda SWMM modelini mahalliy kuzatuv ma’lumotlari asosida kalibrlash va turli drenaj ssenariylarini taqqoslash uchun muhim metodik yo‘nalish bo‘lishi mumkin. Iqlim o‘zgarishining urban stormwater oqimining miqdori va sifatiga ta’sirini baholash bo‘yicha tadqiqotlar kelajakdagi drenaj tizimlarini faqat mavjud meteorologik sharoitlar asosida emas, balki ehtimoliy iqlim ssenariylari asosida ham tekshirish zarurligini ko‘rsatadi [23]. Toshkent sharoitida bu yondashuv ayniqsa muhim, chunki 2026-yil 10-maydagi kuchli yog‘ingarchilik va shaharning bir nechta hududlarida suv to‘planishi bo‘yicha rasmiy ma’lumotlar mavjud drenaj tizimining kuchli qisqa muddatli yog‘ingarchiliklarga sezgirligini ko‘rsatadi [3]. Shu nuqtayi nazardan, maqolada taklif etilgan GIS → IDF → Rational → Manning → SWMM/HEC-HMS → gidravlik tekshiruv → optimallashtirish ketma-ketligi mavjud tadqiqotlarda alohida qo‘llanilayotgan usullarni yagona metodik zanjirga birlashtirishga qaratilgan [4–8, 17–23]. Tadqiqotning ilmiy yangiligi Rational yoki Manning usullarining o‘zida emas. Ushbu usullar urban gidrologiya va gidravlik loyihalashda uzoq vaqt davomida qo‘llanib keladi [4, 5, 10]. Ilmiy yangilik ularni Toshkent sharoitida GIS, mahalliy IDF ma’lumotlari va dinamik modellashtirish bilan bog‘langan yagona metodik ketma-ketlik sifatida taklif qilishda namoyon bo‘ladi. Bunda Rational usuli — maksimal oqimni dastlabki baholash, Manning tenglamasi — quvur parametrlarini dastlabki tanlash, SWMM/HEC-HMS esa gidrologik va gidravlik yechimlarni tekshirish hamda ssenariylarni modellashtirish bosqichiga biriktiriladi [4–8]. Mazkur tadqiqotning asosiy cheklovi uning adabiyotlar sharhi va metodik sintez xarakteriga ega ekanligidir. Unda Toshkent shahrining real drenaj tarmog‘i

HSR (LONDON),
HOUGHTON STREET REVIEW JOURNAL
ISSN: 2058-5519|Impact factor-15.9
http://houghtonstreetreview.com/index.php/hsr

uchun kalibrlangan SWMM modeli, kuzatilgan oqim sarflari, NSE yoki RMSE kabi validatsiya ko‘rsatkichlari hamda turli loyiha variantlarining iqtisodiy taqqoslanishi amalga oshirilmagan. Shu sababli taklif etilgan metodik ketma-ketlikni Toshkent uchun empirik jihatdan tasdiqlangan yakuniy muhandislik yechimi sifatida emas, balki keyingi dala o‘lchovlari va matematik modellashtirish orqali tekshirilishi lozim bo‘lgan metodik model sifatida baholash kerak.

XULOSA

Tadqiqot natijasida shahar ko‘cha va yo‘llaridagi yomg‘ir suvlari drenajini loyihalashda gidrologik va gidravlik hisoblashlarni ketma-ket, o‘zaro bog‘langan tizim sifatida tashkil etish maqsadga muvofiq ekanligi asoslandi. Rational usuli kichik va o‘rta suv yig‘ilish havzalarida maksimal oqimni dastlabki baholash uchun, Manning tenglamasi erkin oqimli yoki qisman to‘lgan quvurlarning dastlabki gidravlik parametrlarini tanlash uchun, SWMM esa murakkab urban tarmoqning vaqt bo‘yicha ishlashini tekshirish uchun tavsiya etiladi [4–8]. HEC-HMS havza gidrologiyasini mustaqil tekshirish va turli ssenariylarni baholashda qo‘shimcha vosita sifatida qo‘llanishi mumkin [7]. Toshkent sharoitida taklif etilayotgan metodik ketma-ketlik GIS → IDF → Rational → Manning → SWMM/HEC-HMS → gidravlik tekshiruv → optimallashtirish ko‘rinishida ifodalanadi. Ushbu ketma-ketlik maqolaning asosiy ilmiy-amaliy taklifi hisoblanadi. Bunda GIS yordamida suv yig‘ilish havzalari va yer qoplamalari aniqlanadi, IDF tahlili orqali loyihaviy yog‘ingarchilik parametrlari belgilanadi, Rational usuli yordamida maksimal oqim dastlabki hisoblanadi, Manning tenglamasi orqali quvur parametrlarining dastlabki qiymatlari tanlanadi, SWMM/HEC-HMS orqali esa tizimning gidrologik va dinamik ishlashi tekshiriladi [4–8]. Ushbu yondashuv mavjud manbalarda keltirilgan usullarning funksional imkoniyatlarini qiyosiy-tizimli sintez qilish asosida shakllantirildi [4–8, 10–16]. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, Toshkent sharoitida drenaj tizimini takomillashtirish faqat quvur diametrlarini kattalashtirish bilan cheklanmasligi kerak. Oqimni manbada kamaytirish, infiltratsiyani oshirish, yashil va kulrang infratuzilmalarni uyg‘unlashtirish hamda SuDS/LID elementlarini mos hududlarda qo‘llash istiqbolli yo‘nalish hisoblanadi [13–16, 18–21]. Amaliy jihatdan Toshkentda drenaj tizimlarini takomillashtirish uchun mahalliy IDF munosabatlarini yangilash, GIS asosida mavjud drenaj tarmoqlarini inventarizatsiya qilish, SWMM/HEC-HMS modellarini bosqichma-bosqich joriy etish va SuDS/LID elementlarini tanlangan uchastkalarda sinovdan o‘tkazish maqsadga muvofiq [6, 7, 13–16]. 2026-yil 10-mayda kuzatilgan kuchli yog‘ingarchilik va Toshkentning bir nechta hududlarida suv to‘planishi haqidagi rasmiy ma’lumotlar bunday amaliy tadqiqotlarning dolzarbligini ko‘rsatadi [3]. Shu bilan birga, mazkur tadqiqot adabiyotlar sharhi va metodik sintez xarakteriga ega. Unda Toshkent shahrining real drenaj tarmog‘i uchun kalibrlangan SWMM modeli, kuzatilgan oqim sarflari, NSE/RMSE kabi validatsiya ko‘rsatkichlari yoki real loyiha variantlarining iqtisodiy taqqoslanishi amalga oshirilmagan. Shu sababli taklif etilgan metodik ketma-ketlikni Toshkent uchun empirik jihatdan tasdiqlangan yakuniy muhandislik yechimi emas, balki keyingi dala o‘lchovlari va matematik modellashtirish orqali tekshirilishi lozim bo‘lgan metodik model sifatida baholash kerak. Kelgusidagi tadqiqotlarda qisqa vaqt qadamlaridagi mahalliy yog‘ingarchilik qatorlarini yig‘ish, GIS ma’lumotlari asosida suv yig‘ilish havzalarini aniq ajratish, mavjud drenaj tarmog‘i geometriyasini raqamlashtirish, real oqim kuzatuvlari asosida SWMM/HEC-HMS modellarini kalibrlash va validatsiya qilish, shuningdek, texnik, ekologik va iqtisodiy mezonlarni birlashtiruvchi ko‘p mezonli optimallashtirish modelini ishlab chiqish maqsadga muvofiq.

HSR (LONDON),
HOUGHTON STREET REVIEW JOURNAL
ISSN: 2058-5519|Impact factor-15.9
http://houghtonstreetreview.com/index.php/hsr

Adabiyotlar ro‘yxati

1. Fletcher T. D., Andrieu H., Hamel P. Understanding, management and modelling of urban hydrology and its consequences for receiving waters: A state of the art // Advances in Water Resources. 2013. Vol. 51. P. 261–279. DOI: 10.1016/j.advwatres.2012.09.001.
2. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Cambridge: Cambridge University Press, 2022. DOI: 10.1017/9781009325844.
3. Tashkent City Administration. Official information: On 10 May 2026, heavy rainfall caused water accumulation at 23 locations in eight districts of Tashkent. 12 May 2026.
4. Chow V. T., Maidment D. R., Mays L. W. Applied Hydrology. New York: McGraw-Hill, 1988. 572 p.
5. Akan A. O., Houghtalen R. J. Urban Hydrology, Hydraulics, and Stormwater Quality. Hoboken: John Wiley & Sons, 2003.
6. Rossman L. A., Simon M. Storm Water Management Model User’s Manual, Version 5.2. EPA/600/R-22/030. Cincinnati: U.S. Environmental Protection Agency, 2022.
7. U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. HEC-HMS Technical Reference Manual. Davis, CA: USACE-HEC, 2023.
8. Federal Highway Administration. Urban Drainage Design Manual. Hydraulic Engineering Circular No. 22. 4th ed. Washington, DC: U.S. Department of Transportation, 2024. FHWA-HIF-24-006.
9. O‘zbekiston Respublikasi Qurilish vazirligi. QMQ 2.04.03-19 “Kanalizatsiya. Tashqi tarmoqlar va inshootlar”. Toshkent, 2019; amaldagi o‘zgartirishlar bilan.
10. Guo J. C. Y. Urban Hydrology and Hydraulic Design. Highlands Ranch, CO: Water Resources Publications, 2006.
11. Butler D., Davies J. W. Urban Drainage. 4th ed. Boca Raton: CRC Press, 2018.
12. U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service. Urban Hydrology for Small Watersheds. Technical Release 55 (TR-55). Washington, D.C.: USDA Soil Conservation Service, 1986.
13. Woods Ballard B., Wilson S., Udale-Clarke H., Illman S., Scott T., Ashley R., Kellagher R. The SuDS Manual (C753). London: CIRIA, 2015. 964 p.
14. Ahiablame L. M., Engel B. A., Chaubey I. Effectiveness of Low Impact Development Practices: Literature Review and Suggestions for Future Research // Water, Air, & Soil Pollution. 2012. Vol. 223. No. 7. P. 4253–4273. DOI: 10.1007/s11270-012-1189-2.
15. Fletcher T. D., Shuster W., Hunt W. F., Ashley R., Butler D., Arthur S., Trowsdale S., Barraud S., Semadeni-Davies A., Bertrand-Krajewski J.-L., Mikkelsen P. S., Rivard G., Uhl M., Dagenais D., Viklander M. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage // Urban Water Journal. 2015. Vol. 12. No. 7. P. 525–542. DOI: 10.1080/1573062X.2014.916314.