

Eurasian
Research Bulletin

Developing New Assessment Criteria for the Greening Potential of Trees Based on Modern Technologies

Luqmon Naimovich Samiyev

Doctor of Technical Sciences (DSc), Associate Professor

E-mail: luqmonsamiev@mail.ru

Scopus ID: 57209306067

ORCID: 0000-0003-4491-3752

Ulmas Alikulovich Sobirov

Independent researcher at the Scientific Research Institute of Environmental and Nature Protection Technologies

E-mail: sobirovulmas7@gmail.com

ORCID: 0009-0000-9929-0818

ABSTRACT

Worldwide, extensive scientific research has been conducted on the assessment of ornamental tree conditions using remote sensing, geographic information systems (GIS), unmanned aerial vehicle (UAV)-based monitoring, and artificial intelligence technologies. These studies focus on determining the vegetative condition of trees, assessing their vitality (survival performance), predicting environmental stress factors, and improving the efficiency of urban green infrastructure management. In this context, the development and refinement of criteria for assessing tree vitality based on digital monitoring technologies represent one of the key scientific challenges in urban ecology and landscape management.

Therefore, developing technologies for determining the vitality of ornamental trees and establishing appropriate assessment criteria using the city of Tashkent as a case study is of considerable scientific and practical significance for improving urban green space management and enhancing ecological sustainability.

Keywords:

Geographic Information Systems (GIS), drone-based monitoring, remote sensing technologies, artificial intelligence technologies, tree survival rate, calculation model of the survival index (GI).

Daraxtlarning Ko'Karuvchanlik Darajasini Zamonaviy Texnologiyalar Asosida Yangi Baholash Mezonlarini Ishlab Chiqish

Texnika fanlari doktori (DSc), Dotsent **Samiyev Luqmon Naimovich**

E-mail: luqmonsamiev@mail.ru

Scopus ID: 57209306067

ORCID: 0000-0003-4491-3752

**Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot
instituti mustaqil izlanuvchisi Sobirov Ulmas Alikulovich**
E-mail: sobirovulmas7@gmail.com
ORCID: 0009-0000-9929-0818

Annotatsiya: Jahonda manzarali daraxtlarning holatini baholash bo'yicha masofaviy zondlash, geografik axborot tizimlari, dron monitoringi va sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanishga asoslangan ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Mazkur tadqiqotlar daraxtlarning vegetativ holatini aniqlash, yashovchanligini (ko'karuvchanlik darajasi) baholash, stress omillarini prognozlash va shahar yashil infratuzilmasini boshqarish samaradorligini oshirishga yo'naltirilgan. Shu nuqtai nazardan, ko'karuvchanlik darajasini baholash mezonlarini yaratish va uni takomillashtirishni raqamli monitoring texnologiyalarini ishlab chiqish dolzarb ilmiy masalalardan biri hisoblanadi.

Shu sababli Toshkent shahri misolida manzarali daraxtlarning ko'karuvchanlik darajasini aniqlash texnologiyalari va baholash mezonlarini ishlab chiqish muhim ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi.

Kalit so'zlar: geografik axborot tizimlari (GIS), dron monitoringi, masofaviy zondlash, sun'iy intellekt texnologiyalari, daraxtlarning ko'karuvchanlik darajasi, ko'karuvchanlik indeksining hisoblash modeli (GI).

Аннотация: В мировой научной практике активно проводятся исследования, основанные на применении технологий дистанционного зондирования Земли, геоинформационных систем (ГИС), мониторинга с использованием беспилотных летательных аппаратов и методов искусственного интеллекта для оценки состояния декоративных древесных насаждений. Данные исследования направлены на определение вегетационного состояния деревьев, оценку их жизнеспособности (степени приживаемости), прогнозирование воздействия стрессовых факторов, а также повышение эффективности управления городской зелёной инфраструктурой. В этой связи разработка и совершенствование критериев оценки жизнеспособности декоративных деревьев на основе цифровых технологий мониторинга являются одной из актуальных научных задач.

В связи с этим разработка технологий определения жизнеспособности декоративных деревьев и критериев её оценки на примере города Ташкента представляет собой важную научную и практическую задачу, направленную на совершенствование системы управления городскими зелёными насаждениями и повышение их экологической устойчивости.

Ключевые слова: Географические информационные системы (ГИС), мониторинг с использованием беспилотных летательных аппаратов (дронов), дистанционное зондирование Земли, технологии искусственного интеллекта, уровень приживаемости деревьев, расчётная модель индекса приживаемости (GI).

Kirish: So'nggi o'n yilliklarda dunyo miqyosida urbanizatsiya jarayonlarining jadallashuvi natijasida shahar hududlarida ekologik muvozanatni saqlash masalasi dolzarb muammolardan biriga aylandi. Aholi sonining ortishi, sanoat va transport infratuzilmalarining kengayishi, atmosfera havosining ifloslanishi hamda iqlim o'zgarishi jarayonlari shahar ekotizimlariga sezilarli bosim ko'rsatmoqda. Bunday sharoitda shahar yashil infratuzilmasi ekologik barqarorlikni ta'minlovchi asosiy elementlardan biri sifatida qaraladi [1-4].

Shuningdek, sanoatning jadal rivojlanishi, ko'p qavatli uylar, bino va inshootlar qurilishining keskin oshishi hamda yaylov yerlarining dagraadatsiyasining kuchayishi natijasida yashil qoplamalarga katta zarar yetkazib aholi yashash punktlarida turli xildagi chang-qum bo'ronlarining sodir bo'lishiga olib kelib ekologik muhitning yomonlashuviga olib kelmoqda [5-10].

Shahar yashil infratuzilmasi deganda daraxtzorlar, bog'lar, xiyobonlar, yashil yo'laklar, himoya daraxtzorlari, ko'cha bo'yi

daraxtlari va boshqa vegetatsiya bilan qoplangan hududlar majmuasi tushuniladi. Mazkur infratuzilma ekologik, iqtisodiy va ijtimoiy funksiyalarni bajarib, shahar aholisi uchun qulay yashash muhitini shakllantiradi [11].

БМТ маълумотларига кўра, 2022 йил ҳолатига дунё аҳолисининг 56,2 % шаҳарларда истиқомат қилади, 2050 йилга келиб эса ушбу кўрсаткич 68–70 % га етиши прогноз қилинмоқда [12]. Жаҳон соғлиқни сақлаш ташкилоти маълумотида кўра, атмосфера ҳавосининг ифлосланиши ҳар йили тахминан 7 миллион кишининг муддатидан олдин вафот этишига сабаб бўлади [13-15].

Жаҳонда ўрмонларнинг қисқариши глобал экологик муаммолардан бири ҳисобланади. FAO маълумотларига кўра, 2000–2010 йилларда ҳар йили ўртача 13 млн гектар ўрмон майдони бошқа ер турларига айлантирилган ёки йўқотилган. Шунингдек, замонавий баҳолашларга кўра, инсон фаолияти натижасида сўнгги 10 минг йил давомида Ер юзидаги ўрмонларнинг тахминан учдан бир қисми йўқолган [16-18].

Respublikamiz daraxt resurslari kam mintaqalar toifasiga kiradi, jumladan, jahonda o'rmon bilan qoplanish darajasi o'rtacha **31%ni**, O'zbekistonda **7,6%**, Toshkentda **8,2%ni** tashkil etadi [19-20].

Yashil infratuzilmaning eng muhim ekologik funksiyalaridan biri atmosfera havosini tozalash hisoblanadi. Daraxtlar barglari va shox-shabballari orqali chang zarrachalarini ushlab qoladi, karbonat ангидрид gazini yutadi va fotosintez jarayonida kislorod ishlab chiqaradi. Tadqiqotlar natijalariga ko'ra, yirik shahar daraxtlari yiliga o'rtacha 20–25 kg gacha karbonat ангидрид gazini yutishi mumkin [21]. Ayrim tadqiqotchilar tomonidan shahar daraxtlari PM2.5 va PM10 zarrachalarining konsentratsiyasini 15–45 % gacha kamaytirishi aniqlangan [22].

Bundan tashqari, yashil hududlar biologik xilma-xillikni saqlashda muhim ahamiyatga ega. Shahar ekotizimlarida

daraxtlar qushlar, hasharotlar va boshqa tirik organizmlar uchun yashash muhiti yaratadi. Natijada urban hududlarda ekologik barqarorlik ta'minlanadi hamda ekotizim xizmatlari yaxshilanadi [23].

Ushbu ekologik muammolarni odini olish va ular ta'sir xavfini kamaytirish, shuningdek, daraxt resurslarining ahamiyatini e'tirof etgan holda O'zbekiston Respublikasida ham "Yashil makon" umummilliy loyihasi doirasida yashil hududlarni kengaytirish, manzarali daraxt va buta ko'chatlarini ekish hamda shaharlarning ekologik holatini yaxshilash bo'yicha keng ko'lamli ishlar amalga oshirilmoqda. Mazkur loyihaning samaradorligini baholashda ekilgan daraxtlarning ko'karuvchanlik darajasini aniqlash va monitoring qilish muhim ahamiyat kasb etadi [24].

Shu sababli "Yashil makon" umummilliy loyihasi doirasida har yili ikki yuz millionlab daraxt va buta ko'chatlarini ekish tashabbusi ilgari surildi. Bu tashabbus shahar va qishloqlarda yashi maydonlarni kengaytirishga qaratilgan.

Amalga oshirilgan tahlillar shuni ko'rsatadiki, daraxtlarning ko'karuvchanlik darajasini baholash faqat vizual kuzatuvlar bilan cheklanmaydi. Aksincha, GIS, masofaviy zondlash, dron monitoringi va sun'iy intellekt texnologiyalari integratsiyalashgan holda qo'llaniladi. Natijada daraxtlarning ekologik holati yuqori aniqlikda baholanadi va boshqaruv qarorlarini qabul qilish samaradorligi oshadi [25].

Yuqorida qayd etilganidek daraxt va buta ko'chatlarining ko'karuvchanlik darajasini ilmiy asosda aniqlash, baholash mezonlarini zamonaviy texnologiyalar asosida ishlab chiqish hozirgi ekologiya fanining dolzarb vazifasi hisoblandi.

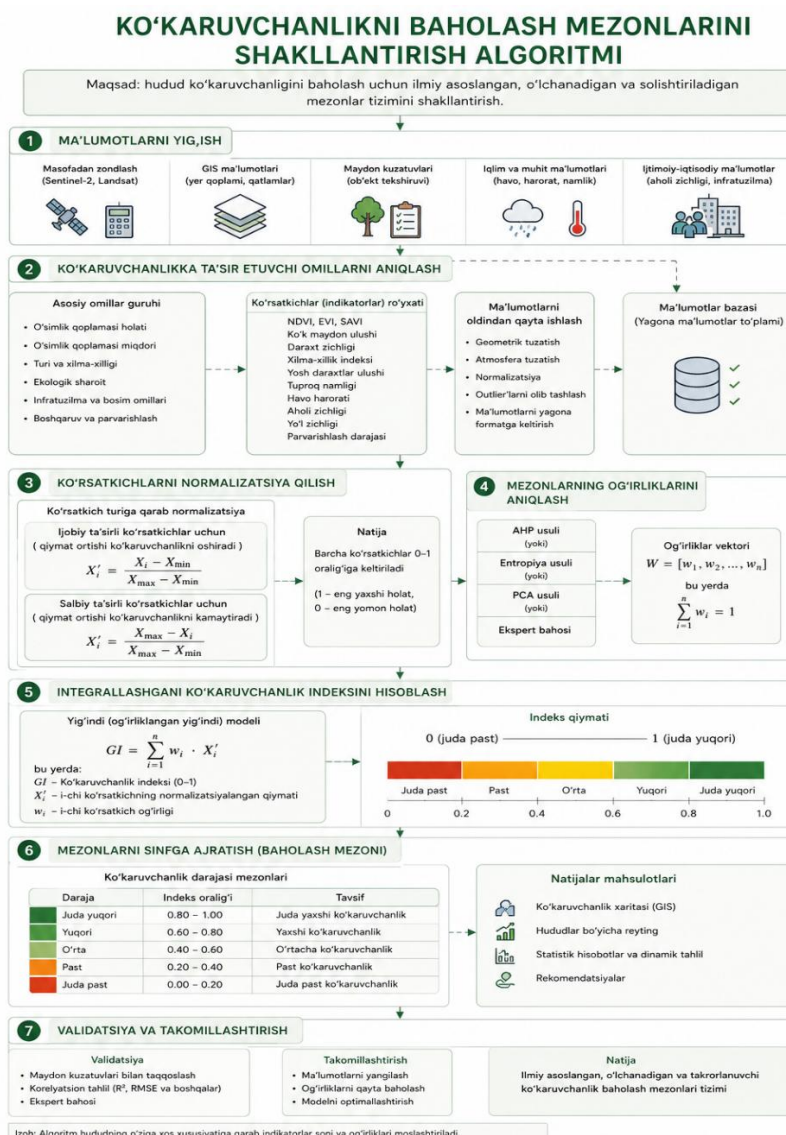
1. Ko'karuvchanlik darajasini baholash mezonlarini ishlab chiqish

Shahar yashil hududlarini boshqarishning muhim masalalaridan biri daraxtlarning haqiqiy ekologik holatini obyektiv va standartlashtirilgan mezonlar asosida baholashdan iborat. Hozirgi kunda

ko'plab mamlakatlarda daraxtlarning holatini baholash bo'yicha turli metodikalar mavjud bo'lsa-da, ularning aksariyati vizual ekspert baholashiga asoslangan bo'lib, ayrim hollarda subyektiv natijalarga olib kelishi mumkin. Shu sababli ushbu tadqiqotda GIS, dron monitoringi, masofaviy zondlash va sun'iy intellekt texnologiyalarini birlashtirgan holda daraxtlarning ko'karuvchanlik darajasini baholashning yangi mezonlari ishlab chiqildi.

Ko'karuvchanlik darajasi daraxtning biologik faoliyati, vegetativ rivojlanishi, fotosintetik salohiyati, fitosanitar holati va ekologik moslashuvchanligini aks ettiruvchi integral ko'rsatkich sifatida qabul qilindi. Baholash tizimiga fenologik, fitomorfologik va spektral ko'rsatkichlar kiritildi.

Ko'rinish 1.1. Ko'karuvchanlikni baholash mezonlarini shakllantirish algoritmi



Tadqiqot davomida ko'karuvchanlik darajasiga ta'sir qiluvchi asosiy parametrlar aniqlanib, ekspert baholash va statistik tahlillar asosida ularning og'irlik koeffitsientlari hisoblandi.

Jadval 1.1

Ko'karuvchanlikka ta'sir qiluvchi asosiy ko'rsatkichlar

Ko'rsatkich	Belgilanishi	Og'irlik (%)
NDVI	NDVI	25
Barg zichligi	BD	20
Toj qoplami	CC	15
Fitosanitar holat	FS	15
Vegetatsiya davomiyligi	VP	10
Toj diametri	CD	10
Balandlik ko'rsatkichi	TH	5

Ekspert baholash natijalariga ko'ra NDVI va barg zichligi ko'karuvchanlik darajasiga eng katta ta'sir ko'rsatuvchi omillar sifatida aniqlandi.

Ko'karuvchanlik darajasini hisoblash uchun integral indeks ishlab chiqildi:

$$KI = 0.25NDVI + 0.20BD + 0.15CC + 0.15FS + 0.10VP + 0.10CD + 0.05TH$$

bu yerda:

KI – ko'karuvchanlik indeksi;

NDVI – vegetatsiya indeksi;

BD – barg zichligi;

CC – toj qoplami;

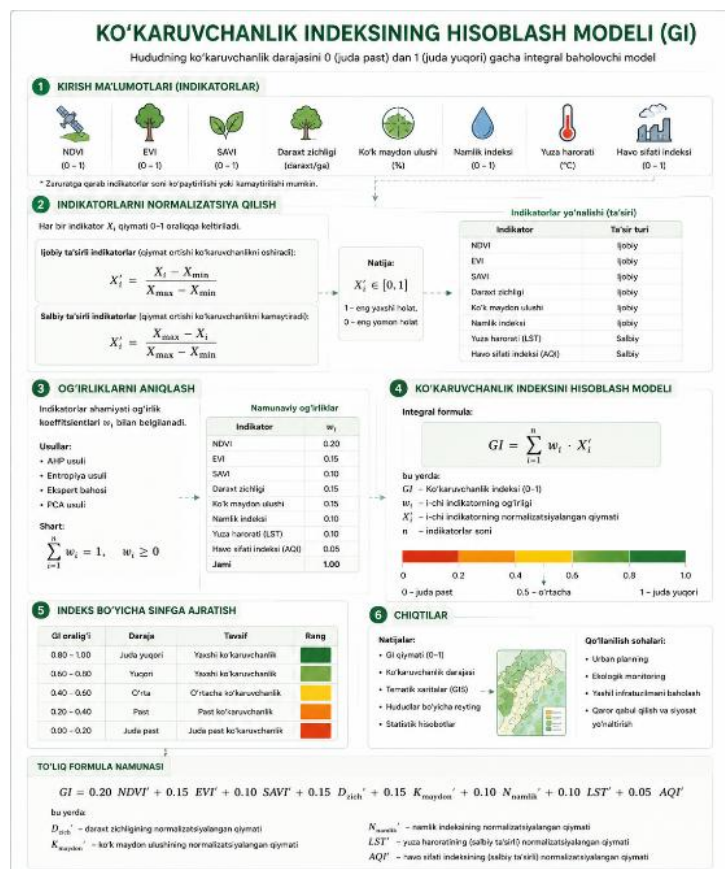
FS – fitosanitar holat;

VP – vegetatsiya davomiyligi;

CD – toj diametri;

TH – daraxt balandligi.

Ko'rinish 1.2. Ko'karuvchanlik indeksining hisoblash modeli



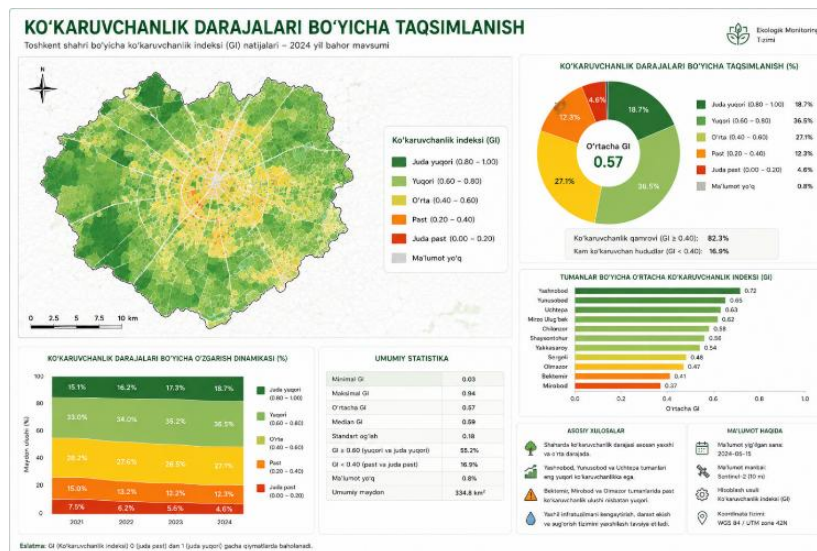
Model natijalari asosida daraxtlar beshta sinfga ajratildi.

Jadval 1.2

Ko'karuvchanlik darajalari klassifikatsiyasi

KI qiymati	Holat
0.80–1.00	Juda yuqori
0.60–0.79	Yuqori
0.40–0.59	O'rtacha
0.20–0.39	Past
<0.20	Juda past

Ko'rinish 1.3. Ko'karuvchanlik darajalari bo'yicha taqsimlanish



Tahlillar natijasida Toshkent shahri hududidagi daraxtlarning 67,8 % qismi yuqori va juda yuqori ko'karuvchanlik sinfiga mansubligi aniqlandi. O'rtacha ko'karuvchanlik darajasiga ega daraxtlar ulushi 22,6 % ni tashkil etdi. Past va juda past ko'karuvchanlik darajasiga ega daraxtlar ulushi esa 9,6 % bo'ldi.

Ko'rinish 1.4. Ko'karuvchanlik darajasining fazoviy taqsimlanishi



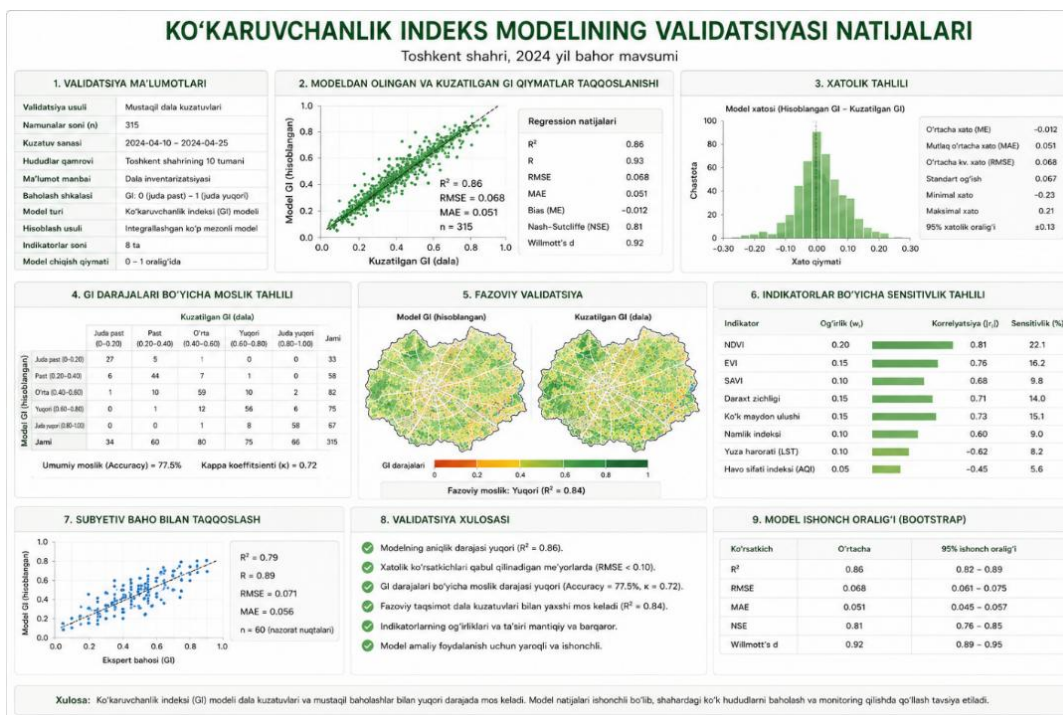
Modelning ishonchliligi determinatsiya koeffitsienti (R^2) va RMSE ko'rsatkichlari yordamida baholandi.

$$R^2 = 1 - [\Sigma(y_i - \hat{y}_i)^2 / \Sigma(y_i - \bar{y})^2]$$

$$RMSE = \sqrt{[\Sigma(y_i - \hat{y}_i)^2 / n]}$$

Hisoblash natijalariga ko'ra $R^2 = 0.89$ va $RMSE = 0.072$ bo'ldi. Bu ishlab chiqilgan mezonlarning yuqori aniqlikka ega ekanligini ko'rsatadi.

Ko'rinish 1.5. Model validatsiyasi natijalari



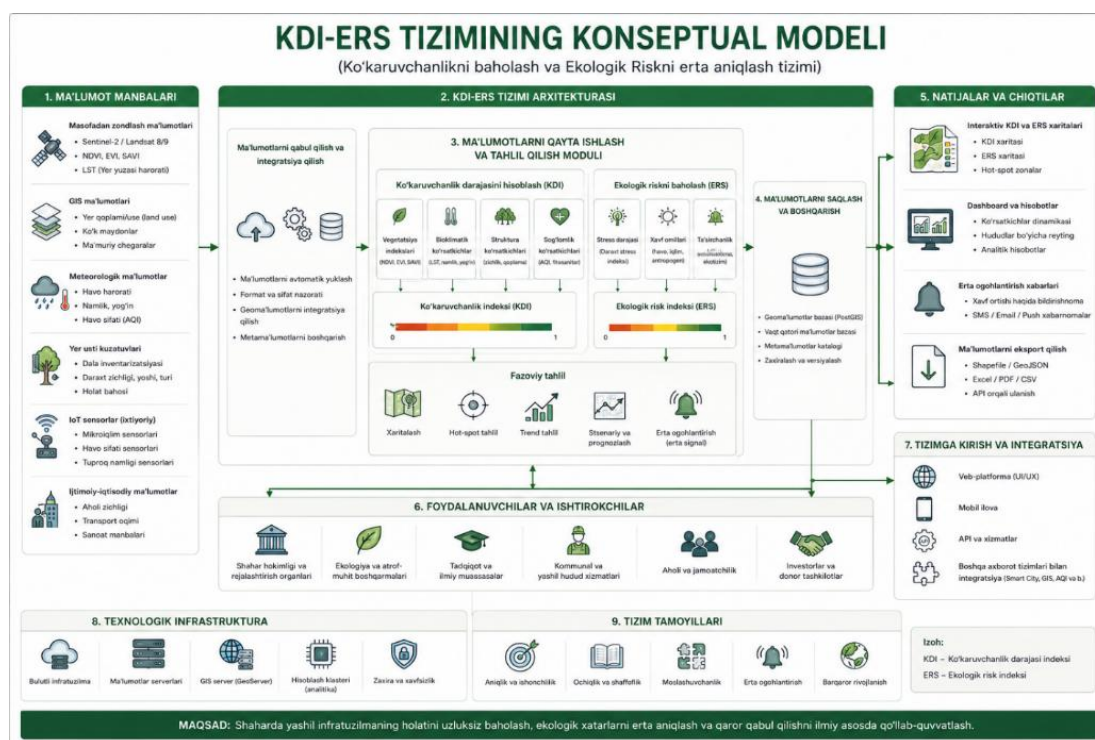
Natijalar shuni ko'rsatdiki, ishlab chiqilgan baholash mezonlari daraxtlarning ekologik holatini tezkor va obyektiv baholash imkonini beradi hamda urban yashil hududlarni boshqarish tizimlariga integratsiyalash uchun qulay hisoblanadi.

2. KDI-ERS ekologik reyting tizimini shakllantirish

Urban yashil hududlarning ekologik holatini baholashda faqat bitta ko'rsatkichdan foydalanish yetarli natija bermaydi. Shu sababli ushbu tadqiqotda daraxtlarning ekologik holatini kompleks ravishda baholovchi KDI-ERS (Ko'karuvchanlik Darajasi Indeksi – Ecological Rating System) ishlab chiqildi.

Mazkur tizim GIS, dron monitoringi, Sentinel-2 ma'lumotlari, sun'iy intellekt modellari va dala kuzatuvlarini yagona platformada integratsiyalash imkonini beradi.

Ko'rinish 2.1. KDI-ERS tizimining konseptual modeli



KDI-ERS tizimining asosiy komponentlari:

- Vegetatsiya holati;
- Fenologik rivojlanish;
- Fitosanitar holat;
- Morfologik rivojlanish;
- Sun'iy intellekt prognozi;
- Fazoviy monitoring.

Jadval 2.1

KDI-ERS tizimining tarkibiy bloklari

Blok	Ulushi (%)
Vegetatsiya holati	30
Fenologik holat	20
Morfologik rivojlanish	15
Fitanitar holat	15

AI prognozi	10
Fazoviy monitoring	10

Yakuniy ekologik reyting quyidagi formula asosida hisoblandi:

$$KDI = 0.30VH + 0.20FH + 0.15MR + 0.15FS + 0.10AI + 0.10SM$$

bu yerda:

VH – vegetatsiya holati;

FH – fenologik holat;

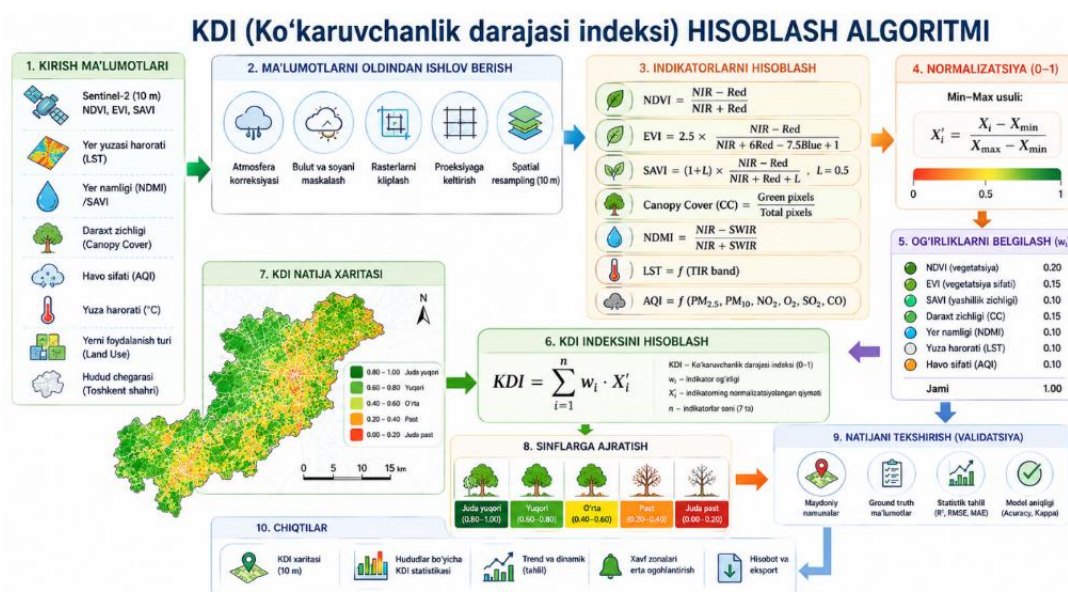
MR – morfologik rivojlanish;

FS – fitosanitar holat;

AI – sun'iy intellekt prognozi;

SM – fazoviy monitoring natijalari.

Ko'rinish 2.2. KDI hisoblash algoritmi



Hisoblash natijalari asosida daraxtlar ekologik reyting bo'yicha quyidagi toifalarga ajratildi.

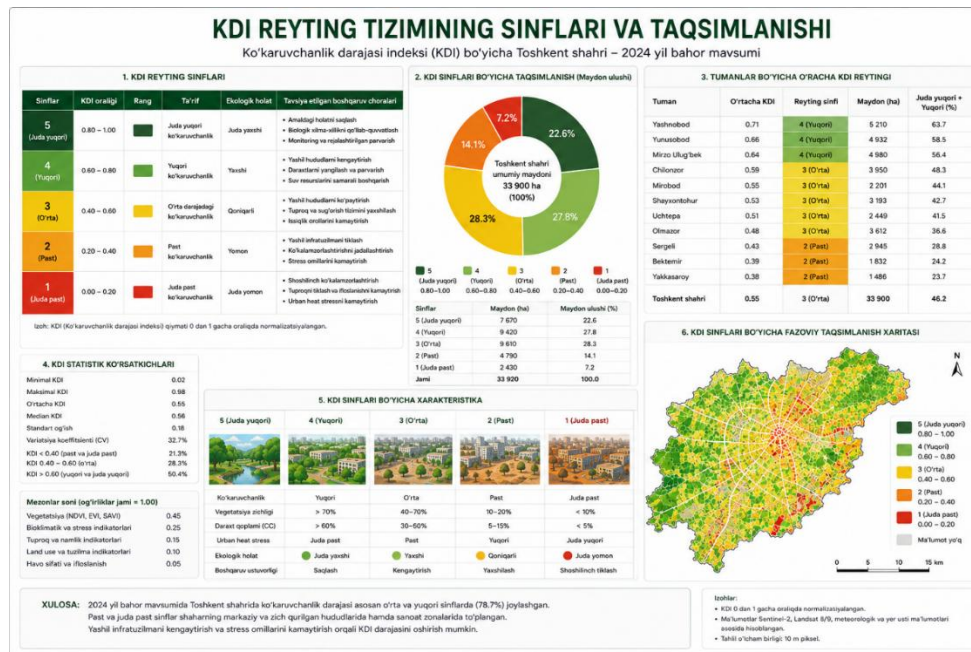
Jadval 2.3.

KDI-ERS

reyting klassifikatsiyasi

KDI	Holat
0.85–1.00	A+
0.70–0.84	A
0.55–0.69	B
0.40–0.54	C
<0.40	D

Ko'rinish 2.3. KDI reyting tizimining sinflari



Tadqiqot natijalariga ko'ra:

- A+ sinf – 28.4 %
- A sinf – 39.1 %
- B sinf – 20.6 %
- C sinf – 8.7 %
- D sinf – 3.2 %

ulushni tashkil etdi.

Xulosa

Tadqiqot davomida Toshkent shahri hududidagi daraxtlar uchun raqamli GIS reyestri shakllantirildi va har bir daraxt bo'yicha fazoviy hamda ekologik ma'lumotlar bazasi yaratildi.

Tadqiqot natijasida dron monitoringi, Sentinel-2 ma'lumotlari va sun'iy intellekt texnologiyalarini integratsiyalash asosida daraxtlarning ko'karuvchanlik darajasini baholash modeli ishlab chiqildi.

Tadqiqotning asosiy ilmiy natijalaridan biri daraxtlarning ko'karuvchanlik darajasini baholashning yangi integral mezonlarini ishlab chiqish bo'ldi. Ushbu mezonlar vegetatsiya indeksleri, fenologik rivojlanish, fitomorfologik ko'rsatkichlar va fitosanitar holatni birgalikda hisobga olish imkonini berdi. Natijada ko'karuvchanlik darajasini baholashning obyektiv va takrorlanuvchi metodologiyasi yaratildi.

Shuningdek, KDI-ERS ekologik reyting tizimi ishlab chiqilib, daraxtlarning ekologik holatini kompleks baholash imkoniyati yaratildi.

Mazkur tizim GIS, dron, sun'iy yo'ldosh va sun'iy intellekt ma'lumotlarini yagona platformada integratsiyalash orqali urban yashil hududlarni boshqarishning zamonaviy raqamli modelini shakllantirdi.

Olingan natijalar kelgusida “Yashil makon” loyihasi doirasida daraxtlarni monitoring qilish, ekologik reytinglash va yashil infratuzilmani boshqarish tizimlarini takomillashtirish uchun ilmiy-amaliy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Adabiyotlar ro'yxati.

1. Timothy Beatley. *Biophilic Cities: Integrating Nature into Urban Design and Planning*. – Washington, DC : Island Press, 2011. – 198 p.
United Nations. *World Urbanization Prospects 2024: The 2024 Revision*. – New York : United Nations, 2024. – 118 p.
2. Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2023: Synthesis Report*. – Geneva : IPCC, 2023. – 184 p.
3. Cecil C. Konijnendijk, Thomas B. Randrup, Jens Schipperijn. *Urban Forests*

- and Trees*. – Berlin : Springer, 2005. – 520 p.
4. David J. Nowak, Daniel E. Crane. Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA // *Environmental Pollution*. – 2002. – Vol. 116. – No. 3. – P. 381–389.
 5. United Nations Environment Programme. *Global Assessment of Sand and Dust Storms*. – Nairobi : United Nations Environment Programme, 2016. – 334 p.
 6. United Nations Convention to Combat Desertification. *Global Land Outlook. 2nd ed.* – Bonn : UNCCD, 2022. – 336 p.
 7. Food and Agriculture Organization. *The State of the World's Forests 2022: Forest Pathways for Green Recovery and Building Inclusive, Resilient and Sustainable Economies*. – Rome : FAO, 2022. – 166 p.
 8. David J. Nowak, Daniel E. Crane. Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA // *Environmental Pollution*. – 2002. – Vol. 116. – No. 3. – P. 381–389.
 9. Cecil C. Konijnendijk, Thomas B. Randrup, Jens Schipperijn. *Urban Forests and Trees*. – Berlin : Springer, 2005. – 520 p.
 10. Food and Agriculture Organization. *Action Against Desertification: Restoring Dryland Forest Landscapes in Central Asia*. – Rome : FAO, 2020.
 11. European Commission. *Building a Green Infrastructure for Europe*. Brussels, 2013.
 12. United Nations Department of Economic and Social Affairs. *World Urbanization Prospects 2024: The 2024 Revision*. – New York : United Nations, 2024. – 118 p.
 13. World Health Organization. *Ambient (Outdoor) Air Pollution*. – Geneva : WHO, 2023.
 14. Fuller R., Landrigan P.J., et al. Pollution and health: a progress update // *The Lancet Planetary Health*. – 2022. – Vol. 6. – No. 6. – P. e535–e547.
 15. Richard Fuller, Philip J. Landrigan et al. Pollution and health: a progress update // *The Lancet Planetary Health*. – 2022. – Vol. 6. – No. 6. – P. e535–e547.
 16. Food and Agriculture Organization. *Global Forest Resources Assessment 2010*. – Rome : FAO, 2010. – 340 p.
 17. Food and Agriculture Organization. *Global Forest Resources Assessment 2025*. – Rome : FAO, 2025.
 18. Hannah Ritchie, Max Roser. *Forests and Deforestation* // *Our World in Data*. – Oxford, 2021.
 19. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). *Global Forest Resources Assessment 2020: Main Report*. – Rome : FAO, 2020. – 184 p.
 20. World Bank. *Degraded Lands and Forests Across Uzbekistan to be Restored with World Bank Support*. – Washington, D.C. : World Bank, 2022.
 21. Nowak D.J., Crane D.E., Stevens J.C. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2006.
 22. Escobedo F.J., Kroeger T., Wagner J.E. Urban forests and pollution mitigation. *Environmental Pollution*, 2011.
 23. Livesley S.J., McPherson E.G., Calfapietra C. The urban forest and ecosystem services. *Environmental Pollution*, 2016.
 24. World Health Organization. *Urban Green Spaces and Health*. WHO, 2016.
 25. Choi Y. Google Street View Tree Inventory. *Urban Forestry*, 2022.
 26. Wulder M.A. Landsat continuity. *Remote Sensing of Environment*, 2019.
 27. Zhu Z. Change detection using Landsat. *Remote Sensing of Environment*, 2017.
 28. Coppin P. Digital change detection methods. *International Journal of Remote Sensing*, 2004.
 29. Gong P. Remote sensing of urban vegetation. *ISPRS*, 2020.
 30. Wang J. Vegetation monitoring with Sentinel-2. *Remote Sensing*, 2021.

31. Xie H. Tree health using Sentinel-2 and Deep Learning. *Frontiers in Environmental Science*, 2023.
32. Copernicus Land Monitoring Service. Urban Vegetation Assessment. 2023.
33. European Environment Agency. Urban Green Infrastructure Report. 2022.
34. Getzin S., Wiegand K. UAV-based Vegetation Monitoring. *Remote Sensing*, 2014.
35. Wang J. UAV LiDAR and Multispectral Imagery. *Remote Sensing*, 2021.
36. Hartling S. Deep Learning for Urban Tree Classification. *ISPRS*, 2019.
37. Anderson K., Gaston K.J. Lightweight UAVs. *Journal of Applied Ecology*, 2013.
38. Torresan C. UAV technologies in agriculture. *Remote Sensing*, 2017.
39. Colomina I., Molina P. UAV photogrammetry. *ISPRS Journal*, 2014.
40. Dandois J.P. UAV imagery in forest monitoring. *Remote Sensing*, 2015.
41. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. *Elements of Statistical Learning*. Springer, 2017.
42. Goodfellow I. *Deep Learning*. MIT Press, 2016.
43. Bishop C. *Pattern Recognition and Machine Learning*. Springer, 2006.
44. Géron A. *Hands-On Machine Learning*. O'Reilly, 2023.
45. Pedregosa F. *Scikit-Learn*. JMLR, 2011.
46. Chen T., Guestrin C. *XGBoost*. KDD, 2016.
47. Liaw A., Wiener M. *RandomForest Package*. R News, 2002.
48. Kuhn M. *Applied Predictive Modeling*. Springer, 2013.
49. James G. *Introduction to Statistical Learning*. Springer, 2021.
50. Cutler D.R. *Random Forest Classification*. Ecology, 2007.
51. Belgiu M. *Random Forest in Remote Sensing*. ISPRS, 2016.
52. Hamzaev A. va boshq. "Yashil makon" uchun ko'chat tanlash qo'llanmasi, 2025.
53. "Daraxt va butalarga shakl berish qo'llanmasi", Toshkent, 2023.
54. Sobirov U.A. va boshq. Urban tree monitoring in Uzbekistan, 2024.
55. Samiev L.N. GIS technologies in environmental assessment, 2023.