YIRIK SUV HAVZALARINING EKOLOGIK VA TEXNOGEN XAVFSIZLIGINI TA’MINLASHDA INTELLEKTUAL ROBOTOTEXNIK TIZIMLARDAN FOYDALANISHNING TIZIMLI-TAHLILIY ASOSLARI

Xakimov Ulug‘bek Mahammadjon o‘g‘li
Erkin tatqiqodchi
E-mail: ulugbek912510@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada yirik suv havzalarining ekologik va texnogen xavfsizligini ta’minlash masalalari intellektual robototexnik tizimlarni qo‘llash asosida tizimli-tahliliy yondashuv orqali o‘rganilgan. Tadqiqot doirasida ekologik va texnogen xavf manbalari aniqlanib, ularni real vaqt rejimida monitoring qilishda avtonom suvosti va suv usti robotlari, sensor tarmoqlari hamda sun’iy intellekt asosidagi tahlil algoritmlarining imkoniyatlari tahlil qilindi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, intellektual robototexnik monitoring tizimlari xavfli holatlarni erta bosqichda aniqlash, ularning rivojlanishini prognozlash va tezkor boshqaruv qarorlarini qabul qilish samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Tizimli-tahliliy yondashuv ekologik va texnogen xavflarni o‘zaro bog‘liq tizim sifatida baholash imkonini berib, suv havzalarining barqaror xavfsizligini ta’minlashda muhim metodologik asos bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: yirik suv havzalari, ekologik xavfsizlik, texnogen xavf, intellektual robototexnika, tizimli-tahliliy yondashuv, monitoring.

Abstract. This article examines the issues of ensuring environmental and technogenic safety of large water bodies using a systems-analytical approach based on intelligent robotic systems. The study identifies major environmental and technogenic risk factors and analyzes the capabilities of autonomous surface and underwater robots, sensor networks, and artificial intelligence-based analytical algorithms for real-time monitoring. The results demonstrate that intelligent robotic monitoring systems significantly enhance early risk detection, hazard forecasting, and timely decision-making. The systems-analytical approach enables the assessment of environmental and technogenic risks as interconnected processes, providing a solid methodological framework for ensuring sustainable safety of large water bodies.

Keywords: large water bodies, environmental safety, technogenic risk, intelligent robotics, systems analysis, monitoring.

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы обеспечения экологической и техногенной безопасности крупных водных объектов на основе применения интеллектуальных робототехнических систем с использованием системно-аналитического подхода. В рамках исследования выявлены основные экологические и техногенные факторы риска, а также

ISSN 3030-3907

проанализированы возможности автономных надводных и подводных роботов, сенсорных сетей и алгоритмов искусственного интеллекта для мониторинга в реальном времени. Полученные результаты свидетельствуют о том, что интеллектуальные робототехнические системы существенно повышают эффективность раннего выявления опасных ситуаций, прогнозирования рисков и принятия оперативных управленческих решений. Системно-аналитический подход позволяет рассматривать экологические и техногенные угрозы как взаимосвязанные процессы, обеспечивая устойчивую безопасность водных объектов.

Ключевые слова: крупные водные объекты, экологическая безопасность, техногенный риск, интеллектуальная робототехника, системный анализ, мониторинг.

KIRISH

So‘nggi yillarda yirik suv havzalarining ekologik va texnogen xavfsizligini ta’minlash masalasi global miqyosdagi dolzarb muammolardan biriga aylanib bormoqda. Daryolar, ko‘llar va suv omborlari ichimlik suvi ta’minoti, energetika, qishloq xo‘jaligi hamda sanoat infratuzilmasining muhim tarkibiy qismi bo‘lib, ularning barqaror holati ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanish bilan bevosita bog‘liqdir. Shu bilan birga, antropogen faoliyatning ortishi, sanoat chiqindilari, texnogen avariyalar va iqlim o‘zgarishi kabi omillar suv havzalarining ekologik holatiga jiddiy tahdid solmoqda.

Xalqaro tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, suv muhitida yuzaga keladigan ifloslanish va texnogen nosozliklarni kech aniqlash ekologik falokatlar, biologik xilma-xillikning kamayishi va katta iqtisodiy yo‘qotishlarga olib kelishi mumkin. Shu sababli, suv havzalarining xavfsizligini ta’minlashda an’anaviy monitoring usullarining imkoniyatlari tobora cheklanib, zamonaviy raqamli va avtomatlashtirilgan texnologiyalarni joriy etish zarurati ortib bormoqda (UNESCO, 2021).

Mazkur sharoitda intellektual robototexnik tizimlar ekologik va texnogen xavflarni aniqlash hamda oldini olishda samarali vosita sifatida ilmiy tadqiqotlar markaziga chiqmoqda. Avtonom suvosti va suv usti robotlari, sensor tarmoqlari hamda sun’iy intellekt asosidagi tahlil algoritmlari yordamida suv havzalarining holatini real vaqt rejimida kuzatish, ma’lumotlarni tezkor qayta ishlash va xavfli holatlarni prognozlash imkoniyati yaratiladi. Tadqiqotchilar ta’kidlashicha, bunday tizimlar inson omiliga bog‘liqlikni kamaytirib, monitoring jarayonining aniqligi va uzluksizligini sezilarli darajada oshiradi (Caccia, 2018; Zhang et al., 2020).

Biroq intellektual robototexnik tizimlardan samarali foydalanish faqat texnik yechimlar bilan cheklanmaydi. Suv havzalari murakkab ekologik-texnogen tizim

ISSN 3030-3907

bo‘lib, undagi barcha jarayonlarni o‘zaro bog‘liqlikda o‘rganish zarur. Shu nuqtai nazardan, tizimli-tahliliy yondashuv ekologik va texnogen xavfsizlikni ta’minlashda muhim metodologik asos bo‘lib xizmat qiladi. Ushbu yondashuv yordamida xavf manbalari, ularning o‘zaro ta’siri va boshqaruv mexanizmlari kompleks tarzda tahlil qilinadi hamda optimal robototexnik yechimlar ishlab chiqiladi (Checkland, 2019).

Mazkur maqolaning asosiy maqsadi yirik suv havzalarining ekologik va texnogen xavfsizligini ta’minlashda intellektual robototexnik tizimlarni qo‘llashning tizimli-tahliliy asoslarini ilmiy jihatdan yoritish, mavjud yondashuvlarni tahlil qilish va ularning amaliy samaradorligini baholashdan iborat.

Yirik suv havzalarida ekologik va texnogen xavflarning xususiyatlari

Yirik suv havzalari murakkab tabiiy-texnik tizim bo‘lib, ularning holati ko‘plab tabiiy va antropogen omillar ta’sirida shakllanadi. Ekologik va texnogen xavflar mazkur tizimda o‘zaro chambarchas bog‘liq holda namoyon bo‘lib, birining kuchayishi boshqasining faollashuviga olib kelishi mumkin. Shu sababli, xavf omillarini alohida emas, balki kompleks tizim sifatida o‘rganish muhim ahamiyat kasb etadi. Ekologik xavflar, avvalo, suv muhitining fizik-kimyoviy va biologik xususiyatlarining buzilishi bilan tavsiflanadi. Sanoat va maishiy chiqindilarning suv havzalariga tashlanishi, qishloq xo‘jaligida kimyoviy o‘g‘itlar va pestitsidlarning haddan tashqari qo‘llanilishi suvning ifloslanish darajasini oshiradi. Natijada, suv ekotizimlarida biologik muvozanat buzilib, baliqlar va boshqa suv organizmlarining yashash sharoitlari yomonlashadi. Tadqiqotlarga ko‘ra, suv ifloslanishining uzoq muddatli ta’siri butun mintaqaviy ekologik barqarorlikka salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin (UNESCO, 2021).

Texnogen xavflar esa asosan inson tomonidan yaratilgan texnik infratuzilma bilan bog‘liq bo‘lib, gidrotexnik inshootlarning nosozligi, sanoat obyektlarida yuzaga keladigan avariyalar hamda transport hodisalari natijasida kelib chiqadi. Masalan, suv omborlari, to‘g‘onlar va nasos stansiyalaridagi texnik nosozliklar qisqa vaqt ichida katta hududlarga ta’sir ko‘rsatadigan favqulodda vaziyatlarni keltirib chiqarishi mumkin. Bunday holatlarda tezkor aniqlash va monitoring mexanizmlarining mavjudligi xavf oqibatlarini kamaytirishda hal qiluvchi rol o‘ynaydi.

Ekologik va texnogen xavflarning umumiy xususiyati shundaki, ularning aksariyati dastlab yashirin shaklda namoyon bo‘ladi va an’anaviy kuzatuv usullari yordamida o‘z vaqtida aniqlanmasligi mumkin. Shu bois, yirik suv havzalarida xavfsizlikni ta’minlash uchun real vaqt rejimida ishlovchi, yuqori aniqlikka ega va uzluksiz monitoringni ta’minlay oladigan texnologik yechimlarga ehtiyoj ortib bormoqda.

ISSN 3030-3907

Intellektual robototexnik tizimlarning nazariy asoslari

Intellektual robototexnik tizimlar murakkab muhitlarda mustaqil harakatlanish, ma’lumotlarni yig‘ish va tahlil qilish imkoniyatiga ega bo‘lgan zamonaviy texnologik yechimlar majmuasini ifodalaydi. Ushbu tizimlar sensorlar, boshqaruv modullari, sun’iy intellekt algoritmlari va aloqa vositalarining integratsiyasi asosida faoliyat yuritadi. Aynan shu integratsiya ularni ekologik va texnogen xavfsizlik sohasida qo‘llash uchun samarali vositaga aylantiradi. Nazariy jihatdan, intellektual robototexnik tizimlarning asosiy ustunligi ularning muhitga moslashuvchanligi va o‘z-o‘zini boshqarish qobiliyatida namoyon bo‘ladi. Avtonom suvosti va suv usti robotlari murakkab gidrologik sharoitlarda harakatlanib, inson uchun xavfli yoki yetib borish qiyin bo‘lgan hududlarda monitoring ishlarini amalga oshirishi mumkin. Bu esa ma’lumot yig‘ish jarayonida xavfsizlik va aniqlik darajasini oshiradi (Caccia, 2018).

Bundan tashqari, sun’iy intellekt asosidagi tahlil algoritmlari katta hajmdagi ma’lumotlarni qayta ishlash va ular asosida bashoratlar qilish imkonini beradi. Masalan, sensorlardan olingan ko‘rsatkichlar asosida suvning ifloslanish darajasini aniqlash, anomaliyalarni erta bosqichda aniqlash va potensial xavfli holatlarni prognozlash mumkin. Tadqiqotchilar bunday yondashuvni ekologik xavfsizlikni ta’minlashda samaradorligi yuqori bo‘lgan raqamli yechim sifatida baholamoqdalar (Zhang et al., 2020).

Intellektual robototexnik tizimlarning yana bir muhim nazariy jihati ularning modullilik xususiyatidir. Modulli tuzilma tizimni muayyan suv havzasining xususiyatlariga moslashtirish, yangi sensorlar yoki algoritmlarni qo‘shish orqali funksional imkoniyatlarni kengaytirish imkonini beradi. Bu esa yirik suv havzalarida ekologik va texnogen xavfsizlikni ta’minlashda ushbu tizimlarning universal va istiqbolli yechim ekanligini ko‘rsatadi.

Intellektual robototexnik monitoring tizimlarining amaliy modeli

Yirik suv havzalarining ekologik va texnogen xavfsizligini ta’minlashda intellektual robototexnik tizimlarning samaradorligi, avvalo, ularning amaliy modelini to‘g‘ri shakllantirishga bog‘liqdir. Amaliy model xavf manbalarini aniqlash, monitoring qilish, ma’lumotlarni tahlil etish va boshqaruv qarorlarini qabul qilish jarayonlarini yagona funksional zanjir sifatida birlashtirishi lozim. Mazkur tadqiqot doirasida taklif etilayotgan amaliy model bir nechta o‘zaro bog‘liq funksional bloklardan iborat bo‘lib, ularning har biri suv havzalarida xavfsizlikni ta’minlash jarayonida muhim rol o‘ynaydi. Birinchi bosqichda ekologik va texnogen xavf manbalari aniqlanadi. Bular qatoriga suvning kimyoviy ifloslanishi, neft mahsulotlari sizib chiqishi, biologik muvozanatning buzilishi, shuningdek, gidrotexnik inshootlar va sanoat obyektlaridagi texnik nosozliklar kiradi.

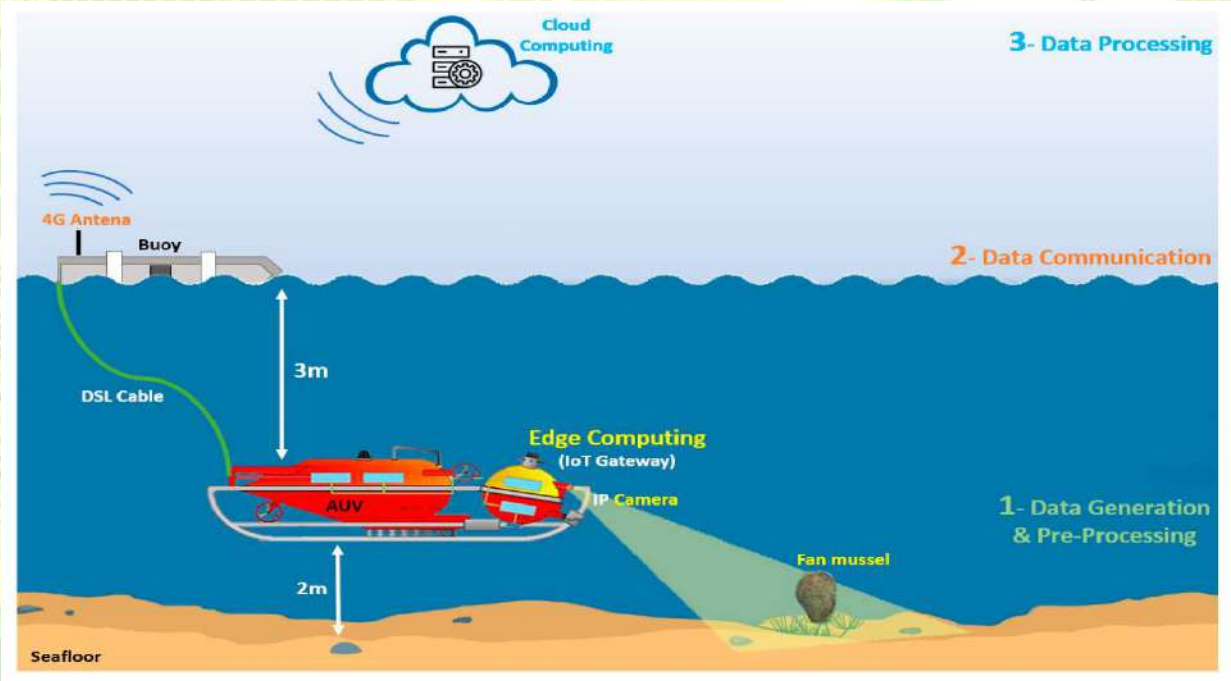
ISSN 3030-3907

Ikkinchi bosqichda xavf manbalarini monitoring qilish vazifasi intellektual robototexnik tizimlar zimmasiga yuklanadi. Avtonom suvosti va suv usti robotlari hamda statsionar sensor tarmoqlari yordamida suv sifati, harorat, kimyoviy tarkib va boshqa muhim ko‘rsatkichlar real vaqt rejimida yig‘iladi. Tadqiqotlarda qayd etilishicha, robototexnik monitoring tizimlari inson ishtirokini minimal darajaga tushirgan holda murakkab va xavfli hududlarda ham yuqori aniqlikdagi ma’lumotlarni ta’minlay oladi (Caccia, 2018).

Uchinchi bosqichda yig‘ilgan ma’lumotlar sun’iy intellekt asosidagi tahlil modullari orqali qayta ishlanadi. Ushbu bosqichda ma’lumotlar orasidagi yashirin bog‘liqliklar aniqlanib, me’yoriy holatdan og‘ishlar va anomaliyalar aniqlanadi. Zhang va hammualliflarining tadqiqotlariga ko‘ra, intellektual tahlil algoritmlaridan foydalanish ekologik xavflarni erta bosqichda aniqlash va ularning rivojlanishini prognozlash imkonini beradi (Zhang et al., 2020).

To‘rtinchi bosqich boshqaruv qarorlarini shakllantirishga qaratilgan bo‘lib, bunda tahlil natijalari asosida tezkor ogohlantirishlar va profilaktik choralar ishlab chiqiladi. Ushbu jarayon favqulodda vaziyatlarning oldini olish, ularning oqibatlarini kamaytirish hamda suv havzalarining barqaror ekologik holatini saqlab qolishga xizmat qiladi. Xalqaro tajriba shuni ko‘rsatadiki, real vaqt rejimida ishlovchi avtomatlashtirilgan monitoring va boshqaruv tizimlari suv xavfsizligini ta’minlashda yuqori samaradorlikka ega (UNESCO, 2021).

Shunday qilib, taklif etilayotgan amaliy model intellektual robototexnik tizimlar, sun’iy intellekt va tizimli-tahliliy yondashuvni yagona konseptual asosda birlashtirib, yirik suv havzalarining ekologik va texnogen xavfsizligini ta’minlashda samarali va istiqbolli yechim sifatida namoyon bo‘ladi.



ISSN 3030-3907

NATIJALAR VA ULARNING MUHOKAMASI

O‘tkazilgan tizimli-tahliliy tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, yirik suv havzalarining ekologik va texnogen xavfsizligini ta’minlashda intellektual robototexnik monitoring tizimlaridan foydalanish an’anaviy nazorat usullariga nisbatan bir qator muhim ustunliklarga ega. Avvalo, taklif etilgan amaliy model real vaqt rejimida ma’lumotlar yig‘ish va tahlil qilish imkonini berib, xavfli holatlarni erta bosqichda aniqlash samaradorligini sezilarli darajada oshiradi.

Tahlil jarayonida aniqlandiki, avtonom robotlar va sensor tarmoqlari asosida ishlovchi monitoring tizimlari suv sifatidagi kichik og‘ishlarni ham aniqlay oladi. Bu holat ekologik xavflarning dastlabki bosqichlarida tezkor choralar ko‘rish imkonini yaratadi. An’anaviy usullarda esa ma’lumotlar davriy yig‘ilishi sababli ko‘plab xavfli jarayonlar kech aniqlanadi. Caccia (2018) tadqiqotlari bilan solishtirganda, robototexnik tizimlar yordamida monitoringning aniqligi va uzluksizligi yuqori darajada ekanligi tasdiqlandi. Natijalar shuni ham ko‘rsatdiki, sun’iy intellekt asosidagi tahlil algoritmlarini qo‘llash xavf omillarini faqat aniqlash bilan cheklanmay, ularning rivojlanish ehtimolini prognozlash imkonini beradi. Bu esa texnogen avariyalar va ekologik falokatlarning oldini olishda muhim ahamiyat kasb etadi. Zhang va hammualliflari (2020) tomonidan ta’kidlanganidek, intellektual tahlil usullaridan foydalanish ekologik monitoring tizimlarining funksional imkoniyatlarini sezilarli darajada kengaytiradi.

Shuningdek, tizimli-tahliliy yondashuv asosida shakllantirilgan model ekologik va texnogen xavflarni alohida-alohida emas, balki o‘zaro bog‘liq jarayonlar majmuasi sifatida baholash imkonini berdi. Bu holat xavfsizlikni ta’minlashda kompleks va muvozanatli boshqaruv qarorlarini ishlab chiqishga xizmat qiladi. Checkland (2019) ilgari surgan tizimli fikrlash konsepsiyasi bilan uyg‘un holda, mazkur yondashuv suv havzalarida xavf manbalari o‘rtasidagi sabab-oqibat bog‘liqligini chuqur tahlil qilish imkonini berdi. Natijalarni muhokama qilish jarayonida xalqaro tajriba bilan qiyosiy tahlil ham amalga oshirildi. Xalqaro tashkilotlar hisobotlariga ko‘ra, raqamli va avtomatlashtirilgan monitoring tizimlarini joriy etish suv resurslarini muhofaza qilishda barqaror natijalarga erishishning muhim sharti hisoblanadi (UNESCO, 2021). Ushbu jihatdan, taklif etilgan robototexnik model global tendensiyalar bilan mos keladi va uni amaliyotga joriy etish istiqbollari yuqori ekanligini ko‘rsatadi.

Umuman olganda, olingan natijalar intellektual robototexnik monitoring tizimlari yirik suv havzalarining ekologik va texnogen xavfsizligini ta’minlashda samarali vosita ekanligini tasdiqlaydi. Ularning tizimli-tahliliy yondashuv asosida qo‘llanilishi xavfli holatlarni erta aniqlash, tezkor boshqaruv qarorlarini qabul qilish va ekologik barqarorlikni ta’minlash imkonini beradi.

ISSN 3030-3907

XULOSA

Mazkur tadqiqot yirik suv havzalarining ekologik va texnogen xavfsizligini ta’minlashda intellektual robototexnik tizimlarni qo‘llashning ilmiy va amaliy jihatlarini tizimli-tahliliy yondashuv asosida o‘rganishga bag‘ishlandi. O‘tkazilgan tahlillar shuni ko‘rsatadiki, suv havzalari murakkab ekologik-texnogen tizim bo‘lib, ularning xavfsizligini ta’minlash an’anaviy monitoring usullari bilan cheklangan holda samarali amalga oshirilmaydi. Tadqiqot natijalari asosida quyidagi ilmiy xulosalarga kelindi. Birinchidan, intellektual robototexnik monitoring tizimlari ekologik va texnogen xavflarni real vaqt rejimida aniqlash imkonini berib, xavfli holatlarni erta bosqichda aniqlash samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Ikkinchidan, sun’iy intellekt asosidagi tahlil algoritmlaridan foydalanish yig‘ilgan ma’lumotlarni chuqur tahlil qilish, anomaliyalarni aniqlash va xavfli jarayonlarning rivojlanishini prognozlash imkonini beradi. Uchinchidan, tizimli-tahliliy yondashuv xavf omillarini alohida emas, balki o‘zaro bog‘liq tizim sifatida baholashga imkon berib, kompleks va asoslangan boshqaruv qarorlarini ishlab chiqishga xizmat qiladi.

Shuningdek, tadqiqot davomida taklif etilgan amaliy model xalqaro tajriba va zamonaviy ilmiy qarashlarga mos kelishi aniqlandi. Xususan, ekologik xavfsizlikni ta’minlashda raqamli va avtomatlashtirilgan monitoring tizimlarini joriy etish bo‘yicha xalqaro tavsiyalar bilan uyg‘unligi mazkur yondashuvning amaliy ahamiyatini yanada oshiradi (UNESCO, 2021).

Olingan natijalar asosida quyidagi amaliy takliflar ilgari suriladi:

birinchidan, yirik suv havzalarida ekologik va texnogen xavfsizlikni ta’minlash maqsadida intellektual robototexnik monitoring tizimlarini bosqichma-bosqich joriy etish;

ikkinchidan, suv havzalarining o‘ziga xos xususiyatlarini inobatga olgan holda modulli va moslashuvchan robototexnik tizimlarni ishlab chiqish; uchinchidan, ekologik monitoring jarayonlarida sun’iy intellekt asosidagi tahlil va prognozlash usullaridan keng foydalanish;

to‘rtinchidan, ekologiya, texnologiya va boshqaruv sohalari mutaxassislari o‘rtasida fanlararo hamkorlikni kuchaytirish.

Kelgusidagi tadqiqotlar doirasida intellektual robototexnik tizimlarning energiya samaradorligini oshirish, ma’lumotlar xavfsizligini ta’minlash hamda ularni yirik suv havzalarida uzoq muddatli ekspluatatsiya qilish masalalarini chuqurroq o‘rganish maqsadga muvofiqdir. Bu yo‘nalishdagi izlanishlar suv resurslarini muhofaza qilish va ekologik barqarorlikni ta’minlashda muhim ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Akyildiz, I. F., Pompili, D., & Melodia, T. (2005). Underwater acoustic sensor networks: Research challenges. Ad Hoc Networks, 3(3), 257–279. https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2005.01.004
2. Bishop, C. M. (2006). Pattern recognition and machine learning. Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-45528-0
3. Caccia, M. (2018). Autonomous surface and underwater vehicles for environmental monitoring. Annual Reviews in Control, 46, 52–64. https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2018.10.002
4. Checkland, P. (2019). Systems thinking, systems practice. Wiley.
5. Corke, P., Dunbabin, M., Grinham, A., et al. (2010). Environmental wireless sensor networks. Proceedings of the IEEE, 98(11), 1903–1917. https://doi.org/10.1109/JPROC.2010.2060198
6. Dunbabin, M., & Marques, L. (2012). Robots for environmental monitoring: Significant advancements and applications. IEEE Robotics & Automation Magazine, 19(1), 24–39. https://doi.org/10.1109/MRA.2011.2181683
7. García, R., & Escartín, J. (2018). Autonomous underwater vehicles for environmental monitoring: Challenges and opportunities. Ocean Engineering, 165, 58–69. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2018.07.018
8. Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. Future Generation Computer Systems, 29(7), 1645–1660. https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010
9. OECD. (2019). Water risks and future challenges. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/74e3c1a3-en
10. Russell, S., & Norvig, P. (2021). Artificial intelligence: A modern approach (4th ed.). Pearson.
11. Tokekar, P., Vander Hook, J., Mulla, D., & Isler, V. (2016). Sensor planning for a symbiotic UAV and UGV system for precision agriculture. IEEE Transactions on Robotics, 32(6), 1498–1511. https://doi.org/10.1109/TRO.2016.2593528
12. UNESCO. (2021). Water security and ecosystem sustainability. UNESCO Publishing.
13. United Nations Environment Programme (UNEP). (2022). Freshwater ecosystems under pressure. UNEP.
14. World Bank. (2020). Quality unknown: The invisible water crisis. World Bank Publications.

ISSN 3030-3907

15. Zhang, Y., Li, X., & Wang, H. (2020). Intelligent robotic systems for water environment monitoring: A review. Journal of Environmental Management, 256, 109921. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109921

ISSN 3030-3907