OLIY TA’LIM MUASSASALARINI “YASHIL UNIVERSITET” KONSEPSIYASI ASOSIDA RAQAMLI RESURS-TEJASH VA EKOLOGIK-IQTISODIY SAMARADORLIGINI BOSHQARISH

УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВОЙ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ И ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ «ЗЕЛЕНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

MANAGING THE DIGITAL RESOURCE-SAVING AND ECO-ECONOMIC EFFICIENCY OF HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS BASED ON THE “GREEN UNIVERSITY” CONCEPT

Habibova Nasiba Anvarovna
Buxoro davlat texnika universiteti
erkin tadqiqotchisi

Annotatsiya. Ushbu maqolada oliy ta’lim muassasalarida “Yashil universitet” konsepsiyasini joriy etish va raqamli resurs tejovchi texnologiyalar orqali ekologik-iqtisodiy samaradorlikni boshqarish masalalari tadqiq qilingan. An’anaviy resurs sarfidagi muammolarni hal etish uchun IoT, BMS va Big Data tahliliga asoslangan Raqamli ekologik boshqaruv platformasi modeli ishlab chiqilgan. Maqolada resurslarni tejash va uglerod izini kamaytirishning ko‘p omilli iqtisodiy-matematik mexanizmi hamda samaradorlik ko‘rsatkichlari asoslab berilgan. Olingan natijalar OTMlarda barqaror rivojlanish va “yashil” iqtisodiyotga o‘tish strategiyalarini amalga oshirishda amaliy metodik vosita bo‘lib xizmat qiladi.

Аннотация. В данной статье исследованы вопросы внедрения концепции «Зеленый университет» в высших учебных заведениях и управления эколого-экономической эффективностью посредством цифровых ресурсосберегающих технологий. Для решения проблем традиционного энерго и ресурс потребления разработана модель Цифровой платформы экологического управления на основе IoT, BMS и анализа Big Data. В статье обоснованы многофакторный экономико-математический механизм энергосбережения и сокращения углеродного следа, а также показатели эффективности. Полученные результаты служат практическим методическим инструментарием для реализации стратегий устойчивого развития и перехода к «зеленой» экономике в вузах.

Abstract. This article investigates the issues of implementing the "Green University" concept in higher education institutions and managing eco-economic efficiency through digital resource-saving technologies. To address the drawbacks of traditional resource consumption, a Digital Ecological Control System model based on IoT, BMS, and Big Data analytics was developed. The paper substantiates a multifactorial economic-mathematical mechanism for resource conservation and

carbon footprint reduction, as well as efficiency indicators. The obtained results serve as a practical methodological tool for executing sustainable development strategies and advancing the transition to a green economy in higher education institutions.

Kalit so‘zlar: yashil universitet, raqamli ekologik boshqaruv, resurs-tejash, ekologik-iqtisodiy samaradorlik, IoT sensori, uglerod izi, Big Data tahlili, barqaror rivojlanish, OTM infratuzilmasi.

Ключевые слова: зеленый университет, цифровое экологическое управление, ресурсосбережение, эколого-экономическая эффективность, датчики IoT, углеродный след, анализ Big Data, устойчивое развитие, инфраструктура вуза.

Keywords: Green University, digital environmental management, resource saving, eco-economic efficiency, IoT sensors, carbon footprint, Big Data analytics, sustainable development, university infrastructure.

Kirish. Zamonaviy global iqtisodiy va ekologik transformatsiyalar sharoitida barqaror rivojlanish tamoyillarini barcha ijtimoiy-iqtisodiy tizimlarga, xususan, oliy ta’lim sektoriga chuqur integratsiyalash kechiktirib bo‘lmaydigan zaruriyatga aylanmoqda [4; 7]. Oliy ta’lim muassasalari (OTM) nafaqat yuqori malakali kadrlar tayyorlovchi va ilmiy ishlanmalar yaratuvchi markazlar, balki yirik resurs iste’molchilari hamda atrof-muhitga muayyan darajada texnogen ta’sir ko‘rsatuvchi infratuzilmaviy obyektlar hisoblanadi. Shu sababli, jahon amaliyotida OTMlarning resurs energetika samaradorligini oshirish va atrof-muhitga salbiy ta’sirini minimallashtirishga qaratilgan “Yashil universitet” konsepsiyasini shakllantirish shiddat bilan ommalashmoqda [6; 10].

O‘zbekiston Respublikasida so‘nggi yillarda “yashil” iqtisodiyot tamoyillariga o‘tish, resurs tejamkorligini ta’minlash hamda iqtisodiyot tarmoqlarini raqamlashtirish bo‘yicha keng ko‘lamli institutsional va normativ-huquqiy islohotlar amalga oshirilmoqda. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 4-oktyabrdagi PQ-4477-son “2019–2030-yillar davrida O‘zbekiston Respublikasining “yashil” iqtisodiyotga o‘tish strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi [1] va 2022-yil 2-dekabrdagi PQ-436-son “2030-yilgacha O‘zbekiston Respublikasining “yashil” iqtisodiyotga o‘tishiga qaratilgan islohotlar samaradorligini oshirish bo‘yicha chora-tadbirlar to‘g‘risida"gi [2] qarorlari, shuningdek, “Raqamli O‘zbekiston – 2030” milliy strategiyasi [3] ushbu sohadagi ustuvor yo‘nalishlarni belgilab berdi. Ushbu hujjatlarda energetika va resurs samadorligini oshirish, raqamli platformalar orqali monitoring tizimlarini avtomatlashtirish hamda issiqxona gazlari emissiyasini qisqartirish asosiy vazifalar sifatida qayd etilgan [1; 2; 3].

Shunga qaramay, OTMlarda resurs tejash va ekologik menejment tizimi ko‘pincha an’anaviy, ya’ni fragmentar va ma’muriy-tashkiliy tusga ega bo‘lib, operativ raqamli tahlil hamda avtomatlashtirilgan boshqaruv mexanizmlari bilan yetarlicha

ta’minlanmagan [5]. Elektrenergiya, issiqlik, suv hamda qog‘oz va boshqa moddiy resurslar iste’molini real vaqt rejimida monitoring qilish, modellashtirish va optimallashtirish tizimlarining yo‘qligi yuqori ekspluatatsiya xarajatlariga hamda resurslarning behuda sarflanishiga olib kelmoqda. Ushbu muammoning yechimi sifatida OTM operatsion faoliyatiga Narsalar interneti (IoT), bino boshqaruv avtomatlashtirilgan tizimlari (BMS) va sun’iy intellekt elementlariga ega Big Data tahlilini qamrab oluvchi raqamli resurs-tejovchi ekologik boshqaruv tizimini tadbiq etish zarurati yuzaga keladi [9]. Ushbu maqolaning maqsadi OTMlarda “Yashil universitet” konsepsiyasini amalga oshirish jarayonida raqamli resurs-tejash va ekologik-iqtisodiy samaradorlikni baholash hamda boshqarishning ko‘p mezonli modelini va metodologik apparatini ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqot metodologiyasi. Tadqiqotning metodologik asosini tizimli yondashuv, ekologik-iqtisodiy modellashtirish va statistik tahlil usullari tashkil etadi [8;12]. OTMning integrallashgan samaradorligini baholash uchun muallif tomonidan ekologik-iqtisodiy samaradorlik ko‘rsatkichi ($EESK$) modeli taklif etiladi:

$$EESK = \frac{(\Delta C_{\{res\}} + \Delta C_{\{eko\}} - C_{\{op\}})}{I_{\{dig\}}} \times 100\%$$

Bunda:

ΔC_{res} – resurslar sarfining qisqarishidan olingan yillik moliyaviy tejamkorlik (so‘m/yil);

ΔC_{eko} – emissiyani kamaytirish va ekologik zararning oldini olish samarasining iqtisodiy bahosi (so‘m/yil);

C_{op} – raqamli ekologik boshqaruv tizimining yillik operatsion xarajatlari (so‘m/yil);

I_{dig} – raqamli ekologik infratuzilmaga yo‘naltirilgan bir martalik kapital investitsiyalar (so‘m).

Resurs yo‘qotishlari va raqamli boshqaruv platformasi (DECS). OTM infratuzilmasida resurs yo‘qotishlarining asosiy manbalari va raqamli optimallashtirish salohiyati tahlil qilindi (1-jadval) [4].

1-jadval

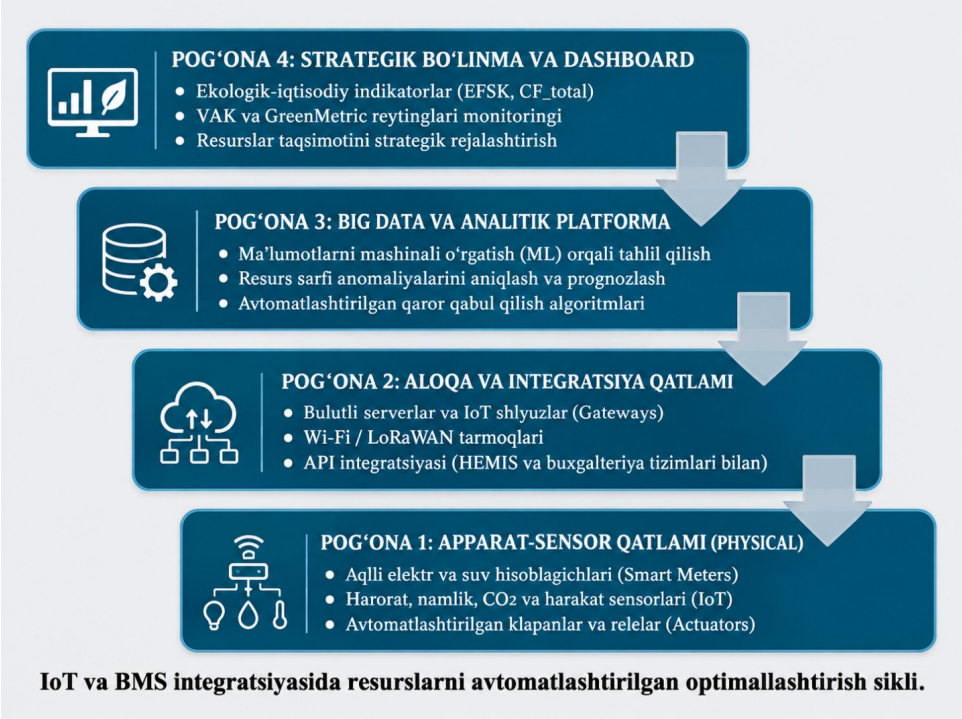
OTM infratuzilmasida resurs yo‘qotishlarining asosiy manbalari va raqamli optimallashtirish salohiyati

Resurs turi	Yo‘qotish manbalari va sabablari	An’anaviy boshqaruvdagi samarasizlik darajasi (%)	Raqamli optimallashtirish orqali tejamkorlik salohiyati (%)
Elektr energiyasi	Xonalarda inson bo‘lmaganda yoritis va konditsionerlarning	25 – 35	30 – 45

	ishlashi; samarasiz yoritish moslamalari		
Issiqlik energiyasi	Binolarda haroratni avtomatik sozlash tizimining yo‘qligi; issiqlik yo‘qotishlari	20 – 30	20 – 35
Suv resurslari	Santexnika uskunalaridagi yashirin sirtishlar; suv sarfini tartibsiz va me’yorsiz ishlatish	15 – 25	25 – 40
Qog‘oz va bosma resurslar	Hujjat aylanishining to‘liq raqamlashtirilmaganligi; qog‘ozni qayta ishlatmaslik	40 – 50	60 – 80
Elektr energiyasi	Xonalarda inson bo‘lmaganda yoritishva konditsionerlarning ishlashi; samarasiz yoritish moslamalari	25 – 35	30 – 45

1-jadval ma’lumotlaridan ko‘rinadiki, raqamli monitoring va boshqaruv mexanizmlarini joriy etish orqali eng yuqori tejamkorlik salohiyati qog‘oz sarfini qisqartirish (80% gacha) hamda elektr energiyasi iste’molini optimallashtirishda (45% gacha) mavjud [9].

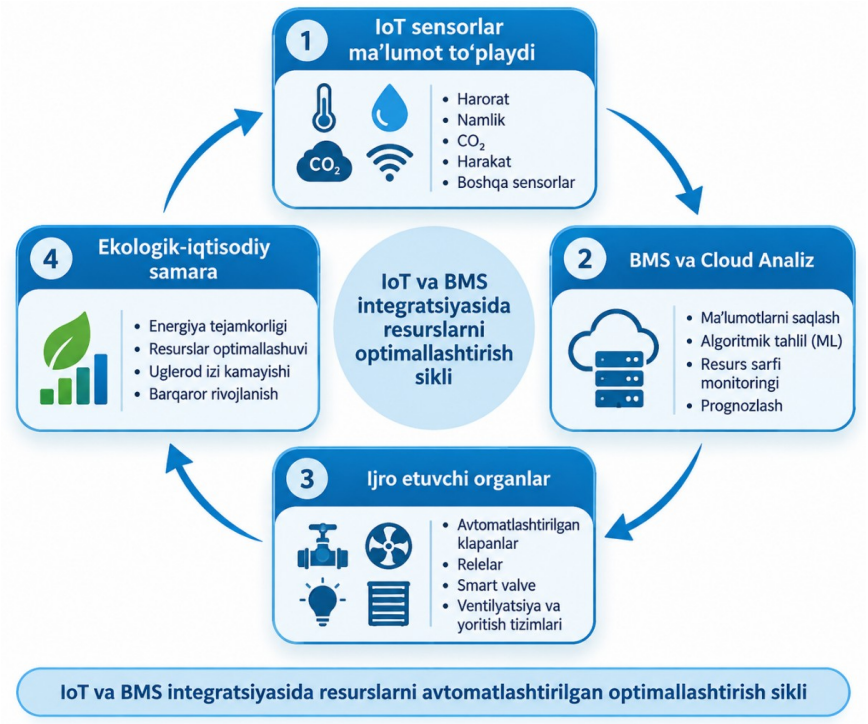
Resurs oqimlarini real vaqt rejimida boshqarish uchun to‘rt pog‘onali Raqamli ekologik boshqaruv tizimi (DECS) konseptual modeli va IoT avtomatlashtirish sikli ishlab chiqildi (1- va 2-rasmlar) [9].



1-rasm. OTMda raqamli ekologik boshqaruv tizimining (DECS) ko‘p pog‘onali konseptual arxitekturasi

Mazkur 1-rasmda IoT va BMS texnologiyalari asosida resurslarni boshqarishning to‘rt pog‘onali raqamli arxitekturasi aks ettirilgan. Tizimning birinchi – apparat-sensor qatlamida aqlli elektr va suv hisoblagichlari, harorat, namlik, CO_2 hamda harakat sensorlari orqali real vaqt rejimida ma’lumotlar yig‘iladi va avtomatlashtirilgan klapan hamda relelar yordamida ijro jarayonlari amalga oshiriladi. Ikkinchi – aloqa va integratsiya qatlamida olingan ma’lumotlar IoT shlyuzlari, Wi-Fi va LoRaWAN tarmoqlari orqali bulutli serverlarga uzatiladi, shuningdek, API vositasida HEMIS va boshqa axborot tizimlari bilan integratsiya qilinadi.

Uchinchi – Big Data va analitik platforma qatlamida shakllangan katta hajmdagi ma’lumotlar mashinali o‘rgatish (ML) algoritmlari asosida qayta ishlanib, resurs sarfidagi anomal holatlar aniqlanadi, kelgusidagi iste’mol ko‘rsatkichlari prognoz qilinadi hamda avtomatlashtirilgan boshqaruv qarorlari ishlab chiqiladi. To‘rtinchi – strategik boshqaruv va Dashboard qatlamida esa ekologik-iqtisodiy indikatorlar, jumladan, EFSK va CF_total ko‘rsatkichlari umumlashtiriladi, GreenMetric kabi reyting mezonlari bo‘yicha monitoring olib boriladi hamda energiya, suv va boshqa resurslarni taqsimlash bo‘yicha strategik qarorlar qabul qilinadi.



2-rasm. IoT va BMS integratsiyasida resurslarni avtomatlashtirilgan optimallashtirish sikli

Shunday qilib, mazkur to‘rt pog‘onali tizim “sensor → integratsiya → analitik tahlil → strategik boshqaruv” zanjiri asosida ishlaydi va resurslar sarfini real vaqt rejimida kuzatish, prognozlash, avtomatik tartibga solish hamda ekologik-iqtisodiy samaradorlikni oshirishga xizmat qiladi. Bu arxitektura oliy ta’lim muassasasida raqamli ekologik boshqaruv va “Yashil universitet” tamoyillarini amaliy joriy etishning texnologik asosini tashkil etadi. Shartli OTM (10 000 talaba, 50 000 m^2 bino maydoni) bazasida o‘tkazilgan empirik modellashtirish natijalari 2-jadvalda jamlab berilgan [5; 11].

2-jadval

DECS tizimini joriy etishning yillik ekologik-iqtisodiy samaradorlik ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkichlar nomi	An’anaviy sarf	DECS bilan sarf	Yillik tejamkorlik (nativ)	Moliyaviy samara ,mln so‘m	qisqarishi (tonna/yil)
Elektr energiyasi	1.800.000 kWh	1.170.000 kWh	630.000 kWh	630,0	315
Tabiiy gaz	350.000	262.500	87.500	175	166,2
Suv resurslari	45.000	31.500	13.500	54	-
Qog‘oz resurslari	4.000 quti	800 quti	3.200 quti	96	15.3

Dastlabki investitsiya hajmi (I{dig}) 1200,0 mln so‘m, yillik operatsion xarajatlar (C{op}) 140,0 mln so‘m hamda ekologik zarar oldini olish samarasi ΔCeko 87,7 mln

so‘mni tashkil etishi inobatga olinganda, integrallashgan ko‘rsatkichlar quyidagicha shakllanadi:

Birinchi yildagi ekologik-iqtisodiy samaradorlik: EESK = 75,23%

Investitsiyalarning o‘zini qoplash muddati (PP): 1,32 yil (14 oy)

Olingan natijalar DECS tizimining yuqori iqtisodiy jozibadorligini va tez qoplanuvchanligini tasdiqlaydi.

Natijalar. O‘tkazilgan ekonometrik va texnik-iqtisodiy tahlillar hamda xalqaro ilg‘or tajribalar asosida O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi hamda barcha oliy ta’lim muassasalari uchun quyidagi kompleks va bosqichli amaliy tavsiyalar ishlab chiqildi [1; 2; 6; 7]:

Institutsional va normativ bazani takomillashtirish:

Har bir OTMda "Ekologik va resurs menejmenti bo‘limi" hamda mas’ul "Chief Sustainability Officer (CSO)" lavozimini joriy etish [6];

OTMning har yillik ekologik va uglerod balansini hisoblash bo‘yicha majburiy ichki standartlarni tasdiqlash [11].

Raqamli va muhandislik infratuzilmasini modernizatsiya qilish:

Barcha o‘quv korpuslari va talabalar turar joylariga LoRaWAN tarmog‘iga bog‘langan aqlli hisoblagichlar va IoT datchiklarini o‘rnatish [9];

HEMIS axborot tizimi bilan bino haroratini avtomatik boshqaruvchi (BMS) tizimlarini dars jadvali asosida sinxronlashtirish.

Moliya-iqtisodiy rag‘batlantirish va “Yashil revolving fondlari”:

OTMlarda resurslarni tejash natijasida bo‘shagan moliyaviy mablag‘larning kamida 50 foizini keyingi ekologik va raqamli loyihalarga qayta yo‘naltiruvchi ichki "Yashil revolving fondlari" (Green Revolving Funds) ni tashkil etish [5];

Binolarning tom qismlariga quyosh fotoelektr stansiyalarini (PV systems) joriy etish orqali muassasaning energetik mustaqilligini oshirish [5].

Kadrlar salohiyati va ekologik madaniyat:

Talabalar hamda xodimlar o‘rtasida “Digital Green Culture” (raqamli ekologik madaniyat) tamoyillarini ommalashtirish [7];

UI GreenMetric va Times Higher Education (THE) Impact Rankings xalqaro reytinglarida OTMlarning pozitsiyalarini yaxshilash bo‘yicha tizimli monitoring olib borish [4; 8].

Xulosa. Olib borilgan ilmiy-amaliy tadqiqot natijalari bo‘yicha quyidagi nazariy va amaliy xulosalar shakllantirildi:

OTMlarda an’anaviy resurs boshqaruv tizimi resurslar yo‘qotilishining yuqori darajasi hamda operativ nazoratning yetarli emasligi bilan tavsiflanadi. “Yashil universitet” konsepsiyasini raqamli texnologiyalar (IoT, BMS, Big Data) bilan integratsiyalash ta’lim muassasalarining ekologik barqarorligini oshirishning zamonaviy drayveri hisoblanadi

Raqamli ekologik boshqaruv tizimi (DECS) OTM infratuzilmasida resurs oqimlarini real vaqt rejimida monitoring qilish va avtomatlashtirilgan tarzda optimallashtirish imkonini beradi. Tizim to‘rt pog‘onali arxitekturaga ega bo‘lib, apparat va strategik boshqaruv darajalarini uzviy bog‘laydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI (REFERENCES)

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 4-oktyabrdagi “2019–2030-yillar davrida O‘zbekiston Respublikasining “yashil” iqtisodiyotga o‘tish strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi PQ-4477-son Qarori. – Qonun hujjatlari ma’lumotlari milliy bazasi, 05.10.2019-y., 07/19/4477/3869-son.
2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 2-dekabrdagi “2030-yilgacha O‘zbekiston Respublikasining "yashil" iqtisodiyotga o‘tishiga qaratilgan islohotlar samaradorligini oshirish bo‘yicha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi PQ-436-son Qarori. – Qonun hujjatlari ma’lumotlari milliy bazasi, 03.12.2022-y., 07/22/436/1066-son.
3. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 5-oktyabrdagi “Raqamli O‘zbekiston – 2030" strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PF-6079-son Farmoni. – Qonun hujjatlari ma’lumotlari milliy bazasi, 06.10.2020-y., 06/20/6079/1349-son.
4. Alshuwaikhat, H. M., & Abubakar, I. (2008). An integrated approach to achieving campus sustainability: assessment of the current campus environmental management practices. Journal of Cleaner Production, 16(16), 1777-1785
5. Amaral, A. R., Rodrigues, E., Gaspar, A. R., & Gomes, Á. (2020). A review on low-carbon energy transition in higher education institutions. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 134, 110362.
6. Fissi, S., Romolini, A., Gori, E., & Contri, M. (2021). The path toward sustainability in higher education institutions: A framework to couple greening actions and reporting. Journal of Cleaner Production, 287, 125580.
7. Leal Filho, W., Sima, M., Sharifi, A., Luetz, J. M., Salvia, A. L., Mifsud, M., ... & Dinis, M. A. P. (2021). Handling climate change mitigation and adaptation in higher education institutions: A global analysis. Science of the Total Environment, 788, 147737.
8. Lo-Iacono-Ferreira, V. G., Capuz-Rizo, S. F., & Torregrosa-López, J. I. (2018). Key performance indicators to manage environmental sustainability in higher education institutions. International Journal of Sustainability in Higher Education, 19(6), 1086-1102.
9. Sorkun, M. F. (2023). How digital transformation enables building green campuses: An IoT-based resource management framework. Environmental Science and Pollution Research, 30 (12), 34120-34135.

10. Tan, H., Chen, S., Shi, Q., & Wang, L. (2014). Development of green campus in China: Overview and leading cases. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 34, -P. 321-329

11. Valls-Val, K., & Bovea, M. D. (2021). Carbon footprint in higher education institutions: A literature review and proposal of a methodology for implementation. Environmental Impact Assessment Review, 89, 106585.

12. Yigitcanlar, T., Kankanamge, N., & Vella, K. (2021). How are smart city concepts and technologies enhancing urban resilience? A systematic review. Sustainable Cities and Society, 72, 103046.