

FOTOVOLTAIK TIZIMLARNING ISHONCHLILIGINI KO'P OMILLI EKSPLUATATSION PARAMETRLAR ASOSIDA SUN'IY INTELLEKT YORDAMIDA BAHOLASH VA PROGNOZLASH USULINI ISHLAB CHIQISH

Majidova Maxliyo A'zam qizi

Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi sh., O'zbekiston

ORCID: 0009-0000-6078-5944,

E-mail: maxliyomajidova106@gmail.com

Tel.: +998 87 310 11 93

Annotatsiya. Maqolada quyosh fotoelektrik tizimlarining ishonchliligini baholash va prognozlash masalasi ko'p omilli ekspluatatsion parametrlar asosida tahlil qilinadi. Tashqi muhit, elektr-energetik, texnik-ekspluatatsion va vaqt omillarini yagona axborot makonida birlashtirishga asoslangan konseptual yondashuv taklif etiladi. Mavjud monitoring, nosozliklarni aniqlash, diagnostika va prognostika usullari qiyosiy o'rganilib, sun'iy intellekt yordamida tizimning joriy integral ishonchlik holatini $R(t)$ ko'rinishida baholash hamda uning istiqboldagi qiymatini $\hat{R}(t+\Delta t)$ ko'rinishida prognozlashning metodik zanjiri ishlab chiqildi.

Kalit so'zlar: quyosh fotoelektrik tizimi, ishonchlik, sun'iy intellekt, prognostika, monitoring, nosozliklar diagnostikasi, mashinaviy o'qitish, ko'p omilli tahlil.

Аннотация. В статье рассматривается оценка и прогнозирование надежности солнечных фотоэлектрических систем на основе многофакторных эксплуатационных параметров. Предлагается концептуальный подход, объединяющий факторы внешней среды, электрические, технико-эксплуатационные и временные показатели в едином информационном пространстве. Сформирована методическая цепочка оценки текущего интегрального показателя надежности $R(t)$ и прогнозирования его перспективного значения $\hat{R}(t+\Delta t)$ с применением методов искусственного интеллекта.

Ключевые слова: солнечная фотоэлектрическая система, надежность, искусственный интеллект, прогностика, мониторинг, диагностика неисправностей, машинное обучение, многофакторный анализ.

Abstract. The paper examines the assessment and forecasting of the reliability of solar photovoltaic systems based on multi-factor operational parameters. A conceptual approach is proposed that integrates environmental, electrical, technical-operational and time-related factors within a unified information space. A methodological chain is developed for assessing the current integrated reliability indicator $R(t)$ and forecasting its future value $\hat{R}(t+\Delta t)$ using artificial intelligence methods.

Keywords: solar photovoltaic system, reliability, artificial intelligence, prognostics, monitoring, fault diagnosis, machine learning, multi-factor analysis.

Kirish. Quyosh fotoelektrik tizimlarining elektr energetikasidagi ulushi ortib borishi ularning uzoq muddatli, barqaror va xavfsiz ishlashini ta'minlash masalasini muhim ilmiy-amaliy vazifaga aylantirmoqda. Fotoelektrik tizimning real ekspluatatsion holati faqat ishlab chiqarilgan energiya miqdori bilan emas, balki tashqi muhit, elektr rejimlari, komponentlarning texnik holati va vaqt bo'yicha yuz beradigan o'zgarishlarning birgalikdagi ta'siri bilan belgilanadi. Shu sababli ishonchlilikni alohida bitta parametr asosida baholash ko'p hollarda tizimdagi murakkab holatlarni yetarli darajada aks ettirmaydi [1,2]. Xalqaro tadqiqotlarda PV tizimlarining monitoringi, nosozliklarni aniqlash, diagnostika va prognostika yo'nalishlari jadal rivojlanmoqda. IEA PVPS Task 13 doirasida ilg'or algoritmlar yordamida nosozliklarni monitoring qilishning turli yondashuvlari tizimlashtirilgan [1]. Triki-Lahiani va hammualliflar PV qurilmalaridagi nosozliklarni aniqlash va monitoring usullarining afzalliklari hamda cheklovlarini qiyosiy tahlil qilgan [2]. Chang va Han esa monitoring, fault diagnosis va prognostics jarayonlarini PV tizimlarining PHM tizimida o'zaro bog'liq vazifalar sifatida ko'rib chiqadi [3]. O'zbekistonda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanishning huquqiy asoslari O'RQ-539-son Qonun bilan mustahkamlangan, 2023-yilda esa qayta tiklanuvchi energiya manbalari va energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etishni jadallashtirish bo'yicha PQ-57-son qaror qabul qilingan [6,7]. Ushbu sharoitda mahalliy iqlim va ekspluatatsion xususiyatlarni hisobga olgan holda fotoelektrik tizimlarning ishonchliligini ma'lumotlarga asoslangan usullar bilan baholash alohida ilmiy ahamiyat kasb etadi. Tadqiqotning maqsadi quyosh fotoelektrik tizimlarining ishonchliligini tashqi muhit, elektr-energetik, texnik-ekspluatatsion va vaqt omillarini birlashtiruvchi ko'p omilli parametrlar asosida sun'iy intellekt yordamida baholash va prognozlashning konseptual-metodik asoslarini ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqot materiallari va usullari. Tadqiqot tahliliy-konseptual xarakterga ega. Ishning dastlabki bosqichida fotoelektrik tizimlar ishonchliligi, monitoringi, nosozliklarni aniqlash, diagnostika, prognostika va sun'iy intellekt asosidagi predictive maintenance bo'yicha xalqaro ilmiy manbalar qiyosiy tahlil qilindi [1–5,9]. Ikkinchi bosqichda ishonchlilikka ta'sir etuvchi ekspluatatsion parametrlar tashqi muhit, elektr-energetik, texnik-ekspluatatsion va vaqt omillari bo'yicha guruhlandi. Uchinchi bosqichda ushbu parametrlarni dastlabki qayta ishlash, muhim xususiyatlarni tanlash, sun'iy intellekt modeli yordamida tahlil qilish, integral ishonchlilikni baholash va prognozlashdan iborat metodik zanjir shakllantirildi.

Taklif etilayotgan usulning umumiy formal ko'rinishi:

$$X \rightarrow D \rightarrow F \rightarrow AI \rightarrow R(t) \rightarrow \hat{R}(t+\Delta t) \rightarrow Q \quad (1)$$

Bu yerda X — dastlabki ko'p omilli ekspluatatsion ma'lumotlar majmui; D — ma'lumotlarni dastlabki qayta ishlash; F — muhim parametr va xususiyatlarni tanlash; AI — sun'iy intellekt asosida tahlil; $R(t)$ — t vaqtdagi integral ishonchlilik ko'rsatkichi; $\hat{R}(t+\Delta t)$ — kelajak vaqt oralig'i uchun prognoz qilinadigan ishonchlilik; Q — natijalar asosida shakllantiriladigan texnik qarordir. Ushbu ifoda klassik fizik tenglama emas, balki metodik-algoritmik zanjirning formal ifodasidir.

Natija va muhokamalar. Mavjud ilmiy yondashuvlarning qiyosiy tahlili PV tizimlari bo'yicha tadqiqotlar asosan monitoring, nosozliklarni aniqlash, diagnostika va prognostika yo'nalishlarida rivojlanganini ko'rsatdi. Taklif etilayotgan yondashuvda esa mazkur yo'nalishlar integral ishonchlilikni baholash va prognozlashning yagona mantiqiy zanjiriga birlashtiriladi.

1-jadval. Quyosh fotoelektrik tizimlari ishonchliligini baholash bo'yicha mavjud ilmiy yondashuvlarning qiyosiy tahlili

№	O'rganilgan ish turi	Yo'nalish	Asosiy yondashuv	Mazkur tadqiqot farqi
1	Ilg'or algoritmlar asosida PV tizimlarida nosozliklarni monitoring qilish [1]	Monitoring	Monitoring ma'lumotlarini tahlil qilish, ilg'or algoritmlar asosida nosozliklarni aniqlash va tasniflash	Tizimning texnik holatini, tashqi muhit va elektr parametrlarini yagona integral ishonchlilik ko'rsatkichi $R(t)$ asosida baholash

2	Fotoelektrik qurilmalarda nosozliklarni aniqlash va monitoring tizimlari [2]	Nosozliklarni aniqlash va diagnostika	Turli elektr parametrlarini monitoring qilish hamda nosozliklarni diagnostik tahlil qilish	Nosozliklarni faqat aniqlash bilan cheklanmasdan, ko'p omilli va vaqt bo'yicha dinamik tahlil asosida ishonchlilikni baholash
3	Chuqur o'qitish asosida PV tizimlarining prognostikasi va texnik holatini boshqarish [3]	PHM va prognostika	Chuqur o'qitish asosida texnik holatni baholash va kelajakdagi nosozliklarni prognozlash	Joriy integral ishonchlilik $R(t)$ va prognoz qilinadigan holat $\hat{R}(t+\Delta t)$ ni yagona adaptiv raqamli egizak zanjirida baholash
4	Sun'iy intellekt asosida PV tizimlarida nosozliklarni identifikatsiya qilish va diagnostika [4]	AI diagnostikasi	ML/DL algoritmlari yordamida nosozliklarni aniqlash, tasniflash va diagnostika qilish	Alohida nosozlik turini aniqlashdan tashqari, tizimning umumiy integral ishonchliligini kompleks baholash
5	Sun'iy intellekt asosida PV tizimlarida bashoratli texnik xizmat va nosozlik diagnostikasi [5]	Predictive maintenance	Ko'p bosqichli AI asosidagi bashoratli texnik xizmat va qaror qabul qilish modeli	Mahalliy ekspluatatsion sharoit, tashqi muhit omillari va real vaqt ma'lumotlariga adaptiv moslashish asosida texnik qarorlarni shakllantirish

Manba: [1]–[5] asosida muallif tomonidan tuzilgan.

Tahlil natijasida tizimning joriy holatini baholash uchun nurlanish, tashqi havo va modul harorati, changlanish, tok, kuchlanish, quvvat, ishlab chiqarilgan energiya, komponentlarning texnik holati hamda vaqt bilan bog'liq trendlarni birgalikda ko'rib chiqish maqsadga muvofiq deb topildi. Ushbu parametrlarning o'zaro bog'liq axborot oqimi sifatida tahlil qilinishi tizimdagi nochiziqli bog'lanishlarni aniqlash imkoniyatini oshirishi mumkin [1–5].



1-rasm. Quyosh fotoelektrik tizimi integral ishonchliligiga ta'sir etuvchi ko'p omilli parametrlarning o'zaro bog'liqligi

Manba: muallif tomonidan [1]–[5] manbalar tahlili asosida ishlab chiqilgan.

Rasmda ko'rsatilgan konseptual bog'lanish asosida tizimning integral ishonchlilik holati umumiy holda quyidagi ko'p omilli funksiya bilan ifodalanishi mumkin:

$$R(t) = f(G(t), Ta(t), Tm(t), S(t), I(t), U(t), P(t), E(t), H(t), \tau) \quad (2)$$

Bu yerda $G(t)$ — quyosh nurlanishi; $Ta(t)$ — tashqi havo harorati; $Tm(t)$ — modul harorati; $S(t)$ — changlanish holati; $I(t)$ — tok; $U(t)$ — kuchlanish; $P(t)$ — quvvat; $E(t)$ — ishlab chiqarilgan energiya; $H(t)$ — texnik-ekspluatatsion holat; τ — vaqt va degradatsiya jarayonlarini tavsiflovchi omildir. Ushbu ifoda konseptual model bo'lib, keyingi tajriba bosqichida real ma'lumotlar asosida parametrlashtirilishi lozim.

2-jadval. Ishonchlilikni baholash uchun tavsiya etiladigan ekspluatatsion parametrlar

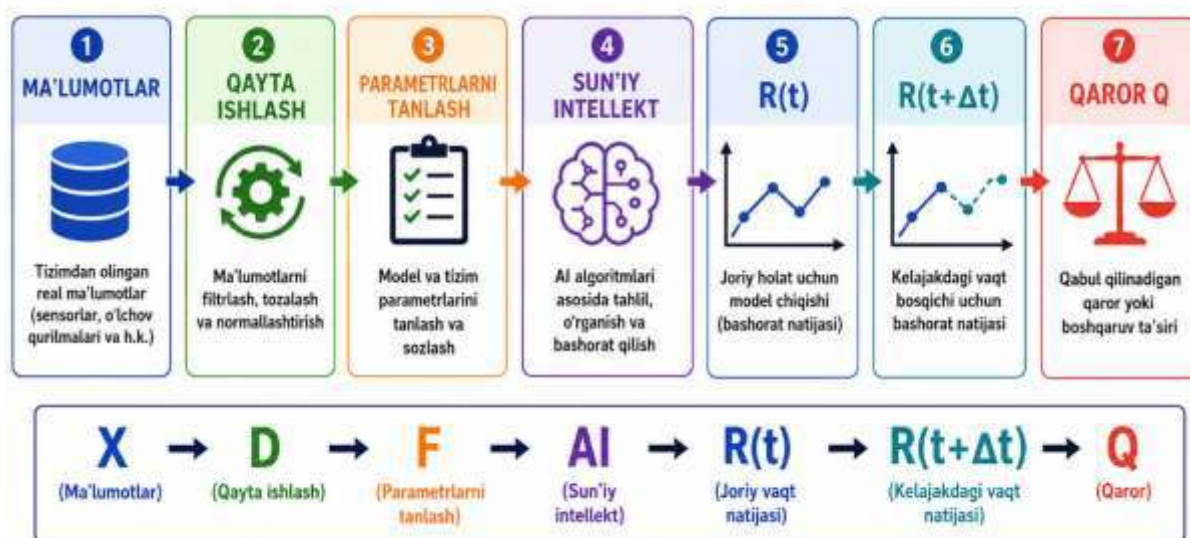
Guruh	Asosiy ko'rsatkichlar	Metodik ahamiyati
Tashqi muhit	G, Ta, Tm, S	Tashqi yuklanish va ish rejimini tavsiflaydi
Elektr-energetik	I, U, P, E	Joriy ishlash holati va anomaliyalarni aks ettiradi

Texnik holat	H	Modul, inverter va ulanishlar holatini tavsiflaydi
Vaqt	τ	Eskirish, degradatsiya va trendlarni aniqlash imkonini beradi

Manba: [1]–[5], [9] asosida muallif tomonidan tuzilgan.

SUN'IIY INTELLEKT ASOSIDA BAHOLASH VA PROGNOZLASH MODELI

Taklif etilayotgan modelda dastlabki ma'lumotlar vaqt bo'yicha sinxronlashtiriladi, sifat nazoratidan o'tkaziladi, anomal qiymatlar aniqlanadi va normallashtiriladi. Keyingi bosqichda muhim xususiyatlar tanlanadi. Shundan so'ng ma'lumotlar turli AI algoritmlarida qiyosiy sinovdan o'tkazilishi mumkin. Tadqiqotning hozirgi bosqichida muayyan algoritmnı oldindan eng yaxshi model deb belgilash emas, balki real ma'lumotlar asosida turli modellarni qiyosiy validatsiya qilish metodik jihatdan to'g'riroq deb hisoblanadi [3–5].



2-rasm. Quyosh fotoelektrik tizimlari ishonchliligini sun'iy intellekt yordamida baholash va prognozlashning konseptual modeli

Manba: muallif tomonidan [1], [3]–[5] manbalar tahlili asosida ishlab chiqilgan.

Prognozlash bosqichi umumiy holda quyidagicha ifodalanadi:

$$\hat{R}(t+\Delta t) = F(X_{t-n}, X_{t-n+1}, \dots, X_t) \quad (3)$$

Bu yerda F — o‘qitilgan prognozlash modeli; $X_{t-n}, \dots, X_t$ — oldingi vaqt oralig‘idagi ko‘p omilli ekspluatatsion ma’lumotlar; n — tahlil oynasining uzunligi. Optimal vaqt oynasi, kirish parametrlari va algoritm real monitoring ma’lumotlari asosida aniqlanishi lozim.

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, PV tizimlarida ishonchlilik masalasini faqat alohida nosozlikni aniqlash doirasida ko‘rib chiqish tizimning murakkab ekspluatatsion holatini to‘liq ifodalash uchun yetarli emas. IEA PVPS Task 13 materiallarida ilg‘or algoritmlar monitoring ma’lumotlari asosida anomalialarni aniqlash imkoniyatini kengaytirishi ko‘rsatilgan [1]. Mazkur tadqiqotda monitoring ma’lumotlari integral ishonchlilik ko‘rsatkichini shakllantirish uchun umumiy axborot bazasi sifatida qaraladi. Triki-Lahiani va hammualliflar fault detection va monitoring usullarining amaliy ahamiyatini asoslaydi [2]. Chang va Han monitoring, fault diagnosis va prognostics yo‘nalishlarini PV tizimlarining PHM tizimida o‘zaro bog‘liq vazifalar sifatida ko‘rsatadi [3]. Markaziy Osiyo yuqori quyosh nurlanishi, keskin kontinental iqlim va changlanish bilan tavsiflanadi. Markaziy Osiyo bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlarda iqlim o‘zgarishi sharoitida quyosh energetikasi salohiyati hamda hududiy joylashtirish omillari baholangan [10]. Shuningdek, changning fotoelektrik tizimlar samaradorligi va energiya ishlab chiqarishiga ta’sirini hisobga olgan holda PV obyektlarini joylashtirish va ekspluatatsiya qilish masalalari tahlil qilingan [11].

Turkiyada Real ekspluatatsion sharoitda PV modullaridagi nosozliklarni aniqlash uchun UAV orqali olingan termal tasvirlar va chuqur o‘qitish algoritmlaridan foydalanilgan [12]. Ushbu yondashuv mintaqaviy iqlim va ekspluatatsion omillarni hisobga olgan holda nosozliklarni erta aniqlash imkoniyatini ko‘rsatadi. Mintaqaviy tajribalar asosan changlanish, harorat, tozalash davriyligi va nosozliklarni aniqlashga qaratilgan bo‘lsa-da, ushbu omillarni adaptiv raqamli egizak va sun‘iy intellekt asosida yagona integral ishonchlilik modeli $\backslash(R(t))$ ga birlashtirish yetarlicha o‘rganilmagan.

Taklif etilayotgan modelning farqli jihati shundaki, ushbu bosqichlar joriy integral ishonchlilik $R(t)$ va kelajakdagi ishonchlilik prognozi $\hat{R}(t+\Delta t)$ atrofida birlashtiriladi. Islam va hammualliflar AI asosidagi PV fault identification va diagnosis bo‘yicha tizimli sharhda klassik mashinaviy o‘qitishdan chuqur o‘qitishgacha bo‘lgan yondashuvlarni umumlashtirgan [4]. Hamza va hammualliflar AI-driven predictive maintenance va fault diagnosis bo‘yicha ko‘p bosqichli tahliliy frameworkni bayon qiladi. Jarayon ma’lumotlarni yig‘ish bilan boshlanadi, bu PDM

tizimida samarali PdM va nosozliklarni tashxislashni amalga oshirish uchun muhim qadamdir. Bu bosqich keng qamrovli ma'lumotlarni tizimli ravishda to'plashni o'z ichiga oladi. Voltaj, tok va quvvat kabi real vaqt rejimidagi elektr parametrlari kuchlanish sensorlari (potentsial transformatorlar va bo'luvchilarni o'z ichiga olgan holda) va tok sensorlari (tok transformatorlari va Xoll effekti sensorlari kabi) yordamida qayd etiladi va tizim ishlashini darhol va aniq baholash imkonini beradi. IQ kameralar termal tasvirlarni samarali ravishda suratga oladi, modul harorati taqsimotiga asoslangan nosozliklarni ko'rsatadigan potentsial issiq nuqtalarni aniqlaydi. Atrof-muhit sharoitlari namlik sensorlari (sig'imli va rezistiv), yomg'ir o'lchagichlari (tebratish va tortish modellari), ifloslanish sensorlari (optik va ultratovush), osmon tasvirlagichlari - bulut qoplamasi sensorlari va quyosh nurlanishini o'lchaydigan piranometrlar mos yozuvlar katakchalari kabi turli xil ilg'or asboblardan orqali qat'iy kuzatiladi. Bundan tashqari, PV moduli va massivining qiyalik va yo'nalishi GPS va kompas tizimlari bilan birga inklinometrlar - qiyalik sensorlari yordamida aniq kuzatiladi [5]. Ushbu ishlardan kelib chiqadigan asosiy xulosa shuki, modelning ishonchliligi ma'lumotlar sifati, tanlangan xususiyatlar va validatsiya sxemasiga sezilarli bog'liq. O'zbekiston sharoitida qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanishning huquqiy asoslari va ularni joriy etishni jadallashtirish bo'yicha qabul qilingan hujjatlar sohaning ilmiy-amaliy dolzarbligini oshiradi [6,7]. Issiq va quruq iqlim, changlanish va mavsumiy o'zgarishlar monitoring ma'lumotlarining strukturasiga ta'sir qilishi mumkin. Shu sababli xalqaro metodlarni mahalliy sharoitda real ma'lumotlar bilan sinash va validatsiya qilish muhimdir. Mazkur ish tahliliy-konseptual xarakterga ega bo'lib, $R(t)$ indeksining aniq chegaraviy qiymatlari va parametrlar vaznlari hali real ma'lumotlar asosida kalibrlanmagan. Uzoq muddatli monitoring bazasini yaratish, xususiyatlarni optimallashtirish, turli AI modellarini qiyoslash hamda prognoz aniqligini MAE va RMSE kabi mezonlar bilan baholash maqsadga muvofiq.

Xulosa. Quyosh fotoelektrik tizimlarining ishonchliligini baholash tashqi muhit, elektr-energetik, texnik-ekspluatatsion va vaqt omillarining o'zaro bog'liq ta'sirini hisobga olishni talab qiladi. Monitoring, nosozliklarni aniqlash, diagnostika va prognostika jarayonlarini yagona metodik zanjirga birlashtirish integral ishonchlilikni baholash uchun istiqbolli yondashuv hisoblanadi.

$X \rightarrow D \rightarrow F \rightarrow AI \rightarrow R(t) \rightarrow \hat{R}(t+\Delta t) \rightarrow Q$ formal zanjiri ko'p omilli ma'lumotlarni qayta ishlashdan texnik qaror qabul qilishgacha bo'lgan taklif etilgan

usulning umumiy mantig'ini ifodalaydi. Integral ishonchlilikni $R(t)$ ko'rinishida baholash va $\hat{R}(t+\Delta t)$ ko'rinishida prognozlash keyingi real eksperimental tadqiqotlarda ishlab chiqilishi va validatsiya qilinishi lozim. O'zbekistonning real iqlim va ekspluatatsion sharoitlari uchun lokal monitoring ma'lumotlariga asoslangan modelni shakllantirish tadqiqotning asosiy ilmiy-amaliy yo'nalishi hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Rapaport S., Green M., Ulbrich C., Graniero P., Louwen A. The Use of Advanced Algorithms in PV Failure Monitoring. IEA PVPS Task 13, Report IEA-PVPS T13-19:2021. https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2021/10/Final-Report-IEA-PVPS-T13-19_2021_PV-Failure-Monitoring.pdf
2. Triki-Lahiani A., Bennani-Ben Abdelghani A., Slama-Belkhodja I. Fault detection and monitoring systems for photovoltaic installations: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2018. Vol. 82, Part 3. P. 2680–2692. DOI: 10.1016/j.rser.2017.09.101. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.101>
3. Chang Z., Han T. Prognostics and health management of photovoltaic systems based on deep learning: A state-of-the-art review and future perspectives // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2024. Vol. 205. Article 114861. DOI: 10.1016/j.rser.2024.114861. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114861>
4. Islam M., Rashel M.R., Ahmed M.T., Islam A.K.M.K., Tlemçani M. Artificial Intelligence in Photovoltaic Fault Identification and Diagnosis: A Systematic Review // Energies. 2023. Vol. 16(21). Article 7417. DOI: 10.3390/en16217417. <https://doi.org/10.3390/en16217417>
5. Hamza A., Ali Z., Dudley S., Saleem K., Uneeb M., Christofides N. A multi-stage review framework for AI-driven predictive maintenance and fault diagnosis in photovoltaic systems // Applied Energy. 2025. Vol. 393. Article 126108. DOI: 10.1016/j.apenergy.2025.126108. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2025.126108>
6. O'zbekiston Respublikasining "Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish to'g'risida"gi Qonuni. 2019-yil 21-may, O'RQ-539-son. Rasmiy ma'lumot: <https://minenergy.uz/uz/lists/view/14>
7. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "2023-yilda qayta tiklanuvchi energiya manbalarini va energiya tejankor texnologiyalarni joriy etishni jadallashtirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi qarori. 2023-yil 16-fevral, PQ-57-son. <https://lex.uz/pdfs/6385716>
8. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "O'zbekiston Respublikasining "yashil" iqtisodiyotga o'tishiga qaratilgan islohotlar samaradorligini oshirish bo'yicha chora-tadbirlar to'g'risida"gi qarori. 2022-yil 2-dekabr, PQ-436-son. Lex.uz.

9. National Renewable Energy Laboratory, Sandia National Laboratories, SunSpec Alliance, and the SuNLaMP PV O&M Best Practices Working Group. Best Practices for Operation and Maintenance of Photovoltaic and Energy Storage Systems; 3rd Edition. Golden, CO: NREL, 2018. NREL/TP-7A40-73822. DOI: 10.2172/1489002. <https://www.nrel.gov/docs/fy19osti/73822.pdf>
10. Gholami A., Alemrajabi A.A., Saboonchi A. Experimental study of self-cleaning property of titanium dioxide and nanospray coatings in solar applications // Solar Energy. 2017. Vol. 157. P. 559–565. DOI: 10.1016/j.solener.2017.08.075.
11. Elamim A., Elhamaoui S., Tijani K., Benazzouz A. va b. Performance analysis of innovative cleaning and soiling mitigation solutions in the semi-arid climate of Benguerir Morocco // Heliyon. 2023. Vol. 9(5). Article e16163. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e16163.
12. Kaycı B., Demir B.E., Demir F. Deep Learning Based Fault Detection and Diagnosis in Photovoltaic System Using Thermal Images Acquired by UAV // Politeknik Dergisi. 2024. Vol. 27(1). P. 91–99. DOI: 10.2339/politeknik.1094586.