

4. Skjuve, M., Følstad, A., Fostervold, K. I., & Brandtzaeg, P. B. My chatbot companion - a study of human-chatbot relationships // International Journal of Human-Computer Studies. — 2021. — Vol. 149. — P. 102601.
5. Weidinger, L., et al. Ethical and social risks of harm from Language Models // arXiv preprint arXiv:2112.04359. — 2021.
6. Sharipova, L., Shakirova, A., Yusufova, S., Kholbaeva, D., Turaeva, G., Alikulova, I., ... & Ruzmatov, I. (2025). The Ecological, Chemical, Biological and Medical Condition of the Aral Sea Region. *The Eurasia Proceedings of Health, Environment and Life Sciences*, 20, 7-13.
7. Улучшение вкусовых свойств лекарственных форм при заболеваниях полости рта, особенно при стоматите и язвах (Холмуродов Ш.Ш., Шарипова Л.А., Юсуфова С.Г., & Таштанбекова Ч.Б., пер.). (2026). Открытая конференция Узбекистана, 1, 37-44. <https://doi.org/10.57033/KFU.JRU-2025-00009>
8. Pavlovna, S. A. (2024). PROBLEMS OF TEACHING GENETICS AT A MEDICAL UNIVERSITY. *Eurasian Journal of Academic Research*, 4(2-1), 58-62.
9. Хамракулов, Д. Р. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В МЕДИЦИНСКОМ ОБРАЗОВАНИИ И КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ. In *Современные проблемы интеллектуальных систем. Сборник Республиканского научно-практического конференции. Часть 2.-Джизак: Филиал КФУ в г. Джизаке Республики Узбекистан, 18-19-апреля 2025 г.-С 351.* (р. 106).
10. Современное состояние и некоторые методы лечения атеросклероза (Хамракулов Д.Р., Шарипова Л.А., Хайдарова Н.Ю., & Тураева Г.Б., пер.). (2025). Открытая конференция Узбекистана, 1, 33-37. <https://doi.org/10.57033/KFU.JRU-2025-00008>
11. Юсуфова, С. Г. КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ЦЕФАЗОЛИНА С СОЛЯМИ МЕТАЛЛОВ: СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ. In *Научно-технические и социокультурные проблемы современного общества. Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Часть 2.-Джизак: Филиал КФУ в г. Джизаке Республики Узбекистан, 20-21-ноября 2025 г.-С. 408.* (р. 57).
12. Юсуфова, С. Г. (2024). РАДИКАЛЫ В ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ. *JOURNAL OF CHEMISTRY*, 7(5), 1-6.
13. Georgievna, Y. S. (2023). Basics of titrimetric methods of analysis. *Spectrum Journal of Innovation, Reforms and Development*, 20(5), 61-63.
14. Наврузова Е.П. (2021). РАЗВИТИЕ ДУХОВНО-ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ИНТЕЛЛЕКТА ШКОЛЬНИКОВ НА УРОКАХ ЛИТЕРАТУРЫ. *Наука и образование сегодня*, (10 (69)), 59-61.
15. Navruzova, E., & Sharipov, S. (2025). On the development of students' spiritual and emotional intelligence in general education schools (A case study of Andrei Platonov's short story "Yushka"). In *Nauchno-tekhnicheskie i sotsiokulturnye problemy sovremennogo obshchestva: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Jizzakh, 20–21.11.2025)* (pp. 346-354). <https://openconf.uz/conf/article/download/123/121>

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ: ДВУХОСЕВОЙ СОЛНЕЧНЫЙ ТРЕКЕР С ИОТ-МОНИТОРИНГОМ, АЛГОРИТМАМИ ИИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ И СИСТЕМОЙ ТЕРМОРЕГУЛИРОВАНИЯ

1.Туйчибоев Х.Х.

Студент кафедры «ИТиАТПП» Алмалыкского филиала НИТУ МИСИС

Научный руководитель Маманазаров Улугбек Бахтиёр угли

Старший преподаватель кафедры «ИТиАТПП» Алмалыкского филиала НИТУ МИСИС

г.Алмалык,

Республики

Узбекистан

humoyuntoychiboyev16@gmail.com

Аннотация: В статье рассматривается разработка интеллектуальной фотоэлектрической системы, включающей двухосевой солнечный трекер с IoT-мониторингом, алгоритмами искусственного интеллекта для обнаружения неисправностей и системой терморегулирования. Представлена архитектура системы, описаны аппаратные и программные решения, а также методы

повышения энергоэффективности. Особое внимание уделяется вопросам автоматического слежения за Солнцем, анализу данных в первый момент и применению технологии прогнозного обслуживания. Показано, что внедрение предложенных решений позволяет значительно увеличить выработку электроэнергии и снизить затраты.

Ключевые слова: фотоэлектрическая система, солнечный трекер, IoT-мониторинг, искусственный интеллект, обнаружение неисправностей, прогнозное обслуживание, энергоэффективность, терморегулирование.

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT PHOTOVOLTAIC SYSTEM: A TWO-AXIS SOLAR TRACKER WITH IOT MONITORING, AI-BASED FAULT DETECTION ALGORITHMS AND A THERMAL MANAGEMENT SYSTEM

Tuychiboev H.Kh.

Almalyk branch of the National University of Science and Technology MISIS, Almalyk,
Uzbekistan humoyuntuychiboyev16@gmail.com

Abstract: This paper presents the development of an intelligent photovoltaic system including a two-axis solar tracker with IoT monitoring, artificial intelligence algorithms for fault detection, and a thermal management system. The system architecture is described along with hardware and software solutions. Special attention is given to automatic solar tracking, real-time data analysis, and predictive maintenance technologies. The implementation of the proposed solutions improves energy generation efficiency and reduces operational costs.

Keywords: photovoltaic system, solar tracker, IoT monitoring, artificial intelligence, fault detection, predictive maintenance, energy efficiency, thermal management.

AQLLI FOTOELEKTRIK TIZIMINI ISHLAB CHIQISH: IOT-MONITORING, NOSOZLIK LARNI ANIQLASH UCHUN SUN'YI INTELLEKT ALGORITMLARI VA TERMOREGULYATSIYA TIZIMIGA EGA BO'LGAN IKKI O'QLI QUYOSH TREKERI HARORATINI BOSHQARISH

To'ychiboyev H.X.

Universitet: Milliy texnologik tadqiqotlar universiteti "MISIS"ning Olmaliq
shahridagi filiali humoyuntuychiboyev16@gmail.com

Annotatsiya: Maqolada IoT monitoringiga ega ikki o'qli quyosh trekerini, nosozliklarni aniqlash uchun sun'iy intellekt algoritmlarini va termoregulyatsiya tizimini o'z ichiga olgan intellektual fotoelektrik tizimni ishlab chiqish masalalari ko'rib chiqiladi. Tizim arxitekturasini taqdim etilgan, apparat va dasturiy yechimlar, shuningdek, energiya samaradorligini oshirish usullari tavsiflangan. Quyoshni avtomatik kuzatish, dastlabki ma'lumotlarni tahlil qilish va bashoratli xizmat ko'rsatish texnologiyasini qo'llash masalalariga alohida e'tibor qaratilmoqda. Taklif etilgan yechimlarni joriy etish elektr energiyasi ishlab chiqarishni sezilarli darajada oshirish va xarajatlarni kamaytirish imkonini berishi ko'rsatilgan.

Kalit so'zlar: fotoelektrik tizim, quyosh trekeri, IoT monitoring, sun'iy intellekt, nosozliklarni aniqlash, bashoratli xizmat ko'rsatish, energiya samaradorligi, termorostlash.

Введение и цели проекта. Солнечная энергия является одним из наиболее перспективных и чистых возобновляемых источников энергии, однако традиционные статические солнечные панели имеют ограниченную эффективность из-за невозможности следовать за движением солнца.

Цель данного проекта – разработка комплексной интеллектуальной фотоэлектрической системы, которая максимизирует выработку энергии.

Система решает следующие задачи:

Динамическая ориентация панелей вслед за солнцем с помощью двухосевого механизма (азимут и угол наклона) для минимизации косинусных потерь.

Мониторинг параметров в режиме реального времени (напряжение, ток, мощность, температура) с использованием технологий Интернета вещей (IoT).

Раннее обнаружение дефектов и загрязнений с помощью методов искусственного интеллекта и машинного обучения.

Контроль температуры панелей для предотвращения тепловой деградации КПД.

Архитектура системы. Архитектура представляет собой систему с обратной связью (closed-loop), ядром которой является микроконтроллер, управляющий позиционированием панели на основе данных с датчиков и астрономических алгоритмов.



Рисунок 1 – Архитектура системы

Система работает в гибридном режиме:

Датчиковое отслеживание (активный режим): Использует фоторезисторы (LDR) для точного позиционирования в ясную погоду.

Хронологическое/Астрономическое отслеживание: При облачной погоде или низком уровне освещенности система переключается на расчет положения солнца на основе данных модуля реального времени (RTC) или GPS (широта, долгота, время).

Аппаратное обеспечение. Выбор компонентов обусловлен необходимостью баланса между стоимостью, энергопотреблением и вычислительными мощностями.

Центральный контроллер: Рекомендуется использование микроконтроллера ESP32 (например, DOIT ESP32 DEVKIT V1). Он обладает двухъядерным процессором, встроенными модулями Wi-Fi и Bluetooth, а также достаточным количеством GPIO для генерации ШИМ-сигналов (PWM). В качестве альтернативы для более простых подсистем может применяться Arduino UNO.

Датчики освещенности (LDR): Для двухосевой системы используются четыре фоторезистора, разделенные непрозрачными перегородками. Разница в освещенности создает разницу напряжений на аналоговых входах, указывая направление движения к источнику света.

Приводы (Актюаторы): Сервоприводы (например, SG90 для прототипов или MG996R) либо линейные актуаторы для тяжелых коммерческих панелей. Сервомоторы контролируют горизонтальное (азимут) и вертикальное (элевация) вращение.

Датчики параметров электросети: Датчик тока на эффекте Холла (например, ACS712) и модули датчиков напряжения для измерения генерируемой мощности.

Система питания: Во избежание падения напряжения микроконтроллера (brownout),

питание для ESP32 (через понижающий преобразователь) и питание для сервоприводов должны быть разделены, но иметь общую «землю» (GND).

Датчики окружающей среды: Анемометр для перевода трекера в безопасное горизонтальное положение при сильном ветре, и датчики температуры (например, DS18B20).

Программное обеспечение и алгоритмы управления.

Программная часть разрабатывается в среде Arduino IDE.

Алгоритм слежения: Микроконтроллер непрерывно сравнивает значения АЦП с восточных/западных и северных/южных LDR. Если разница превышает заданный порог чувствительности (допуск), генерируется ШИМ-сигнал для поворота сервопривода в сторону более яркого света. Стратегия «Backtracking» (Обратный ход): В утренние и вечерние часы при низком положении солнца на коммерческих станциях панели могут затенять друг друга. Алгоритм изменяет угол наклона (возвращая их ближе к горизонтали), чтобы избежать межрядного затенения (row-to-row shading), максимизируя улавливание рассеянного света.

Автоматический возврат (Night mode): При критическом падении освещенности вечером алгоритм возвращает панель в утреннее стартовое положение (на восток).

Система мониторинга и IoT-интеграция.

Солнечная панель в проекте рассматривается как IoT-узел, передающий телеметрические данные на удаленный сервер.

Сетевые протоколы: Используется легковесный протокол MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), который идеально подходит для межмашинного взаимодействия (M2M) с низкими затратами трафика и энергии.

Платформы: Интеграция с платформами умного дома (например, Home Assistant) или облачными сервисами (Blynk, ThingSpeak, AWS) для визуализации данных.

Интерфейс пользователя: Разворачивается асинхронный веб-сервер (например, на базе библиотеки ESPAsyncWebServer) с использованием AJAX. Это позволяет пользователю через браузер видеть текущий угол поворота, графики мощности, а также принудительно управлять панелью с помощью ползунка (ручной режим) без перезагрузки страницы.

Обнаружение неисправностей на базе ИИ (AI Fault Detection).

Поскольку неисправности могут оставаться незамеченными и снижать выработку на 0,5%–2% ежегодно, проект внедряет методы ИИ для диагностики.

Анализ данных: Собранные через IoT данные (ток, напряжение, освещенность, температура) подаются на вход обученной нейронной сети.

Классификация сбоев: ИИ-модели способны распознавать паттерны таких аномалий, как короткое замыкание, деградация ячеек, затенение или сильное загрязнение (soiling).

Компьютерное зрение (Комплексный подход): Использование конволюционных нейронных сетей (CNN) и тепловизионной съемки (инфракрасных изображений) для точной локализации

«горячих точек» (hotspots) и микротрещин на поверхности модулей.

Прогнозируемое обслуживание (Predictive Maintenance): Система прогнозирует генерацию на основе метеоданных. Если фактическая выработка значительно отклоняется от прогнозируемой базовой модели, оператору автоматически отправляется уведомление о необходимости технического обслуживания или очистки.

Система терморегулирования (охлаждения) панелей.

Нагрев солнечной панели выше оптимальной рабочей температуры (как правило, 25–40 °C) приводит к падению выходной мощности. Для кремниевых модулей температурный коэффициент мощности составляет около -0,4% – -0,45% на каждый градус Цельсия выше нормы.

Методы охлаждения: В рамках системы могут быть реализованы пассивные или активные методы отвода тепла.

Термоэлектрические элементы (Элементы Пельтье): Устанавливаются на заднюю поверхность панели холодной стороной для отвода тепла за счет эффекта теплопроводности.

Альтернативные варианты охлаждения: Охлаждение циркуляцией воды, использование пористых материалов для испарительного охлаждения или материалов с фазовым переходом (PCM). Интеграция таких систем повышает КПД солнечных элементов и продлевает срок их службы.

Ожидаемая энергоэффективность и технико-экономические показатели.

Внедрение комплекса описываемых технологий значительно повышает экономическую отдачу проекта.

Прирост мощности: Использование двухосевого трекера позволяет увеличить выработку энергии до 40–50% по сравнению с фиксированными панелями, тогда как одноосевые трекеры дают прирост в 20–35%. Дополнительный алгоритм Backtracking и программное ИИ-управление (например, подход TrueCapture) могут увеличить сбор энергии еще на 2–6% за счет улавливания рассеянного света в пасмурные дни и устранения затенения.

Окупаемость (ROI): Несмотря на дополнительные затраты на электромеханические компоненты и датчики, увеличенная генерация и минимизация простоев за счет предиктивного обслуживания позволяют окупить инвестиции в трекинг в среднем за 3,5 – 5 лет для систем двухосевого типа.

Энергопотребление системы: Расход энергии на работу самих двигателей минимизируется за счет настройки алгоритма (например, корректировка угла на 3 градуса каждые 12 минут, а не постоянное движение). Само энергопотребление датчиков и IoT модулей (например, по протоколу MQTT) составляет незначительную часть (менее 3%) от вырабатываемой энергии.

Список литературы

1. Бобылев В. Н. Фотоэлектрические системы: основы проектирования и применения. — М.: Энергоатомиздат, 2018. — 256 с.
2. Соловьев А. А. Возобновляемые источники энергии. — СПб.: Питер, 2020. — 320 с.
3. Patel M. R. Wind and Solar Power Systems: Design, Analysis, and Operation. — 2nd ed. — Boca Raton: CRC Press, 2019. — 528 p.
4. Luque A., Hegedus S. Handbook of Photovoltaic Science and Engineering. — 2nd ed. — Chichester: Wiley, 2018. — 1160 p.
5. Zhang Y., Yang J. IoT-based smart energy monitoring systems: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. — 2021. — Vol. 145. — P. 111-125.
6. Zhang C., et al. Fault detection and diagnosis in photovoltaic systems using machine learning techniques // Energy Reports. — 2020. — Vol. 6. — P. 200–210.
7. Kalogirou S. A. Artificial intelligence for the modeling and control of photovoltaic systems // Solar Energy. — 2019. — Vol. 170. — P. 1–15.
8. Sharma V., et al. Performance analysis of solar tracking systems // Renewable Energy. — 2017. — Vol. 105. — P. 122–130.
9. Liu X., et al. IoT-based intelligent monitoring system for photovoltaic power plants // IEEE Access. — 2022. — Vol. 10. — P. 45000–45012.
10. Chen J., et al. Predictive maintenance for photovoltaic systems using data-driven approaches // Applied Energy. — 2021. — Vol. 295. — P. 117–130.

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ QOS В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕТЯХ СВЯЗИ

Б.М. Умирзаков

начальник IT-центра Ташкентского государственного экономического
университета bahodir-83@tsue.uz

Аннотация: В данной статье анализируются вопросы обеспечения качества обслуживания