

ПЕРЕХОД ОТ МОНИТОРИНГА К УПРАВЛЕНИЮ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМ СОСТОЯНИЕМ ОПЕРАТОРА

Рассматривается развитие систем контроля функционального состояния человека-оператора. Обсуждается переход от выявления утомления к предупреждению риска.

Введение

Контроль функционального состояния человека-оператора рассматривается как одно из перспективных направлений снижения профессиональных рисков в промышленности и на транспорте. Разработано достаточное количество систем, показывающих эффективность данного подхода для снижения числа опасных происшествий, способных повлечь в том числе травмы сотрудников. Вместе с тем анализ литературы показывает, что большинство существующих решений по-прежнему сосредоточено на задаче выявления утомления, тогда как системы предупреждения и управления представлены недостаточно широко.

I. Анализ данных из обзорных статей

Развитие систем мониторинга утомления исторически шло прежде всего по пути повышения точности распознавания состояния, а не по пути построения полноценного контура управления. Это подтверждают обзорные работы. В обзоре [1] тематический поиск в базах Scopus и PubMed дал 612 публикаций, из которых в итоговый анализ вошли только 60 исследований, где была построена полноценная модель. Авторы отмечают, что основное внимание в этих работах было уделено распознаванию состояния и улучшению качества моделей, тогда как вопросы реальной эксплуатации, внешней валидации и использования результата в системах принятия решений прорабатывались слабее. Ещё один обзор [2] показывает, что даже при росте интереса к носимым устройствам и методам искусственного интеллекта ключевыми ограничителями остаются стоимость внедрения, удобство сенсоров, качество данных и разрыв между экспериментами и реальной производственной средой. Многие решения оставались лабораторными и диагностическими, и редко становились инструментом активного управления риском.

II. Современные критерии оценки систем

На современном этапе оценка системы должна производиться в первую очередь на основании взаи-

модействия её элементов. В обзоре [3], где после отбора были проанализированы 43 недавние статьи, подчёркивается, что эффективная система мониторинга утомления должна оцениваться как по используемым сигналам и моделям, так и по условиям эксперимента, качеству данных, экономической целесообразности и пригодности к применению в рабочей среде. Полноценная система контроля функционального состояния должна отвечать трём требованиям: обеспечивать устойчивую работу в реальных условиях, включая помехи, неполноту данных и персональные различия между пользователями; давать воспроизводимый и достаточно надёжный результат для использования вне лабораторной среды; быть встроенной в контур принятия решений – не только фиксировать ухудшение состояния, но и формировать основание для предупреждающего воздействия. Современный подход смещает акцент с точности модели на архитектуру системы, способной работать как инструмент предупреждения и снижения риска.

III. Выводы

Таким образом, основной проблематикой в современных работах должна быть не столько разработка методов выявления утомления, сколько переход от распознавания состояния к построению пригодной для реальных условий системы управления. Перспективным направлением является переход к архитектурам, в которых оценка состояния человека-оператора становится частью контура предупреждения и снижения риска.

Список литературы

1. Martins, N. R. A. Fatigue Monitoring Through Wearables: A State-of-the-Art Review / N. R. A. Martins [et al.] // *Frontiers in Physiology*. – 2021. – Vol. 12. – Art. 790292.
2. Naranjo, J. E. Wearable Sensors in Industrial Ergonomics: Enhancing Safety and Productivity in Industry 4.0 / J. E. Naranjo [et al.] // *Sensors*. – 2025. – Vol. 25, № 5. – Art. 1526.
3. Imran, M. A. A. Designing a practical fatigue detection system: A review on recent developments and challenges / M. A. A. Imran, F. Nasirzadeh, C. Karmakar // *Journal of Safety Research*. – 2024. – Vol. 90. – P. 100–114.

Ючков Андрей Константинович, аспирант кафедры информационных технологий автоматизированных систем, a.iuchkov@bsuir.by.

Научный руководитель: Рыбак Виктор Александрович, заведующий кафедрой информационных технологий автоматизированных систем, кандидат технических наук, доцент, v.rybak@bsuir.by.