

## АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание степени «доктор философии» (PhD) по образовательной программе 8D07101 – «Автоматизация и управление»

**СМАҚАНОВ БАУЫРЖАН СЕРІКҚАНҰЛЫ**

### **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ**

**Актуальность работы.** Системы видеонаблюдения повсеместно применяются в современном мире. Решаемые с помощью таких систем задачи затрагивают многие аспекты социальной жизни и являются чрезвычайно актуальными. Создание интеллектуальных систем видеонаблюдения стало новым вызовом для обеспечения техники безопасности в различных областях. Актуальность повышения уровня безопасности населения на производстве и в повседневной жизни сегодня очевидна. Особое место занимает деятельность, связанная с повышенной опасностью в случае монотонной, рутинной работы, когда человек перестает адекватно контролировать ситуацию вследствие усталости или рассеивания внимания, например при охране объектов перед мониторами камер слежения, при длительном нахождении за рулем водителя транспортного средства и т.д. Применение современных цифровых технологий в данной области является перспективным направлением исследований. Результаты работы направлены на повышение техники безопасности людей, занимающихся монотонной деятельностью в режиме реального времени с использованием нейронных сетей. Исследование предназначено для оперативного контроля состояния сотрудника на работах, связанных с повышенной опасностью (охрана объектов, водитель транспортного средства и т. д.), что является актуальным направлением исследований.

В Республике Казахстан имеется статистика дорожно-транспортных происшествий, вызванных различными причинами, однако сведения по утомлению или сонливости отображены в официальных источниках только с 2023 года и составляют 34 зарегистрированных случая, за четыре месяца 2024 года выявлено 4 ДТП по данным Комитета по правовой статистике и специальным учетам Генеральной прокуратуры Республики Казахстан. Причем следует отметить тот факт, что это только официально зарегистрированные случаи.

Данное диссертационное исследование соответствует стратегическим направлениям концепции цифровой трансформации, развития отрасли информационно-коммуникационных технологий и кибербезопасности на 2023 - 2029 годы. Исследование не только поддерживает глобальные цели цифровизации и автоматизации процессов, но и решает конкретные задачи, связанные с безопасностью, киберзащитой и устойчивым развитием.

Актуальность выбранного направления на сегодняшний день также подтверждается словами президента Казахстана Касым-Жомарта Токаева на расширенном заседании правительства 7 февраля 2024 года в Астане о том, что

цифровизация различных отраслей и внедрение технологий искусственного интеллекта (ИИ) помогут качественно изменить ситуацию в экономике Казахстана. Причем именно ИИ, по мнению президента, может стать «движущей силой экономического прогресса и внедрения инноваций в стране». Тема диссертационного исследования соответствует приоритетному направлению развития науки Республики Казахстан - информационные, коммуникационные и космические технологии, которое с 2023 года называется передовое производство, цифровые и космические технологии.

**Основная идея работы** заключается в разработке доступной, надежной системы повышения техники безопасности людей, занимающихся монотонной деятельностью в режиме реального времени, причем не создающее явных неудобств для человека и не отвлекающее от основной деятельности. Оборудование, которое используется для сборки автоматизированной установки, должно быть недорогим и находящимся в свободной продаже для среднестатистического жителя Республики Казахстан. В данной диссертационной работе в качестве основного направления исследований выбрана работа водителя автомобиля.

**Объектом исследования** является системы управления видеонаблюдения.

**Предметом исследования** является интеллектуальная система видеонаблюдения для обеспечения техники безопасности.

**Целью исследования** является разработка программно-аппаратного обеспечения интеллектуальной системы видеонаблюдения на основе методов и алгоритмов оперативного контроля состояния сотрудника на работах, связанных с повышенной опасностью.

Для достижения поставленной цели, были определены следующие **задачи исследования**:

- исследовать проблемы и направления развития современных систем автоматизированной поддержки водителя;
- изучить существующие модели и методы оценки роли человеческого фактора в обеспечении безопасности;
- разработать методику оценки состояния водителя на основе адаптированного метода;
- разработать адаптированный метод на основе видеоокулографии;
- реализовать моделирование мониторинга состояния водителя на основе теоретико-эмпирического подхода, на классическом подходе и с применением сверточных нейронных сетей;
- разработать структурную схему программно-аппаратного обеспечения интеллектуальной системы видеонаблюдения;
- спроектировать экспериментальную установку автоматизированной системы видеослежения водителя автомобиля с применением предложенных методов;
- провести экспериментальное исследование работоспособности программно-аппаратного обеспечения системы.

**Основные методы исследования.** Для решения рассмотренных задач применяются общенаучные методы познания, а также специальные методы исследования (математическое моделирование, натурный эксперимент:

тестирование методики сканирования на модельных объектах). Принципы автоматизации управления системного и интеллектуального анализа.

#### **Научные положения, выносимые на защиту:**

1) адаптированный метод анализа движения глаз на основе видеоокулографии и адаптивный алгоритм, в котором параметры обнаружения перемещения взгляда определяются с учетом особенностей обрабатываемых данных;

2) система видеонаблюдения за состоянием человека, базирующаяся на оригинальной модели, объединяющей разнотипные параметры с учетом нечеткого характера данных в сверточную нейронную сеть;

3) результаты экспериментальных исследований моделирования и тестирования новой интеллектуальной системы видеонаблюдения для обеспечения техники безопасности с использованием сверточной нейронной сети с учетом нечеткого характера тестовых и реальных данных.

#### **Научная новизна работы:**

1) Разработан новый адаптированный метод анализа движения глаз на основе видеоокулографии и адаптивный алгоритм, в котором параметры обнаружения определяются с учетом особенностей обрабатываемых данных. В дополнение к фиксации и саккадам, алгоритм также выделяет глиссанды и дает возможность использования комбинированной обработки данных с помощью нескольких алгоритмов в зависимости от условий получения изображения и используемого оборудования.

2) Впервые предложена система видеонаблюдения за состоянием человека, базирующаяся на оригинальной модели, объединяющей разнотипные параметры с учетом нечеткого характера данных в сверточную нейронную сеть.

3) Полученные результаты и выводы моделирования и тестирования новой интеллектуальной системы видеонаблюдения для обеспечения техники безопасности с использованием сверточной нейронной сети с учетом нечеткого характера тестовых и реальных данных, имеющая преимущество по точности, составляющей примерно 95 % правильного определения ситуаций по сравнению с имеющимися аналогами.

Соответствующее применение методологии системного анализа, общенаучных методов познания и математического моделирования, а также принципов автоматизации и управления, теории нечетких множеств и нейронных сетей, включая внедрение полученных результатов, являются основанием **достоверности и обоснованности** сформулированных научных положений, полученных выводов, результатов и рекомендаций.

#### **Научная и практическая значимость диссертационной работы.**

Разработанная интеллектуальная система видеонаблюдения представляет собой программно-аппаратную установку, прошедшую производственные испытания, которая осуществляет мониторинг за состоянием человека во время вождения с целью повышения безопасности, оповещает об ослаблении внимания с помощью световых и звуковых сигналов, анализирует и прогнозирует сонливость и засыпание за рулем транспортного средства с помощью нейронной сети.

Результаты работы, такие как разработанная система интеллектуального видеонаблюдения, программно-аппаратная установка для мониторинга за

состоянием человека во время рутинной монотонной деятельности и другие, могут быть широко использованы на транспортных средствах водителями, осуществляющими поездки на дальние расстояния, а также в городской среде при длительных поездках или при высокой утомляемости, также установка может быть легко адаптирована для работы операторов слежения за объектами, охранниками, осуществляющими наблюдение в течение длительного времени.

На программную систему получено авторское свидетельство №38413 от 15 августа 2023 г. «Интеллектуальная система контроля состояния водителя автомобиля» (Приложение А).

Результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс Восточно-Казахстанского технического университета им. Д. Серикбаева в образовательную программу для подготовки докторантов и магистрантов «Автоматизация и управление» для дисциплин «Нечеткие алгоритмы и управление» и «Программное обеспечение промышленных контроллеров» (акт внедрения от 25 мая 2022 года приведен в приложении Б).

Проведены производственные испытания собранной установки для мониторинга состояния водителя для предотвращения опасных ситуаций, находящегося по адресу: улица Абая, 102, город Семей в ПК Автошколы «Восток-Лидер». Испытания проводились на специально оборудованном автодроме, имитирующем различные дорожные условия, включая прямые участки, повороты, различные типы дорожного покрытия и т.д. Проведенные испытания показали работоспособность установки. Период проведения испытаний: март 2024 год, (акт производственных испытаний приведен в приложении В).

**Личный вклад автора диссертационного исследования** состоит в самостоятельном формулировании проблемы, выделении цели и задач исследования, поиск и обоснование возможностей и способов их решения, а также полученные в ходе выполнения исследования научные и практические результаты, анализ и обобщение итоговых выводов сделаны лично автором диссертации.

**Апробация работы.** Основные результаты диссертационной работы обсуждены и доложены на международных конференциях:

- VI Международная научно-техническая конференция студентов, магистрантов и молодых ученых «Творчество молодых инновационному развитию Казахстана», (г. Усть-Каменогорск, Казахстан, 2020);
- XII конференция «Традиционная Международная научно-практическая конференция студентов», посвященная 30-летию Независимости Республики Казахстан (г. Семей, Казахстан, 2021);
- 16th International Symposium on Applied Informatics and Related Areas AIS (г. Секешфехервар, Венгрия, 2021);
- XIV International Scientific and Practical Conference «Theoretical and science bases of actual tasks» (Lisbon, Portugal, 2021);
- XV International Scientific and Practical Conference «Multidisciplinary academic notes. Science research and practice» (Madrid, Spain, 2022);
- 17th International Symposium on Applied Informatics and Related Areas (г. Секешфехервар, Венгрия, 2022).

**Публикации.** По теме диссертационной работы опубликовано 5 работ, из них: 2 статьи в журналах, рецензируемых Scopus, 1 имеющий квартиль по технике и междисциплинарным трудам Q2 и процентилем 75, и 1 статья в журнале, имеющем квартиль Q4 и процентиль 13; 3 статьи в журналах, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере Министерства просвещения Республики Казахстан, 6 в конференциях ближнего и дальнего зарубежья и Республики Казахстан.

**Структура и объем диссертации.** Исследование состоит из введения, трех основных разделов, заключения, списка использованных источников из 119 наименований на 109 страницах, включая 2 таблиц, 69 рисунков, 5 приложений.

**В первом разделе** диссертации представлены результаты анализа систем автоматизированной поддержки водителя, которые направлены на повышение безопасности дорожного движения за счёт минимизации влияния человеческого фактора. Представлено описание человеческого фактора как одну из ключевых причин аварий на дорогах. Описаны современные проблемы и перспективы развития систем автоматизированной поддержки водителя. Рассматриваются системы, которые отслеживают усталость, уровень концентрации и физическое состояние водителя с помощью датчиков и алгоритмов обработки данных.

**Во втором разделе** диссертации представлены методы, алгоритмы и модели, используемые для разработки систем автоматизированной поддержки водителя с акцентом на мониторинг его состояния. Описывается методика оценки состояния водителя, разработанную на основе адаптированного метода для специфических задач мониторинга состояния водителей. Представлена разработка адаптированного метода с применением видеоокулографии — технологии, использующей видео для отслеживания движения глаз водителя, что позволяет оценивать концентрацию, усталость и уровень внимания водителя в реальном времени. Также описывается процесс разработки адаптивного алгоритма, который способен подстраиваться под изменение состояния водителя, корректируя свою работу в зависимости от динамики поведения и внешних факторов. Также представлены результаты моделирования мониторинга состояния водителя на основе теоретико-эмпирического подхода и с применением сверточных нейронных сетей (CNN), что позволяет достичь более высокой точности в анализе визуальной информации и предсказания поведения водителя.

**В третьем разделе** описывается процесс проектирования экспериментальной установки интеллектуальной системы видеонаблюдения для мониторинга состояния водителя, включая разработку программного и аппаратного обеспечения, а также их тестирование. Рассматривается структура системы, включающая камеры видеонаблюдения, датчики и вычислительные устройства.

**В заключении** диссертационной работы показаны основные результаты, сделаны выводы по диссертационным исследованиям, таким образом подтверждена научная новизна и практическая значимость исследования.