

Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264 г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, д. 23  
aleks.murom@mail.ru

### Математические аспекты обработки данных в телекоммуникационных системах автоматизированного мониторинга

По данным МЧС РФ ежегодно в нашей стране происходят более 600 крупных техногенных аварий, экологический и экономический ущерб от которых оценивается сотнями миллиардов рублей (1-2% ВВП), которые могут стать причиной причинения вреда здоровью и гибели персонала промышленных предприятия, а также нести экологическую опасность населению, проживающему вблизи очагов опасных загрязняющих промышленных выбросов. Поэтому разработка алгоритмов и структур эффективной обработки и прогнозирования данных в распределенных телекоммуникационных системах мониторинга загрязняющих выбросов нового поколения является значимой проблемой, требующей соответствующих решений и внедрения новых природоохранных технологий как на уровне отдельного предприятия, так и на региональном и государственном уровнях.

В ходе исследований был решен ряд задач, связанных с проектированием алгоритмов и структур аппаратно-программного обеспечения стационарных и мобильных устройств для проводного и беспроводного дистанционного обнаружения и оповещения персонала об уровнях опасных загрязняющих выбросов, входящих в состав телекоммуникационной системы экологического мониторинга и прогнозирования промышленных выбросов.

Структура системы мониторинга предложена на рис. 1.

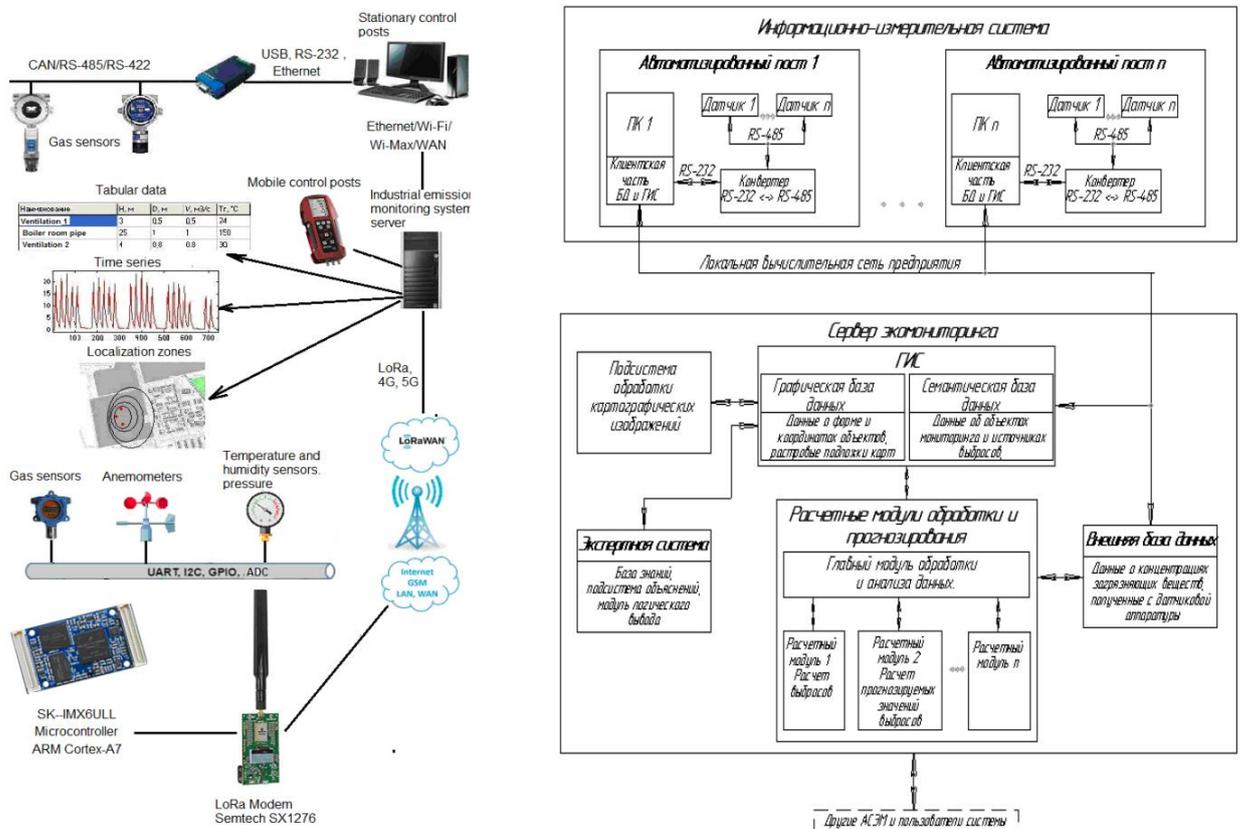
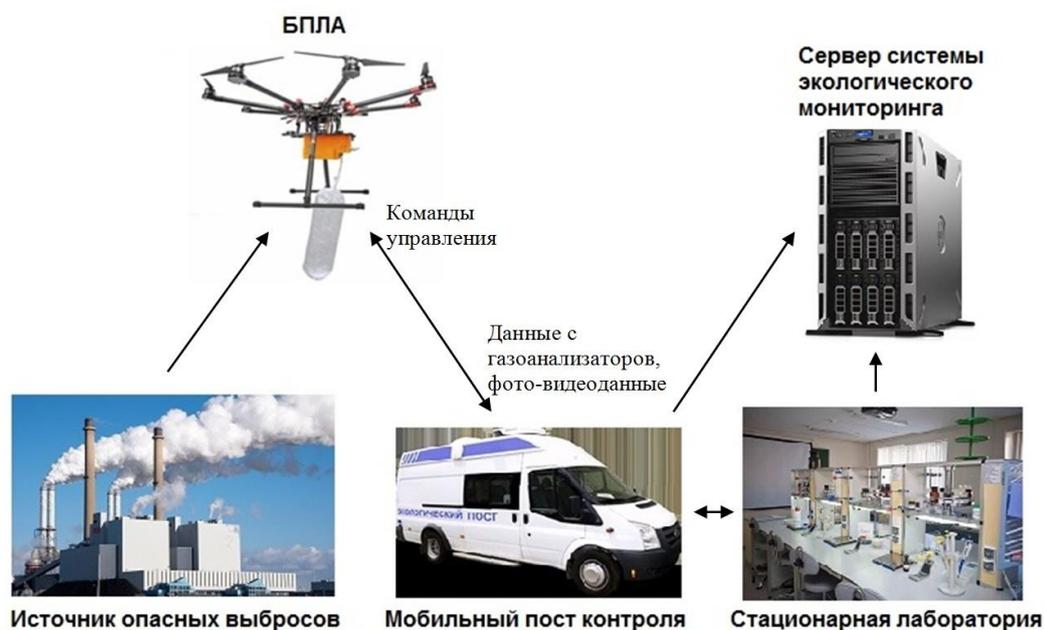


Рис. 1. Структура системы мониторинга

При этом перспективной технологией для сбора оперативной информации об уровнях загазованности вблизи источников выбросов является применение беспилотных летательных объектов (дронов), оснащенных газоаналитическим, фото и видеооборудованием.

Полученные данные с газоаналитического оборудования, установленного на БПЛА, а также воздушные снимки высокого разрешения позволяют быстро, просто и эффективно отслеживать процессы развития негативного экологического воздействия промышленных комплексов на окружающую среду, выявлять наиболее опасные источники загрязнений и планировать природоохранные мероприятия, направленные на минимизацию техногенных выбросов в атмосферу (рис. 2).



**Рис. 2. Структура системы дистанционного мониторинга с применением БПЛА**

Была осуществлена разработка подходов, обеспечивающих повышение эффективности алгоритмов и методов обработки и прогнозирования временных рядов данных об уровнях концентраций загрязняющих веществ.

Выполнены исследования и разработаны новые теоретические подходы к формированию математических моделей нестационарных динамично изменяющихся временных рядов данных об уровнях концентраций загрязняющих веществ, содержащихся в выбросах промышленных предприятий. Вышеуказанные математические модели сформированы с применением аппарата вейвлет – преобразования временных рядов и технологии искусственных нейронных сетей, с учетом распределенности источников выбросов загрязняющих веществ по территории промышленного предприятия и неравномерности зон распространения газозагрязненных смесей в пространстве.

На основе полученных математических моделей временных рядов концентраций токсичных и взрывоопасных газообразных веществ были разработаны адаптивные алгоритмы анализа, предварительной обработки для повышения точности представления информации, алгоритмы прогнозирования изменения значений параметров контролируемых выбросов. Разработан и исследован метод эффективного сглаживания временных рядов уровней загрязняющих веществ, в соответствии с алгоритмом пороговой обработки коэффициентов детализации вейвлет разложения временного ряда данных. Исследованы характеристики адаптивного подавления помех и флуктуации, существенно искажающих истинные значения отсчетов временного ряда данных. Разработана система критериев оценки результатов сглаживания и критерии выбора наиболее оптимальных пороговых уровней для проведения процедуры трешолдинга.

Белов М.М., Р.В. Романов

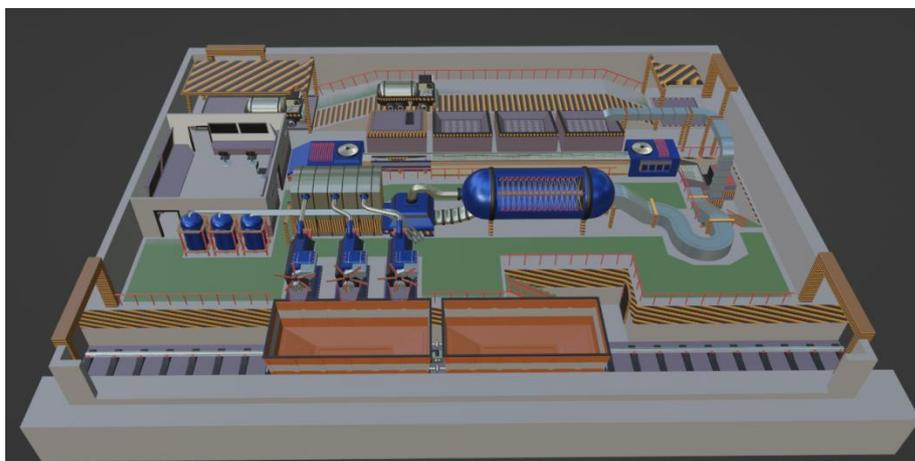
*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
romanov.roman.5@yandex.ru*

### **Разработка модели автоматизированной технологической линии переработки пылевидных отходов**

Проблема утилизации отходов в Российской Федерации является весьма актуальной. Только с помощью грамотной и налаженной системы сбора и переработки можно остановить бесконечный поток отходов, загрязняющий окружающую среду и отравляющий людей [1].

Создание продуманной системы утилизации и переработки отходов необходимо для стабилизации экологической проблемы, вызванной глобальным загрязнением. Получение полезных веществ и материалов из утилизированных отходов обходится в 6 раз дешевле, чем природная их добыча. На фоне постоянного уменьшения объема полезных ископаемых данный подход является перспективным. В результате получается определенный вид сырья, для вторичного использования. Получаемое сырье обычно задействуют в производственном цикле как основу для создания товаров, также можно использовать энергию, получаемую в процессе переработки.

За основу проектирования автоматизированной линии и виртуальной пуско-наладке, был выбран моноблок BRECOLINE. Моноблок входит в линии и оборудование для промышленного брикетирования с применением уникальной запатентованной технологии механоактивации и шнекопоршневой экструзии в основе которого ведется разработка и внедрение технологии рециклинга и утилизации промышленных отходов. Применение данного оборудования возможно на производстве твердотопливных энергоносителей из природных и вторичных топливных ресурсов. Брикететы из угольной пыли используют в качестве топлива для обогрева жилых помещений, бань, теплиц, хозяйственных построек. Виртуальный ввод в эксплуатацию базируется на использовании цифровых двойников оборудования. Без цифрового двойника оборудования виртуальный ввод в эксплуатацию не представляется возможным. В магистерской диссертации. Для разработки модели автоматизированной технологической линии переработки пылевидных отходов и имитации производственно-технологических и организационно-деловых процессов было применено программное обеспечение UFO Modeler. Для визуализации линии пылевидных отходов была разработана трехмерная компьютерная модель в программе Blender (Рис.1).



**Рис. 1** Общий вид производственной линии

Таким образом, была разработана модель системы линии по переработке пылевидных отходов, построена концептуальная схема, исследованы возможности средств моделирования систем виртуального ввода производства в эксплуатацию.

#### **Литература**

1. Олейник П. П. Олейник С. П. Организация системы переработки строительных отходов и получение вторичных ресурсов. Учебное пособие. 2-е изд. — Саратов: Вузовское образование, 2019. — 193 с.

Борискин И. О.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
ilya.bauer-ded95@yandex.ru*

### **Особенности построения магнитно-светотерапевтической системы**

В современной медицине широко используются немедикаментозные физические методы лечения. Оптимальным физиотерапевтическим комплексом лечения – является применение сочетанного терапевтического воздействия переменным магнитным полем и селективным монохроматическим световым излучением, особенно у пациентов с непереносимостью и противопоказаниями к стандартной терапии.

Целью работы является изучение влияния магнитных волн и светового излучения на здоровье человека и разработка магнитно-светотерапевтической системы.

Магнитные поля и световые излучения создаются различными техническими средствами по функциональным возможностям, уровню структурной сложности и технологии взаимодействия средств с организмом.

Сочетанное действие низкочастотного магнитного поля и видимого света позволяет достичь оптимальной активации местных тканевых и общих иммунологических реакций, создать в организме необходимый уровень нормализации функций нервной и эндокринной систем.

Проанализировав представленные источники [1-3] можно выделить следующие особенности построения магнитно-светотерапевтической системы:

- В основе работы магнитно-светотерапевтической системы лежит принцип воздействие локальным низкочастотным магнитным полем (НЧМП) и некогерентным монохроматическим световым излучением в синем и оранжевом спектрах света на определенные участки тела человека;

- Система должна состоять из индуктора, создающего низкочастотное магнитное поле (НЧМП) и встроенных светодиодов синего и оранжевого свет, отвечающие за световое излучение;

- При построении системы необходимо учитывать параметры источников магнитного поля и светового излучения, которые в своем сочетании определяют эффективность лечения того или иного заболевания. Для этого необходимо провести расчеты, выбрать подходящую конструкцию прибора, которые будут удовлетворять всем техническим требованиям.

Магнитно-светотерапевтические системы имеют большой потенциал для немедикаментозного физиотерапевтического лечения большого спектра заболеваний. Особенно это актуально для пациентов, имеющих непереносимость к медицинским препаратам. С помощью подобных систем удаётся оптимизировать воздействие на организм человека и проводить оперативную диагностику.

### **Литература**

[1] Улащик Владимир Сергеевич, Плетнев Андрей Сергеевич, Войченко Наталья Валерьевна, Плетнев Сергей Владимирович // Магнитотерапия: теоретические основы и практическое применение, - 2015, - 380с.

[2] Бурмистров А.Л. Магнитотерапия // Ремедиум Приволжья. – 2005. – № 6. – С.2.

[3] Устройство для магнитосветотерапии. Патент на изобретение №2160612 от 20 декабря 2000 Соавт. Левицкий ЕФ., Вилисов АЛ., Сидоренко ГЛ., Коханенко Т.Н., Наливайко Б.А., Лаптев Б.И. // Бюллетень изобретений и промышленных образцов. -М., 2000 -№35.

Горячев М. С., Кочанова А. М.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
maximgoryachev97@yandex.ru*

### **Особенности комплексного измерения параметров здоровья на основе походки**

Носимые устройства являются актуальной разработкой в сфере медицинских технологий и фитнес-индустрии, которая позволяет проводить измерения различных показателей и получать важные данные о физическом состоянии и двигательной активности пользователя.

Целью измерения походки является установление связи между характеристиками походки (шаговая длина, частота, время контакта стопы с поверхностью) и физическим состоянием, за счет чего возможна оценка физической активности и диагностика заболеваний опорно-двигательного аппарата (артрит, остеоартрит), и выявления преждевременного развития заболеваний связанных с нарушением центральной-нервной системы (болезнь Паркинсона, Альцгеймера) [1].

Для более точного измерения походки используют системы захвата движения (например Qualisys) их недостатком является необходимость проведения измерения в лабораторных условиях и наличия сложного и дорогостоящего оборудования. Поэтому в последнее время активно развиваются простые и доступные способы измерения походки, основанные на применении инерциальных датчиков (акселерометр, магнитометр) носимых устройств таких как мобильный телефон, фитнес-браслет [2, 3].

Проанализировав представленные источники [1-3] можно выделить следующие особенности измерения походки основанных на носимых устройствах:

- Место расположения носимого устройства, с помощью которого осуществляется измерение (карман, запястье, сумка) и одежда, одетая в момент проведения сбора данных. От этого зависит корреляция между походкой и получаемыми данными, соответственно и точность диагностики;

- модель акселерометра носимого устройства, от которого зависят его характеристики, такие как частота дискретизации, чувствительность, которые влияют на точность осуществляемого измерения;

- разработка методики для сбора данных с помощью носимых устройств. Соблюдение рекомендаций во время сбора данных при выполнении движений выработанной методики, способствует повышению точности и качества получаемых данных, за счет уменьшения лишних шумов и уменьшения количества «артефактов» в сигнале.

Носимые устройства имеют большой потенциал для измерения походки и получения важных данных о физическом состоянии и заболеваниях. Дальнейшие исследования и разработки в этой области могут привести к более точным и надежным методам измерения походки с использованием носимых устройств. Использование данных походки может существенно улучшить диагностику заболеваний и персонализированное ведение здоровья и тренировок.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-25-00512, <https://rscf.ru/project/23-25-00512/>

### **Литература**

[1] Albert Pierce, Niklas Konig Ignasiak, Wilford K. Eiteman-Pang, Cyril Rakovski, Vincent Berardi. Mobile Phone Sensors Can Discern Medication-related Gait Quality Changes in Parkinson's Patients in the Home Environment. Computer Methods and Programs in Biomedicine Update 1(7):100028, pp. 1-3, September 2021.

[2] Stefan Fischer, Martin Ullrich, Arne Kuderle, Heiko Gaßner, Jochen Klucken, Bjoern M. Eskofier and Felix Kluge. Automatic clinical gait test detection from inertial sensor data. Conference: 2020 42nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC) in conjunction with the 43rd Annual Conference of the Canadian Medical and Biological Engineering Society, pp. 1-2, July 2020.

[3] Arif Reza Anwary; Damla Arifoglu; Michael Jones; Michael Vassallo; Hamid Bouchachia. Insole-based Real-time Gait Analysis: Feature Extraction and Classification. 2021 IEEE International Symposium on Inertial Sensors and Systems (INERTIAL), pp. 1-2, May 2021.

Романов Р.В.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
romanov.roman.5@yandex.ru*

### **Применение нейронной сети для локализации проблемных участков централизованной системы водоснабжения**

Мониторинг качества воды в системах централизованного водоснабжения может осуществляться путем сбора и анализа проб воды в лабораториях или с помощью автоматизированного сбора данных с датчиков [1]. На основе этих данных также можно определить состояние износа водопроводной сети. Такие методы определения качества воды являются традиционными. Еще одним вариантом мониторинга потребления воды и ее качества является прогнозное моделирование с использованием искусственной нейронной сети. Для этого можно применить алгоритмы машинного и глубокого обучения [2]. Применение нейросетевого подхода для оценки качества воды и водопотребления имеет преимущества перед традиционными методами, за счет более низких экономических затрат и времени сбора и обработки данных. Методы искусственного интеллекта, и в частности алгоритмы машинного обучения, могут обрабатывать большие наборы данных с высокой точностью, и в отличие от традиционных методов выявить на ранней стадии изменения качества воды и водопотребления. Искусственные нейронные сети и методы машинного обучения применяются для прогнозирования и выявления аварийных ситуаций в водопроводной сети. Такие системы обнаружения основаны на сравнении реальных данных и данных, смоделированных нейросетью, с применением методов нечеткого вывода и классификации. Методы машинного обучения имеют большие перспективы в связи с тем, что при решении задач прогнозирования они не только не требуют в полной мере понимания физического смысла происходящих процессов и последствий их одновременного протекания, а также позволяют устанавливать сложные нелинейные связи между ними, детализировать взаимозависимости.

Модели искусственной нейронной сети, первоначально обученные на конкретном районе сети централизованного водоснабжения, можно обобщать с аналогичными системами, ранее не наблюдавшимися. Этот подход особенно важен в ситуациях, когда данные ограничены или недоступны. Кроме обработки данных также применяется аугментация данных, которая позволяет генерировать новые данные на основе имеющихся. Для работы нейронной сети модель необходимо обучить и протестировать. Для этого накопленный объем данных разделен на два отдельных множества. Если обучающее множество будет содержать недостаточное количество данных то, нейронная сеть рискует некорректно обучиться работе с ним.

Для мониторинга и оценки качества воды, наиболее часто используется адаптивная нейро-нечеткая система вывода ANFIS (adaptive network-based fuzzy inference system). В работе она была применена для оценки качества воды и технического состояния труб в системе централизованного водоснабжения. Моделирование нейронной сети проводилось в системе MATLAB. В ходе проведенного моделирования нейро-нечеткой искусственной нейронной сетью ANFIS были получены результаты близкие к истинным. Исследования проводились на одном из районов города Муром Владимирской области.

### **Литература**

1. Романов Р.В., Кочеткова С.С. Разработка параметрической модели технического состояния централизованного водоснабжения. Известия Тульского государственного университета. Технические науки. ISSN 2071-6168 Выпуск 10, 2022 с. 137-140.
2. Najah A., El-Shafie A., Karim O.A., El-Shafie A.H. Application of artificial neural networks for water quality prediction. Neural Comput. Appl. 2013, 22, pp. 187–201.

Ростокин И.Н., Ростокина Е.А.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»*  
602264 г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, д. 23  
rostockin.ilya@yandex.ru

### **Физико-математические основы пассивного микроволнового радиометрического контроля облачной атмосферы**

Физико-математическая модель микроволнового радиометрического метода дистанционного зондирования облачной атмосферы включает:

- уравнение переноса радиотеплового излучения в атмосфере;
- модели молекулярного поглощения в газах атмосферы (водяной пар и кислород);
- модели радиохарактеристик ослабления и рассеяния гидрометеоров атмосферы (дождь, град, снег, туман);
- статистические модели облачной атмосферы;
- методы и алгоритмы решения обратных задач.

Основное отличие пассивных микроволновых радиометрических исследований атмосферы от активных радиолокационных заключается в том, что статистические свойства «полезного» сигнала, принимаемого по главному лепестку диаграммы направленности антенны и «помехового» принимаемого по боковым и задним лепесткам, одинаковы - гауссов шум, а общий вклад этих компонент сигнала может быть сопоставим по своей интенсивности. Таким образом, распознавание и выявление этих компонент по чисто статистическим признакам невозможно. Более того, в целом ряде случаев «полезный» сигнал (или его пространственно-временная вариация) составляет величину, существенно меньшую, чем вклад шумового излучения в боковое поле диаграммы направленности антенны.

Для дальнейшей процедуры восстановления «полезного» сигнала необходимо тщательно учитывать вклад излучения боковых лепестков и собственного излучения антенны в полный сигнал, поскольку в условиях экспериментальных исследований при изменении пространственного положения главного лепестка диаграммы направленности антенны (в режиме наведения или слежения) будет изменяться и этот «помеховый» сигнал практически неконтролируемым образом.

Одна из основных проблем наземных микроволновых радиометрических систем – максимальное уменьшение мощного фонового излучения от наземных объектов и атмосферы.

При определении высотных профилей необходимы микроволновые радиометрические измерения при разных углах места. Но при смене углового положения антенны относительно поверхности Земли изменяется вклад радиошумового излучения подстилающей поверхности в составе входного сигнала радиометрической системы - вклад фоновых шумов, принимаемых через область рассеяния диаграммы направленности антенны. Влияние фоновых шумов сказывается в случайных вариациях помехового прироста входного сигнала радиометрической системы.

Для повышения точности радиометрических измерений при оценке высотных профилей интегральных параметров облачной атмосферы необходима компенсация влияния фоновых шумов на системном уровне.

Перенос микроволнового излучения от объекта исследования до микроволнового радиометра сопровождается явлениями поглощения и рассеяния на отдельных частицах облаков (капли и кристаллы) и дополнительным излучением этих частиц.

Для атмосферы находящейся в состоянии термодинамического равновесия (до высот  $h < 90$  км), в радиодиапазоне, где  $h\nu \ll kT$  справедливо приближение Релея – Джинса для функции Планка, в этом случае уравнение переноса радиотеплового излучения примет следующий вид

$$\frac{dI_\nu}{dl} = -\gamma_\nu I_\nu + \frac{2k\nu^2}{c^2} \gamma_\nu T, \quad (1)$$

где  $I_\nu$  – спектральная интенсивность радиотеплового излучения;  $\gamma_\nu$  – коэффициент поглощения;  $\nu$  – частота;  $dl$  – элемент пути.

Проводя интегрирование уравнения (1) по траектории распространения волны при граничных условиях  $I_\nu(0) = 0$  и  $I_\nu(\infty) = I_\Phi$  получаем выражение для спектральной интенсивности нисходящего радиотеплового излучения атмосферы при наблюдении с поверхности Земли в направлении визирования

$$I_\nu = \frac{2k\nu^2}{c^2} \int_0^\infty T(l)\gamma_\nu(l) \exp\left(-\int_0^l \gamma_\nu(l')dl'\right) dl + I_\Phi \exp\left(-\int_0^l \gamma_\nu(l)dl\right) \quad (2)$$

Для получения физической информации об объекте микроволнового радиометрического зондирования используется радиояркая температура исследуемого объекта  $T_{\text{Я}}$ , под которой понимается температура эквивалентного абсолютно черного тела, излучающего в данном направлении излучение с интенсивностью  $I_\nu$ , равное излучению исследуемого объекта, т.е.

$$T_{\text{Я}} = \frac{c^2 I_\nu}{2k\nu^2} \quad (3)$$

При использовании плоскостной модели атмосферы  $dl = dh/\cos\Theta$ , выражение (2) в значениях радиояркой температуры примет следующий вид

$$T_{\text{Я}} = \frac{1}{\cos\Theta} \int_0^\infty T(h)\gamma_\nu(h) \exp\left(-\frac{1}{\cos\Theta} \int_0^h \gamma_\nu(h')dh'\right) dh + T_\Phi \exp\left(-\frac{\tau_0}{\cos\Theta}\right) \quad (4)$$

где  $\tau_0 = \int_0^\infty \gamma_\nu(h)dh$  – полное вертикальное поглощение в атмосфере;  $\Theta$  – зенитный угол визирования;  $T_\Phi$  – температура фонового излучения.

При наблюдениях с поверхности Земли значения радиоярких температур для различных состояний атмосферы могут быть определены с помощью следующих выражений

Для безоблачной (ясной) атмосферы

$$T_{\text{Я}} = \bar{T}(1 - e^{-\gamma_a}), \quad (5)$$

Для облачной атмосферы без осадков

$$T_{\text{Я}} = \bar{T}(1 - e^{-\gamma_1}) + \bar{T}_2(1 - e^{-\gamma_2})e^{-\gamma_1} + \bar{T}_3(1 - e^{-\gamma_3})e^{-(\gamma_1 + \gamma_2)}, \quad (6)$$

Для облачной атмосферы с осадками в виде дождя

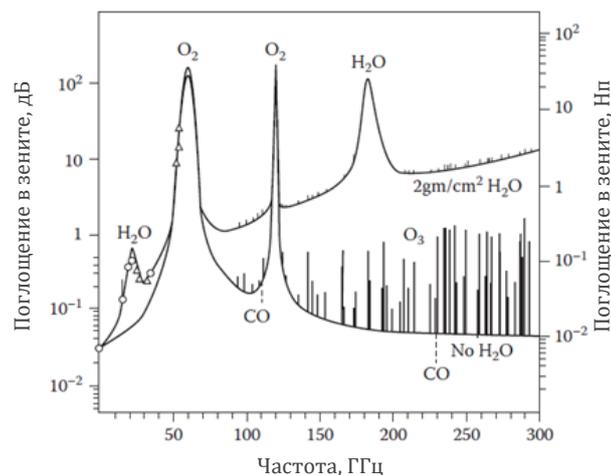
$$T_{\text{Я}} = \bar{T}_1(1 - e^{-\gamma_1}) + \bar{T}_2(1 - e^{-\gamma_2})e^{-\gamma_1} + \bar{T}_3(1 - e^{-\gamma_3})e^{-(\gamma_1 + \gamma_2')} + \bar{T}_4(1 - e^{-\gamma_4})e^{-(\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3)}. \quad (7)$$

где  $\bar{T}$  – средняя температура среды в которой происходит перенос излучения;  $\gamma_a$  – коэффициент поглощения газами атмосферы,  $\gamma_a = \tau \sec\theta$ ;  $\tau$  – оптическая толщина излучающего слоя;  $\theta$  – угол между нормалью к слою и направлением визирования;  $\bar{T}_1, \bar{T}_2, \bar{T}_3$  – средние температуры излучающих слоев;  $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$  – коэффициент поглощения в газах атмосферы, облаках и осадках для каждого слоя.

Спектры молекулярного поглощения делятся на электронные, колебательные и вращательные – в зависимости от участвующих во взаимодействии излучения с молекулой состояний внутренней энергии. Поглощение излучения, обусловленное переходами между электронными, колебательными и вращательными уровнями энергии молекулы, имеет четкую спектральную структуру. В микроволновом диапазоне электромагнитного спектра заметно поглощают лишь газы, молекулы которых имеют дипольные моменты (переход между вращательными уровнями).

Кроме основных газов, среди которых молекула водяного пара  $H_2O$  обладает электрическим дипольным моментом, а молекула кислорода  $O_2$  – магнитным, дипольными моментами обладают также некоторые малые газовые примеси ( $CO, SO_2, NO, NO_2, O_3$ ), однако, их содержание в атмосфере и интенсивности линий поглощения настолько малы, что их вкладом в общее поглощение микроволнового излучения можно пренебречь.

Молекула водяного пара  $H_2O$  имеет вращательные линии на уровне 22,235 ГГц и 183,311 ГГц, а молекула кислорода  $O_2$  имеет серию вращательных спектральных линий, объединяющихся в группу с пиком на уровне 60 ГГц наряду с очень сильной резонирующей линией на уровне 118,75 ГГц (рисунок 1).



**Рис. 1 – Поглощение радиотеплового излучения в зените, обусловленное основными газовыми составляющими атмосферы ( $H_2O$ ,  $O_2$ ,  $O_3$  и  $CO$ ).**

Наличие в атмосфере гидрометеоров (дождь, снег, град и др.) резко меняет спектральную картину поглощения в микроволновом диапазоне, по этой причине сравнительно слабые дождевые осадки с интенсивностью до 10 мм/ч практически полностью «блокируют» не только окна прозрачности, но и сами полосы поглощения кислорода.

Поскольку радиояркость температура выражает интегральную по направлению зондирования информацию о состоянии окружающей среды, то целесообразно в первую очередь решать задачу определения интегральных метеопараметров облачной атмосферы.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-19-00378, <https://rscf.ru/project/21-19-00378/>.

#### Литература

1. Федосеева Е.В., Ростокин И.Н., Шукин Г.Г. Многочастотные СВЧ радиометрические исследования неоднородной атмосферы // Метеорология и гидрология. 2022. № 12. С. 78 – 88. ISSN 0130-2906. DOI: 10.52002/0130-2906-2022-12-78-87.

Ростокина Е.А., Ростокин И.Н.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»*  
602264 г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, д. 23  
rostockin.ilya@yandex.ru

### Методы дистанционного мониторинга интегральных параметров облачной атмосферы

Методы микроволнового радиометрического зондирования позволяют дистанционно оценивать интегральные параметры влагосодержания облачной атмосферы.

К основным интегральным параметрам влагосодержания облачной атмосферы принято относить влагозапас атмосферы  $Q$ , водозапас облаков  $W$ , водозапас (средняя интенсивность) слоя дождя  $R$ .

Влагозапас атмосферы характеризует интегральное содержание водяного пара  $H_2O$  в столбе атмосферы единичного сечения

$$Q = \int_0^{\infty} \rho(z) dz, \quad (1)$$

где  $z$  – высота;  $\rho(z)$  – высотный профиль абсолютной влажности воздуха.

Водозапас облаков характеризует суммарное содержание жидкокапельной влаги на пути луча визирования ДН антенны радиометрической системы, для вертикального направления определяется следующим выражением

$$W = \int_{Z_B}^{Z_H} \omega(z) dz, \quad (2)$$

где  $\omega(z)$  – профиль водности облака;  $Z_H$  и  $Z_B$  – высоты нижней и верхней границы облака.

Водозапас слоя дождя определяется аналогично водозапасу облаков. Вариации интегральных параметров влагосодержания облачной атмосферы связаны с вариациями оптической толщины  $\tau$  облачной атмосферы (или интегрального поглощения радиоволн).

Оптическая толщина облачной атмосферы  $\tau$  является суммой оптических толщин водяного пара  $\tau_{H_2O}$ , кислорода  $\tau_{O_2}$  и жидкокапельной влаги облаков  $\tau_W$  и связана с интегральными параметрами влагосодержания облачной атмосферы  $Q$  и  $W$  следующим соотношением

$$\tau(\lambda) \approx \alpha(\lambda)Q + \psi[\lambda, T_{э\text{ обл}}]W + \tau_{O_2}(\lambda), \quad (3)$$

где  $\alpha(\lambda)$  – эффективное значение удельного коэффициента поглощения водяного пара;  $\psi[\lambda, T_{э\text{ обл}}]$  – удельный коэффициент поглощения облачных капель;  $T_{э\text{ обл}}$  – эффективная температура облаков;  $\tau_{O_2}(\lambda)$  – удельный коэффициент поглощения кислородом.

Оценка значений интегральных параметров атмосферы может производиться путем предварительного перехода к интегральным поглощениям или непосредственно по радиояркостным температурам  $T_{я}(\lambda_i)$ .

Для контроля влагосодержания безоблачной атмосферы используются измерения на одной длине волны

$$Q = \alpha_0 + \alpha_1(\lambda)\tau(\lambda). \quad (4)$$

Для контроля интегральных параметров облачной атмосферы, при наличии слоистых облаков нижнего яруса и дающих слабые осадки в случае слоисто-кучевых (Sc) облаков, морозящие осадки в случае слоистых (St) облаков и обложные осадки в случае слоисто-дождевых (Ns) облаков, используются измерения на нескольких, определенным образом выбранных длинах волн

$$Q = \alpha_0 + \alpha_1(\lambda_1)\tau(\lambda_1) + \alpha_2(\lambda_2)\tau(\lambda_2), \quad (5)$$

$$W = b_0 + b_1(\lambda_1)\tau(\lambda_1) + b_2(\lambda_2)\tau(\lambda_2), \quad (6)$$

где  $\alpha_i$  и  $b_i$  – коэффициенты регрессии, величина которых зависит от типа облачности, времени года, частотного диапазона.

При наличии в атмосфере кучевых облаков вертикального развития, дающих в случае кучево-дождевых (Cb) облаков ливневые осадки, контроль интегрального водозапаса кучевых облаков осуществляется путем решения однопараметрической задачи

$$W(\lambda) = \psi[\lambda, T_{з, обл}]W \tau(\lambda). \quad (7)$$

При дистанционном микроволновом радиометрическом зондировании интегральных параметров облачной атмосферы необходимо решать задачи возможности обнаружения облаков, дающих осадки, исследования различных стадий их развития и возможности дистанционной оценки интенсивности выпадения осадков в условиях их воздействия на антенную систему.

Данное обстоятельство накладывает определенные требования к параметрам микроволновых радиометрических систем, предназначенных для дистанционного зондирования облачной атмосферы:

- флуктуационный порог чувствительности и рабочие диапазоны длин волн должны обеспечивать обнаружение различных форм облачности на различных дальностях, поскольку, чем выше рабочая длина волны и меньше водозапас облака (размер облака), тем сильнее сказывается влияние ДН антенны микроволновой радиометрической системы на максимальную дальность обнаружения, связанное с уменьшением антенного контраста облака и увеличением мощности излучения, принимаемого по боковым и задним лепесткам ДН от окружающей атмосферы и подстилающей поверхности;

- для оптимального дистанционного оценивания диапазона изменения водозапаса облаков в процессе их эволюции необходимо использовать длины волн, позволяющие отслеживать как низкие значения водозапаса ( $0.2 - 2 \text{ кг/м}^2$ ) – миллиметровый диапазон, средние значения ( $2 - 20 \text{ кг/м}^2$ ) – сантиметровый, так и высокие ( $20 - 60 \text{ кг/м}^2$ ) – длинноволновое крыло сантиметрового диапазона, наличие длинноволновых каналов позволит избежать эффекта насыщения радиояростной температуры атмосферы в случае исследования ливневых осадков большой интенсивности;

- поскольку процесс дистанционного микроволнового определения интегральных параметров облачной атмосферы предполагает проведение угломестных и азимутальных разрезов атмосферы, связанных с изменением положения как главного, так и боковых и задних лепестков ДН антенны, сопровождающегося недетерминированным изменением фонового излучения, приходящего из области рассеяния ДН, по величине сравнимой с влиянием некоторых форм облачности, поэтому антенная система должна обеспечивать возможность оценки и компенсации данного фонового помехового влияния на результаты измерений.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-19-00378, <https://rscf.ru/project/21-19-00378/>.

### Литература

1. E.V. Fedoseeva, I.N. Rostokin, G.G. Shchukin Multi-frequency Microwave Radiometric Studies of the Inhomogeneous Atmosphere // Russian Meteorology and Hydrology, 2022, Vol. 47, No. 12, pp. 958–964.

Славкин В.С., Суслов М.А., Тенцов Р.В., Дорофеев Н.В.  
*Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный  
университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264 г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, д. 23  
hd.herrsher@gmail.com*

**Применение технологий трёхмерного моделирования для оценки и анализа  
эмоционального интеллекта: интеграция визуальных и психологических аспектов в  
интерактивных симуляциях**

В данной работе исследуется использование технологий трехмерного моделирования окружения как средства для анализа и оценки эмоционального интеллекта. В отличие от других подходов, основанных на использовании [1] 3D аватаров, данный метод фокусируется на создании и взаимодействии с 3D моделями окружающей среды.

Центральным элементом исследования является разработка сложных [2] 3D сцен, спроектированных таким образом, чтобы вызывать и анализировать различные эмоциональные реакции у пользователей. Это включает в себя как создание отдельных объектов для сцены, так и комплексное текстурирование и дизайн всей сцены в целом. Особое внимание уделяется тому, как визуальные элементы и атмосфера сцены влияют на эмоциональное восприятие и поведение пользователя, что является ключевым компонентом в оценке эмоционального интеллекта.

Использование 3D моделирования окружения в качестве [3] инструмента для оценки эмоционального интеллекта позволяет создавать более иммерсивные и реалистичные виртуальные среды, которые могут быть использованы в различных областях, от образования до психотерапии. Влияние таких сред на эмоциональное состояние и поведение пользователей предоставляет ценные данные для понимания и развития эмоционального интеллекта.

**Литература**

1. Harris, E. & Greenberg, S. (2023). "Environmental Design in Virtual Reality: Impact on Emotional Intelligence". *Journal of Virtual Worlds and Psychological Studies*.
2. Lee, D. & Thompson, R. (2024). "Exploring the Psychological Impact of 3D Virtual Environments". *International Journal of Virtual Reality and Psychology*.
3. Kumar, V. & Patel, K. (2023). "3D Environmental Modeling for Emotional Intelligence Assessment: A New Paradigm". *Journal of Technology in Human Services*.

Суржик Д.И.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264 г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, д. 23  
arzerum@mail.ru*

### Моделирование многофазового поля и регистрации его характеристик для осуществления геоэлектрического мониторинга

В основе известных методов и устройств фазометрического контроля [1] лежит принцип непрерывных измерений мгновенных значений углов сдвигов фаз [2,3] между колебаниями физических полей равной частоты и определение их параметров и характеристик. Применительно к задачам геоэлектрического мониторинга различных объектов предполагают осуществление выделения, анализа и слежения за динамикой фаз их передаточных функций в режиме реального времени. При этом количество пространственно разнесенных точечных источников поля должно соответствовать детальности размещаемой сети точек фазометрического контроля, формируемые сигналы могут быть произвольными, а различия между их параметрами заключаются в задании определенных амплитудно-фазовых соотношений.

На основе положений фазометрического метода проведено моделирование многофазового поля на примере осуществления геоэлектрического контроля и регистрации его характеристик. При этом создание желаемого геоэлектрического поля предполагается с помощью двух квадратурных точечных излучающих источников *A* и *B* комплексного тока, а регистрация – восемью приемниками в соответствии со схемой измерений, представленной на рис. 1.

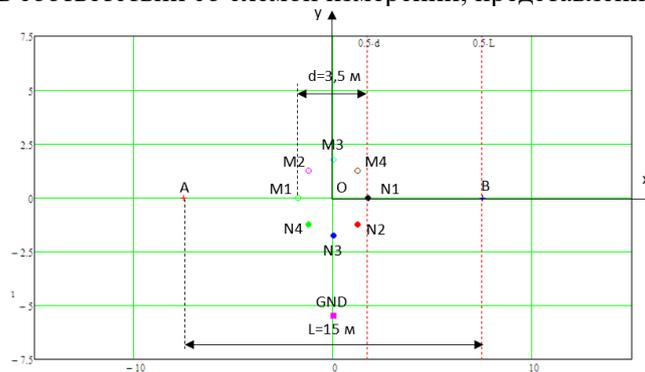


Рис. 1. Схема расположения измерительной установки

Результат моделирования фазы сформированного геоэлектрического поля (в градусной мере) относительно точечного источника *A* показан на рис. 2.

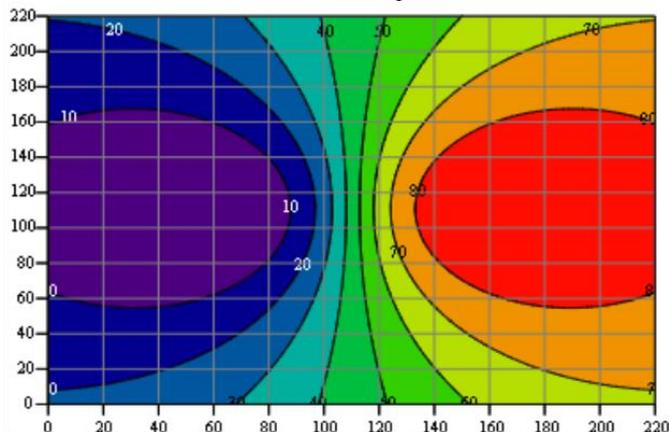


Рис. 2. Результат моделирования фазы сформированного геоэлектрического поля

Данный график представлен совокупностью линий с одинаковыми значениями фазы, создаваемых каждым точечным источником  $A$  и  $B$ . Результат регистрации фазовых характеристик данного многофазового поля восемью приемниками показывает эффективность использования фазометрических методов и устройств для регистрации вариаций объекта контроля при достаточной чувствительности измерительной установки.

*Данная работа подготовлена при поддержке гранта РФФИ 23-29-10126 «Интеллектуальная система контроля целостности земляного полотна железной дороги».*

#### **Литература**

1. Kuzichkin O.R., Surzhik D.I., Vasilyev G.S., Baknin M.D. The phase-metric method of isolating the information component in the distributed processing of geoelectric signals in geoeological monitoring systems / Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. - Volume 12, Issue 6 Special Issue. – 2020. - Pp. 463-471.

2. Петропавловский В.П., Сеницын Н.Ф. Фазовые цифровые преобразователи угла. - М.: Машиностроение. - 1984. - 136 с.

Игнатъев В.К., Никитин А.В., Бернардо-Сапрыкин В.Х., Орлов А.А. Измерение разности фаз квазигармонических сигналов в реальном времени // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. - 2013. - № 7. - С. 241–257.

Суслов М.А., Славкин В.С., Тенцов Р.Н., Дорофеев Н.В.  
 Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного  
 образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный  
 университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
 602264 г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, д. 23  
 suslov\_maxim\_02@mail.ru

### Оценка уровня эмоционального интеллекта по игровому поведению пользователя

Эмоциональный интеллект представляет собой набор навыков и способностей человека, позволяющих распознавать эмоции, понимать желания и намерения, как свои так и чужие, а также управлять своими и чужими эмоциями для достижения определённых целей. Основной концепцией данного подхода является создание набора игровых сценариев, вынуждающих игрока делать осознанные и неосознанные выборы, затрагивающие различные аспекты эмоционального интеллекта. Также для полноты картины предполагается отслеживание игрового поведения пользователя (передвижение, взаимодействие с окружающим миром, “места интереса” на игровых локациях и т.д.) а также его реакция на различные игровые события.

Структура, дизайн и наполнение игровых сценариев основываются на проведённых ранее исследованиях на изучение зависимости эмоционального состояния человека от игровых и цветовых предпочтений [1], а также от способности оценки эмоций [2]. Основные аспекты эмоционального интеллекта представлены на рисунке 1.



Рис. 1 - Структура Эмоционального Интеллекта

В рамках исследования построен алгоритм оценки уровня эмоционального интеллекта, который опирается на взаимодействие пользователя с игровым миром, его игровое поведение, цветовые предпочтения, а также совершённые во время игры выборы. Предполагаемый подход является комплексным без “явного тестирования”.

Предполагается в следующих исследованиях провести оценку точности определения уровня эмоционального интеллекта данным алгоритмом.

#### Литература

1. Хромова Т.И. Цветовые предпочтения личности в зависимости от уровня эмоционального интеллекта - 2016;
2. Jan L.Plass; Bruce D. Homer; Andrew MacNamara; Teresa Ober; Maya C.Rose; Shashank Pawar; Chris M. Hovey; Alvaro Olsen. Emotional design for digital games for learning: The effect of expression, color, shape, and dimensionality on the affective quality of game characters (Volume 70, December 2020)

Тенцов Р.Н., Суслов М.А., Славкин В.С., Дорофеев Н.В.  
*Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный  
университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264 г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, д. 23  
trek.ru@yanedx.ru*

## **Архитектура игровой системы оценки уровня эмоционального интеллекта**

Целью данного проекта является создание архитектуры комплексного приложения, которое объединяет инновационные подходы в области оценки и развития когнитивных качеств человека с элементами игровой механики. Игровая механика в данном контексте выступает не только как средство повышения вовлеченности и мотивации пользователя, но и как инструмент детального и многофакторного анализа эмоционального профиля индивида.

Для удобства разработки приложение было разбито на независимые модули, которые представлены ниже:

- игровое приложение - разрабатывается с использованием Unity, где основной код написан на C#, в то время как для веб-версии, компилируемой под WebGL, дополнительно используется JavaScript.

- блок анализа - отвечает за обработку и анализ данных, полученных из игрового приложения, и использует Python и фреймворк FASTAPI для взаимодействия с REST API и базой данных.

- база данных - MySQL, хранит все данные, связанные с игровыми сессиями, результатами пользователей и стандартизированным тестированием.

- REST API - веб-сервер, написанный на Python с использованием фреймворка FASTAPI, обеспечивает взаимодействие между игровым приложением, базой данных и блоком анализа.

- сервис-платформа для пользователей (Веб-сайт) - предлагает фронтенд и бэкенд: фронтенд включает HTML, JavaScript и CSS для разработки пользовательского интерфейса; бэкенд на Python и фреймворке Flask управляет серверной логикой, включая регистрацию и авторизацию пользователей.

Используемые вспомогательные Инструменты.

PyCharm, Visual Studio, Brackets: Интегрированные среды разработки (IDE), используемые для написания и отладки кода соответствующих частей системы.

Unity Editor: Интерфейс для создания и настройки игровых локаций, сцен и элементов в Unity.

Blender, ZBrush, Substance Painter, Quixel Bridge: Программные решения для создания 3D-моделей, текстур и материалов, а также для интеграции созданных элементов с Unity.

Процессы и ресурсы, необходимые для реализации поставленной задачи:

- игровые локации: Различные уровни в игре, представляющие разнообразные сценарии и задачи для оценки ЭИ.

- игровая логика (геймдизайн): Описывает правила и механизмы игры, которые напрямую влияют на оценку ЭИ.

- стандартизированное тестирование: Относится к использованию проверенных психометрических тестов для измерения ЭИ вне игровой среды.

- материалы и модели: Сюда входят все визуальные и интерактивные элементы, созданные для игры, которые включают текстуры, модели и прочие графические ресурсы.

## **Литература**

1. Статья “Разработка Web API” [Электронный ресурс], Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/181988/>, (Дата обращения: 10.08.2023)

2. "Emotion recognition and artificial intelligence: A systematic review" [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1566253523003354> (Дата обращения: 21.06.23)

3. Современная документация по языкам HTML, CSS, JS [Электронный ресурс], Режим доступа: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTML> (Дата обращения: 13.10.23)

4. Документация по языку Python 3.0+ [Электронный ресурс], Режим доступа: <https://docs.python.org/3/> (Дата обращения: 13.10.23)

5. Документация по СУБД MySQL [Электронный ресурс], Режим доступа: <https://dev.mysql.com/doc/>, (Дата обращения: 10.08.2023)

6. Документация по движку Unity [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.unity3d.com/ru/530/Manual/UnityManual.html> (Дата обращения: 21.08.23)