

Система мониторинга и анализа распределенных параметров

Автор: Амелин Игорь Эдуардович

ООО Аналитическая группа Амелина

Цель статьи – описать состав, функционал и показать возможности и перспективы системы мониторинга и анализа распределенных параметров (СМАРП) по сбору, хранению и анализу данных о состоянии наблюдаемых объектов.

Ключевые слова. Микроконтроллер, датчик, приемник, передатчик, радиоканал, веб-сервер

Под распределенными параметрами будем понимать любые характеристики наблюдаемых объектов, поддающиеся измерению техническими средствами, находящихся в произвольных местах. К ним можно отнести температуру, влажность, давление, концентрацию газов, аэрозолей, взвесей, координаты на местности, скорость движения, электрическое напряжение, ток и т.д. Поскольку мониторинг предусматривает документирование (накопление наблюдаемых параметров в базе данных (БД)), доступными для анализа становятся и градиенты этих параметров. Рассмотрим СМАРП на следующем работающем примере.

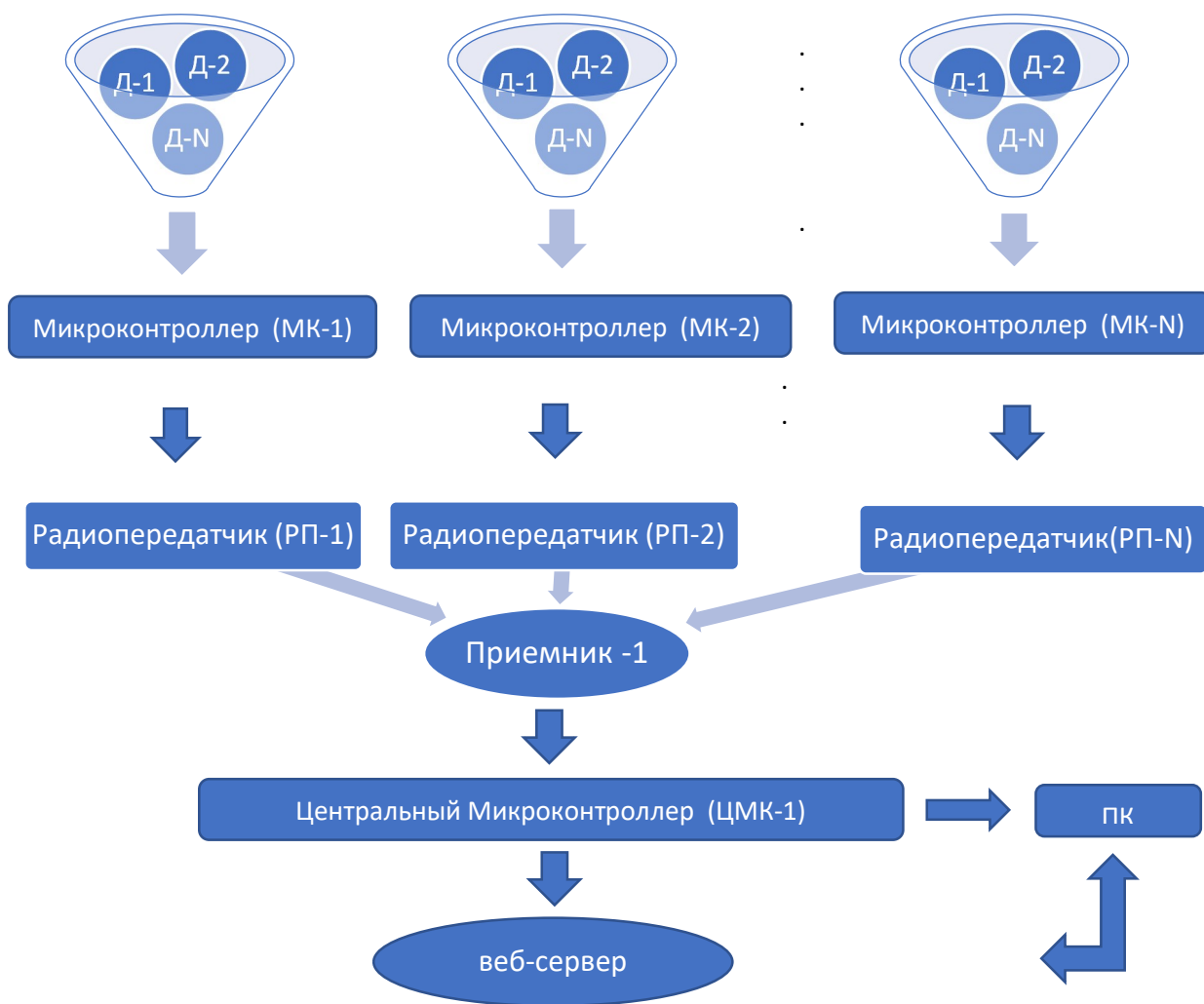


Рис.1. Пример работающей СМАРП

В работающей системе были использованы микроконтроллеры **ATmega328**. К каждому микроконтроллеру подключено по 3 датчика (датчик температуры, влажности и концентрации газа). Возможно подключение до 6 датчиков к каждому микроконтроллеру. В качестве датчиков концентрации газа установлены MQ-5 - широко распространенный датчик на основе диоксида олова.

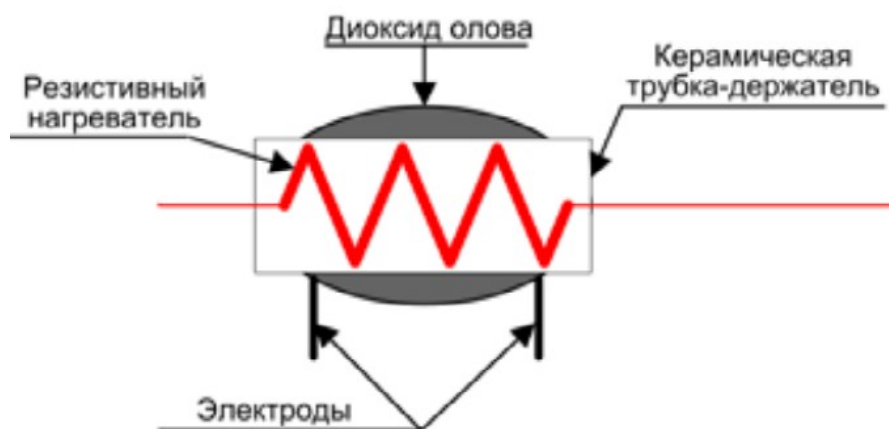
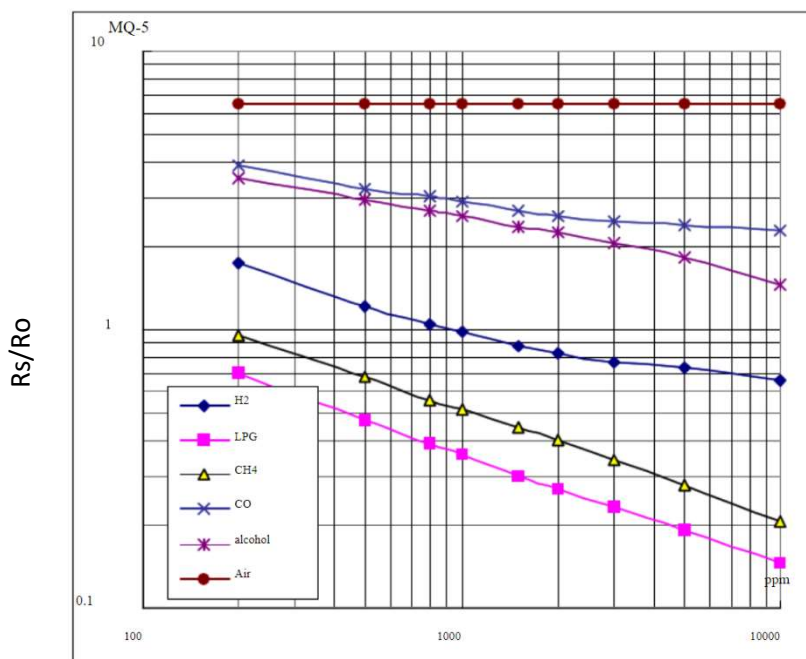


Рис.2. Схема датчика на основе диоксида олова

Принцип действия датчиков на основе диоксида олова заключается в изменении электропроводности полупроводниковой пленки вследствие адсорбции газа на ее поверхности [3–6].

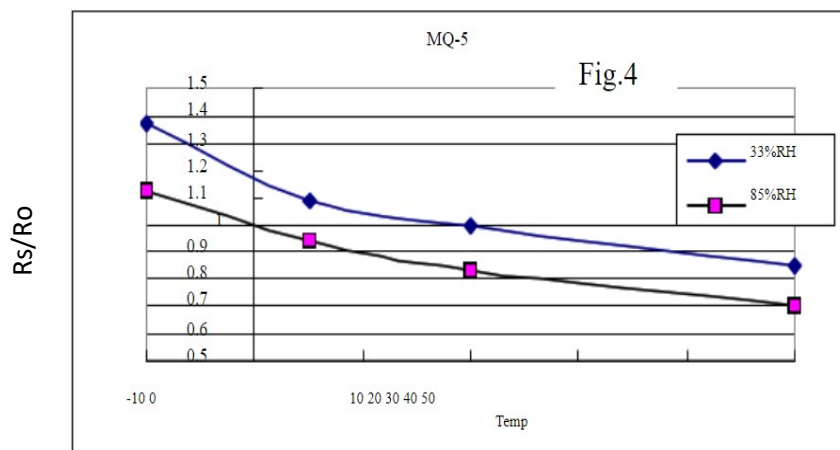
В случае необходимости эти датчики можно заменить на другие в зависимости от специфики наблюдаемых параметров и требований, предъявляемым к точности измерения. К недостатку датчиков MQ-5 относится высокая корреляция с влажностью воздуха и температурой среды, однако это корректируется программным способом. Температурно – влажностная компенсация проводится на основе методики, изложенной в статье[1]. Показания датчиков температуры и влажности используются в качестве параметров температурно – влажностной компенсации.



На Рис.3 показаны типичные характеристики чувствительности MQ-5 для нескольких газов. При температуре: 20 °C , Влажности: 65% , Концентрации O_2 : 21% $R_L = 20$ кОм R_0 : сопротивление датчика при 1000 ppm H_2 в чистом воздухе.

R_S : сопротивление датчика при различных концентрациях газов

Рис.3. характеристики чувствительности MQ-5



На рис.4 показана типичная зависимость MQ-5 от температуры и влажности.
 R_0 : сопротивление датчика при 1000 ppm H_2 в воздухе при относительной влажности 33% и температуре 20 °C.
 R_s : сопротивление датчика при различных температурах и влажности.

Рис.4 типичная зависимость MQ-5 от температуры и влажности

Представленная на рис.1 иерархия, отправляющая данные на веб-сервер, может тиражироваться в зависимости от количества и особенности территориального размещения наблюдаемых объектов.

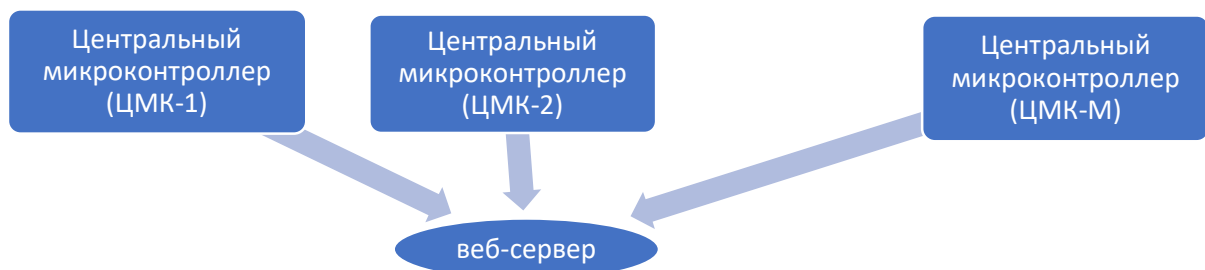


Рис.5. Схема тиражирования иерархии, представленной на рис.1

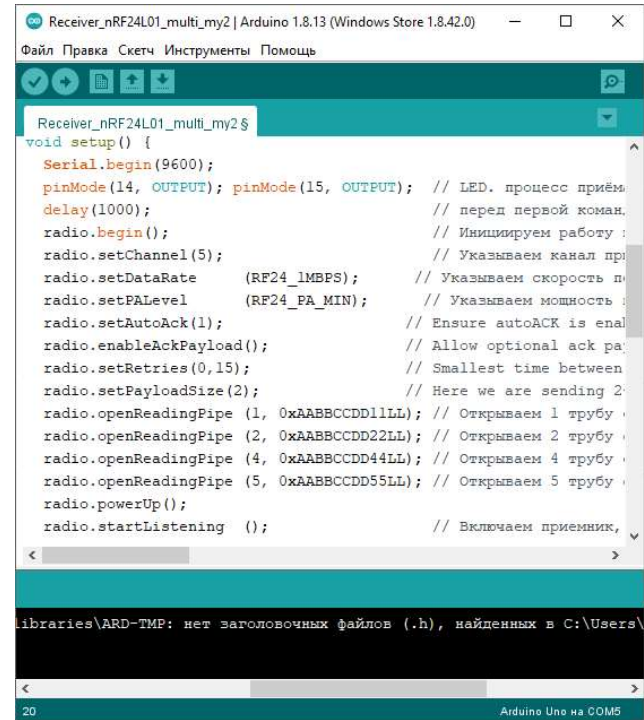
Данные поступившие на веб-сервер хранятся в базе данных. Зарегистрированный пользователь имеет доступ к собранным данным и результатам программной обработки с любого устройства с выходом в интернет (ПК, ноутбук, планшет, смартфон).

К результатам программной обработки относится информация о превышении значений наблюдаемых параметров над установленными критическими уровнями, информация о негативных и угрожающих тенденциях либо их отсутствии, а также результаты самодиагностики системы. Важная информация о состоянии наблюдаемых объектов может быть направлена системой ответственным лицам по электронной почте, в виде SMS и телефонного роботизированного звонка. При достижении наблюдаемыми параметрами критических значений возможно звуковое и световое оповещение устройствами, установленными непосредственно на наблюдаемых объектах.

Применение радиоканала для связи микроконтроллеров с центральным микроконтроллером позволяет размещать датчики на значительном удалении от точки доступа к интернету - в зоне прямой видимости до 1 км. Если на пути радиоканала имеются препятствия, допустимое расстояние существенно сокращается, однако имеется возможность его увеличить используя ретрансляционные узлы. Радиосвязь микроконтроллеров осуществляется с использованием модулей NRF24L01+PA+LNA на частоте 2,405 ГГц, скорость передачи данных может быть установлена 250kbps, 1Mbps и 2Mbps. Частоту канала можно изменять в диапазоне 2,400 ГГц – 2,527ГГц. Занимаемая полоса частот 1 МГц при скорости передачи 250kbps, 1Mbps и 2МГц при скорости передачи 2Mbps. При этом наибольшее расстояние передачи достигается при скорости 250kbps. Возможен режим автоматической настройки системы на частоту свободного от

помех радиоканала. Для повышения надежности канала связи в радиомодуле предусмотрен режим подтверждения получения данных, в котором приемник отправляет передатчику полностью пакет данных, который он получил. Передатчик анализирует этот ответный пакет и если он не соответствует отправленному, повторяет передачу. Число повторений отправки задается программно. Если ответный пакет соответствует отправленному, передатчик переходит к отправке следующего пакета данных.

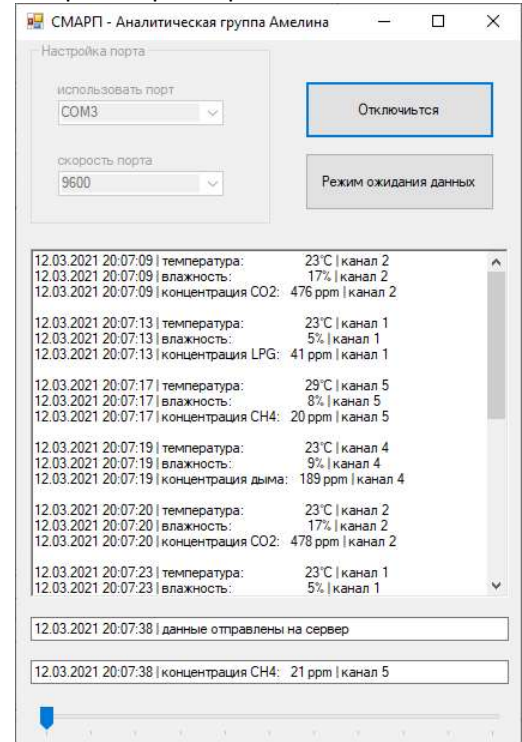
Программное обеспечение



```
Receiver_nRF24L01_multi_my2 $
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(14, OUTPUT); pinMode(15, OUTPUT); // LED. процесс приём
  delay(1000); // перед первой коман
  radio.begin(); // Инициализируем работу
  radio.setChannel(5); // Указываем канал при
  radio.setDataRate(RF24_1MBPS); // Указываем скорость п
  radio.setPALevel(RF24_PA_MIN); // Указываем мощность
  radio.setAutoAck(1); // Ensure autoACK is enab
  radio.enableAckPayload(); // Allow optional ack pay
  radio.setRetries(0,15); // Smallest time between
  radio.setPayloadSize(2); // Here we are sending 2
  radio.openReadingPipe(1, 0xAABBCCDD11LL); // Открываем 1 трубу
  radio.openReadingPipe(2, 0xAABBCCDD22LL); // Открываем 2 трубу
  radio.openReadingPipe(4, 0xAABBCCDD44LL); // Открываем 4 трубу
  radio.openReadingPipe(5, 0xAABBCCDD55LL); // Открываем 5 трубу
  radio.powerUp();
  radio.startListening(); // Включаем приемник,
```

Для работы системы используется стек из трех уровней программного обеспечения (ПО). Условно назовем их низкий, средний и высокий, по степени агрегирования получаемых и обрабатываемых данных. К низкому уровню относится ПО микроконтроллера. Этот уровень управляет опросом датчиков и обменом данными между микроконтроллерами. На рис.6 представлен фрагмент программы микроконтроллера, отвечающей за передачу данных по радиоканалу. В нашем примере программа низкого уровня написана на языке C/C++ в среде разработки Arduino IDE.

Рис.6. Фрагмент программы центрального микроконтроллера, отвечающей за радиосвязь с микроконтроллерами.



На рис. 7 представленная диалоговая форма программы персонального компьютера, относящейся к среднему уровню ПО, осуществляющего промежуточное хранение данных и отправку данных на веб-сервер. Эта программа написана на языке VB.NET в среде разработки Microsoft Visual Studio 2015. На этом уровне данные заносятся в локальную базу данных, где можно хранить и обрабатывать данные. Если система наблюдаемых объектов сосредоточена в зоне досягаемости используемых радиоканалов и отсутствует необходимость удаленного доступа к данным, то этого уровня может быть достаточно. В противном случае данные отправляются на веб-сервер.

Рис.7. Диалоговая форма программы, сохраняющей данные в локальной БД объекта и отправляющей данные в сетевую БД на веб-сервер.

Если локальное хранение данных мониторинга (сохранение в локальной БД) не требуется, то можно отправлять данные на веб-сервер непосредственно с центральных микроконтроллеров.

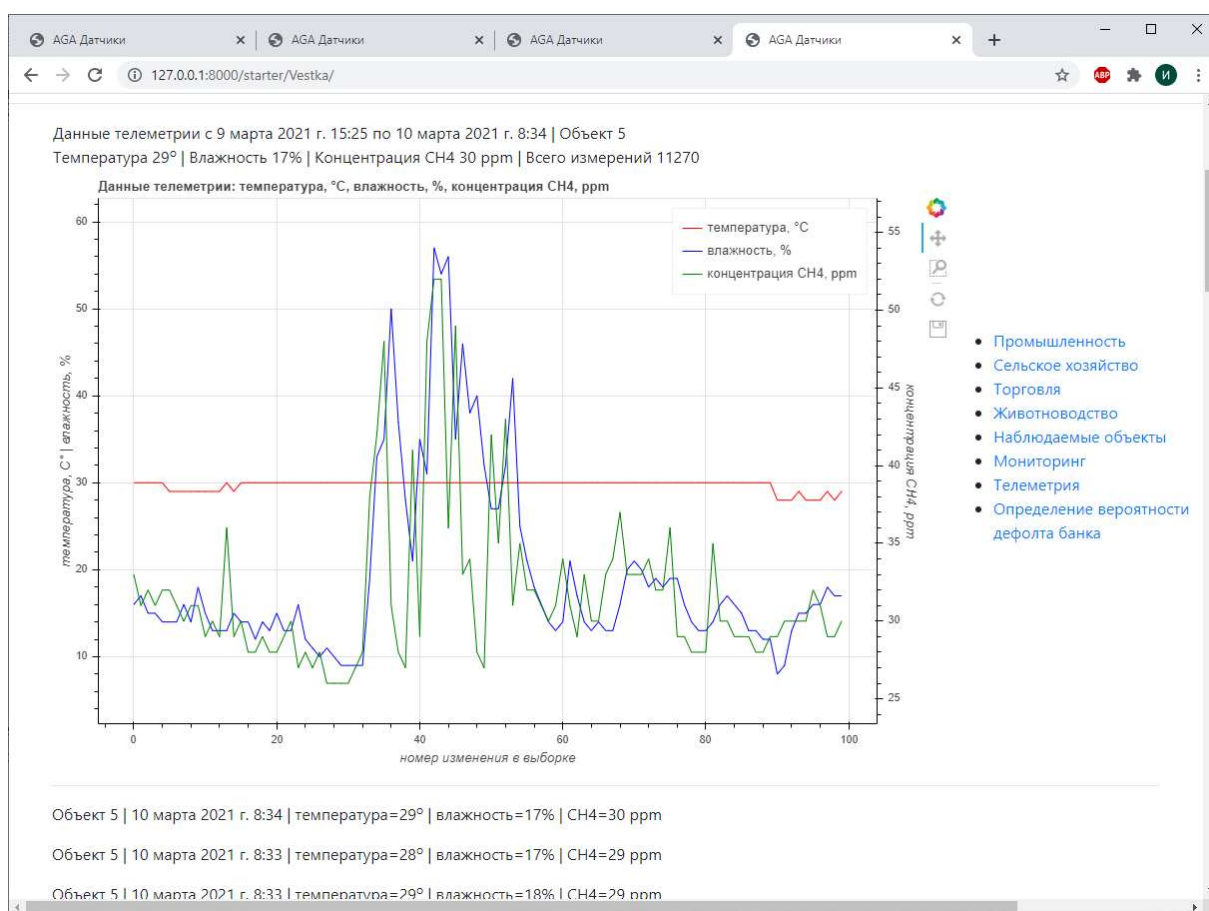


Рис.8. Окно интернет-браузера, в котором можно получить оперативную информацию о состоянии наблюдаемых объектов

На стороне веб-сервера находится ПО высокого уровня, поскольку максимально дистанцировано от работы датчиков и оперирует с большими объемами накопленных данных. Это ПО разработано на языке Python [2] с использованием фреймворка для веб-приложений Django.

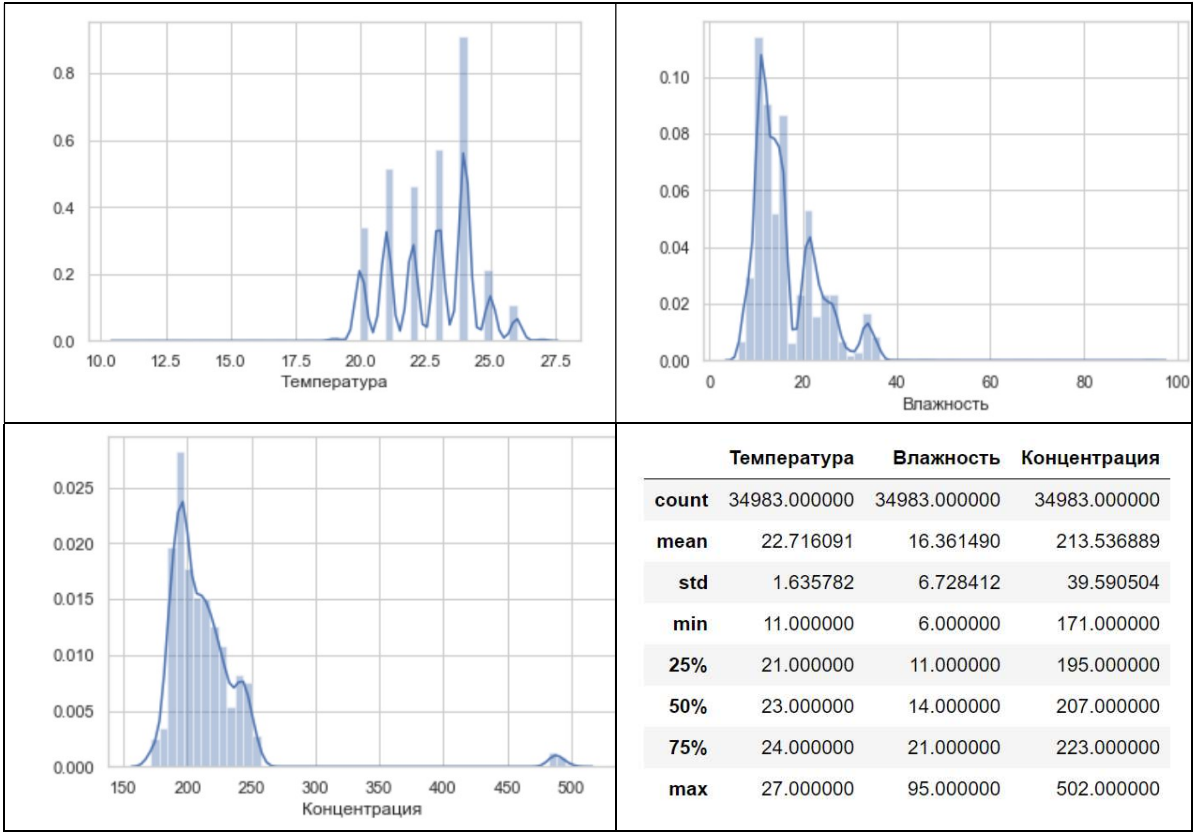
Когда данные собраны и к ним имеется оперативный доступ из любой точки, возможен выход на новый уровень управления объектами. На рис.8 представлено окно веб-браузера, в котором можно получить оперативную информацию о состоянии наблюдаемых объектов, отчет о динамике параметров за интересующий период нужного объекта, статистику параметров, включая гистограммы распределения параметров в разрезе объектов, для ранжирования объектов по уровню риска возникновения нештатной ситуации, корреляционные матрицы параметров в пределах выбранного объекта, либо выбранного параметра различных объектов, а также другие отчеты.

Накопленные исторические данные помогут провести расследование причины нештатной ситуации для предотвращения возникновения подобных ситуаций в будущем. Большие накопленные данные можно использовать для обучения искусственных нейронных сетей.

Система поможет в наглядном представлении обобщенных данных в разрезе параметров и объектов.

- Построит гистограммы распределения параметров по требуемому объекту и сводную таблицу

Рис.9. Гистограммы распределения и сводная таблица параметров на объекте 2.

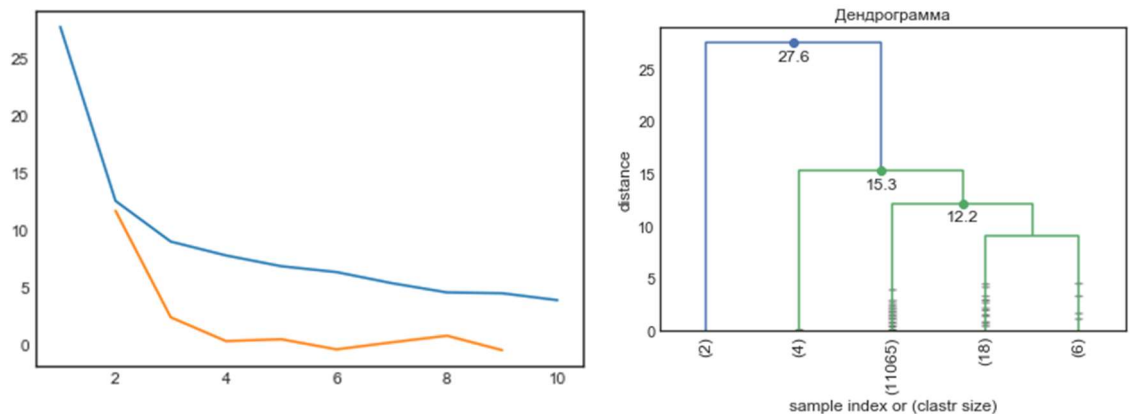


На гистограммах распределения наблюдаемых параметров хорошо видна статистическая картина в целом – центры концентрации параметров и их разброс. Здесь можно оценить, насколько распределение удалено от критического уровня, что может служить фактором для классификации объектов по уровню риска нештатной ситуации.

- Рассчитает корреляционную матрицу, которая поможет увидеть основные зависимости.

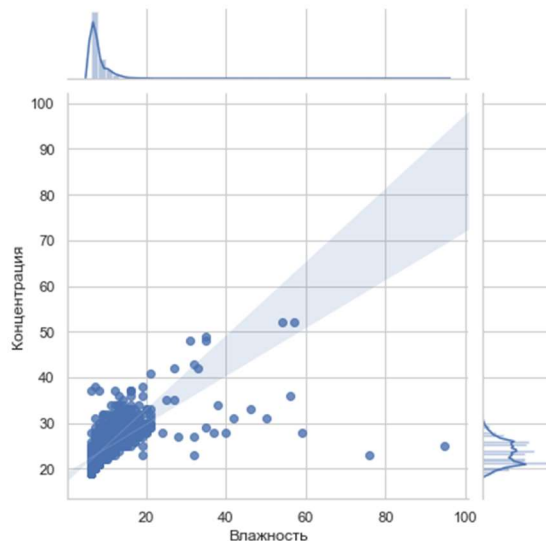
	Температура	Влажность	Концентрация
Температура	1,00000	0,31457	-0,07292
Влажность	0,31457	1,00000	-0,31076
Концентрация	-0,07292	-0,31076	1,00000

- Проведет кластерный анализ для выявления числа стабильных состояний (режимов работы объекта)

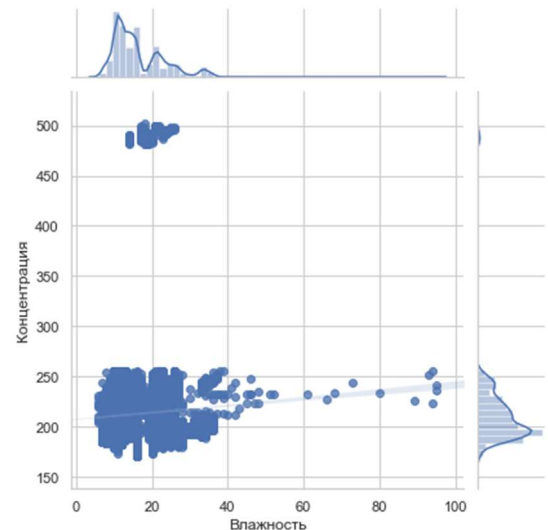


- Выполнит удобную визуализацию накопленных данных

Взаимное распределение концентрации газа и влажности воздуха на объектах
Объект 2



Объект 3



Самодиагностика системы

В процессе работы веб-приложение следит за тем чтобы все зарегистрированные в системе объекты отправляли корректные данные с заданной частотой и предупреждает диспетчера о времени наступления и характере неисправности.

Заключение

Представленная в статье система мониторинга и анализа распределенных параметров позволяет ответственным сотрудникам

- в реальном времени наблюдать за состоянием подконтрольных объектов. Оперативно информировать о нештатной ситуации (или о ее возможности) всех граждан и

сотрудников, находящихся вблизи объекта и непосредственно на объекте, а также расположенные удаленно диспетчерские службы для принятия необходимых мер.

- Система имеет возможность не только собирать и пересылать данные на веб-сервер для обработки и хранения, но и посылать управляющие сигналы в сторону микроконтроллеров, расположенных на наблюдаемых объектах, что позволяет оперативно противодействовать угрозам - выключить устройство, работающее в нештатном режиме, экстренно прекратить подачу электричества или газа.
- Проводить разбор нештатных ситуаций на основе накопленных данных, анализируя динамику параметров на проблемном объекте.
- Используя накопленные «большие данные» возможно построение системы раннего предупреждения возникновения нештатной ситуации. А подключение к этому процессу возможностей искусственных нейронных сетей, позволит анализируя динамику параметров, приведших к нештатным ситуациям в контексте погодных, хозяйственных, социальных и других условий обучить сеть для раннего предупреждения возможных угроз и негативных событий.

Литература

1. М.С. Ермаков РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА КАЛИБРОВКИ И ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО КОМПЕНСИРОВАНИЯ ПОКАЗАНИЙ ГАЗОВОГО ДАТЧИКА НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ОЛОВА (УДК 519.688) // Научно – технический журнал «Автоматизация процессов управления»
2. Пол Бэрри Изучаем программирование на Python [пер. с англ. М.А.Райтман]. Москва : Эксмо, 2019. – 624 с.
3. Barsan N., Weimar U. Understanding the fundamental principles of metal oxide based gas sensors; the example of CO sensing with SnO₂sensors in the presence of humidity // Journal of Physics: Condensed Matter. 2003. V. 15. № 20. pp. 813–839.
4. Andrei P. et al. Modeling and simulation of single nanobelt SnO₂gas sensors with FET structure // Sensors and Actuators B. 2007. V. 128. pp. 226–234.
5. Грачева И. Е., Мошников В. А., Осипов Ю. В. Анализ процессов на поверхности газочувствительных наноструктур методом спектроскопии полной проводимости // Известия СПбГЭТУ«ЛЭТИ». Сер. Физика твердого тела и электроника. – 2008. – № 6. – С. 19–24.