

УДК 004

DOI 10.18413/2411-3808-2019-46-1-173-180

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДУЛЬНОЙ МУЛЬТИСЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ
ДЛЯ ЗАДАЧ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА БАЗЕ ARDUINO****DESIGNING A MODULAR MULTI-SENSOR SYSTEM FOR ENVIRONMENTAL
MONITORING TASKS ON THE BASE OF ARDUINO****Р.А. Багутдинов****R.A. Bagutdinov**

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, 634034, г. Томск, ул. Усова, 156

Tomsk National Research Polytechnic University,
15 Usov St, Tomsk, 634034, Russia

E-mail: ravil_bagutdinov@yahoo.com

Аннотация

В данной работе представлена разработка модульной мультисенсорной системы для задачи мониторинга окружающей среды на основе Arduino. Для реализации данной задачи была использована аппаратная платформа Arduino с подключенными различными датчиками для изменения температуры, влажности, света и горючего газа в режиме реального времени. Получаемые данные загружаются в специально разработанную базу данных более сложной мультисенсорной системы. Результаты тестирования показывают, что разработанная система позволяет не только реализовать модульность более сложной мультисенсорной системы и работать с существующими данными в системе, но и стабильно загружать новые данные с нового подключенного модуля мультисенсорной системы. Разработка имеет следующие преимущества: низкая стоимость, малая потребляемая мощность, простая конструкция и удобная установка. Обработка самих данных осуществляется за счет использования авторских алгоритмов, которые не описаны здесь, так как выходят за рамки данной работы. Результаты данной работы могут быть полезны при организации модульности аналогичных систем мониторинга или для вновь разрабатываемых мультисенсорных систем различного практического назначения.

Abstract

This paper presents the development of a modular multisensory system for the task of monitoring the environment based on Arduino. To accomplish this task, the Arduino hardware platform with connected various sensors was used to change the temperature, humidity, light and combustible gas in real time. The resulting data is loaded into a specially designed database of a more complex multi-touch system. The test results show that the developed system allows not only to realize the modularity of a more complex multisensory system and work with existing data in the system, but also to stably load new data from the new connected module of the multi-touch system. The development has the following advantages: low cost, low power consumption, simple design and convenient installation. Processing the data it is carried out through the use of copyright algorithms that are not described here, as they are beyond the scope of this work. The results of this work can be useful in organizing modularity of similar monitoring systems or for newly developed multi-touch systems for various practical purposes.

Ключевые слова: мультисенсорные системы, модульность, мониторинг, датчики, Arduino, данные.

Keywords: multi-touch systems, modularity, monitoring, sensors, Arduino, data.

Введение

С быстрым развитием информационных технологий люди сталкиваются с все более серьезными экологическими угрозами и системой безопасности. На производстве, фабриках, в складах специального назначения и в режимных объектах, требующих жесткого контроля безопасности, требуется постоянный мониторинг помещений. Обычно для каждого типа ситуации мониторинга требуется постоянная модернизация конкретного специализированного оборудования для мониторинга окружающей среды. Приобретение таких систем зачастую не только требует внушительных финансовых вложений, но и занимает достаточное время при установке и модернизации. В этой статье предлагается модульная система мониторинга с использованием существующих технологий для получения информации о состоянии окружающей среды в режиме реального времени. Реализация такой системы позволит без особого труда и финансовых вложений модернизировать существующие мультисенсорные системы мониторинга, выполнив лишь замену необходимого модуля на новый (или подключив новый датчик).

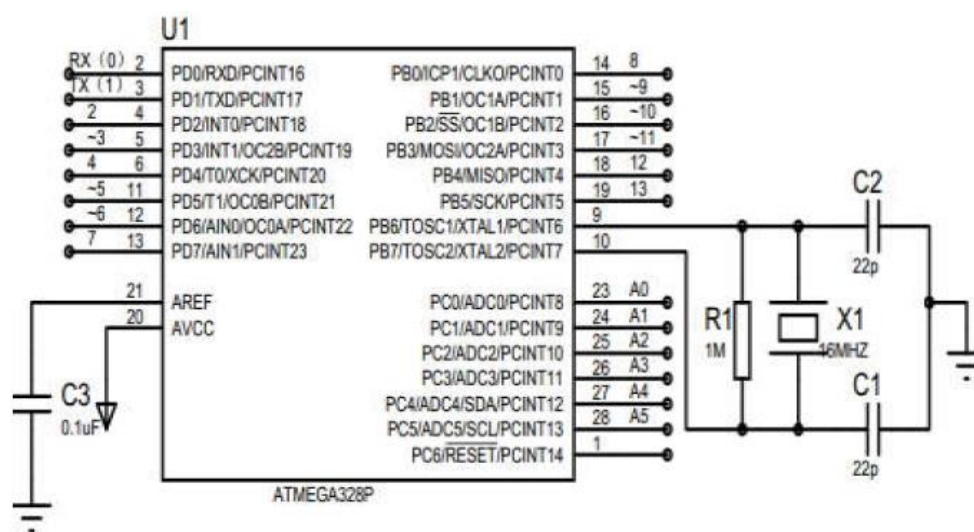


Рис. 1. Схема подключения Arduino

Fig. 1. Arduino wiring diagram

Разработка мультисенсорной системы

Основанная на платформе Arduino мультисенсорная система была разработана для мониторинга изменений температуры, влажности, света и горючего газа за один день, загрузки данных в существующую базу данных и проверки текущего состояния окружающей среды [Багутдинов, 2018; Багутдинов 2017]. Структурная схема предлагаемой мультисенсорной системы представлена на рисунке 2.

Arduino – это удобная и простая в использовании электронная платформа разработки с открытым исходным кодом, которая включает в себя различные аппаратные ресурсы разработки Arduino и ресурсы программного обеспечения Arduino IDE [Hua, Xiasong, 2013]. Arduino может использоваться для разработки различных типов продуктов взаимодействия человека и компьютера, чтения большого количества информации о датчиках, контрольного света, двигателей и другого физического оборудования. Основной процессор платы разработки аппаратного обеспечения Arduino UNO использует однокриповый компьютер серии Atmega 328, имеет 14 цифровых входных и выходных портов, 6 из которых имеют выходную функцию широтно-импульсной модуляции, остальные 6 аналоговых входных сигналов, точность аналого-цифрового преобразования 10 [Zhu, 2014]. Структура контроллера Arduino UNO, показанная на рисунке 1.



Рис. 2. Структурная схема сложной мультисенсорной системы
 Fig. 2. Block diagram of a complex multisensory system

Датчик температуры и влажности DHT11. Датчик состоит из датчика влажности NTC и компонентов температурного датчика. В датчике на аппаратном уровне предусмотрено специальное средство для сбора цифрового сигнала, быстрого реагирования, защиты от помех. Также предусмотрен один интерфейс линии данных, связь с хостом с использованием последовательной связи в 4 мс. Выходной формат выходных данных до 5 байтов, соответственно, 1-байтовый целочисленный и 1-байтовый дробной (данные влажности); 1-байтовый целочисленный и 1-байтовый дробной (данные температуры) и 1 байт данных датчика для проверки данных. В конструкции используется датчик DHT11 для сбора информации о температуре и влажности в окружающей среде. Более подробно характеристики датчика DHT11 представлены в таблице 1.

Таблица 1
 Table 1

Характеристики датчика DHT11
 Characteristics of the DHT11 sensor

Модель	DHT11
Диапазон измерений	Влажность 20–90% Температура 0–50°C
Точность измерения влажности	±5%
Точность измерения температуры	±2°C

Фоточувствительный датчик. В системе используется цифровой датчик интенсивности света для совершения сбора данных интенсивности окружающего света, который состоит из теплового модуля для определения температуры на основе термистора NTC 10 кОм. Когда температура увеличивается, сопротивление будет уменьшено, значение от 0 до 1023, в сочетании с аналоговым интерфейсом платы расширения плата Arduino может считывать также аналоговое значение.

Датчик дыма. В этой конструкции используется датчик дыма MQ2 для определения содержания горючего газа в окружающей среде. Датчик дыма MQ2 использует более

низкую проводимость диоксида олова в качестве газочувствительного материала. Когда вокруг датчика фиксируется воспламеняющийся газ, проводимость увеличивается с увеличением концентрации газа. Датчик может использоваться для обнаружения содержания метана, пропана, природного газа и других горючих газов.

Конструкция аппаратной структуры. На рисунке 3 показана общая структура устройства. На рисунке 4 показано аппаратное соединение. Из рисунка 3 видно, что устройство состоит из модуля сбора информации, модуля обработки промежуточной информации, модуля сетевой передачи (при необходимости передачи данных на расстоянии), узла дымовой сигнализации, модуля управления мониторинга реального состояния в реальном времени информации. Модуль сбора данных в основном используется для сбора окружающей информации для проводной передачи в основной модуль схемы для последующей обработки. Модуль сбора информации использует: гибридный датчик температуры и влажности DHT11 для сбора данных о температуре и влажности, датчик интенсивности света BH1750 для сбора текущих условий освещения, при этом датчик MQ2 обнаруживает концентрацию горючих газов. Модуль дымовой сигнализации состоит из динамика и красного светодиодного индикатора. Когда датчик обнаруживает присутствие легковоспламеняющегося газа, динамик будет издавать звук, а светодиод – напоминать пользователю об утечке газа. Основная схема управления состоит из микроконтроллера ATMEGA 328. Собранная информация с датчиков передается в блок базы данных сложной мультисенсорной системы по проводу и через сетевой модуль (называемый Shield и представляющий собой отдельную дополнительную плату). Модуль схемы управления анализирует информацию, собранную датчиком дыма, для завершения сигнализации о дыме.

Цепь аварийной сигнализации состоит из громкоговорителя и красного светодиода. Когда датчик дыма обнаружит увеличение содержания горючего газа в помещении, он включит цепь сигнализации о дыме. Когда звучит сигнал тревоги, динамик будет издавать звук фиксированной частоты, тем временем светодиод будет гореть красным светом, чтобы напомнить пользователю об утечке дыма.

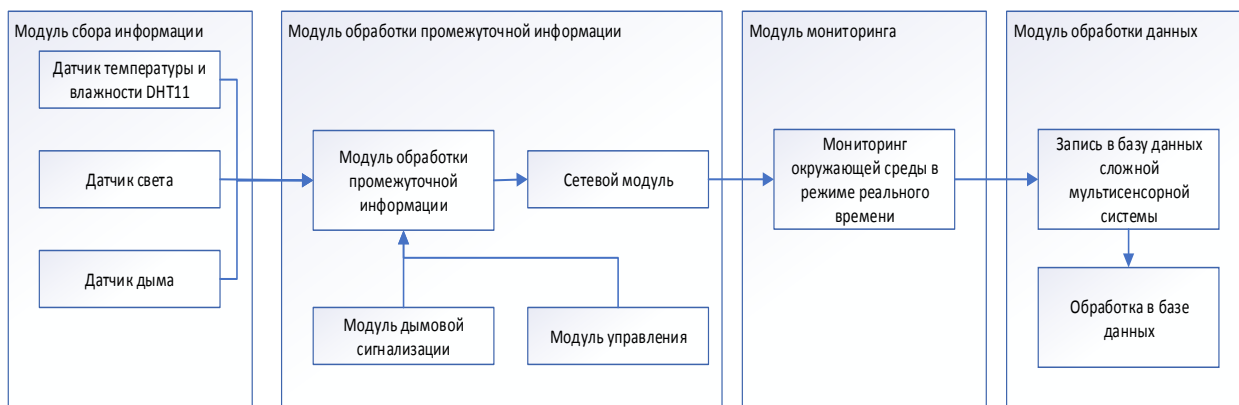


Рис. 3. Общая структура системы мониторинга окружающей среды

Fig. 3. The overall structure of the environmental monitoring system

За счет своей модульности разработанная система позволяет не только реализовать передачу данных и мониторинг по проводу, но и за счет подключения внешних плат расширения (Shield) проводить мониторинг через соответствующий сетевой интерфейс.

Помимо аварийной сигнализации дыма, когда температура в помещении повышается выше заданного значения, можно предусмотреть автовключение системы охлаждения или автоотушения. Если влажность в помещении слишком низкая, можно предусмотреть автовключение специального увлажнителя. Если в контролируемом помещении стало темно, можно предусмотреть автовключение аварийного освещения.

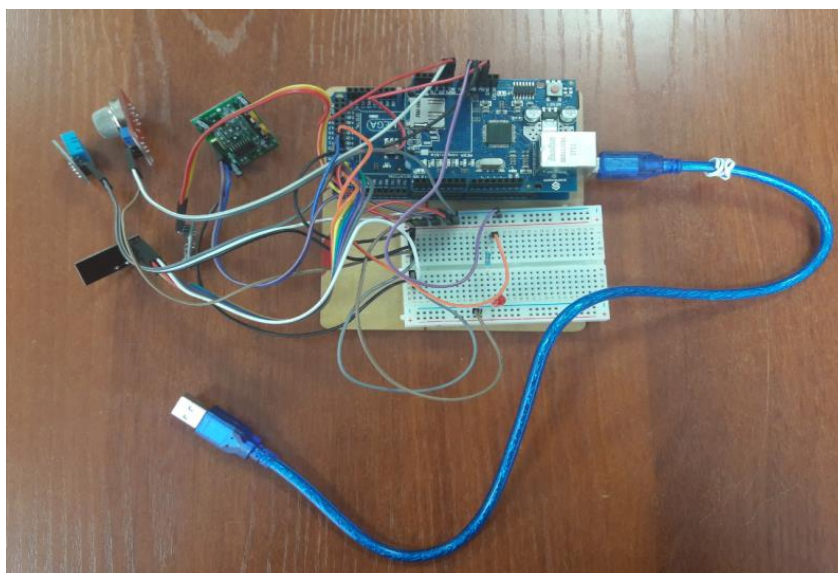


Рис. 4. Аппаратное соединение датчиков на плате Atmega328
 Fig. 4. Hardware connection of sensors on the Atmega328 board

Схема сети связи. Модуль сетевой связи используется для совершения передачи информации между основной схемой обработки и специально разработанной базой данных сложной мультисенсорной системы. В качестве сетевой платы может быть использован Ethernet-модуль W5100 (шилд) в качестве сетевого коммуникационного модуля. Этот модуль включает в себя монолитный чип сетевого интерфейса, оснащенного высокоскоростным Ethernet-контроллером внутри со скоростью передачи информации 10/100 Мбит/с, используется стек протоколов TCP/IP для обеспечения передачи сетевой информации, объем внутренней памяти 16 КБ, опрос данных происходит каждые 10 сек [Hang, 2015].

Тестирование и реализация функций обработки данных показала эффективность такого подхода к модульности мультисенсорных систем для задач мониторинга. Сложная мультисенсорная система включает в себя базу данных (см. рисунок 5), которая получает доступ к данным датчиков, а также возможности хранения и обработки данных, такой подход позволяют осуществлять мониторинг данных с датчиков в режиме реального времени.

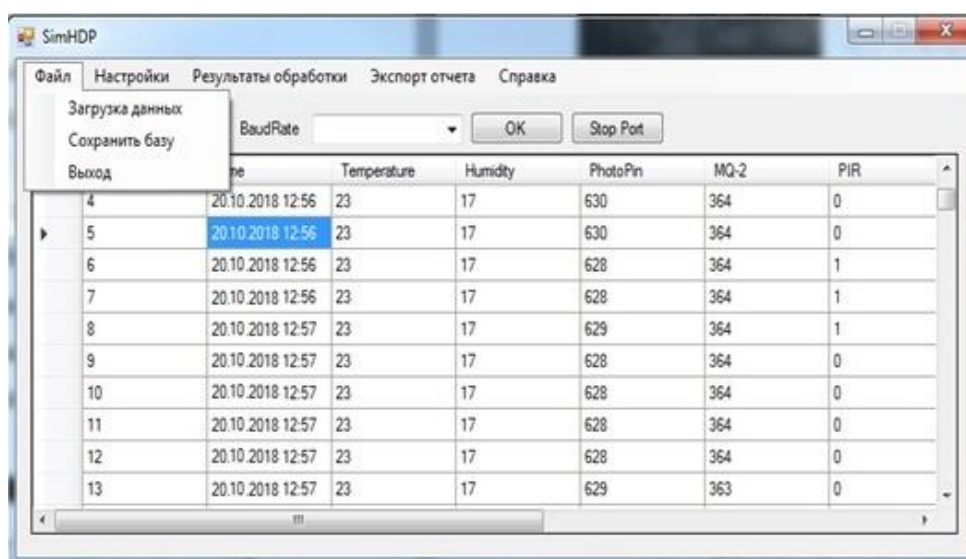


Рис. 5. Интерфейс окна загрузки данных программы обработки из базы данных мультисенсорной системы

Fig. 5. Download windows interface program processing the data from the database multisensory system

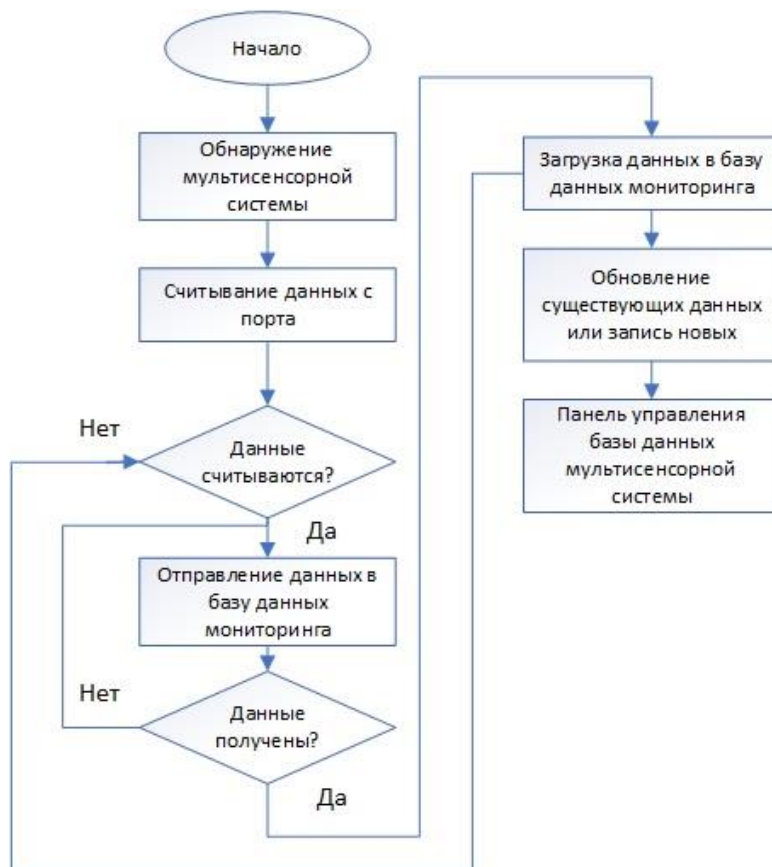


Рис. 6. Алгоритм работы модульной мультисенсорной системы

Fig. 6. Algorithm of modular multisensory system operation

Заключение

В этой статье автором предлагается модульная мультисенсорная система для задач мониторинга окружающей среды. В качестве одного из модулей была использована система на базе Arduino UNO с подключенными датчиками: температуры и влажности DHT11, датчика освещенности ВНТ1750 и датчика дыма MQ2. Предлагаемая система позволяет обеспечить постоянный мониторинг температуры, влажности, интенсивности окружающего света и фиксации легковоспламеняющегося газа. Тестирование разработанной системы на реальных данных показало надежность такой реализации мультисенсорных систем и позволяет получать и обрабатывать различные данные в режиме реального времени. Данная разработка будет полезна не только в задачах мониторинга окружающей среды, но и для разработки новых мультисенсорных систем.

Список литературы

References

1. Багутдинов Р.А. 2018. Классификационная характеристика для задач обработки разнородных данных. *International Journal of Open Information Technologies*. 6. 8: 14–18.
Bagutdinov R.A. 2018. Classification characteristic for the tasks of processing heterogeneous data. *International Journal of Open Information Technologies*. 6. 8: 14–18 (in Russian).
2. Багутдинов Р.А. 2017. Принцип разработки алгоритмического обеспечения системы технического зрения роботов. *Научно-технические исследования в космических исследованиях Земли*. 9.5: 66–71.
Bagutdinov R.A. 2017. The principle of the development of algorithmic support system for technical vision of robots. *High technologies in space research of the Earth*. 9.5: 66–71 (in Russian).
3. Вологов Е.М., Нестеров С.В., Митрофанов И.В., Кокорина С.Б., Митрофанов Е.И. Автоматизированная обработка траекторной информации системы регистрации на базе

видеокамер общего назначения. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2018. 45(4): 782.

Volotov E.M., Nesterov S.V., Mitrofanov I.V., Kokorina S.B., Mitrofanov E.I. Automated processing of trajectory information of the registration system based on general-purpose video cameras. Scientific statements of Belgorod State University. Series: Economy. Computer science. 2018. 45(4): 782 (in Russian).

4. Островский О.А. 2017. Алгоритмы проведения осмотров цифровых носителей информации для предотвращения компьютерных преступлений. Военно-юридический журнал. 11: 3–6.

Ostrovsky O.A. 2017. Algorithms for conducting inspections of digital media to prevent computer crimes. Military Law Journal. 11: 3–6 (in Russian).

5. Островский О.А. 2017. Дефиниционный анализ корреляционной зависимости информационной модели и криминалистической характеристики преступления в сфере компьютерной информации. Евразийский юридический журнал. 7 (110): 221–225.

Ostrovsky O.A. 2017. The final analysis of the correlation of the information model and the criminalistic characteristics of the crime in the field of computer information. Eurasian Law Journal. 7 (110): 221–225 (in Russian).

6. Островский О.А. 2018. Криминалистический анализ, описывающий состояние детерминированного конечного автомата в модели наблюдателя при расследовании преступлений в сфере компьютерной информации. Евразийский юридический журнал. 3 (118): 294–296.

Ostrovsky O.A. 2018. A forensic analysis describing the state of a deterministic finite automaton in an observer model when investigating computer-related crimes. Eurasian legal journal. 3 (118): 294–296 (in Russian).

7. Островский О.А. 2017. Принцип объектной декомпозиции в систематизации идентификационных кодов, характеризующих преступления в сфере компьютерной информации. Полицейская деятельность. 3: 10–18.

Ostrovsky O.A. 2017. The principle of object decomposition in the systematization of identification codes characterizing crimes in the field of computer information. Police activities. 3: 10–18 (in Russian).

8. Сам С.В., Чемерис Д.С. Методика синтеза образа искусственного маркера для решения задачи определения параметров относительного положения робототехнического объекта. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2012. 19(138): 109–115.

Sam S.V., Chemeris D.S. The method of synthesis of the image of an artificial marker for solving the problem of determining the parameters of the relative position of a robotic object. Scientific statements Belgorod State University. Series: Economy. Computer science. 2012. 19 (138): 109–115.

9. Bagutdinov R.A., Zaharova A.A. 2017. The task adaptation method for determining the optical flow problem of interactive objects recognition in real time. Journal of Physics: Conference Series 803. 1: 012014.

10. Bagutdinov R.A. The processing of heterogeneous data for multisensor systems of technical vision on the example of analysis of temperature and gas concentration. MSIT. National Research Tomsk Polytechnic University. 2018: 25–26.

11. Bierer, B., Nagele, H.J., Perez, A.O., Wollenstein, J., Kress, P., Lemmer, A., and Palzer, S. 2018. Real-Time Gas Quality Data for On-Demand Production of Biogas, Chem. Eng. Technol., 41: 696–701, <https://doi.org/10.1002/ceat.201700394>

12. Foresti G.L. and Regazzoni C.S. 2017. Video processing and communications in real-time surveillance systems, J. Real-Time Imaging, 20177(3): 381–388.

13. Hang G. 2015. Design of Control System on Arduino Intelligent Home Automation. Technology Innovation and Application (3): 61–63.

14. Haritaoglu, I., Harwood, D., Davis, L. 2000. W4: real-time surveillance of people and their activities. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 22(8): 809–830.

15. Hua Q., Xiasong S. 2013. Design of Environment Condition Monitoring System Based on Arduino wireless Internet Technology (1): 59–61.

16. Kneer, J., Eberhardt, A., Walden, P., Ortiz P´erez, A., Wollenstein, J., and Palzer, S. 2014. Apparatus to characterize gas sensor response under real-world conditions in the lab, Rev. Sci. Instrum., 85: 055006, <https://doi.org/10.1063/1.4878717>.



17. Krumm, J., Harris, S., Meyers, B., Brumitt, B., Hale, M., Shafer, S. 2000. Multi-camera multi-person tracking for easyliving. In *Third IEEE International Workshop on Visual Surveillance*, 3–10.
18. Kushwaha, M., Oh, S., Amundson, I., Koutsoukos, X., Ledeczi, A. 2008. Target tracking in urban environments using audio-video signal processing in heterogeneous wireless sensor networks. In *42nd Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers*.
19. Lees, K.J., Quaife, T., Artz, R.R.E., Khomik, M., and Clark, J.M. 2018. Potential for using remote sensing to estimate carbon fluxes across northern peatlands – A review, *Sci. Total Environ.*, 615: 857–874, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.103>.
20. Lo, B. P.L., Sun, J., Velastin, S.A. 2003. Fusing visual and audio information in a distributed intelligent surveillance system for public transport systems. *Acta Automatica Sinica*, 29(3): 393–407.
21. Moreno-Garcia J., Rodriguez-Benitez L., Fernandez-Caballero A. Lopez M.T. 2010. Video sequence motion tracking by fuzzification techniques. *Applied Soft Computing* 10(1): 318–331.
22. Pavron, J., Gromez-Sanz, J.J., Fernandez-Caballero, A., Valencia- Jimenez, J.J. 2007. Development of intelligent multi-sensor surveillance systems with agents. *Robotics and Autonomous Systems*, 55(12): 892–903.
23. Remagnino, P., Foresti, G.L. 2005. Ambient intelligence: A new multidisciplinary paradigm. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans*, 35(1): 1–6.
24. Wang Y. and Chi Z. 2016. «System of Wireless Temperature and Humidity Monitoring Based on Arduino Uno Platform», 2016 Sixth International Conference on Instrumentation and Measurement, Computer, Communication and Control (IMCCC), Harbin, 770–773. doi: 10.1109/IMCCC.2016.89.
25. Zhu Y. 2014. ZigBee technology based on intelligent home environment data acquisition system design and implementation. Changan University Master degree thesis, 03.