

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2022-47-05>

УДК 004.932.4, 004.627, 004.514

Ковівчак Ярослав Васильович, к.т.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0002-3905-4108>

Дубук Василь Іванович, к.т.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0002-6339-1032>

Дмитришин Андрій Ярославович, магістр

Національний університет «Львівська політехніка»

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ У ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМАХ

Ковівчак Я.В., Дубук В.І., Дмитришин А.Я. Розробка автоматизованої системи моніторингу надзвичайних ситуацій у лісових екосистемах. Стаття присвячена розробці автоматизованої системи моніторингу надзвичайних ситуацій у лісових екосистемах. Розглянуто актуальність розробки такого класу систем. Проведено аналіз існуючих методів та засобів контролю надзвичайних ситуацій в лісових екосистемах. Приведено структурну схему систем з урахуванням інформаційних потоків. Розглянуто концептуальну модель системи. Розроблено блок-схеми алгоритмів роботи системи. Приведено діаграму прецедентів. Розроблено діаграму потоків даних та діаграму класів системи. Приведено схему бази даних та основні компоненти системи. Розроблено інтерфейс користувача автоматизованої системи моніторингу надзвичайних ситуацій у лісових екосистемах.

Ключові слова: автоматизована система, моніторинг надзвичайних ситуацій, лісові екосистеми, лісові пожежі.

Kovivchak Ya., Dubuk V., Dmytryshyn A. Development of an automated system for monitoring emergencies in forest ecosystems. The article is devoted to the development of an automated system for monitoring emergencies in forest ecosystems. The urgency of developing such a class of systems is considered. The analysis of existing methods and means of controlling emergencies in forest ecosystems is carried out. The structural scheme of systems taking into account information flows is given. The conceptual model of the system is considered. Block diagrams of system operation algorithms have been developed. The diagram of precedents is given. The data flow diagram and the system class diagram have been developed. The scheme of the database and the main components of the system are given. The user interface of the automated system of monitoring of emergency situations in forest ecosystems is developed.

Keywords: automated system, emergency monitoring, forest ecosystems, forest fires.

Вступ

Лісові екосистеми здійснюють суттєвий вплив на формування сприятливих умов для існування всього живого на планеті Земля, а також є запобіжником від негативних змін клімату під час індустріальної діяльності людини. Природні лісові екосистеми займають понад 30% земної суші та містять понад 3 трильйони різних дерев [6]. Ліси є джерелом ресурсів таких як деревина та інші лісопродукти, вони регулюють поглинання вуглекислого газу, формують передумови для забезпечення людей питною водою, дають змогу створити рекреаційні зони (паркові зони для відпочинку, заповідники тощо). За результатами досліджень встановлено, що глобальні пожежі у лісових екосистемах спричиняють загрози запасам води [10, с.772] та впливають на якість води [11, с. 170], фауну лісів [12, с. 1321], здоров'я населення [13, с. 695].

Інтенсивний промисловий розвиток багатьох країн призводить до глобальної зміни клімату. Також до змін у кліматі може привести постійно зростаюча кількість надзвичайних ситуацій у лісових екосистемах, зокрема пожеж [7, с.547]. Пожежі впливають на множини параметрів лісових екосистем [9, с. 1179]. Також досліджено [8, с.290], що зміни клімату впливають на ключові параметри лісових екосистем та їх пожежний стан.

До надзвичайних ситуацій у лісових екосистемах можна віднести природні та викликані людською необережністю лісові пожежі, а також промислову та нелегальну вирубку дерев. У наслідок цього загальна площа лісових екосистем щороку зменшується на мільйони гектарів.

В Україні ліси займають площу близько 10 мільйона га [2], при цьому важливим питанням обліку, підтримки, розвитку, використання і захисту лісового фонду приділяється належна увага держави [1]. У вищих закладах освіти України провадиться підготовка фахівців за спеціальністю 206 «Садово-паркове господарство». При цьому, як вказують автори [3, с. 6]: «Основне завдання ведення лісопаркового господарства – вирощування і формування стійких деревостанів, які володіють високими естетичними і санітарно-гігієнічними якостями.

Особливу увагу при цьому необхідно приділяти ефективному використанню лісових територій для масового відпочинку населення, поліпшення естетичних, оздоровчих і санітарно-гігієнічних функцій лісової рослинності та її психофізичного впливу на людину". Для більш ефективної реалізації відповідних завдань розробляються та використовуються інформаційної системи обліку об'єктів лісопаркового господарства [4, с.25-35].

Складність розв'язання проблеми запобігання надзвичайним ситуаціям у лісових екосистемах полягає у тому, що у більшості випадків ці території є великими за розмірами, віддаленими і недостатньо контрольованими. Тому суттєво ускладнюється задача раннього виявлення можливих надзвичайних ситуацій і, відповідно, затримується їх ліквідація.

З інтенсивним розвитком комп'ютерних інформаційних технологій і засобів комунікації відкриваються нові можливості для запобігання надзвичайним ситуаціям у лісових екосистемах. На сьогодні існує велика кількість різних програмних засобів та систем, які дають змогу здійснювати моніторинг надзвичайних ситуацій у лісових екосистемах. Однак, у більшості з них не передбачено використання необхідних технічних засобів для раннього виявлення лісових пожеж.

Для реалізації ефективного запобігання надзвичайних ситуацій у лісових екосистемах, необхідно здійснювати швидке їх виявлення і повідомлення не тільки про існування, але і можливість виникнення лісових пожеж.

Огляд існуючих методів та засобів контролю надзвичайних ситуацій у лісових екосистемах.

На сьогодні, на практиці, застосовують широкий спектр різних методів та засобів виявлення та моніторингу надзвичайних ситуацій у лісових екосистемах. До основних із них можна віднести: візуальне спостереження з контрольних веж; засоби аеродинамічного та супутникового спостереження; системи моніторингу за допомогою оптичних засобів і різних типів сенсорів.

Найбільш традиційним методом виявлення надзвичайних ситуацій є візуальне спостереження з контрольних веж. Недоліком цього методу є залежність виявлення надзвичайних ситуацій від людського фактору та необхідність наявності великої кількості пунктів спостереження та людських ресурсів. Тому даний метод не є оптимальним.

До основних засобів супутникового спостереження можна віднести полярні орбітальні комплекси та геостационарні платформи. Полярні орбітальні комплекси розміщено на супутниках Terra, Aqua та NASA-NOAA Suomi NPP. Вони дають змогу отримати детальне зображення всієї земної поверхні до двох разів на день. До найбільш відомих геостационарних платформ можна віднести систему "Copernicus" [14]. Вона розроблена країнами Європейської спільноти для здійснення постійних спостережень за земною поверхнею. До її складу входять наступні підсистеми: підсистема моніторингу атмосфери; підсистема моніторингу морського середовища; підсистема моніторингу земної поверхні; підсистема моніторингу процесів зміни клімату; підсистема моніторингу безпеки в Європі; підсистема моніторингу надзвичайних ситуацій.

Підсистема моніторингу надзвичайних ситуацій за допомогою супутникового дистанційного зондування збирає і передає точну геопросторову інформацію відповідальним особам, які приймають участь у ліквідації наслідків стихійних лих і техногенних надзвичайних ситуацій. Ця підсистема дає змогу здійснювати моніторинг і раннє виявлення надзвичайних ситуацій. Раннє виявлення здійснюється за допомогою: модуля інформування про повені (EFAS); модуль виявлення та попередження посухи (EDO); модуль виявлення лісових пожеж (EFFIS), який у режимі реального часу передає інформацію про лісові пожежі у регіонах Європи, Близького Сходу та Північної Африки.

Перевагами даного методу виявлення надзвичайних ситуацій є те, що спостереження одночасно здійснюється на великих територіях, а отримані дані є достатньо точними. Недоліком є висока вартість таких систем.

Одним із основних вітчизняних засобів відео-моніторингу надзвичайних ситуацій у лісових екосистемах є автоматизований апаратно-програмний комплекс «Азимут» [5, с. 59-60]. Принцип роботи даного комплексу полягає у тому, що у режимі реального часу відео-зображення з камер передається за допомогою мереж Wi-Fi на диспетчерський пункт. При виникненні пожежі здійснюється визначення координат місця загорання. Отримані дані передаються диспетчеру. В подальшому відповідні підрозділи протипожежної служби реагують на появу надзвичайної

ситуації. Така система дає змогу прокласти та оптимізувати маршрути до місця надзвичайних ситуацій.

До переваг відповідного комплексу можна віднести: отримання зображення в режимі реального часу; можливість визначення місця виникнення пожежі; формування оптимальних маршрутів для пожежних підрозділів; можливість зворотнього зв'язку та спостереження за діями пожежної бригади; охоронні функції. Недоліки системи: висока вартість самої системи та її обслуговування; необхідність покриття мережами Wi-Fi великих територій.

У даній статті розглянуто розробку автоматизованої системи моніторингу надзвичайних ситуацій у лісових екосистемах, яка в режимі реального часу дає змогу здійснити виявлення і повідомлення про лісові пожежі, а також отримати інформацію про появу передумов їх можливого виникнення.

Концептуальна модель системи

На рис. 1 приведено розроблену концептуальну модель системи моніторингу надзвичайних ситуацій у лісових екосистемах.

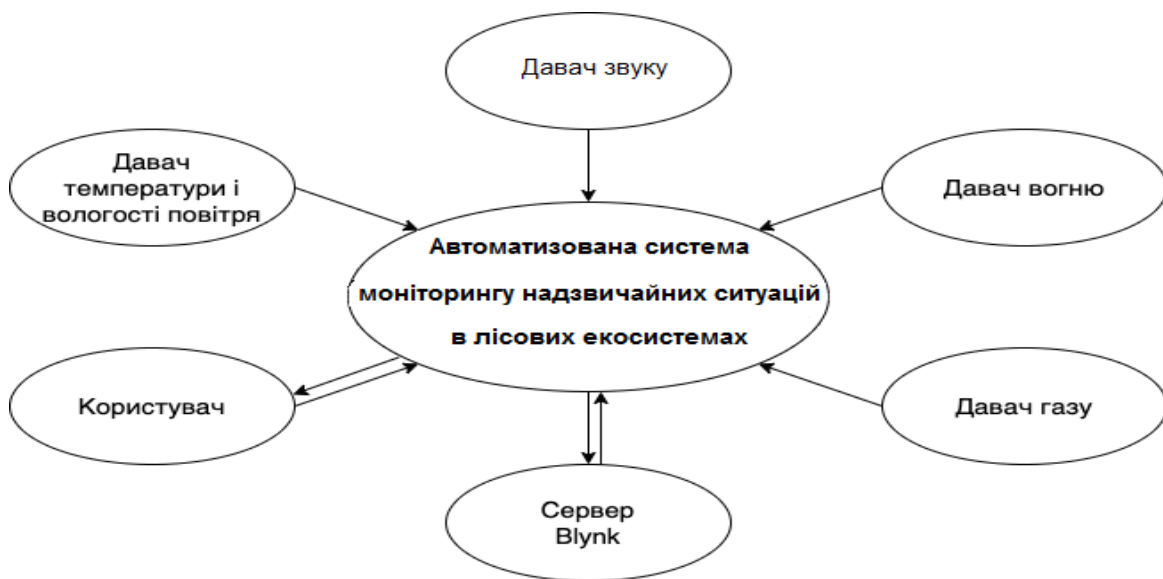


Рисунок 1 - Концептуальна модель системи

У відповідності до приведеної концептуальної моделі, передбачено використання наступних зовнішніх сутностей: давачів температури та вологості повітря, давача звуку, давача наявності вогню та давача газу. За допомогою вказаного набору давачів у реальному часі здійснюється моніторинг стану навколишнього середовища. Користувач системи має можливість здійснювати перегляд отриманих даних.

В основу моделі системи покладено клієнт-серверну архітектуру [15]. При цьому вся отримана інформація передається та зберігається на сервері. Дані про біжучий стан навколишнього середовища лісової екосистеми відбираються давачами та передаються в систему за допомогою модуля збору та надсилання даних (рис. 2).

Далі здійснюється попереднє опрацювання даних відповідним модулем, після чого оброблені дані завантажуються в базу даних. Отримані дані піддаються аналізу з використанням модуля інформаційно-аналітичної обробки даних. У випадку необхідності даний модуль формує повідомлення про виявлені надзвичайні ситуації. Також цим модулем здійснюється формування прогнозу можливих надзвичайних ситуацій у навколишньому середовищі. Отримані та опрацьовані дані, сформовані повідомлення та звіти з прогнозами виводяться користувачу за допомогою інтерфейсних модулів представлення даних у варіантах веб- або мобільного застосунку.

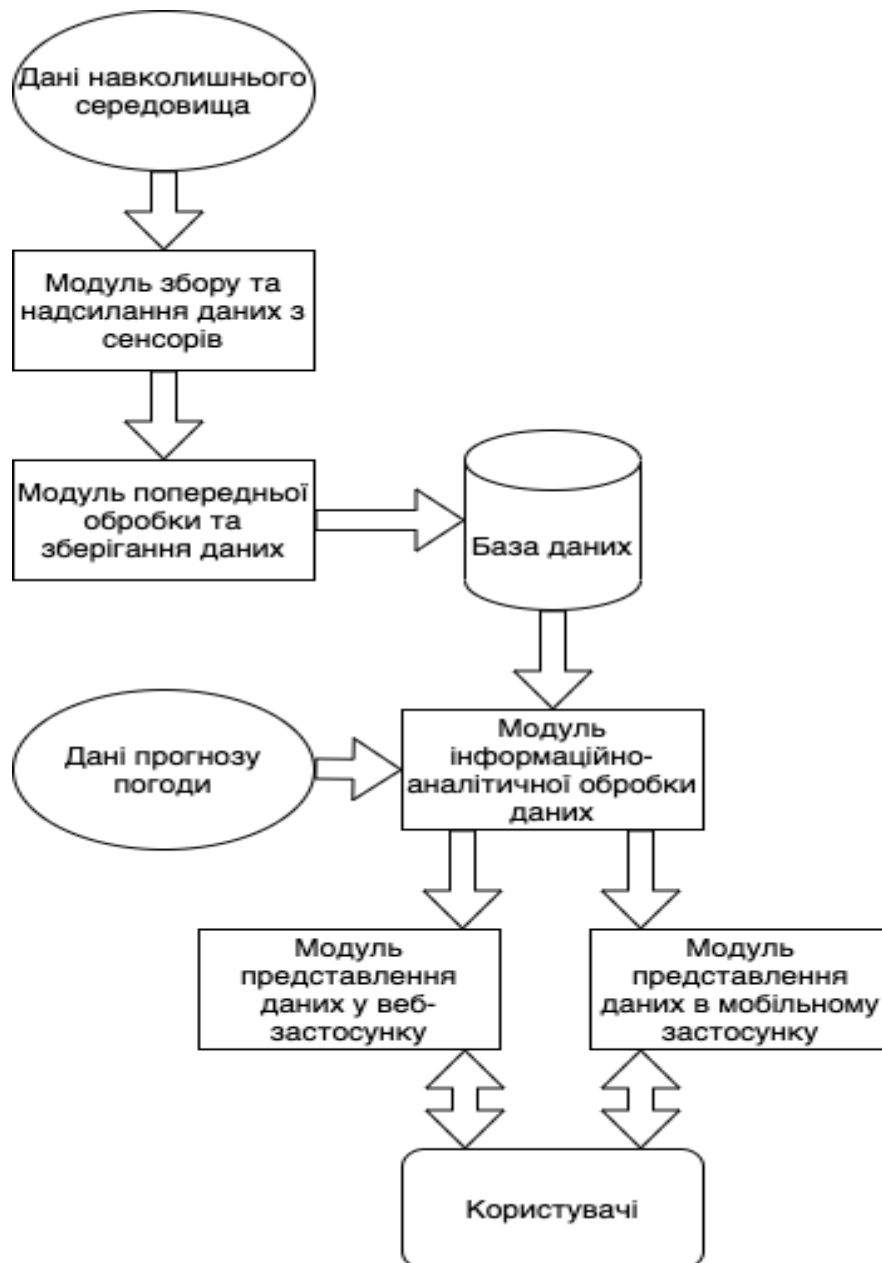


Рисунок 2 - Схема взаємодії модулів системи

Розробка компонентів програмного засобу

Під час проектування та побудови системи було розроблено наступні базові алгоритми: алгоритм збору і передачі даних про стан навколишнього середовища; алгоритм попереднього опрацювання та збереження даних та алгоритм перевірки допустимості значень даних про стан навколишнього середовища. Блок-схема алгоритму збору і передачі даних про стан навколишнього середовища приведена на рис. 3.

Для того що розпочати збір даних про стан навколишнього середовища та здійснити їх передачу на сервер необхідно активізувати мікроконтролер. Активізація мікроконтролера здійснюється автоматично при першому його включенні або при його виході зі стану «сну». Якщо ініціалізація є успішною, тоді відбувається опитування та збір даних від датчиків, якщо ні - алгоритм завершується. Активізація мікроконтролера є неможливою, якщо у мікроконтролера відсутнє живлення або зв'язок з датчиками. Після збору отримані дані надсилаються на сервер, а мікроконтролер на 3 хвилини переходить в режим «сну». По завершенні режиму «сну» відбувається наступна активізація мікроконтролера.



Рисунок 3 – Блок-схема алгоритму збору і передачі даних

На рисунку 4 приведено діаграму випадків використання автоматизованої системи моніторингу для основного класу користувачів. Такими користувачами можуть бути диспетчер державної лісової охорони України або працівник лісового господарства.

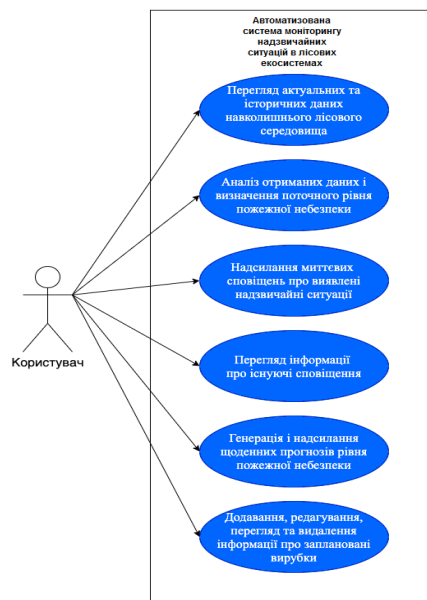


Рисунок 4 - Діаграма випадків використання

Автоматизована система надає їм наступні можливості: отримати біжучі дані та дані за попередні періоди часу про стан навколишнього середовища (значення температури, вологості та задимленості повітря у відсотках), ці дані можуть бути представлені у вигляді графічної інформації; здійснити аналіз отриманих даних і визначити біжучий стан пожежної небезпеки; автоматично отримувати повідомлення про виявлені надзвичайні ситуації; здійснювати перегляд та аналіз отриманих повідомлень; отримувати звіти, що містять прогноз погоди і очікуваний

© Ковівчак Я.В., Дубук В.І., Дмитришин А.Я.

рівень пожежної небезпеки; здійснювати додавання, видалення та перегляд інформації про планові вирубки дерев.

Діаграму потоків даних автоматизованої системи моніторингу надзвичайних ситуацій в лісових екосистемах приведено на рисунку 5.



Рисунок 5 - Діаграма потоків даних

Основними вхідними даними для системи є дані про стан навколишнього середовища лісової екосистеми. Після їх опрацювання, система відображає отриману інформацію користувачам. Також здійснюється візуалізація щоденних прогнозів про рівень пожежної небезпеки.

Діаграму класів даних автоматизованої системи моніторингу надзвичайних ситуацій в лісових екосистемах приведено на рисунку 6.

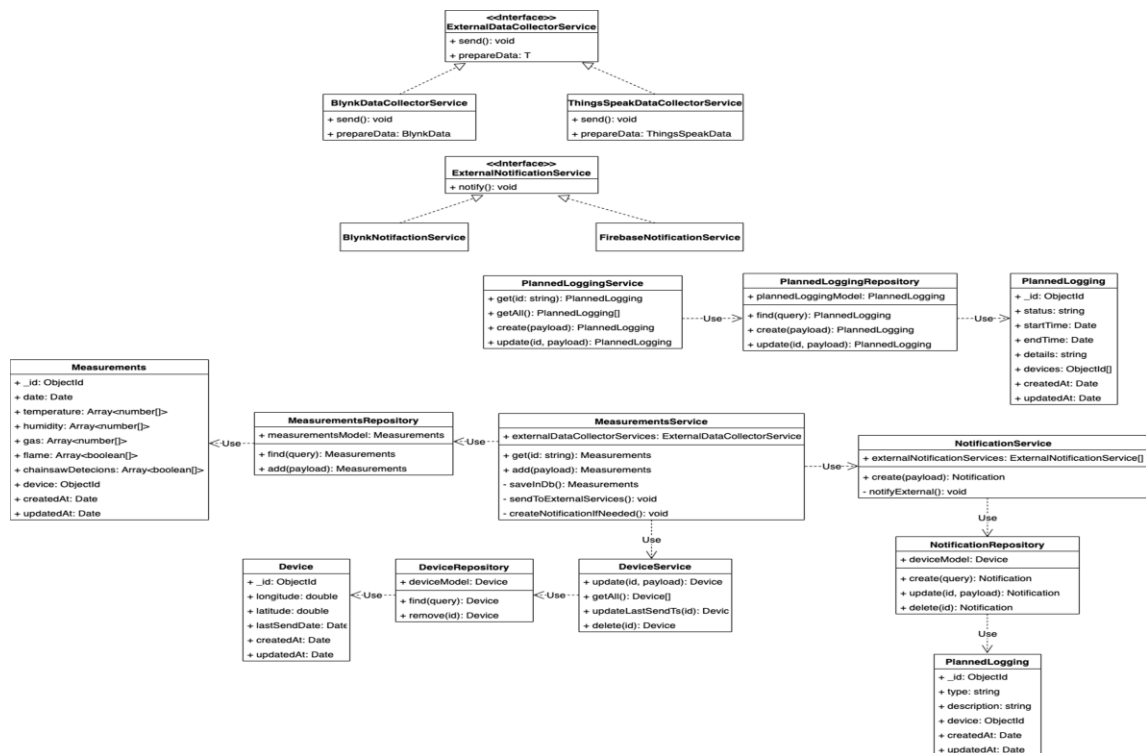


Рисунок 6 - Діаграма класів

Основними класами системи є класи-сервіси: DeviceService, NotificationService, MeasurementsService, PlannedLogging Service. Класи-сервіси BlynkNotificationService і FirebaseNotificationService реалізують інтерфейс ExternalNotificationService. Ці сервіси використовуються для надсилання сповіщень на зовнішні ресурси (Blynk [16], Firebase [17]). Класи-сервіси BlynkDataCollectorService і ThingsSpeakDataCollectorService реалізують інтер-фейс ExternalDataCollectorService і використовують два методи: add() і prepare Data().

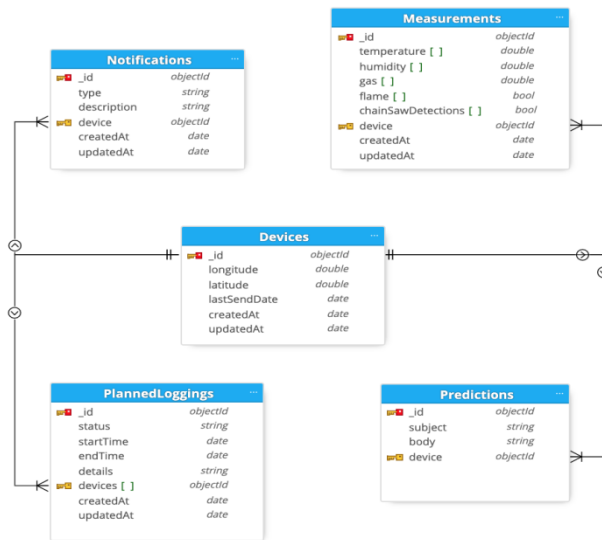


Рисунок 7 - Схема бази даних.

ситуацій у лісових екосистемах приведено на рис. 8 та рис. 9. Він складається з наступних компонентів: гермобокс Atis [19]; мікроконтролер TTGO T-Call V1.3 ESP 32 [20] з вбудованим GSM-модулем SIM800L [21]; газоаналізатор MQ-2 [22]; давач звуку Waveshare [23]; давачі температури та вологості повітря DHT22 [24]; давач наявності вогню Sunfounder [25]; GSM-антена Evercom TC-7305 [26]; акумулятор Xiaomi Mi Power Bank 3 Pro PLM07ZM 20000mAh [27].

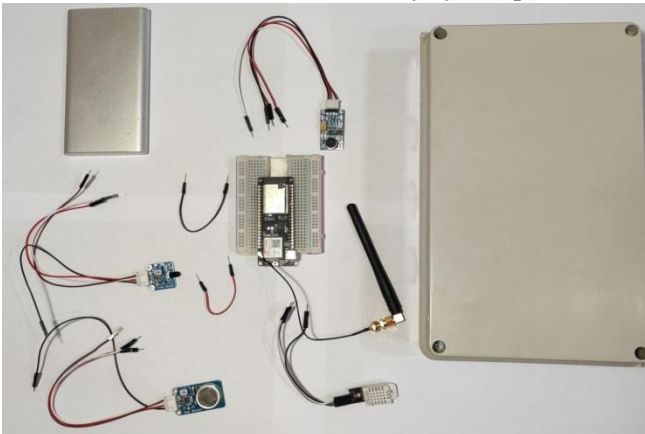


Рисунок 8 - Компоненти апаратного модуля

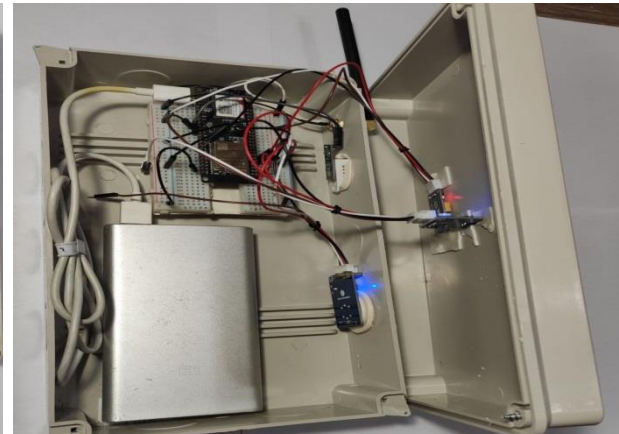


Рисунок 9 - Зібраний апаратний модуль

Для виявлення вогню використано сенсор SunFounder Flame Sensor [23]. Вказаний давач реагує на джерело світла з довжиною хвилі 700-1000 нм. Відкритий вогонь випромінює світлові хвилі саме у цьому діапазоні. Робочий кут сенсора становить 60°, а діапазон допустимих температур знаходиться в межах від -25 до 85 °C.

Під час тестування даного давача було встановлено, що він реагує на відкритий вогонь від сірника на відстані до 1 м. При реальній лісовій пожежі його робоча відстань розпізнання відкритого вогню буде приблизно рівною 10-15 м.

Для виявлення продуктів згорання у навколишньому середовищі використано сенсор SunFounder Gas MQ-2 [20]. Він дає змогу встановити частку горючого газу або диму у повітрі. Його діапазон чутливості становить в межах 300-10000 ppm. Під час тестування затримка часу

спрацювання сенсора при майже непомітному візуально задимленні повітря становила до 3 секунд. Під час реальної лісовій пожежі концентрація продуктів згорання та диму у повітрі буде значно більшою, тому вибраний газоаналізатор спрацює практично миттєво.

При виконанні досліджень було проведено тестування системи та усунуто виявлені недоліки. Було розроблено інтерфейси автоматизованої системи моніторингу надзвичайних ситуацій. На рис. 10-11 приведено зовнішній вигляд мобільного інтерфейсу та веб-інтерфейсу застосунку.



Рисунок 10 –
Мобільний інтерфейс

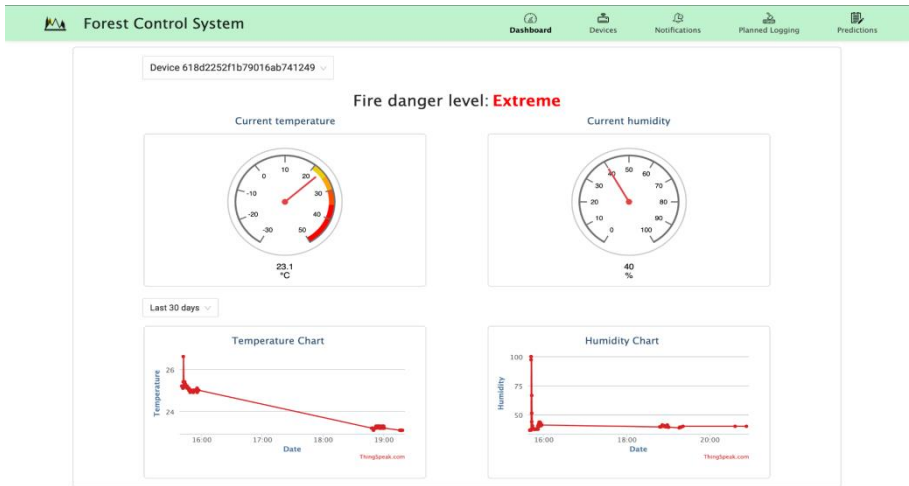


Рисунок 11 – Веб-інтерфейс системи

Висновок

У результаті виконання роботи було розроблено автоматизовану систему моніторингу надзвичайних ситуацій у лісових екосистемах. Запропонований засіб дасть змогу підвищити рівень ефективності та своєчасності виявлення надзвичайних ситуацій при лісових пожежах. Вона може використовуватись окремо для виявлення локальних надзвичайних ситуацій, так і як складовий елемент більш глобальних систем моніторингу надзвичайних ситуацій у лісових екосистемах.

Список бібліографічного опису

1. Починається активна фаза пожежонебезпечного періоду: ліквідовано 86 лісових пожеж. Державне агентство лісових ресурсів України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://forest.gov.ua/news/pochinayetsya-aktivna-faza-pozhezhonebezpechnogo-periodu-likvidovano-86-lisovih-pozhezh> (дата звернення: 08.04.2022).
2. Рослинність лісів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://osvita.ua/vnz/reports/biology/27023/>
3. Дідур І.М., Матусяк М.В., Прокопчук В.М., Монарх В.В. Лісопаркове господарство. Навч. посібник для студентів спеціальності 206 «Садово-паркове господарство». - Вінниця: ВНАУ, 2020. – 255 с.
4. Дубук, В.І., Ковівчак, Я.В., Кусяк, А.М. (2021). Розробка інформаційної системи обліку об'єктів лісопаркового господарства. Комп'ютерні технології друкарства, 2 (46), 25 – 35. <https://doi.org/10.32403/2411-9210-2021-2-46-25-35>
5. Зібцев С.В., Сошенський О.М. Підвищення пожежної безпеки української частини Транскордонної Рамсарської території «Ольмани–Переброди» та розробка рекомендацій для транскордонного плану управління пожежами. Звіт.- Київ-Сарни – 2019. – 71 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u184/zvit_olmani-perebr_ohor_vid_pozhezh_zibcev_s.soshenskiyo.pdf (дата звернення: 08.04.2022)

References

6. FAO and UNEP. 2020. The State of the World's Forests 2020. Forests, biodiversity and people. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca8642en>
7. Martin, D.A. Linking fire and the United Nations Sustainable Development Goals. *Sci Total Environ.* 2019 Apr 20;662:547-558. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.12.393. Epub 2018 Dec 28. PMID: 30699375.
8. Rocca, M.E., Brown, P.M., MacDonald, L.H., Carrico, Ch. M. Climate change impacts on fire regimes and key ecosystem services in Rocky Mountain forests. *Forest Ecol. Manage.* (2014), <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2014.04.005>
9. Vukomanovic, J., Steelman, T. A Systematic Review of Relationships Between Mountain Wildfire and Ecosystem Services. *Landscape Ecol* 34, 1179–1194 (2019). <https://doi.org/10.1007/s10980-019-00832-9>
10. Hallema, D.W., Robinne, F.N., Bladon, K.D. (2018). Reframing the challenge of global wildfire threats to water supplies. *Earth's Future.* 6(6): 772-776. 5 p. <https://doi.org/10.1029/2018EF000867>.

11. Smith, H.G., Sheridan, G.J., Lane, P.N.J., Nyman, P., Haydon, S. (2011) Wildfire effects on water quality in forest catchments: A review with implications for water supply. *Journal of Hydrology*. 396. 170-192. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.10.043>
12. Ward, M., Tulloch, A.I.T., Radford, J.Q., Williams, B.A., Reside, A.E., Macdonald, S.L., Mayfield, H.J., Maron, M., Possingham, H.P., Vine, S.J., O'Connor, J.L., Massingham, E.J., Greenville, A.C., Woinarski, J.C.Z., Garnett, S.T., Lintermans, M., Scheele, B.C., Carwardine, J., Nimmo, D.G., Lindenmayer, D.B., Kooyman, R.M., Simmonds, J.S., Souter, L.J., Watson, J.E.M. (2020) Impact of 2019–2020 mega-fires on Australian fauna habitat. *Nat. Ecol. Evol.* 2020 Oct; 4(10). 1321-1326. <https://doi.org/10.1038/s41559-020-1251-1>. PMID: 32690905.
13. Johnston, F.H., Henderson, S.B., Chen, Y., Randerson, J.T., Marlier, M.E., DeFries, R.S., Kinney, P., Bowman, D.M.J.S., Brauer, M. (2015) Estimated Global Mortality Attributable to Smoke from Landscape Fires. *Environmental Health Perspectives*, 120(5), 695-701. <https://doi.org/10.1289/ehp.110442212>.
14. Thépaut, J.-N. Copernicus Climate Change Service (C3S). European Contribution to the Monitoring of Essential Climate Variables from Space. URL: <https://www.ecmwf.int/sites/default/files/elibrary/2017/17860-european-contribution-monitoring-essential-climate-variables-space.pdf>.
15. Berson, A. (1996). Client/server architecture. New York. McGraw-Hill, 569 p.
16. Blynk Documentation. URL: <https://docs.blynk.cc/> (Data of Access: 26.11.2021).
17. Firebase helps you build and run successful apps. URL: <https://firebase.google.com/> (Data of Access: 26.11.2021).
18. MongoDB Documentation. URL: <https://www.mongodb.com/docs/> (Data of Access: 26.11.2021).
19. Atis. URL: <https://www.atis.org/about/> (Data of Access: 26.11.2021).
20. TTGO T-Call V1.3 ESP 32. URL: <https://diyusthad.com/2020/08/ttgo-t-call-v1-3-esp32-pinout.html> (Data of Access: 26.11.2021).
21. SIM800L_Hardware_Design_V1.00 URL: https://www.filipeflop.com/img/files/download/Datasheet_SIM800L.pdf (Data of Access: 26.11.2021).
22. MQ-2 Smoke Sensor. URL: <https://www.winsen-sensor.com/sensors/combustible-sensor/mq2.html> (Data of Access: 26.11.2021).
23. Sound Sensor Waveshare. URL: <https://www.waveshare.com/sound-sensor.htm> (Data of Access: 26.11.2021).
24. DHT22 Humidity and Temperature Sensor. URL: <https://www.apogeeweb.net/circuitry/dht22-datasheet-pdf-pinout-arduino.html> (Data of Access: 12.04.2022).
25. SunFounder Flame Sensor Module. URL: <https://www.sunfounder.com/products/flame-sensor-module> (Data of Access: 26.11.2021).
26. GSM Antenna Evercom TC-7305. URL: <https://www.evercomtech.com/tc-7305> (Data of Access: 26.11.2021).
27. 20000mAh Mi Power Bank 3 Pro. URL: <https://www.mi.com/global/20000mAh-mi-power-bank-3-pro/specs/> (Data of Access: 26.11.2021).