

В. Б. Мокін¹
Д. Ю. Дзюняк¹
Г. В. Горячев¹
К. О. Бондалстов²

УНІВЕРСАЛЬНА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ З ВИКОРИСТАННЯМ МОБІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ

¹Вінницький національний технічний університет;

²Вінницька міська рада

Удосконалено методику побудови універсальної інформаційно-виміральної системи оперативного екологічного моніторингу з використанням мобільних пристроїв та транспортних засобів, яку можна швидко адаптувати до заданих умов та показників стану довкілля і факторів його забруднення. Для обробки даних використовуються сучасні інформаційні технології (веб- та ГІС-технології). За цією методикою авторами створена реальна система та проведено її успішні випробування у м. Вінниці.

Ключові слова: екологічний моніторинг, комп'ютерна система, оперативний моніторинг, мобільні пристрої, ГІС.

Вступ

Сучасний стан розвитку інформаційних технологій для роботи з великими даними (зберігання, оброблення, візуалізація результатів у режимі «он-лайн» з використанням веб-технологій) дозволяє проектувати інформаційно-вимірвальні системи (ІВС) оперативного моніторингу, які збиратимуть величезний обсяг даних одразу з багатьох підсистем ІВС у режимі «он-лайн». Такі системи вже не повинні мати громіздкі носії для збереження великого об'єму даних — достатньо мати пристрій для передавання даних на сервер з кожної такої підсистеми. Тому під час проектування ІВС тепер можна зосередитись на розв'язанні такої задачі як збирання максимального обсягу інформації, але інформації, пов'язаної між собою, яка в подальшому дозволить не тільки визначити тенденції зміни стану довкілля, а й визначити причини його забруднення та дозволити програвати сценарії управління — який буде стан довкілля, якщо будуть застосовані ті чи інші природоохоронні заходи, чи інфраструктурні проекти, чи інші проекти зміни параметрів факторів забруднення. Крім того, розвиток обчислювальних можливостей сучасних універсальних мобільних комп'ютерних пристроїв (смартфон, планшет, ноутбук тощо) дозволяє проводити одночасно і визначення GPS-координат місця вимірювання, і попередню обробку даних спостережень, і їх передавання на сервер, і зчитування з сервера та виконання обробки на стороні клієнта, у т.ч. візуалізацію результатів обробки на основі веб-ГІС типу Google Earth або на базі професійних ГІС-серверів спеціалізованих платформ ArcGIS та ін. Розвиток методики проектування ІВС з використанням таких універсальних обчислювальних блоків на основі мобільних пристроїв дозволив би значно прискорити та здешевити монтування системи, використовувати готові рішення для обробки та візуалізації даних та суттєво покращити розв'язання задач оперативного екологічного моніторингу.

Метою роботи є удосконалення методики побудови універсальної інформаційно-виміральної системи оперативного екологічного моніторингу з використанням мобільних пристроїв, тобто системи, в якій вся обробка та візуалізація даних здійснюється у мобільних пристроях як на етапі збирання інформації з виміральної пристроїв, так і на етапі зчитування даних з підсистеми збереження інформації для її обробки, аналізу та візуалізації через веб-технології.

Подібними задачами займається багато вчених в усьому світі. Розвиток таких підходів можна бачити у технічних завданнях на проекти програми «Горизонт 2020», прикладами яких можуть

бути проекти, що нещодавно розпочались: № PS-ZA-96159 «Design of Smart Sensors for Real-Time Water Quality Monitoring Based on ZigBee» (2015 р.) або «M2M/IoT Telemetry system for severe operating environments using Cloud and Big Data Applications». Але у цих проектах, як правило, чітко вказуються конкретні види складових докільля (атмосферне повітря, природні чи стічні води тощо) та показники стану докільля. Крім того, як правило, планується лише збирати дані про екологічний стан без попереднього аналізу факторів, які можуть впливати на нього, та, відповідно, моніторингу їх певних параметрів синхронно (в ті ж проміжки часу, з майже тією ж чи кратною дискретністю та у тих же місцях) з даними про стан докільля. Актуальним же є створення універсального підходу до проектування таких систем, який потім можна легко масштабувати під конкретні умови. Подібні ж недоліки мають і вітчизняні системи, які виробляють, наприклад ПАТ «Украналіт», корпорація «Укратомприлад» та інші.

Розв'язання задачі та структура інформаційно-вимірювальної системи

Ідея запропонованої методики полягає в тому, що основу системи складатимуть блоки обробки даних на базі універсальних комп'ютерних мобільних пристроїв, які здійснюватимуть передавання/приймання (смартфон, планшет, ноутбук тощо). Такий підхід має один основний недолік — це надлишкові комп'ютерні можливості. Традиційний підхід до проектування ІВС полягає в проектуванні системи, яка має оптимізовані обчислювальні ресурси і це себе виправдовує, коли розробляється стаціонарна система моніторингу. Предметом же цієї статті є ситуація, коли, наприклад, сталась аварія і група експертів (з універсальними мобільними пристроями) повинна провести оперативний моніторинг стану докільля у місці аварії та визначити основні ризики, негативні тенденції та можливі вторинні наслідки забруднення, які є наслідками первинного забруднення в атмосферному повітрі, викидах, поверхневих водах, ґрунтових і підземних водах (перш за все, у колодязній воді), ґрунті тощо. У розпорядженні цієї групи є різноманітні сенсори для проведення спостережень. До них висуваються такі основні вимоги:

- достатньо висока точність;
- мала вага;
- низьке енергоспоживання;
- цифровий вихід сигналу.

Заздалегідь невідомо, які саме параметри потрібно буде вимірювати — систему варто монтувати просто на місці якнайшвидше. Зміст запропонованої методики такий:

1. Підготовчий етап.

1.1. Підготовлення апаратного інформаційно-вимірювального забезпечення: сенсорів, контролерів для обробки їх даних.

1.2. Підготовлення програмного забезпечення для універсальних мобільних пристроїв, програмування контролерів.

1.3. Підготовлення транспортних засобів для пересування мобільних ІВС.

Для моніторингу стану атмосферного повітря можна використовувати автотранспорт, велосипед чи квадроцикл, безпілотний літальний апарат або мультикоптер. Мала вага сенсорів та використання сучасних смартфонів для проведення усіх обчислень дозволяють зібрати ІВС з вагою, яку може підняти мультикоптер — авторами були проведені відповідні випробування (рис. 1). Для води — моторний човен. Можливі універсальні пристрої типу повітря/вода, яким є мультикоптер-амфібія.

1.4. Формування банку даних для збереження даних спостережень (вибір дата-центру, визначення структури тощо).

1.5. Формування веб-сервісу для автоматизації усіх операцій з банком даних системи, у т. ч. візуалізації результатів на веб-ГІС.



Рис. 1. Квадрокоптер, зібраний одним із авторів статті, під час випробування його підйомної спроможності

1.6. Відпрацювання технології автоматизації просторово-часового аналізу даних спостережень — або з використанням можливостей професійних серверних версії ГС-платформ, або з використанням простіших і дешевших рішень на боці клієнта (на ноутбучі) із збереженням результатів обробки на сервер для доступу інших користувачів.

1.7. Заряджання мобільних пристроїв, хоча у польових умовах можна використовувати пристрої, які дозволяють заряджати ці пристрої від сонячних батарей, акумулятора, переносного генератора чи акумулятора автомобіля.

2. Дослідження умов спостережень — проводиться після визначення місця аварії чи місця виконання спостережень.

2.1. Пошук актуальних карт місцевості проведення спостережень та супутникових карт у мультиспектральному діапазоні — для уточнення можливих факторів ризику та планування спостережень.

2.2. Збирання емпіричної інформації та оцінювання умов проведення спостережень та оцінювання потенційних факторів забруднення довкілля — з використанням природних кадастрів, геоінформаційних систем і баз даних відкритих та професійних, у т. ч. метеорологічних — для визначення того, які сенсори задовольнятимуть цим умовам (температурні обмеження, обмеження по вологості, тиску, агресивності середовища у викидах тощо).

2.3. Визначення факторів та їх характерних показників стану чи негативного впливу на довкілля, які слід спостерігати синхронно зі спостереженням за цим станом довкілля.

3. Монтування системи на місці.

3.1. Проектування підсистем ІВС для спостережень кожного виду складової довкілля чи забруднювального фактору окремо за такою структурою: «Сенсори—Контролер—Мобільний комп'ютерний пристрій».

GPS може використовуватись як професійний (як один із сенсорів), так і вбудований у мобільний пристрій.

3.2. Налаштування взаємодії підсистем ІВС з сервером.

4. Проведення спостережень та обробка результатів.

На цьому етапі важливо точно визначити, які саме показники, з якою дискретністю та в яких саме місцях варто вимірювати. Саме оперативність монтування та модернізації ІВС дозволить максимально швидко адаптуватись до поточної ситуації та виконати усі типові задачі, які стоять перед системою моніторингу довкілля [2, 3]. Зокрема, програма спостережень має оперативно змінюватись, щоб урахувати усі вимоги, які з'явилися після оцінювання фактичного стану за результатами спостережень, щоб максимально ефективно та обгрунтовано вибрати оптимальні природоохоронні рішення, щоб максимально коректно і точно спрогнозувати тенденції зміни стану довкілля (рис. 2) [2].

Запропонована методика дозволить розв'язати усі поставлені у роботі задачі. Продемонструємо її працездатність на практиці.

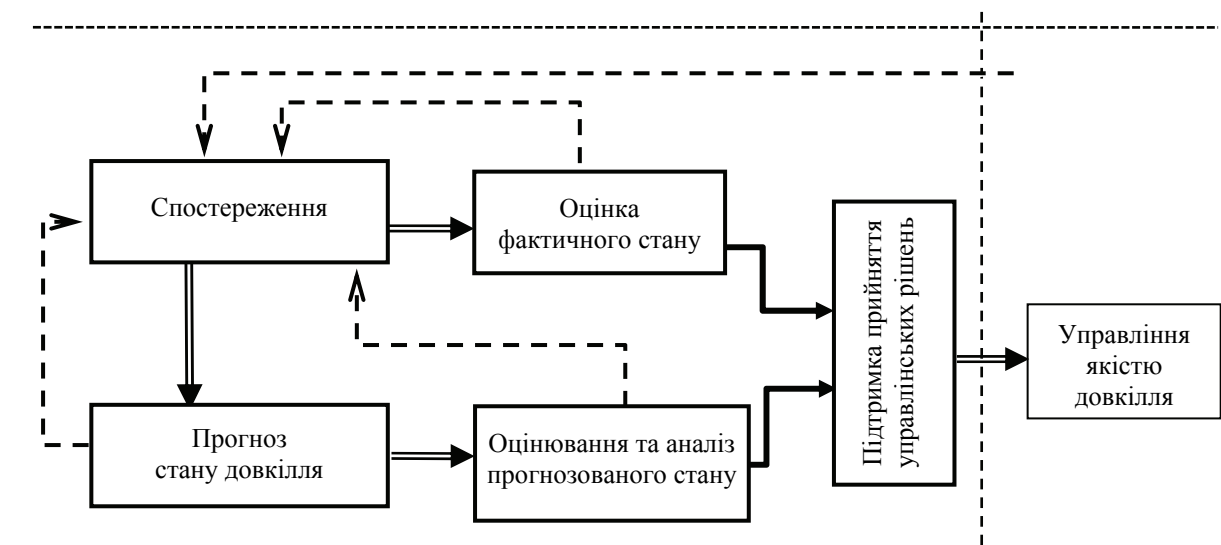


Рис. 2. Блок-схема системи моніторингу довкілля

Приклад побудови системи та результат її застосування у м. Вінниці

Найбільша проблема забруднення атмосферного повітря м. Вінниці — це вплив автомобільного транспорту. У години «пік» стає дедалі відчутним його вплив біля об'єктів природно-заповідного фонду, лікарень, навчальних закладів тощо. Для прийняття рішень з оптимізації транспортної інфраструктури, спрямованих на зниження таких викидів, як наприклад, це розглядалось у роботі [1], потрібне чимале фінансування. А для нього, потрібне обґрунтування. Одним із варіантів могла б бути залежність між інтенсивністю транспортного потоку та викидами забруднювальних речовин в атмосферне повітря, з урахуванням різних типів транспорту, рельєфу, особливостей регулювання цього потоку технічними засобами та дорожніми знаками тощо. Для формування такої залежності, що є предметом іншого дослідження, потрібні дані спостережень, причому, як стан атмосферного повітря та метеопараметри, так і кількість автотранспорту, які є джерелами викидів.

Обласний центр з гідрометеорології Вінницької області має лише два вимірювальні пости — обидва у лівобережній частині міста, де колись було багато промислових підприємств. Вінницька СЕС періодично проводила спостереження стану атмосферного повітря біля основних автострад міста, але жодна служба не фіксує при цьому кількість автомобілів біля того місця, де проводилось спостереження за станом атмосферного повітря. Останнім часом у межах програми «Безпечне місто» у місті встановлюються веб-камери. Якщо б проводити вимірювання стану повітря саме біля них, тоді можна було б побудувати подібну залежність, однак кращим варіантом є побудова мобільної ІВС для оперативного моніторингу, яка встановлювалась би на автотранспорт, а її дані доповнювати наявними стаціонарними системами спостережень. Таку ІВС можна встановити на автотранспорт та синхронізувати хоча б з відеореєстратором.

Авторами була спроектована така ІВС (рис. 3) [4]. У ній використані такі мобільні пристрої: комп'ютерні пристрої на базі операційної системи MS Windows (ноутбук) і Android (смартфон) та контролер Arduino. До системи можливо підключити різноманітні сенсори, як для вимірювання параметрів довкілля: сенсори моніторингу стану NO, CO, NO₂, SO₂, O₃ тощо; сенсори метеопараметрів; сенсори визначення відстані між навколишніми об'єктами (автотранспортом); сенсори GPS-геолокації. Можуть використовуватись як непрофесійні сенсори GPS (наприклад, у смартфоні), так і професійні рішення (наприклад, GPS-передавач, який підключається до головного контролера периферійного модуля ІВС). При рекомендованій швидкості руху автотранспорту з ІВС у 40 км/год. GPS-передавач видає не менше одного заміру на 5 метрів ділянки дороги.

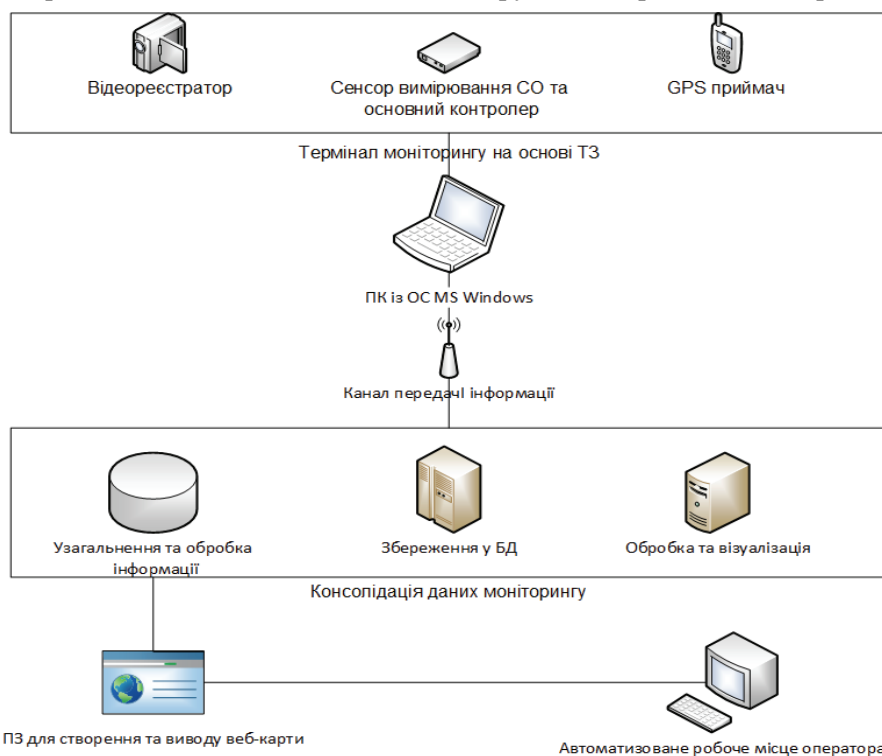


Рис. 3. Схема роботи універсальної ІВС оперативного моніторингу стану атмосферного повітря з використанням мобільних пристроїв на прикладі ІВС, розробленої у Науково-дослідній лабораторії екологічних досліджень та екологічного моніторингу (НДЛ ЕДЕМ) Вінницького національного технічного університету (ВНТУ)

З використанням ІВС в умовах необхідності забезпечення безпеки збираних даних передбачається використання захищеного каналу радіозв'язку (наприклад, технологія FHSS), в інших умовах рекомендується використання технологій 3G/4G для зон з широким покриттям та GPRS при недостатньому покритті зон моніторингу. В тому випадку, якщо всі можливі визначені канали зв'язку є недоступними, то периферійний модуль здатен зберігати дані моніторингу в автономному режимі до моменту їх ручної передачі на сервер. Розташування сенсорів моніторингу стану навколишнього середовища має бути максимально наближеним до епіцентру джерела забруднення навколишнього середовища (наприклад, ближче до осевої лінії дороги, ніж до узбіччя). За результатом збору даних, у першому наближенні, та їх первинної обробки генерується масив значень, який зберігається у файлі в форматі .txt або .csv для подальшої інтеграції з іншими модулями системи. Важливим фактором є те, що існує можливість відеофіксації руху транспортного засобу із інформаційно-вимірною системою з урахуванням навколишніх мобільних динамічних джерел забруднення атмосферного повітря. Компоновка сенсорів дозволяє оператору збору інформації отримувати дані про забруднення атмосферного повітря в режимі реального часу.

Особливістю запропонованої системи є універсальність, яка забезпечується модульністю компоновки периферійної частини. Завдяки чому система має такі ключові переваги як незалежність функціонування від транспортного засобу, зменшення часу необхідного для технічного обслуговування, надає можливість компоувати необхідну схему сенсорів моніторингу стану навколишнього середовища та полегшує інтеграцію дублюючих модулів в загальну систему мобільного експрес-моніторингу.

Авторами розроблено варіант ІВС з одним сенсором CO та обчислювальним модулем на базі смартфона (рис. 4), який краще підходить для використання з мультикоптером, та ноутбука, який є зручнішим для використання в автотранспорті [4]. Хоча ноутбук без GPS може використовувати і смартфон, зокрема його сенсор для геолокації.

Проведено експеримент з використанням створеної ІВС для оперативного моніторингу стану атмосферного повітря на вулицях м. Вінниці.

Після надходження зібраних даних моніторингу на головний сервер з метою їх обробки та довгострокового зберігання оброблені дані візуалізуються за допомогою програмного додатку, побудованого на базі програмного забезпечення веб-ГІС «Google Earth» (рис. 5). Ключовими перевагами створеного додатку є: можливість надання багатокористувацького доступу для автоматизованих робочих місць користувачів системи; задані можливості візуалізації даних передбачають можливість підключення експертної бази знань щодо нормованих показників атмосферного повітря та їх синхронізації зі створеною базою даних моніторингу навколишнього середовища, результатом чого є можливість автоматичної обробки зібраних даних та подання їх у зручному графічному вигляді.

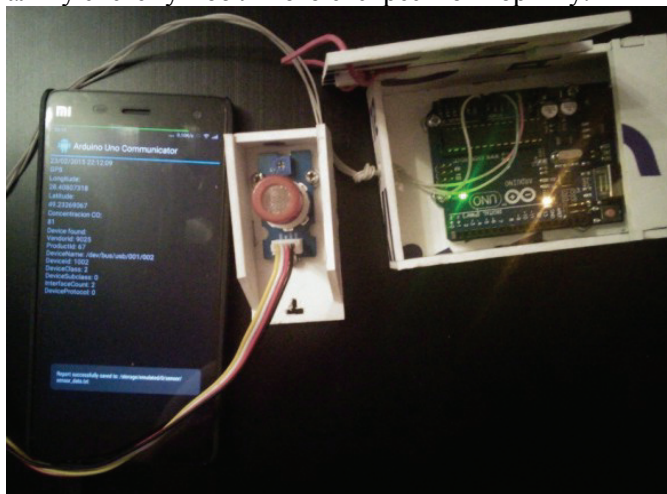


Рис. 4. ІВС, створена в НДІ ЕДЕМ ВНТУ за запропонованою методикою (варіант ІВС зі смартфоном)

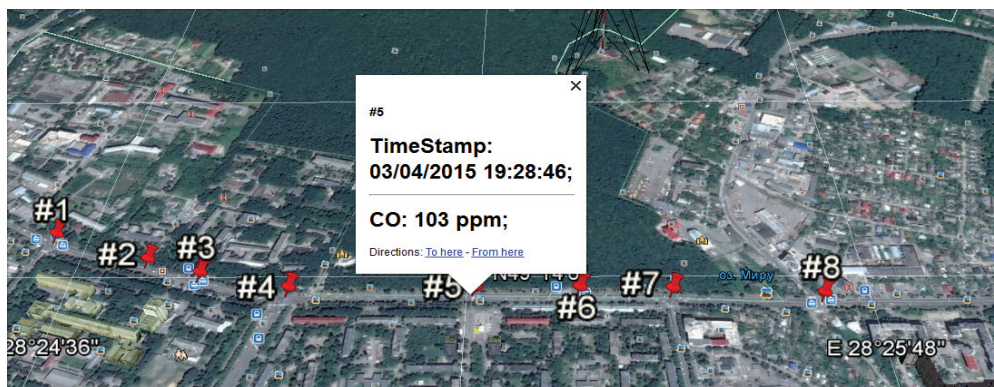


Рис. 5. Графічне відображення значень CO на веб-ГІС «Google Earth» у багатокористувацькому режимі

Завдяки використанню засобів просторово-часового аналізу на сервері чи з боку клієнта можна будувати аналітичні карти з обробленими даними моніторингу. Наприклад, на рис. 6 показано зображення матриці концентрації CO в атмосферному повітрі м. Вінниці.

Синхронізація зібраної інформації про стан забруднення атмосферного повітря з кількістю транспортних засобів (шляхом обробки даних з автовідеореєстратора) дозволила побудувати регресійну залежність залежності одного параметра від іншого, що можна використовувати в подальшому на етапі підтримки прийняття управлінських рішень (див. схему на рис. 2).

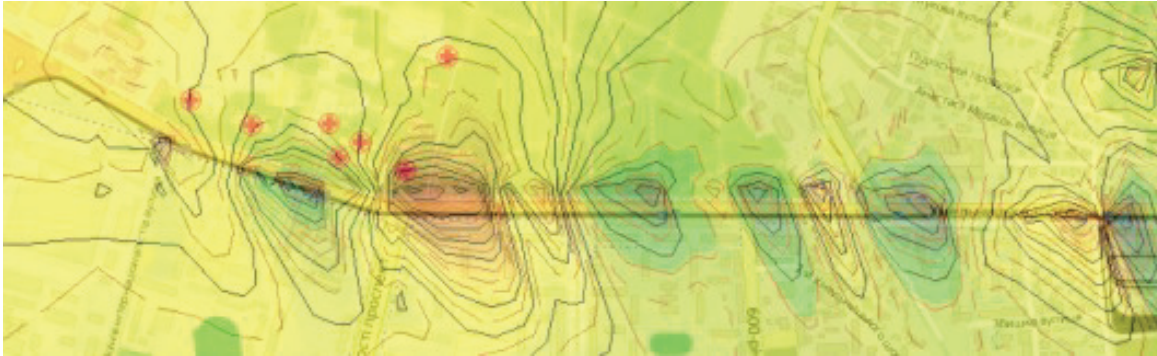


Рис. 6. Результат просторово-часової аналітичної обробки даних спостережень концентрації CO в атмосферному повітрі по вул. Хмельницьке шосе (від ВНТУ) та по вул. Першотравнева (до станції швидкої допомоги) у м. Вінниці

Висновки

Удосконалено методику побудови універсальної інформаційно-вимірювальної системи (ІВС) оперативного екологічного моніторингу з використанням мобільних пристроїв, тобто системи, уся обробка та візуалізація даних в якій здійснюється у мобільних пристроях як на етапі збирання інформації з вимірювальних пристроїв, так і на етапі зчитування даних з підсистеми збереження інформації для її обробки, аналізу та візуалізації через веб-технології. Запропонована методика побудови ІВС дозволяє в декілька етапів швидко на місці модернізувати ІВС під задані параметри, які необхідно спостерігати, як стану довкілля, так і факторів, які на нього впливають. Для випробування запропонованої технології спроектовано та створено ІВС, яку успішно випробувано для оперативного моніторингу стану атмосферного повітря вулиць м. Вінниці, яке забруднюється, головним чином, викидами автомобільного транспорту. Система є універсальною і може бути легко переорієнтована на інші складові довкілля (воду, ґрунт тощо) та інший транспорт (літальний апарат, човен тощо).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мокін В. Б. Аналіз впливу капітального ремонту доріг на стан атмосферного повітря з використанням геоінформаційних технологій на прикладі м. Вінниці / В. Б. Мокін, Ю. С. Семчук, О. П. Сорочан, О. В. Риженко // Екологічна безпека та природокористування : зб. наук. праць. — К., 2011. — Вип. 7. — С. 5—15.
2. Моніторинг довкілля : підруч. / [Боголюбов В. М., Клименко М. О., Мокін В. Б. та ін.] ; за ред. В. М. Боголюбова і Т. А. Сафранова. — Херсон : Грінь Д. С., 2011. — 530 с
3. Джигирей В. С. Основи екології та охорона навколишнього природного середовища (Екологія та охорона природи) / В. С. Джигирей, В. М. Сторожук, Р. А. Яцюк. — Львів : Афіша, 2000. — 272 с.
4. Бондалетов К. О. Мобільна аналітична комп'ютерна система для оперативного моніторингу стану атмосферного повітря міста / К. О. Бондалетов, Д. Ю. Дзюняк, В. Б. Мокін // Молодь в технічних науках: дослідження, проблеми, перспективи : матер. Міжнародної наук.-практ. Інтернет-конф., 23—26 квітня 2015 року / ВНТУ. — Вінниця, 2015. — С. 76—77.

Рекомендована кафедрою комп'ютерного еколого-економічного моніторингу та інженерної графіки

Стаття надійшла до редакції 13.10.2015

Мокін Віталій Борисович — завідувач кафедри, д-р техн. наук, професор кафедри комп'ютерного еколого-економічного моніторингу та інженерної графіки, e-mail: vbmokin@gmail.com;

Дзюняк Дмитро Юрійович — аспірант кафедри комп'ютерного еколого-економічного моніторингу та інженерної графіки;

Горячев Георгій Володимирович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерного еколого-економічного моніторингу та інженерної графіки.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця;

Бондалетов Костянтин Олегович — інженер-програміст Департаменту інформаційних технологій.

Вінницька міська рада, Вінниця

V. B. Mokin¹
D. Yu. Dziuniak¹
H. V. Horiachev¹
K. O. Bondalietov²

The universal information-measuring system of operational environmental monitoring using mobile devices

¹Vinnytsia National Technical University

²Vinnytsia City Council

This paper proposes an improved methodology for the construction of a universal information-measuring system of operational environmental monitoring with the use of mobile devices and vehicles, which can be quickly adapted to the given conditions and indicators of environmental conditions and factors of its pollution. It uses modern information technology for data processing (web- and GIS-technologies). According to this methodology, the authors created a real system and its successful test conducted in Vinnytsia city.

Keywords: environmental monitoring, computer system, operative monitoring, mobile devices, GIS.

Mokin Vitalii B. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair of Computer Ecological and Economic Monitoring and Engineering Graphics, e-mail: vbmokin@gmail.com;

Dziuniak Dmytro Yu. — Post-Graduate Student of the Chair of Computer Ecological and Economic Monitoring and Engineering Graphics;

Horiachev Heorhii V. — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor, Assistant Professor of the Chair of Computer Ecological and Economic Monitoring and Engineering Graphics;

Bondalietov Kostiantyn O. — Software Engineer of the Information Technologies Department

В. Б. Мокин¹
Д. Ю. Дзюняк¹
Г. В. Горячев¹
К. О. Бондалетов²

Универсальная информационно-измерительная система оперативного экологического мониторинга с использованием мобильных устройств

¹Винницкий национальный технический университет;

²Винницкий городской совет

Предложена усовершенствованная методика построения универсальной информационно-измерительной системы оперативного экологического мониторинга с использованием мобильных устройств и транспортных средств, которую можно быстро адаптировать под заданные условия и показатели состояния окружающей среды и факторов ее загрязнения. Для обработки данных используются современные информационные технологии (веб- и ГИС-технологии). По этой методике авторами создана реальная система и проведено ее успешные испытания в г. Виннице.

Ключевые слова: экологический мониторинг, компьютерная система, оперативный мониторинг, мобильные устройства, ГИС.

Мокин Виталий Борисович — д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой компьютерного эколого-экономического мониторинга и инженерной графики, e-mail: vbmokin@gmail.com;

Дзюняк Дмитрий Юрьевич — аспирант кафедры компьютерного эколого-экономического мониторинга и инженерной графики;

Горячев Георгий Владимирович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры компьютерного эколого-экономического мониторинга и инженерной графики;

Бондалетов Константин Олегович — инженер-программист Департамента информационных технологий