

## ТЕХНОЛОГІЯ ОЦІНЮВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ЗА ДОПОМОГОЮ ВЕБ-СЕРВІСУ

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

*Розглянуто актуальну задачу моніторингу, оцінювання та прогнозування комплексного екологічного ризику від розподілених у часі та просторі факторів небезпеки. Для розв'язання цієї задачі запропоновано інформаційну технологію та концепцію веб-сервісу і мобільного додатку для доступу до нього, ґрунтованого на просторово-часовій формалізації та комплексній обробці факторів небезпеки для людей та об'єктів довкілля. Наведено приклади застосування розробленого математичного апарату, які підтвердили його ефективність.*

**Ключові слова:** інформаційна технологія, веб-сервіс, геоінформаційна система, екологічний моніторинг, екологічний ризик, атмосферне повітря.

### Вступ та вихідні передумови

Для прийняття рішень, пов'язаних з роботою, вибором місця проживання чи відпочинку тощо жителі міст (та й інших населених пунктів) не в останню чергу цікавляться станом довкілля у відповідному районі у задані години та дні. Крім того, нікого не приваблює можливість відпочинку у районі, куди вітер буде приносити «аромати» очисних споруд водоканалу чи гною з полів. А вибираючи житло, розташоване у поганих екологічних умовах, варто або його уникнути, або добре поторгуватись щодо вартості проживання. Для кількісної оцінки у цій проблемі використовують поняття «екологічний ризик».

Як відомо, екологічний ризик (ЕР) — це ймовірність виникнення негативних змін у навколишньому природному середовищі або віддалених несприятливих наслідків цих змін, які виникають через негативний вплив на навколишнє середовище [1]. Оцінка ЕР буде тим більше відповідати зазначеним вище цілям, чим більше факторів вона буде враховувати, наприклад, для оцінювання забруднення атмосферного повітря: автотранспортом, спалюванням опалого листя, викидами стаціонарних джерел, пилом алергенних рослин, стихійними сміттєзвалищами тощо.

В міжнародній практиці створенням інформаційних технологій оцінювання та прогнозування екологічних ризиків для людини на основі розподілених у просторі та часі небезпечних факторів займається досить велике коло науковців [1—8]. Останнім часом поширення отримала і реалізація цих технологій на основі комп'ютерних програм та веб-сервісів [3, 4, 7]. Реалізація таких технологій у вигляді веб-сервісів має низку переваг: 1) можливість швидкого збирання та оброблення інформації з веб-ресурсів у режимі он-лайн; 2) великі можливості щодо поширення технології (деякі популярні сервіси швидко досягають мільйонів скачувань); 3) максимальна наочність у візуалізації результатів обробки за допомогою інших веб-сервісів (електронних карт та ін.); 4) адаптація до роботи з багатьма видами мобільних пристроїв та обчислювальних ресурсів, у т. ч. з використанням розподілених комп'ютерних систем тощо.

Не зважаючи на переваги, які дає реалізація інформаційної технології оцінювання та прогнозування екологічних ризиків для людини чи об'єктів довкілля на основі розподілених у просторі та часі небезпечних факторів, методи обробки даних про ці фактори саме з відкритих веб-ресурсів досі лишаються недостатньо розвинутими. Відсутні і веб-сервіси, які дозволяли б реалізовувати подібні технології комплексно. Відомими є лише локальні рішення, наприклад веб-сервіси для оцінювання стану забруднення довкілля на заданій території країни:

— веб-ресурс «Екологічна мапа України» Всесвітнього фонду дикої природи (з англ. — World Wildlife Fund (WWF)) (<http://www.ecomap.org/#/map>);

— веб-сервіс прогнозування стану атмосферного повітря у США на декілька днів вперед з по-

будовою тематичної мапи для США на сайті Агенції із захисту навколишнього середовища США <http://www.airnow.gov/>);

— веб-система «What is in my BackYard» на сайті Агенції з навколишнього середовища Великобританії для отримання заданого виду екологічної інформації про стан довкілля, у т. ч. забруднення атмосферного повітря, за вказаною адресою чи поштовим індексом:

[http://maps.environment-agency.gov.uk/wiyby/wiybyController?ep=maptopics&lang=\\_e](http://maps.environment-agency.gov.uk/wiyby/wiybyController?ep=maptopics&lang=_e)

Крім того, є відомими веб-сервіси оцінювання наслідків та інших параметрів техногенних аварій на підприємствах:

1. ChemAlert — мобільний додаток для iPhone та iPad, який містить ключову інформацію щодо хімічної безпеки, включаючи всі небезпеки у цій галузі та їх класифікацію, ризики, інформацію про надання першої допомоги — рекомендується для індивідуального захисту;

2. Heat Safety Tool — додаток для розрахунку індексу спеки, в якому на основі цього індексу відображається рівень ризику для людини; в додатку є можливість отримувати нагадування про захисні заходи, які повинні бути прийняті на відповідному рівні ризику (графік прийому питної води, планування перерви, інструктажі щодо дій в надзвичайних ситуаціях тощо), щоб захистити людину від пов'язаних зі спекою небезпек (рис. 1);

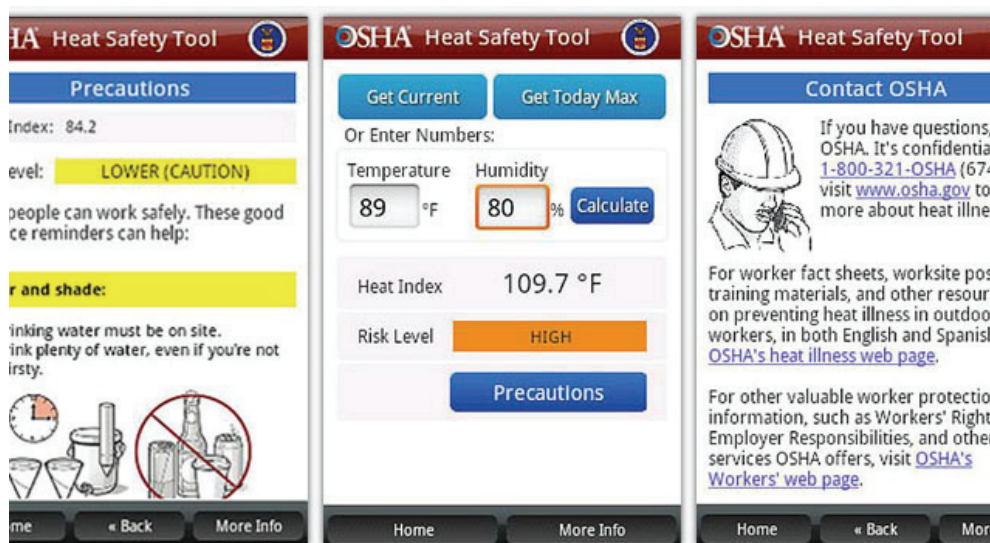


Рис. 1. Мобільний додаток Heat Safety Tool для оцінювання екологічного ризику від надмірної спеки

3. iAuditor — інструмент для ідентифікації небезпек і ризиків на різного роду об'єктах, а також для проведення перевірок та аудитів — дозволяє швидко та ефективно оцінювати небезпеку державним органам охорони праці, відділам пожежної безпеки, міжнародним авіалініям, звичайним людям тощо (рис. 2).

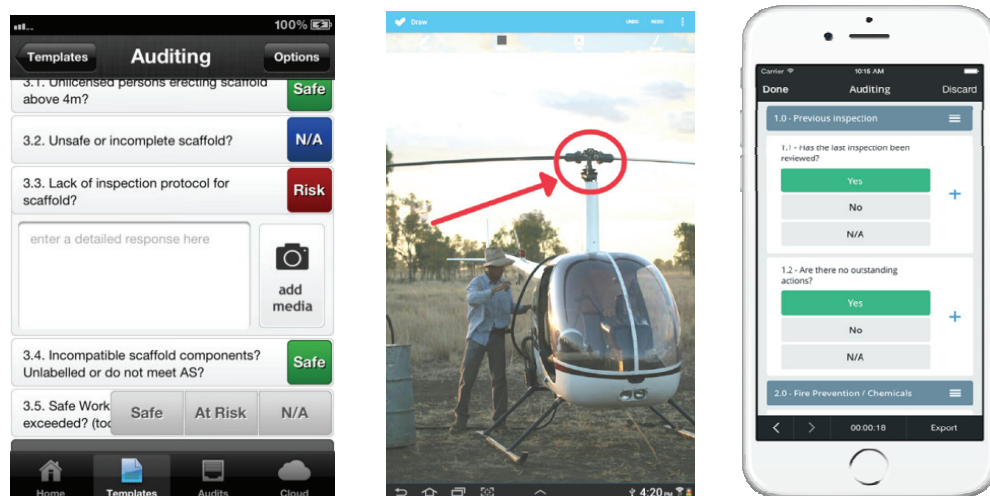


Рис. 2. Додаток iAuditor для ідентифікації небезпек і ризиків на різного роду об'єктах

Однак, усі ці веб-сервіси та закладені у них інформаційні технології мають такі недоліки: 1) немає можливості оцінювання саме комплексного екологічного ризику від багатьох факторів одночасно; 2) відсутня можливість швидкого додавання у систему нових факторів; 3) обмежені можливості у роботі з відкритими даними.

Отже, необхідним є пошук та формалізація даних про небезпечні для людини і навколишнього природного середовища екологічні та техногенні фактори (передусім, на основі даних, які є у відкритих веб-джерелах) у містах України, удосконалення методу та веб-сервісу оцінювання та прогнозування екологічного ризику на основі фактичних та прогнозних даних про такі фактори з можливістю швидкого нарощування кількості факторів, що враховуються. Такі задачі розв'язуються у цій роботі.

*Метою дослідження є розроблення інформаційної технології та концепції веб-сервісу оцінювання в реальному режимі часу і прогнозування екологічних ризиків впливу на здоров'я людини та навколишнє природне середовище на основі даних про розподілені у часі та просторі фактори безпеки на прикладі сучасного міста.*

### Ідея та метод розв'язання задачі

Як відомо, усі розподілені у просторі об'єкти можна формалізувати на карті геоінформаційної системи (ГІС) (геопорталу) з використанням трьох видів геометричних фігур (так званих примітивів): точка, лінія, полігон [9]. Аналогічно, так можна формалізувати будь-який із небезпечних факторів, які впливатимуть на стан довкілля та здоров'я людини. Прикладами подібної формалізації на карті ГІС можуть бути такі об'єкти:

— у вигляді точок: стаціонарні джерела викидів, місця паління листя або пожеж (забруднення повітря), вишки мобільного зв'язку (електромагнітний вплив), місця скиду зворотних вод (забруднення поверхневих та підземних вод), колодязі з неякісною водою (забруднення ґрунтових і підземних вод);

— у вигляді ліній: автостради (забруднення повітря), лінії електропередач високої напруги (електромагнітний вплив), трамвайні колії (шум та електромагнітний вплив), водопровідні мережі (забруднення питної води);

— у вигляді полігонів: ареали поширення амброзії (поширення алергенного пилку), території, де випаляють стерню або горять торф'яники (забруднення повітря), сміттєзвалища (забруднення повітря, ґрунту та ґрунтових і підземних вод), зони підвищеної радіоактивності на промайданчиках тощо (радіоактивний вплив).

Для аналізу впливу цих факторів на людину (чи заданий об'єкт довкілля, наприклад об'єкт природно-заповідного фонду) пропонуємо такий алгоритм:

1. Визначити місцезнаходження заданого об'єкта довкілля чи людини (це може бути або нинішнє місцезнаходження людини, що визначається, наприклад, засобами GPS, або місцезнаходження, задане координатами, причому, воно може бути і прогнозне, наприклад, для вибору місця проведення «уїк-енду»).

2. Визначити основні фактори, які будуть аналізуватись, та знайти про них в Інтернеті всю необхідну інформацію. Це — ітеративний процес. Не про всі фактори можна знайти в Інтернеті достовірну інформацію, яка ще й оновлювалась би в режимі «он-лайн». І навпаки, аналіз може показати, що є багато достовірної інформації про фактори, які спочатку не брались до уваги, але ними не варто нехтувати.

3. Визначити тип формалізації кожного фактора (точка, лінія чи полігон). Важливо, що фактори можуть формалізуватись одночасно декількома способами. І можна задавати різну точність аналізу. Наприклад, автостраду можна формалізувати і як лінію (у першому наближенні), і як полігон (коли треба врахувати різну її ширину на різних ділянках) або ареал поширення амброзії можна формалізувати і як точку (центр ареалу — у першому наближенні — для пришвидшення обробки), і як полігон (коли треба врахувати усі особливості його впливу). Те саме стосується, торф'яників, місць пожеж тощо.

4. Визначити шляхи впливу факторів на людей та довкілля та вибрати математичний апарат для опису цього процесу. Наприклад, основний і найвідчутніший вплив для людей та довкілля — це перенесення забруднень з атмосферним повітрям (різні викиди, утворення забруднень під час згоряння та ін.), тому ці фактори слід враховувати в першу чергу. Для формалізації цього впливу слід враховувати метеофактори (напрямок і силу вітру, вологість, наявність опадів тощо) з використан-

ням спеціальних математичних моделей. Окремо варто моделювати вплив точкових джерел забруднення (стаціонарних джерел викиду), забруднення від джерел уздовж лінійних об'єктів (від автотранспорту на вулично-дорожній мережі) та від джерел з полігональних об'єктів (масштабна пожежа на великій площі: торф'яники, сміттєзвалища та ін.). Для оцінювання електромагнітного та радіоактивного впливу слід використовувати інші математичні моделі. Вплив забруднення природних вод на конкретних людей чи об'єкти довкілля дослідити складніше. Люди зазнають такий вплив, коли потрапляють під опади без парасольки, або споживають воду з колодязів, або коли купаються у річці. Тому цей фактор враховувати варто лише в окремих випадках та в окремі періоди року. Вплив забруднених водопровідних мереж на людей оцінити легше, але складніше зібрати відповідну статистику щодо стану цих мереж та знайти її у відкритих Інтернет-джерелах.

5. Зібрати інформацію для ідентифікації математичних моделей для опису впливу факторів на людей та довкілля і налагодити процес уточнення параметрів та застосування цих моделей з урахуванням нових даних з Інтернет-джерел. Оцінити внесок кожного фактора в індивідуальний екологічний ризик. Для цього пропонується така формула:

$$R = \sum_{i=1}^n w_i \cdot l_i \cdot r_i, \quad (1)$$

де  $n$  — кількість шарів просторових об'єктів, вплив яких на заданий об'єкт (місце розташування людей чи довкілля) аналізується;  $w_i$  — вага  $i$ -го шару, що або задається експертним шляхом так, щоб сума усіх ваг дорівнювала одиниці, або використовується як нормувальний коефіцієнт, однаковий для усіх шарів і розраховується за формулою

$$w_i = w = \frac{1}{\sum_{j=1}^n M_j}; \quad M = \sum_{i=1}^n M_j, \quad i = \overline{1, n}, \quad (2)$$

$M$  — кількість об'єктів усіх  $n$  шарів у зоні впливу на заданий об'єкт;  $M_i$  — кількість об'єктів кожного  $i$ -го шару у зоні впливу на заданий об'єкт;  $l_i = 1 \dots 5$  — вплив  $i$ -го шару на заданий об'єкт, у балах (за замовчуванням  $l_i = 3$ );  $r_i$  — сумарний ризик впливу від  $i$ -го шару об'єктів, розраховується за формулою

$$r_i = \frac{\sum_{j=1}^{M_j} V_{ij}}{\sum_{j=4} V_{ij}}, \quad i = \overline{1, n}, \quad (3)$$

де  $V_{ij} = 1 \dots 5$  — сила впливу кожного  $j$ -го об'єкта  $i$ -го шару на заданий об'єкт, у балах (за замовчуванням  $V_{ij} = 3$ );  $L_i$  — сумарна кількість об'єктів кожного  $i$ -го шару у регіоні (населеному пункті чи його частині), який аналізується в цілому.

Як видно з формули (2), вона забезпечує, той факт, що ризик  $R$  ніколи не буде перевищувати 1,0, навіть за умови, якщо усі  $r_i = 1$ .

1. Обчислити комплексний індивідуальний екологічний ризик за усіма факторами, які впливають на заданий об'єкт довкілля чи людину.

Для прикладу розглянемо ситуацію, коли восени починають палити листя і оцінимо наскільки це збільшує індивідуальний екологічний ризик. Припустимо, що в зоні впливу розташовані об'єкти 3-х типів: смітники, АЗС та стаціонарні джерела викидів з такими параметрами:

—  $M_1 = 1$  смітник (усього у місті їх  $L_2 = 29$  і сила впливу кожного на заданий об'єкт є однаковою і складає  $V_{1j} = 3$  бали);

—  $M_2 = 2$  АЗС (усього у місті їх  $L_{2,21} = 21$ , сила впливу 20-ти із них на заданий об'єкт є однаковою і складає  $V_{2j} = 4$  бали ( $j = 1 \dots 20$ ),  $V_{2,21} = 5$  балів, причому на заданий об'єкт впливають об'єкти з  $V_{2j}$  та  $V_{2,21}$ );

—  $M_3 = 1$  стаціонарне джерело викидів (усього у місті їх  $L_3 = 30$  і сила впливу кожного на заданий об'єкт є однаковою і складає  $V_{3j} = 4$  бали).

Спочатку розрахуємо індивідуальний екологічний ризик  $R$  без урахування паління листя. Розрахуємо за формулою (3) сумарний ризик від кожного із трьох типів об'єктів:

$$r_1 = \frac{\sum_{i=1}^{M_1} V_{1j}}{\sum_{j=1}^{L_1} V_{1j}} = \frac{3}{29 \cdot 3} = 0,034;$$

$$r_2 = \frac{\sum_{i=1}^{M_2} V_{2j}}{\sum_{j=1}^{L_2} V_{2j}} = \frac{4+5}{20 \cdot 4 + 5} = 0,106;$$

$$r_3 = \frac{\sum_{i=1}^{M_3} V_{3j}}{\sum_{j=1}^{L_3} V_{3j}} = \frac{4}{30 \cdot 4} = 0,033.$$

Тепер за формулою (1) визначимо індивідуальний екологічний ризик, враховуючи, що значення  $l$  такі: для смітника —  $l_1 = 1$  бал, для АЗС —  $l_2 = 3$  бали і для стаціонарного джерела викиду —  $l_3 = 4$  бали. Розрахунок буде мати вигляд ( $n = 3$ )

$$R = \sum_{i=1}^n w_i \cdot l_i \cdot r_i = 0,125 \cdot 1 \cdot 0,034 + 0,125 \cdot 4 \cdot 0,106 + 0,125 \cdot 3 \cdot 0,033 = 0,07.$$

Тепер розрахуємо за формулою (3) сумарний ризик паління листя, враховуючи такі параметри цього шару об'єктів:  $M_4 = 1$  місце паління листя (усього у місті їх виявлено  $L_1 = 5$  і сила впливу кожного на заданий об'єкт є однаковою і складає  $V_{4j} = 4$  бали);

$$r_4 = \frac{\sum_{i=1}^{M_4} V_{4j}}{\sum_{j=1}^{L_4} V_{4j}} = \frac{4}{5 \cdot 4} = 0,2.$$

Тепер за формулою (1) визначимо індивідуальний екологічний ризик, враховуючи, що для паління листя  $l_4 = 5$  балів. Розрахунок буде мати такий вигляд ( $n = 4$ ):

$$R = \sum_{i=1}^n w_i \cdot l_i \cdot r_i = 0,077 \cdot 1 \cdot 0,034 + 0,077 \cdot 4 \cdot 0,106 + 0,77 \cdot 3 \cdot 0,033 + 0,077 \cdot 5 \cdot 0,2 = 0,12.$$

Як бачимо, індивідуальний екологічний ризик збільшився приблизно на 58 %. Це зумовлено тим, що ризик від паління листя у місті оцінено дуже високо.

### Концепція веб-сервісу для реалізації технології

Для автоматизації реалізації запропонованої технології пропонується розробити веб-сервіс для оцінювання та прогнозування комплексного потенційного екологічного ризику від розподілених у часі та просторі факторів безпеки, адаптованого до мапи та пріоритетних факторів. Пропонується створити варіант веб-сервісу (орієнтовний інтерфейс показаний на рис. 3) та мобільний додаток для доступу до нього (рис. 4). Дизайн рисунків розроблено студентами Вінницького національного технічного університету Андрієм Андрієвим та Юрієм Погорелюком на основі карти геопорталу Google Maps.

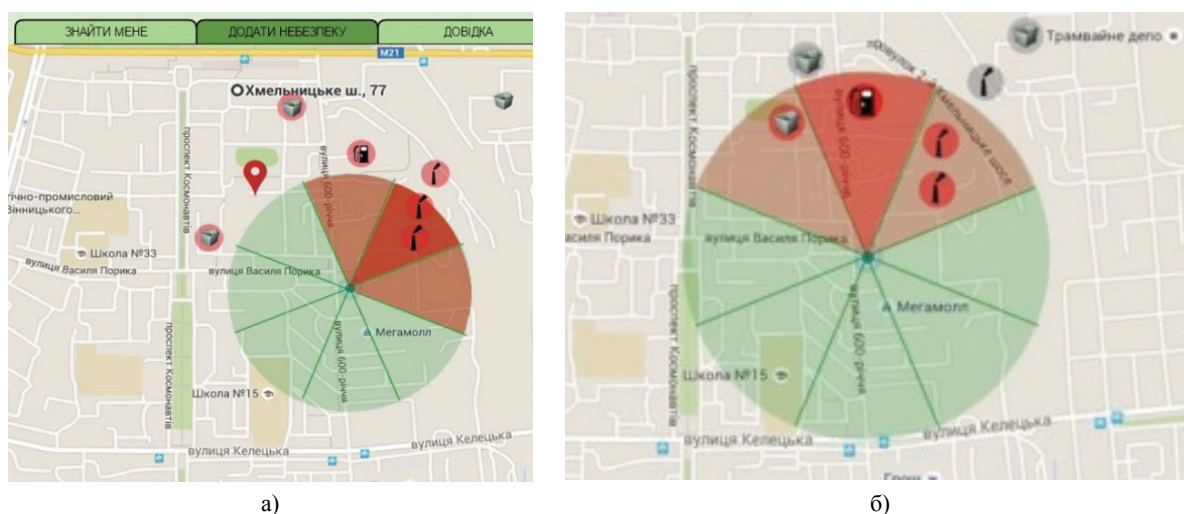


Рис. 3. Розрахунок комплексного екоризику на веб-сайті: а — у визначених за допомогою GPS координатах; б — у вказаних вручну координатах



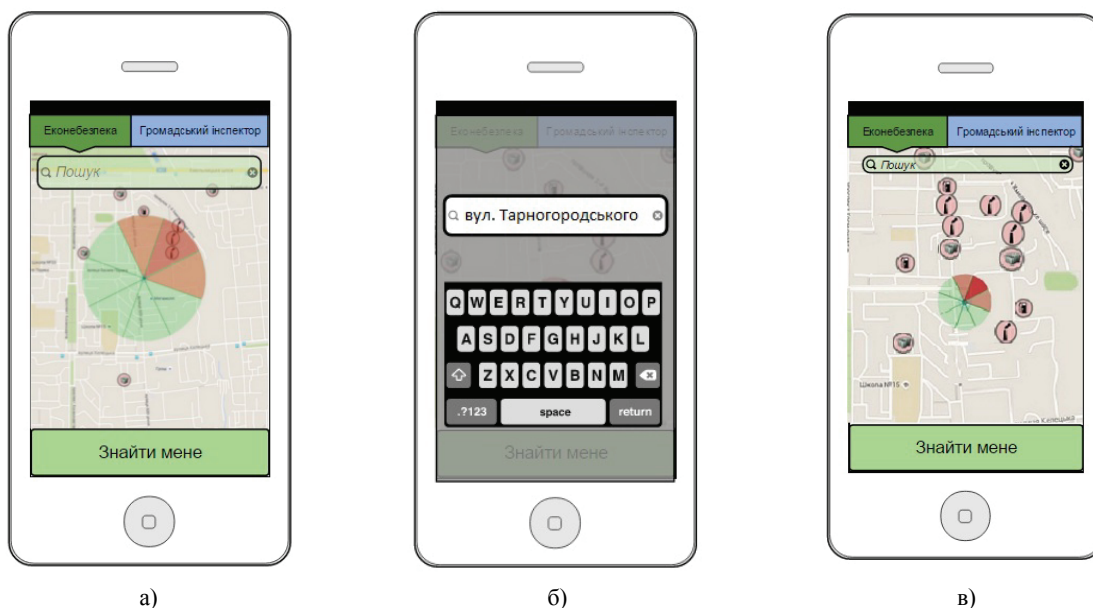


Рис. 4. Розрахунок комплексного екоризику у мобільному додатку:

а — у визначених за допомогою GPS координатах; б — у вказаних вручну координатах (вибір місця);  
в — у вказаних вручну координатах (аналіз місця та небезпечних факторів)

Веб-сервіс та мобільний додаток для доступу до нього повинні автоматично «підтягувати» (імпортувати) дані про потенційно небезпечні екологічні та техногенні фактори з різних відкритих джерел. Для розроблюваного сервісу була створена базова версія карти джерел екоризику для міста Вінниця. Розрахунок екоризику напряму залежить від метеоданих, які повинні оновлюватись в режимі реального часу. В наповненні бази брали участь навчальні та громадські організації.

Як видно на рис. 3, 4, у цьому сервісі для розрахунку комплексного екологічного ризику пропонується як автоматичне визначення поточного місцезнаходження користувача за допомогою GPS-координат, так і вибір будь-якого місця на карті по «кліку» на ньому, а також за допомогою панелі пошуку.

Пропонується передбачити як режим роботи з наявними картами і шарами, так і можливість додавання нових видів факторів та місць потенційних джерел негативного впливу (див. на рис. 3а кнопку «Додати небезпеку» та на рис. 5б). Нанесення порушень в сервісі пропонується робити в ігровій формі, враховуючи статистику, рейтинг, фото-відео фіксацію (рис. 5в). Передбачена можливість додавання типу екологічно небезпечного об'єкта (просторового шару), який не був передбачений системою. Для цього потрібно вказати тип небезпечного об'єкта у полі «Текст, коментар» (рис. 5в).

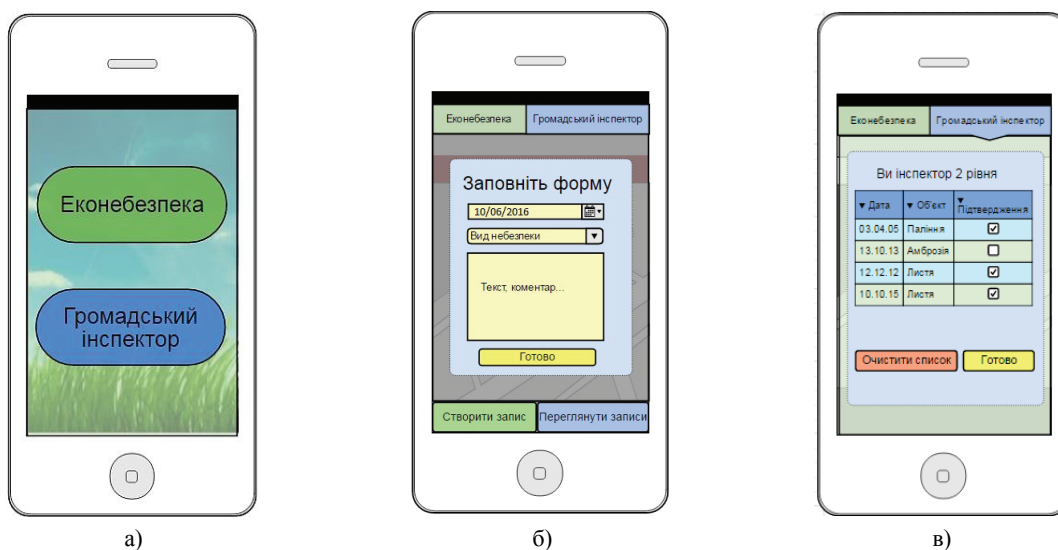


Рис. 5. Режим «Громадський інспектор» у мобільному додатку: а — вікно вибору режимів роботи; б — приклад додавання нової екологічної небезпеки; в — приклад відображення доданих небезпек у ігровій формі

Повинна бути можливість перегляду даних по кожному окремо взятому фактору екологічної безпеки.

Веб-сервіс може бути ефективним на ноутбуці, мобільний додаток — на смартфонах та планшетах.

Основною відмінністю запропонованої інформаційної технології від існуючих аналогів є методи обробки даних про фактори безпеки з відкритих веб-ресурсів та можливість оцінювання екологічного ризику комплексно. Також запропонована технологія дозволяє проводити прогнозування екологічних ризиків у заданих місцях з використанням прогнозних даних за факторам, які на них можуть впливати (метеопрогноз, прогнозована кількість транспортних засобів на певних вулицях у заданий час та ін.).

### Висновки

Розглянуто актуальну задачу пошуку та формалізації даних про небезпечні для людини і навколишнього природного середовища екологічні та техногенні фактори (передусім, на основі даних, які є у відкритих веб-джерелах) у регіонах України.

Запропоновано інформаційну технологію та концепцію веб-сервісу і мобільного додатку для доступу до нього для моніторингу, оцінювання та прогнозування комплексного екологічного ризику від розподілених у часі та просторі факторів безпеки, оснований на просторово-часовій формалізації та комплексній обробці факторів безпеки для людей та об'єктів довкілля.

Наведено приклади застосування розробленого математичного апарату, які підтвердили його ефективність.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Моніторинг довкілля : підручник / [Боголюбов В. М., Клименко М. О., Мокін В. Б. та ін.] ; за ред. В. М. Боголюбова. — 2-е вид., перероб. і доп. — Вінниця : ВНТУ, 2010. — 232 с.
2. Peter F. Nelson. Using computer modelling to simulate atmospheric movement and potential risk of pollutants from post-combustion carbon capture projects / Peter F. Nelson, Ye Wo // Energy procedia. — November, 2014. — No. 63. — 11 p.
3. P-Sense: A participatory sensing system for air pollution monitoring and control / [D. Mendez, A. J. Perez, M. A. Labrador, J. J. Marron] // Pervasive Computing and Communications Workshops. — 2011. — P. 344—347.
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 : Міжнародна науково-практична Інтернет-конференція : матеріали, 23—26 квітня 2015 р., ВНТУ. — Вінниця, 2015. — С. 76—77.
5. Мовчан Я. І. Оцінка екологічного ризику погіршення сучасного стану урбанізованих територій / Я. І. Мовчан, Д. В. Гулевець, О. В. Рибалова // Східно-Європейський журнал передових технологій. — Харків, 2013. — № 3/11 (63). — С. 37—41.
6. Зінченко В. Ю. Розробка математичної моделі і методу рішення задачі прогнозної оцінки екологічного ризику від групи точкових джерел / В. Ю. Зінченко, В. В. Фалько // Екологічна безпека. — 2013. — Вип. 2. — С. 36—39.
7. Інформаційно-методичне забезпечення комплексної оцінки екологічності системних об'єктів / [Т. В. Козуля, Н. В. Шаронова, Д. І. Смельянова та ін.] // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2014. — № 3. — С. 25—34.
8. Таранюк К. В. Організаційно-економічні основи управління екологічним ризиком на регіональному рівні [Текст] : дис. ... канд. екон. наук / К. В. Таранюк; наук. кер. О. А. Лук'янихіна. — Суми : СумДУ, 2013. — 263 с.
9. Інформаційні технології автоматизації обробки параметрів геоінформаційних систем з геометричними мережами : монографія / [В. Б. Мокін, В. Г. Сторчак, С. М. Крижановський та ін.]. — Вінниця : ВНТУ, 2014. — 196 с.

Рекомендовано кафедрою системного аналізу, комп'ютерного моніторингу та інженерної графіки ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 28.02.2017

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

**Собко Богдан Юрійович** — аспірант кафедри системного аналізу, комп'ютерного моніторингу та інженерної графіки, email: bodichsobko@gmail.com ;

**Жуков Сергій Олександрович** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри системного аналізу, комп'ютерного моніторингу та інженерної графіки, e-mail: sazhukov@gmail.com .

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

V. B. Mokin<sup>1</sup>  
B. Yu. Sobko<sup>1</sup>  
S. O. Zhukov<sup>1</sup>

## Technology of Evaluation of Complex Environmental Risks with Web Service

<sup>1</sup>Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia

*There has been considered the actual problem of monitoring, evaluation and prediction of complex environmental risk of distributed in time and space hazards. There has been proposed the Information technology and the concept of web service and mobile application to access it and to solve this problem based on the spatial-temporal formalization and the complex processing of hazards factors for people and environment objects. The work demonstrates an example of application of developed mathematical tools, which confirmed its effectiveness.*

**Keywords:** information technology, web service, GIS, environmental monitoring, environmental risks, air.

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

**Sobko Bohdan Yu.** — Post-Graduate Student of the Chair of Systems Analysis, Computer Monitoring and Engineering Graphics; e-mail: bodichsobko@gmail.com ;

**Zhukov Serhii O.** — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor of the Chair of Systems Analysis, Computer Monitoring and Engineering Graphics, e-mail: sazhukov@gmail.com

В. Б. Мокін<sup>1</sup>  
Б. Ю. Собко<sup>1</sup>  
С. А. Жуков<sup>1</sup>

## Технология оценки комплексного экологического риска при помощи веб-сервиса

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет, Вінниця

*Рассмотрена актуальная задача мониторинга, оценки и прогнозирования комплексного экологического риска распределенных во времени и пространстве факторов опасности. Предложена информационная технология и концепция веб-сервиса и мобильного приложения для доступа к нему для решения этой задачи, основанные на пространственно-временной формализации и комплексной обработке факторов опасности для людей и объектов окружающей среды. Приведены примеры применения разработанного математического аппарата, подтвердившие его эффективность.*

**Ключевые слова:** информационная технология, веб-сервис, геоинформационная система, экологический мониторинг, экологический риск, атмосферный воздух.

**Мокін Віталій Борисович** — д-р техн. наук, професор, завідує кафедрою системного аналізу, комп'ютерного моніторингу та інженерної графіки, e-mail: vbmokin@gmail.com ;

**Собко Богдан Юрьевич** — аспірант кафедри системного аналізу, комп'ютерного моніторингу та інженерної графіки; e-mail: bodichsobko@gmail.com ;

**Жуков Сергій Александрович** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри системного аналізу, комп'ютерного моніторингу та інженерної графіки, e-mail: sazhukov@gmail.com