

Т. С. Вуж, аспірант, старший викладач
e-mail: tatiana.vuzh@gmail.com

Вінницький національний медичний університет ім. М. І. Пирогова
вул. Пирогова, 56, м. Вінниця, 21000, Україна

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ АНАЛІЗУ ПРОСТОРОВО-ХРОНОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ НА СТАН АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ СТАЦІОНАРНИХ У ПРОСТОРІ ОБ'ЄКТІВ ЗА УМОВ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Розроблено нову інформаційну технологію аналізу просторово-хронологічного впливу на стан атмосферного повітря стаціонарних у просторі об'єктів за умов невизначеності. Вплив формалізується як індивідуальний ризик захворюваності кожної людини, залежно від її перебування в той чи інший час у зоні, де має місце чи прогнозується підвищене забруднення атмосферного повітря. Сформульовано типові природні та ситуаційні невизначеності для цієї задачі, пов'язані зі збиранням вхідних даних, знанням точних місць розташування та інших параметрів стаціонарних у просторі джерел забруднення атмосферного повітря, а також динаміки розсіювання викидів від них. Запропоновано відомі та авторські методи і підходи для розкриття чи мінімізації цих невизначеностей на прикладі задачі аналізу просторово-хронологічного впливу алергенних рослин на жителів міста з використанням даних Європейської аеробіологічної мережі.

Ключові слова: інформаційна технологія, просторово-хронологічна модель, ситуаційна невизначеність, природна невизначеність, аналіз даних.

Актуальність. На стан атмосферного повітря впливає багато факторів, серед яких чільне місце займають стаціонарні у просторі об'єкти природного та антропогенного походження. Прикладами таких об'єктів є стаціонарні джерела викидів в атмосферу підприємств, ареали алергенних рослин, що своїм пилком також забруднюють атмосферу і впливають на стан здоров'я населення [1]. Саме ці види забруднень атмосфери найбільше впливають на життєдіяльність людей і тому найбільше контролюються. У світі та в Європі є спеціальні системи спостережень за цими викидами, наприклад Європейська аеробіологічна мережа (ЄАМ). В Україні теж є пости моніторингу, які входять до європейських і світових мереж. Їх дані намагаються включити у глобальні математичні моделі, наприклад у SILAM («System for Integrated modelling of Atmospheric composition»), але поки мережа не стане достатньо щільною з перекриттям зон контролю, вони будуть використовуватись у цих моделях лише як додаткові чи контрольні для перевірки прогностичних функцій моделей [2].

Головною особливістю системи моніторингу стану забруднення атмосферного повітря хімічними речовинами та пилком в Україні й аналізу та прогнозування впливу цього забруднення на життєдіяльність населення кра-

їни є розмаїття видів та рівнів невизначеності, що не дозволяє ефективно застосовувати відомі у світі методи та інформаційні технології.

Тому актуальною є класифікація цих видів невизначеностей та пошук підходів і методів, які забезпечать можливість аналізу просторово-хронологічного впливу на стан атмосфери та людей стаціонарних у просторі об'єктів за умов невизначеності. Особливо цінним є не тільки розроблення методологічної теоретичної бази, а й розроблення алгоритмів та комп'ютерних програм, які дадуть можливість обробляти вітчизняні дані з європейських та світових моніторингових мереж, дозволять знаходити нові закономірності та робити ефективно прогнозування впливу забруднення атмосферного повітря на життєдіяльність людей.

Метою статті є розроблення інформаційної технології аналізу просторово-хронологічного впливу на стан атмосфери стаціонарних у просторі об'єктів за умов невизначеності, яка об'єднає авторські та відомі підходи і методи для більш комплексної та ефективної обробки даних моніторингу.

Аналіз та класифікація видів невизначеностей. Існує багато класифікацій та видів невизначеностей [3–5]. Вони є різними у задачах з моделювання стану та управління складними системами, якими є системи за-

бруднення стану атмосферного повітря стаціонарними у просторі об'єктами природного та/чи антропогенного походження. Якщо врахувати, що у цій задачі немає взаємодії між суб'єктами, а є тільки вплив різних факторів на стан атмосферного повітря та, через нього, на людей і за умови, коли людина створює умови для такого впливу, тоді матимуть місце такі два основні типи невизначеності [4]:

- *ситуаційна* (невизначеність знань про можливі ситуації або інформаційна невизначеність) – характеризується непередбаченим впливом неконтрольованих факторів різного походження (діяльністю людини, стихійними лихами, впливами ноосфери тощо), які зумов-

люють непередбачувану поведінку досліджуваної системи – розкриття часто здійснюється шляхом вибору дій за певним критерієм оптимальності з урахуванням якогось узагальненого параметра невизначеності;

- *природна* – виникає внаслідок випадкового впливу важкопрогнозованих і важкоконтрольованих факторів природи (опадів, повеней, посух тощо).

Охарактеризуємо ці види невизначеності та підходи до їх розкриття на прикладі аналізу впливу алергенних рослин на жителів міста.

Схему впливу алергенних рослин (на прикладі амброзії) на людей зображено на рис. 1.

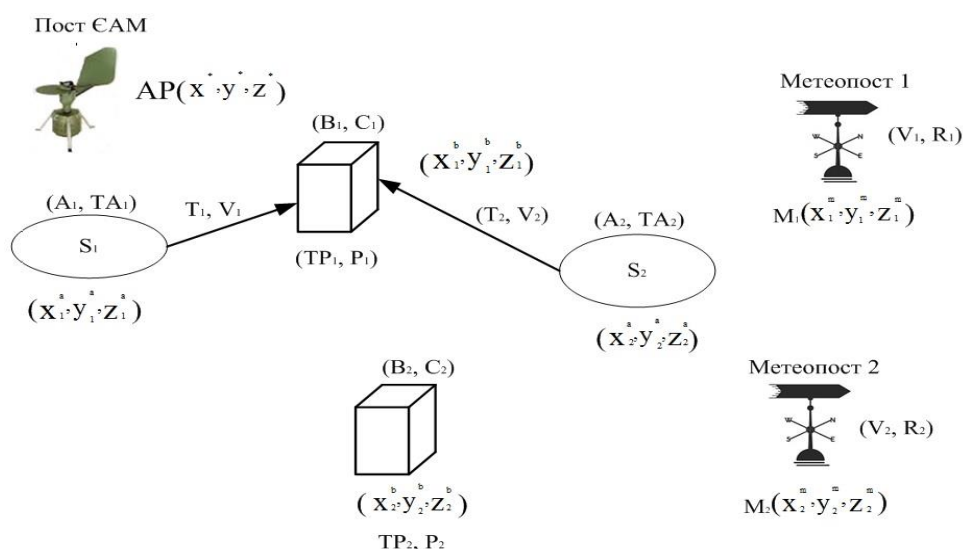


Рис. 1. Схема впливу амброзії на мешканців міста

На деякій території знаходяться багатоповерхові будинки з координатами x_k^b, y_k^b, z_k^b , в яких мешкають люди, що підпадають під вплив пилку амброзії. Ареали амброзії з площею S_i та координатами x_i^a, y_i^a, z_i^a знаходяться на певній відстані від будинків. Наявність пилку у повітрі фіксується одним із постів САМ з координатами $AP(x^*, y^*, z^*)$, а метеорологічні умови – метепостами з координатами $M(x_i^m, y_i^m, z_i^m)$.

У роботі [5] було розглянуто побудову інформаційної моделі впливу просторово-розподілених шкідливих факторів на стан здоров'я людей, з урахуванням закономірностей змін цих факторів на основі просторово-хронологічної моделі даних, а також удосконалено метод для оцінювання цього впливу.

Наведено приклад аналізу захворюваності населення на бронхіальну астму з урахуванням метеоумов. Розроблено інформаційну модель просторово-часових даних (ПЧД), за якими можна формалізувати та проаналізувати вплив алергенних рослин на здоров'я дітей чи дорослих за одним із відомих методів, наприклад за удосконаленим у цій же роботі методом «кошиків». Ця модель дозволяє знайти величину W , що характеризує силу впливу пилку рослин-алергенів на людей:

$$W_i = F(D_i, L_i, H_i), \tag{1}$$

$$D_i = G(E_i, M_i), \tag{2}$$

$$L_i = [P_i, TP_i], \tag{3}$$

$$H_i = [B_i, C_i], \tag{4}$$

$$E_i = [A_i, TA_i, S_i], \tag{5}$$

$$M_i = [V_i, R_i], \tag{6}$$

де введено такі позначення:

- TA – години найбільшого алергенного впливу рослини (початок і завершення продукування пилку протягом доби, місяця, року тощо);
- A – ареали розташування рослини (наприклад амброзії) із площею S та іншими параметрами, які утворюють множину E;
- B – інформація про кожний будинок міста – цю інформацію можна знайти з достатньою точністю;
- H – характеристики кожного будинку і місцевості навколо нього;
- P – інформація про кожного пацієнта у кожному будинку – ця інформація є у лікарнях, саме цей показник характеризує цільову групу задачі, відносно якої аналізується вплив;
- L – характеристики людей, потенційний вплив на яких досліджується з урахуванням




параметрів TP (перебування пацієнта P в зоні дії пилку);

- M – характеристики метеофакторів, у т. ч. V – напрямок вітру – дані беруться з найближчого метеопоста;
- R – інші метеофактори, наприклад наявність опадів на території, що досліджується (вказуються лише години, коли ці опади мали місце у відповідному секторі) – дані беруться з найближчого метеопоста;
- D – місця, куди під дією метеофакторів вітер приносить пилок рослин-алергенів, які визначаються функцією (чи алгоритмом) G.



Схематичний вигляд інформаційної моделі та видів невизначеності поставленої задачі поданий у табл. 1.

Таблиця 1

Схематичний вигляд інформаційної моделі та видів невизначеності задачі

Вхідні дані	Елементи моделі (1)-(6)	Види невизначеності та що визначено	Типи невизначеності		
 → Дані біологічних досліджень Дані САМ $AP(x^*, y^*, z^*)$ Невизначеність Н1: неповна інформація щодо наявності пилку через ручну обробку мікроскопічних зображень з ним	TA_i $S_i - ?$ $X_i^a, Y_i^a, Z_i^a - ?$	Визначеність: Закономірності продукування пилку Невизначеність Н2: координати та параметри (площа та інтенсивність) ареалів $E(X_i^a, Y_i^a, Z_i^a) - ?$	<i>Природна невизначеність</i>	D – ? Невизначеність Н5: місця, куди під дією метеофакторів вітер приносить пилок рослин-алергенів	W – ?
 → Метеодані Місцезнаходження поста САМ  →	V_j R_j X_j^m, Y_j^m, Z_j^m X^*, Y^*, Z^*	Визначеність: метеодані у місцях розташування метеопостів $M(X_j^m, Y_j^m, Z_j^m)$ Невизначеність Н3: метеодані у місцях розташування постів САМ $M(X^*, Y^*, Z^*)$	<i>Природна невизначеність</i>		

Продовження табл. 1

 Місто-будівний кадастр	V_k C_k X_k^b, Y_k^b, Z_k^b	Усі параметри визначені $H(X_k^b, Y_k^b, Z_k^b)$		H	
 Бази даних лікарень про пацієнтів	P_q TP_q $[t_{q0} - t_{q1}] \Rightarrow H_1$ $[t_{q1} - t_{q2}] \Rightarrow H_2$	<i>Визначеність:</i> інформація про адреси пацієнтів L_q Невизначеність H4: інформація про пересування пацієнтів протягом доби	<i>Ситуаційна невизначеність</i>	$L - ?$	

Деталізуємо зазначені у табл. 1 види невизначеності та запропонуємо методи і підходи щодо їх розкриття та мінімізації.

Невизначеність H1. *Неповна інформація щодо наявності пилку через ручну обробку мікроскопічних зображень з ним.* Обробка даних з аеробіологічного моніторингу, зібраних на посту САМ у м. Вінниця, здійснюється повністю вручну: кожен із 60 видів пилку фахівець класифікує і підраховує за його мікроскопічним зображенням на плівці з вимірювального приладу типу «Буркард» і цей процес триває до двох років.

Класичний метод підрахунку в аеробіологічних експериментах ґрунтується на ручному процесі обробки аналізу зразків повітря, що вимагає високого ступеня досвіду та концентрації дослідника, який не завжди можна гарантувати. Ручний підхід триває багато часу, дуже залежить від досвіду та фізичного стану експерта, зазвичай він виконується на площі, що не перевищує 12% від загальної площі стрічки з даними за кожні дві години спостережень. Для полегшення ручного процесу аналізу зразків повітря в останні роки розроблялися автоматичні та напівавтоматичні підходи.

Автоматичний підхід є найбільш точним, але дуже дорогим і дає змогу точно розпізнати 3-6 типів пилку. Ручне розпізнавання пилку дозволяє діагностувати

майже всі типи аеробіологічного зразка. Змішаний або напівавтоматичний підхід припускає сканування зразків людиною та визнання особливостей пилку комп'ютером.

Тому для прискорення аналізу пилку у роботі [7] було розроблено структуру системи підтримки прийняття рішень (СППР) з класифікації видів алергенного пилку на основі нечітких експертних даних про їх ознаки на мікроскопічних зображеннях та удосконалено метод їх ідентифікації. Удосконалено генетичний алгоритм навчання класифікатора з урахуванням просторово-часових особливостей поширення пилку у повітрі. Цей алгоритм може бути застосований і до інших задач класифікації об'єктів, які мають значні відмінності ознак у різний час та в різних місцях, частина з яких формалізується у вигляді категорій.

Застосування розробленої структури СППР продемонструвало ефективність удосконаленого методу за реальними даними, отриманими на пості м. Вінниця. Випробування створеної системи дало результати прийнятної точності (рис. 2).

Таким чином, застосування СППР для обробки мікроскопічних зображень дасть можливість оперативно отримувати інформацію щодо наявності пилку в атмосфері міста та усувати чи мінімізувати невизначеність H1.

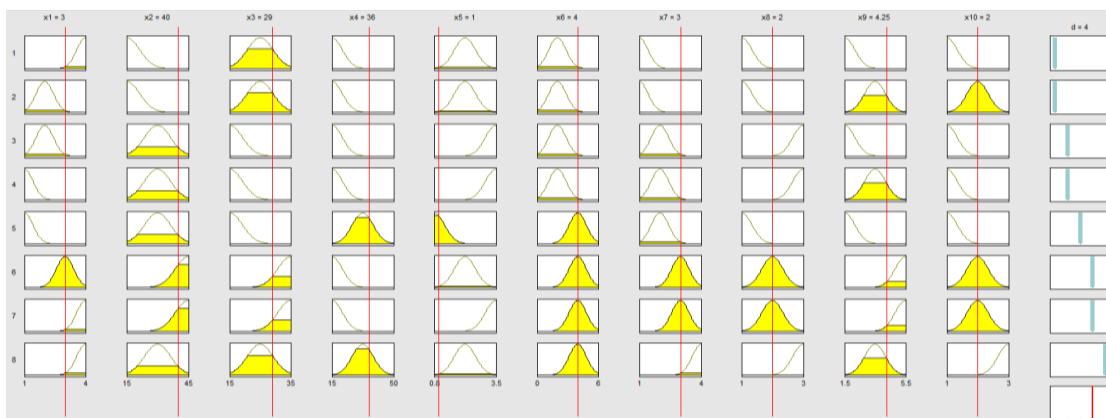


Рис. 2. Приклад з Matlab класифікації нечітких висновків для пилку *Carpinus* [7]

Невизначеність Н2. Точно не відомі координати та інші параметри (в першу чергу, площа та інтенсивність) ареалів.

Особливо ця задача ускладнюється в умовах України, де відстань між сусідніми постами сягає 280 км і більше. Оскільки місця розташування ареалів достовірно невідомі, то має місце природна невизначеність, тому що ці ареали утворюються під дією природних факторів. Для розкриття цієї невизначеності було розроблено метод, що базується на просторово-хронологічній моделі поширення пилку у повітрі від цих ареалів [8] – метод здійснює зворотне розв'язання задачі поширення пилку, тобто за даними ретроспективних спостережень за наявністю пилку у повітрі AP і метеоданими M оцінює параметри ареалів, які формалізуються у вигляді еліпсів (оцінюються координати центру, радіуси, нахил еліпсу та площа), з яких надійшов цей пилкок:

$$E_i = Q[AP_i, AP_{i-1}, \dots, M_i, M_{i-1}, \dots]. \quad (7)$$

Розроблено комп'ютерну програму мовою програмування R, яка автоматизує застосування цього методу за даними одного поста ЄАМ і метеоданих для вимірювань за кожні дві години протягом періоду найбільш активної палінації пилку.

Для усунення невизначеності годин TA_i найбільшого алергенного впливу рослини (початок і завершення продукування пилку протягом доби, місяця, року тощо) для Європи можна, у першому наближенні, скористатись результатами робіт [2, 9], згідно з якими продукування починається через 135 хвилин (перший пік) і 285 хвилин (другий пік) після сходу сонця. Піки продукування пилку амброзії також залежать від вологості повітря (рис. 3).

Невизначеність Н3. Неточні метеодані у місцях розташування постів ЄАМ.

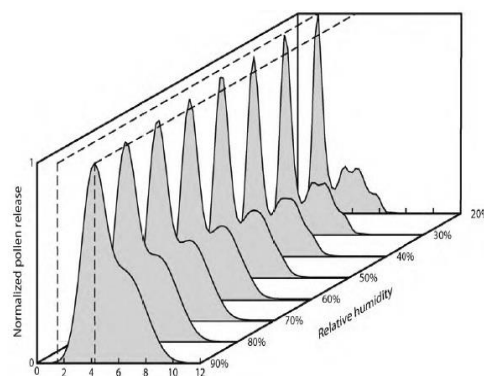


Рис. 3. Результати досліджень продукування пилку за умов постійної відносної вологості [9]

Ця невизначеність пов'язана з тим, що в Україні часто стаціонарні метеопости є досить віддаленими від постів, наприклад ЄАМ, а пости ЄАМ, через фінансові складнощі, не обладнані портативними метеостанціями. Такі станції придбати і встановити можна, але треба мінімізувати їх вартість, для чого варто спочатку визначити, що саме ними слід вимірювати.

Було проведено кореляційний аналіз вмісту пилку в повітрі міста з метеорологічними даними щодо стану цього повітря, який дозволив відпрацювати технологію такого аналізу, виявлення закономірностей та визначення можливих причин їх появи [10]. В результаті аналізу було виявлено кореляційний зв'язок між наявністю алергенного пилку в атмосфері міста та напрямком вітру (у градусах) (DD) – 0,80, швидкістю вітру на висоті 10-12 м над землею поверхнею (Ff) – 0,71, температурою точки роси на висоті 2 м над поверхнею землі (Td) – 0,62, відносною вологістю (%) на висоті 2 м над поверхнею землі (U) – 0,50, тобто виявлено наявність стохастичного зв'язку (рис. 4).

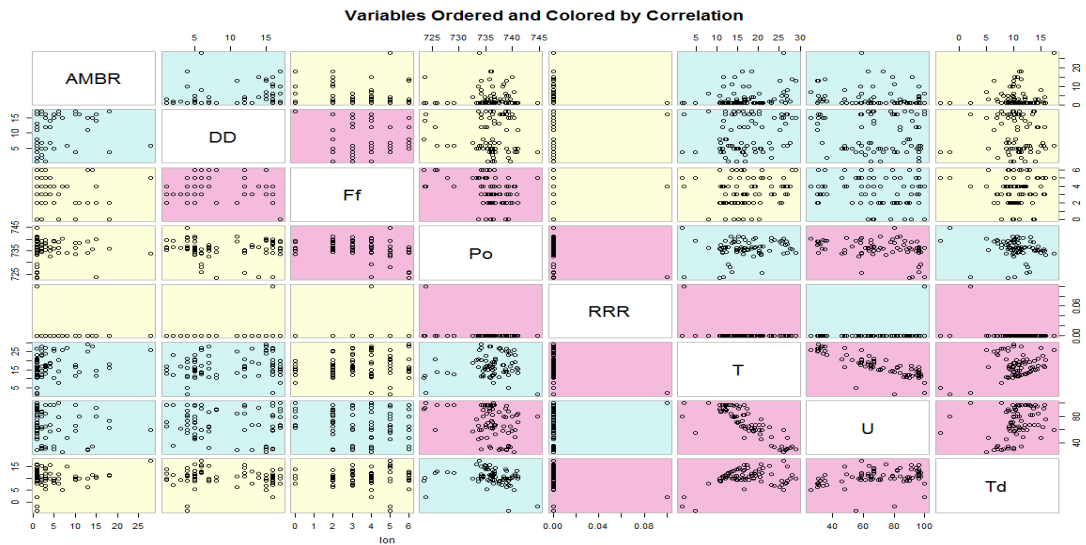


Рис. 4. Результат кореляційного аналізу між вмістом пилку амброзії в атмосферному повітрі м. Вінниця у 2013 р. та основними метеоданими, зібраними з якомога меншим інтервалом (2-3 години) (більш темні комірки (прямокутники) відповідають більшим значенням кореляції) [10]

Це дозволило уточнити та мінімізувати кількість метеопараметрів, які дійсно варто вимірювати безпосередньо біля поста ЄАМ для підвищення точності урахування метеоумов, які супроводжували кожне вимірне значення. Було запропоновано доповнити пристрій Burkard комплексом додаткових приладів, тобто побудувати інформаційно-вимірну систему, центральним елементом якої буде цей пристрій. Це дозволить підвищити точність аналізу вмісту пилку алергенних рослин в атмосферному повітрі міст та мінімізувати невизначеність НЗ.

Невизначеність Н4. Інформація про пересування пацієнтів протягом доби.

Для розкриття цієї ситуаційної невизначеності пропонується згенерувати типові можливі варіанти (рис. 5) і для кожного оцінити потенційний ризик – для цього у роботі [11] було удосконалено відомий метод «кошиків» (basket-метод) для комплексного оцінювання впливу просторово-розподілених шкідливих факторів на стан здоров'я людей на основі просторово-хронологічної інформаційної моделі, за рахунок просторової формалізації усіх факторів по секторах навколо будинків, де можуть знаходитись люди протягом доби, та узагальнення значень показників цих факторів по характерних періодах протягом доби.

Також ефективним підходом усунення невизначеності інформації про пересування населення є використання медичних браслетів з GPS чи звичайних смартфонів зі спеціальним додатком, що буде точно фіксувати маршрути пацієнтів за їх бажанням.

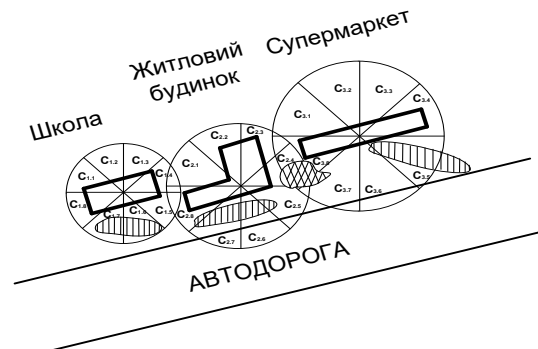


Рис. 5. Схема ділянки вулиці міста з трьома типами будинків, де може перебувати, наприклад, дитина протягом доби, та чотирма ареалами поширення амброзії [11]

Невизначеність Н5. Місце D, куди під дією метеофакторів вітер приносить пилок рослин-алергенів, що визначається функцією (чи алгоритмом) G – природно-ситуаційна невизначеність, оскільки це обумовлено як дією природних факторів, так і забудовою місцевості та іншими особливостями, на що може впливати антропогенна діяльність; для розкриття природної складової цієї невизначеності слід спочатку ідентифікувати місця розташування ареалів методом, зазначеними вище для розкриття невизначеності Н1, побудувати регресійну модель прогнозування інтенсивності продукування пилку залежно від метеофакторів за попередній період (наприклад, використовуючи методологію роботи [12]) і потім, знаючи дані метеопрогнозу, здійснювати прогнозування місць D та значень AP, які потім, у свою чергу, можуть ви-

користуватися в моделі (1)-(6) для уточнення параметрів E та S :

$$AP_{i+1} = F_3(E_i, M_{i+1}). \quad (8)$$

Розкриття ситуаційної складової невизначеності щодо D запропоновано здійснювати шляхом вибору оптимальної системи координат. В роботі [13] набув подальшого розвитку метод формалізації та обробки даних про ареали розташування карантинних рослин шляхом побудови геоінформаційної моделі просторово-розподілених природних шкідливих факторів, які впливають на стан здоров'я людей, що знаходяться у зоні цього впливу, з урахуванням просторово-часових закономірностей змін цих факторів на основі просторово-хронологічних моделей даних, а також удосконалення методу оцінювання цього впливу. Як відомо, вміст у повітрі пилку алергенних рослин, як правило, зменшується з висотою. Тому при створенні інформаційної моделі для визначення ризику захворювання населення на бронхіальну астму необхідно окремо аналізувати відстань між зонами умовного розсіювання пилку від ареалів амброзії до будинку не тільки на площині координат (X, Y) , а й по висоті (H) відносно кожного поверху будинку, на якому проживає людина.

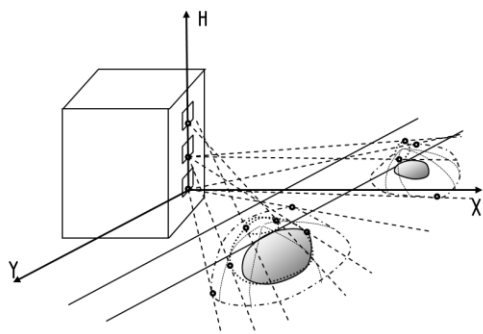


Рис. 6. Приклад формалізованої схеми розташування ареалів амброзії (суцільно заштриховані зони) з їх умовними зонами розсіювання пилку (вітер дує в бік будинку) як по ширині, так і по висоті, відносно різних поверхів будинку [13]

У разі розкриття усіх невизначеностей стає можливим безпосереднє кількісне оцінювання просторово-хронологічного впливу стаціонарних у просторі об'єктів через стан атмосферного повітря на здоров'я людей. У роботі [14] для цього запропоновано вираз для обчислення індивідуального ризику R_j захворюваності кожної j -ї людини (пацієнта) від впливу рослин-алергенів, формалізованого у вигляді просторово-хронологічної моделі:

$$R_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Z_{ij} \frac{S(U_{ij})}{C(U_{ij})} \cdot k_{vij}, \quad (9)$$

де $S(U_{ij})$ – площа розповсюдження карантинного організму у секторі U_{ij} , га; $C(U_{ij})$ – площа сектора, га; n – кількість дат, для яких виявлено збіг умов для j -ї людини у зоні дії природних факторів; k_{vij} – коефіцієнт, який характеризує силу вітру в i -й момент часу відносно місця розташування j -ї людини (дату, годину чи ін.) у відсотках від критичної

$$k_{v_i} = \begin{cases} \frac{v_i}{v_m}, & v_i \leq v_m \\ 1, & v_i > v_m \end{cases}$$

де v_m – мінімальна швидкість вітру, за якої весь пилко з ареалів амброзії долітає до місця розташування людини.

Висновок. Враховуючи вищезазначене, можна зазначити, що мета цієї статті досягнена. Розроблено інформаційну технологію аналізу просторово-хронологічного впливу на стан атмосферного повітря стаціонарних у просторі об'єктів за умов невизначеності. Така технологія включила в себе й об'єднала авторські та відомі підходи, методи, алгоритми і програми для більш комплексної та ефективної обробки даних моніторингу.

Список літератури

1. Жицька Л. І. Екологічна оцінка впливу функціонування АЗС на атмосферу міста Сміла. *Вісник Черкаського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки*. 2014. № 1. С. 74–80.
2. Sofiev M., Siljamo P., Ranta H., Linkosalo T., Jaeger S., Rasmussen A., Rantio-Lehtimäki A., Severova E., Kukkonen J. A. Numerical model of birch pollen emission and dispersion in the atmosphere. Description of the emission module. *Int. J. Biometeorol.* 2013. 57. P. 45–48. doi: 10.1007/s00484-012-0532-z.
3. Дубовий В. М., Кветний Р. Н., Михальов О. І., Усов А. В. Моделювання та оптимізація систем: підручник. Вінниця: ТД «Едельвейс», 2017. С. 116–125.
4. Згуровский М. З., Панкратова Н. Д. Системный анализ: проблемы, методология, приложения. Киев: Наук. думка, 2011. 728 с.
5. Глонь О. В., Дубовий В. М. Моделювання систем керування в умовах невизначено

- сті: монографія. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004. 169 с.
6. Мокін В. Б., Вуж Т. Є. Оцінювання впливу просторово-розподілених шкідливих факторів на стан здоров'я населення на основі просторово-хронологічної моделі даних. *Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології*. 2014. Т. 28. № 2. С. 71–80.
 7. Mokin V. B., Kozachko O. M., Rodinkova V. V., Palamarchuk O. O., Vuzh T. Ye. The decision support system for the classification of allergenic pollen types based on fuzzy expert data of pollen features on the microscope images. *Electrical and Computer Engineering (UKRCON): IEEE First Ukraine Conf. on 29 May-2 June 2017*. INNS: 17353707. doi: 10.1109/UKRCON.2017.8100368. P. 850–856.
 8. Мокін В. Б., Вуж Т. Є. Метод просторово-часового оцінювання параметрів стаціонарних у просторі об'єктів по їх сумарному впливу в одній точці. *Проблеми інформаційних технологій*. Херсон: ХНТУ, грудень 2017.
 9. Martin Michael D., Chamecki Marcelo, Brush Grace S. Anthesis synchronization and floral morphology determine diurnal patterns of ragweed pollen dispersal. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2010. 150. P. 1307–1317. doi: 10.1016/j.agrformet.2010.06.001.
 10. Mokin V. B., Rodinkova V. V., Vuzh T. Ye., Wojcik W., Sailarbek S. The improvement of the monitoring system on the basis of Burkard to raise the analysis accuracy for the allergic pollen found in the atmospheric air of the city. *Przegląd Elektrotechniczny*. ISSN 0033-2097, R. 93 NR 5/2017. doi: 10.15199/48.2017.05.17.
 11. Mokin V. B., Vuzh T. Ye., Wójcik W., Imanbek B. Control and minimization of allergenic plants impact on bronchial asthma morbidity, based on spatial-temporal data model. *SPIE 9816, Optical Fibers and Their Applications 2015*, 98161M (December 18, 2015). doi:10.1117/12.2229083.
 12. Родінкова В. В., Мотрук І. І., Александрова О. Є. Вплив метеорологічних факторів на концентрацію алергенного пилку трав'янистих рослин в атмосферному повітрі Вінницької області. *Вісник Вінницького національного медичного університету*. 2016. № 2 (Т. 20). С. 366–369.
 13. Мокін В. Б., Вуж Т. Є. Побудова геоінформаційної моделі природних шкідливих факторів, які впливають на стан здоров'я людей, на основі просторово-хронологічної моделі даних у циліндричній системі координат. *Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: матеріали XIV Міжнар. наук.-практ. конф., 5–9 жовтня 2015 р. Київ, 2015*. С. 121–125.
 14. Мокін В. Б., Вуж Т. Є. Аналіз ризику впливу алергенних рослин на здоров'я дітей чи дорослих у населених пунктах на основі просторово-хронологічної моделі даних. *Екологічна безпека та природокористування: фаховий зб. № 16*. Київ: КНУБіА. С. 54–59.

References

1. Zhytska, L. I. (2014) Environmental assessment of the impact of gas station operation on the atmosphere of Smila. *Visnyk Cherkaskogo derzhavnogo tehnologichnogo universitetu. Seria: Tehnichni nauky*, No. 1, pp. 74–80 [in Ukrainian].
2. Sofiev, M., Siljamo, P., Ranta, H., Linkosalo, T., Jaeger, S., Rasmussen, A., Rantio-Lehtimaki, A., Severova, E., Kukkonen, J. (2013) A numerical model of birch pollen emission and dispersion in the atmosphere. Description of the emission module. *Int. J. Biometeorol.*, (57), pp. 45–48. doi: 10.1007/s00484-012-0532-z.
3. Dubovyi, V. M., Kvietyni, R. N., Mykhailov, O. I., Usov, A. V. (2017) Modeling and optimization of systems: a textbook. Vinnytsya: TD "Edelweiss", pp. 116–125 [in Ukrainian].
4. Zgurovsky, M. Z., Pankratova, N. D. (2011) System analysis: problems, methodology, applications. Kiev: Naukova dumka, 728 p. [in Russian].
5. Glon, O. V., Dubovyi, V. M. (2004) Modeling of control systems under uncertainty: monograph. Vinnytsya: UNIVERSUM-Vinnytsia, 169 p. [in Ukrainian].
6. Mokin, V. B., Vuzh, T. Ye. (2014) Estimation of influence of spatially distributed harmful factors on the state of health of the population on the basis of spatio-chronological data model. *Optyko-elektronni informatsiino-enerhetychni tekhnolohii*, vol. 28 (2), pp. 71–80 [in Ukrainian].
7. Mokin V. B., Kozachko O. M., Rodinkova V. V., Palamarchuk O. O., Vuzh T. Ye.

- (2017) The decision support system for the classification of allergenic pollen types based on fuzzy expert data of pollen features on the microscope images. *Electrical and Computer Engineering (UKRCON): IEEE First Ukraine Conf. on 29 May-2 June 2017*. INNS: 17353707, doi: 10.1109/UKRCON.2017.8100368, pp. 850–856.
8. Mokin, V. B., Vuzh, T. Ye. (2017) Method of spatial-temporal estimation of parameters of stationary objects in space according to their total impact at one point. *Problemy informatsiinykh tekhnolohii*. Kherson: KhNTU, December [in Ukrainian].
 9. Martin, Michael D., Chamecki, Marcelo, Brush, Grace S. (2010) Anthesis synchronization and floral morphology determine diurnal patterns of ragweed pollen dispersal. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150, pp. 1307–1317, doi: 10.1016/j.agrformet.2010.06.001.
 10. Mokin, V. B., Rodinkova, V. V., Vuzh, T. Ye., Wojcik, W., Sailarbek, S. (2017) The improvement of the monitoring system on the basis of Burkard to raise the analysis accuracy for the allergic pollen found in the atmospheric air of the city. *Przegląd Elektrotechniczny*, ISSN 0033-2097, R. 93 NR 5/2017, doi: 10.15199/48.2017.05.17.
 11. Mokin, V. B., Vuzh, T. Ye., Wójcik, W., Imanbek, B. (2015) Control and minimization of allergenic plants impact on bronchial asthma morbidity, based on spatial-temporal data model. *SPIE 9816, Optical Fibers and Their Applications*, 98161M (December 18, 2015). doi:10.1117/12.2229083.
 12. Rodinkova, V. V., Motruk, I. I., Alexandrova, O. E. (2016) Influence of meteorological factors on the concentration of allergenic pollen of herbaceous plants in the atmospheric air of Vinnytsia region. *Visnyk Vinnytskoho natsionalnoho medychnoho universytetu*, No. 2 (20), pp. 366–369 [in Ukrainian].
 13. Mokin, V. B., Vuzh, T. Ye. (2015) Construction of a geoinformation model of natural harmful factors that affect the health of people, based on spatio-chronological model of data in a cylindrical coordinate system. *Suchasni informatsiini tekhnolohii upravlinnia ekolohichnoiu bezpekoiu, pryrodokorystuvanniam, zakhodamy v nadzvychainykh sytuatsiakh: XIV Internat. sci.-pract. conf.*, October, 5–9, Kyiv, pp. 121–125 [in Ukrainian].
 14. Mokin, V. B., Vuzh, T. Ye. Analysis of the risk of allergenic plants affecting the health of children or adults in settlements based on spatial-chronological data model. *Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia: professional coll.*, No. 16. Kyiv: KNUBAA, pp. 54–59 [in Ukrainian].

T. Ye. Vuzh, postgraduate student, senior lecturer,
e-mail: tatiana.vuzh@gmail.com

National M. I. Pirogov Medical University, Vinnytsya
Pirogova str., 56, Vinnytsya, 21000, Ukraine

INFORMATION TECHNOLOGY OF THE ANALYSIS OF SPATIAL-TEMPORAL INFLUENCE ON THE STATE OF ATMOSPHERIC AIR OF STATIONARY IN SPACE OBJECTS UNDER CONDITIONS OF UNCERTAINTY

A new information technology of the analysis of spatial-temporal influence on the state of atmospheric air of stationary in space objects under uncertainty has been developed. The influence is formalized as an individual risk of morbidity of each person, depending on its stay at one time or another in the zone where there is or is predicted increased pollution of atmospheric air. Typical natural and situational uncertainties for this task, related to the collection of input data, the knowledge of precise locations and other parameters of stationary in space sources of atmospheric air pollution, as well as the dynamics of emission from them are formulated. Known and author methods and approaches for revealing or minimizing these uncertainties on the example of the task of analyzing spatial-temporal influence of allergenic plants on city residents using the data of the European Aerobic Network, are offered.

Key words: information technology, spatial-temporal model, situational uncertainty, natural uncertainty, data analysis.

Стаття надійшла 06.03.2018.

*Рецензенти: В. Б. Мокін, д.т.н., професор,
А. Я. Кулик, д.т.н., професор.*