

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ВУЖ ТЕТЯНА ЄВГЕНІВНА

УДК 004.942+616.24

ДИСЕРТАЦІЯ

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПРОСТОРОВО-ХРОНОЛОГІЧНОГО
ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ АРЕАЛІВ АЛЕРГЕННИХ РОСЛИН НА
ЛЮДЕЙ ЗА УМОВ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ**

05.13.06 – Інформаційні технології

Технічні науки

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук_____

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Т. Є. Вуж

Науковий керівник _____ В. Б. Мокін, доктор технічних наук,
професор

Вінниця – 2018

АНОТАЦІЯ

Вуж Т. Є. Інформаційна технологія просторово-хронологічного оцінювання впливу ареалів алергенних рослин на людей за умов невизначеності – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 «Інформаційні технології». – Вінницький національний технічний університет, Вінниця, 2018.

Метою дисертаційного дослідження є підвищення точності оцінювання впливу ареалів алергенних рослин на стан здоров'я людей шляхом розроблення методів та інформаційної технології аналізу цього впливу для зменшення невизначеності його складових.

Науковою новизною виконаного дисертаційного дослідження визначено:

1. Удосконалено просторово-хронологічну інформаційну модель впливу ареалів алергенного пилку на стан здоров'я людей шляхом підвищення комплексності врахування характеристик джерел та об'єктів цього впливу, нормалізовану за типовими правилами для реляційних баз даних, що дозволило формалізувати види невизначеності цих характеристик. Запропоновано використання циліндричної системи координат при формалізації даних, що дозволило оптимізувати цю інформаційну модель.

2. Вперше запропоновано метод просторово-хронологічного оцінювання можливих місць розташування та параметрів стаціонарних у просторі ареалів алергенних рослин за даними лише одного посту аеробіологічного моніторингу за умов невизначеності, який відрізняється від існуючих, по-перше, використанням сплайн-апроксимації типових моделей генерування пилку, що дозволяє обробляти мінімальну кількість (2–3) послідовних вимірів за незмінного напрямку вітру; по-друге, використанням коефіцієнта «деформованості» графіка цих вимірювань для врахування

наростання невизначеності даних з плином часу від моменту генерування через змінність напрямку вітру на шляху перенесення пилку від ареалу до поста, по-третє, критерієм відбору найбільш достовірних варіантів можливого розташування ареалів пилку на основі аналізу припасованості сплайн-апроксимації до експериментальних точок, що дозволяє зменшити невизначеність визначення координат і параметрів ареалів.

3. Вперше розроблено інформаційну технологію просторово-хронологічного оцінювання впливу ареалів алергенних рослин на стан здоров'я людей в заданій точці перебування, яка відрізняється від існуючих комплексом методів для зменшення невизначеності складових цього впливу, що дозволяє підвищити точність оцінювання ризику впливу пилку на людину в заданій точці у заданий час, а також точність алергопрогнозів та обґрунтованість прийняття рішень щодо знищення чи зменшення розмірів виявлених ареалів алергенних рослин.

Практична цінність результатів роботи полягає у нижченаведеному:

1. Створено та успішно випробувано на реальних даних типове програмно-інформаційне забезпечення для реалізації запропонованих методів та інформаційної технології. Адаптовано до періодичності спостережень в Україні та апроксимовано відомі дані типових кривих інтенсивності продукування пилку амброзії протягом доби після сходу сонця, в залежності від відносної вологості повітря. Виведено математичні умови для обчислення допустимих значень для цих кривих з урахуванням змінного в часі коефіцієнта «деформованості» графіку даних вмісту пилку, зафіксованого на цьому посту, для врахування наростання невизначеності даних з плином часу від моменту продукування, через змінність напрямку вітру на шляху перенесення від місця продукування до посту. Отримані залежності успішно випробувано для даних по посту ЄАМ у м. Вінниці за 2013–2014 рр. Зокрема, за запропонованим у роботі методом підтверджено відомі та визначено нові можливі ареали розташування амброзії полинолістої у м. Вінниці. Виявлені закономірності

будуть цікавими і корисними як для органів влади і фахівців медичної галузі, біологам, екологам, так і для широких верств населення.

Методи формалізації та реалізації розробленої просторово-хронологічної інформаційної моделі і методів та алгоритмів обробки її даних можуть бути застосовані для розв'язання задачі підвищення точності алергопрогнозів та обґрунтованості прийняття рішень щодо знищення чи зменшення розмірів виявлених ареалів алергенних рослин.

2. Запропоновано і охарактеризовано три варіанти ефективного застосування розробленої інформаційної технології: побудова карти забруднення алергенним пилом на задану дату і час, проведення аналізу впливу наявних ареалів алергенних рослин на людей з точки зору вибору пріоритетності знищення цих ареалів за обмежених людських і фінансових ресурсів, пошук людиною оптимального маршруту свого перебування (пересування) на заданий час і дату.

3. Досягнуто підвищення точності моделі. Доведено, що розроблений метод визначення параметрів ареалів алергенних рослин є більш точним, ніж розрахунки за відомою моделлю SILAM за малих швидкостей вітру v :

при $v = 1$ м/с – у 22 рази, при $v = 2$ м/с – у 5,5 разів, при $v = 3$ м/с – у 2,5 разів, при $v = 4$ м/с – в 1,4 разів. Відповідно й підвищується точність оцінювання впливу (ризик впливу) ареалів алергенних рослин на людей. Якраз у розглянутих у роботі прикладах це дійсно мало місце (продукування у 2014 у Вінниці мало місце протягом 232-го–266-го днів, тобто 20.08.14-23.09.14, і, при цьому: тільки 5 (14%) разів середня швидкість була $v > 4,7$ м/с, а пік продукування припав на 240-ий–260-ий дні, коли таких випадків було лише 2 рази (9,5%)), що визначає межі ефективного застосування запропонованого методу для швидкостей вітру 1-4 м/с.

Отримані результати є корисними для:

- управління фітосанітарної безпеки Головного управління Держпродспоживслужби у Вінницькій області, що дозволить більш ефективно

виконувати Програму боротьби з амброзією полинолистою у Вінницькій області на 2017-2021 роки (затверджена рішенням 21-ої сесії Вінницької обласної Ради 7-го скликання від 30 червня 2017 року № 381), зокрема проводити прогнозування місцезнаходження ареалів шкідливих організмів (рослин), отримувати необхідну інформацію для складання прогнозів і сигналізації розвитку шкідливих організмів та прийняття рішення з проведення захисних заходів, а також проведення аналізу ризику шкодочинності виявлених організмів, розробляти та надавати рекомендації по здійсненню заходів, спрямованих на їх локалізацію та ліквідацію (акт впровадження від 4 квітня 2018 р.);

- навчального процесу і наукової діяльності кафедр медичних закладів вищої освіти – в якості розширення знань студентів щодо підходів та методів моделювання просторово-хронологічного впливу алергенних рослин на здоров'я людей, зокрема дітей. Також для підвищення рівня навчального процесу використовують запропоновані у дисертаційній роботі моделі формалізації даних щодо впливу алергенних рослин, що сприяє точному та швидкому визначенню обсягу обстеження хворих при дитячих захворюваннях, за рахунок уточнення видів алергенного пилку, який найбільше впливав на цих дітей протягом заданого терміну у заданих місцях (акт впровадження від 14 лютого 2018 р.);

- навчального процесу зі спеціальності 126 – «Інформаційні системи та технології» (освітня програма «Інформаційні технології аналізу даних та зображень») ВНТУ для навчання знанням та навичкам застосування інформаційних технологій обробки даних з використанням просторово-хронологічних моделей на прикладі аналізу впливу ареалів алергенних рослин на стан здоров'я людей на реальних і гіпотетичних прикладах (акт впровадження від 30 березня 2018 р.);

- обласних державних адміністрацій та місцевих органів влади для прийняття оперативних рішень щодо знищення ареалів алергенних рослин для

усунення чи зменшення причин захворювання людей шляхом видалення найбільш алергенних рослин з території міста набагато зменшить кількість випадків бронхіальної астми та алергічного риніту у населення міста;

- людей, які вразливі до алергенного пилку і хочуть планувати свій маршрут та розпорядок дня за мінімального впливу цього пилку, за рахунок того, що інформаційна технологія дозволяє робити більш точний та оперативний алергопрогноз з подальшим розміщенням цього прогнозу на спеціальних WEB-сервісах та у мас-медіа.

Також необхідно зазначити, що розроблену інформаційну технологію оцінювання впливу ареалів алергенних рослин на людей за умов невизначеності можна, за певного адаптування, застосовувати і для інших факторів впливу, які мають схожі просторово-хронологічні закономірності.

Ключові слова: інформаційна технологія, просторово-хронологічна модель, алергенний пилок, пилок амброзії полинолистої, Європейська система аеробіологічного моніторингу, невизначеність, геоінформаційні технології, система підтримки прийняття рішень, стан здоров'я людей.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

[1]. Т. Є. Вуж та В. Б. Мокін, «Оцінювання впливу просторово-розподілених шкідливих факторів на стан здоров'я населення на основі просторово-хронологічної моделі даних», *Міжнародний науково-технічний журнал "Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології"*, № 2 (28), с. 71–80, 2014.

[2]. Т. Є. Вуж та В. Б. Мокін, «Аналіз ризику впливу алергенних рослин на здоров'я дітей чи дорослих у населених пунктах на основі просторово-хронологічної моделі даних», *Фаховий збірник «Екологічна безпека та природокористування»*, № 16, с. 54–59, 2014.

[3]. T. Y. Vuzh, V. B. Mokin, V. V. Rodinkova, W. Wojcik and S. Salaybek, «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 5/2015, pp. 86–91, 2015 (журнал входить до наукометричної бази Scopus).

[4]. Т. Є. Вуж та В. Б. Мокін, «Метод просторово-часового оцінювання параметрів стаціонарних у просторі об'єктів по їх сумарному впливу в одній точці», *Фахове видання «Проблеми інформаційних технологій»*, №2 (022), с. 142–151, 2017.

[5]. Т. Є. Вуж, «Інформаційна технологія аналізу просторово-хронологічного впливу на стан атмосферного повітря стаціонарних у просторі об'єктів за умов невизначеності», *Вісник Черкаського державного технологічного університету. Технічні науки.*, № 1 2018, с. 105–114, 2018.

[6]. Т. Є. Вуж та В. Б. Мокін, «Метод просторово-хронологічного оцінювання параметрів ареалів амброзії за даними одного посту Європейської системи аеробіологічного моніторингу», *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 1, 2018, с. 126–135, 2018.

[7]. T. Y. Vuzh, V. B. Mokin, W. Wojcik and B. Imanbek, «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) 16TH CONFERENCE ON OPTICAL FIBERS AND THEIR APPLICATIONS*, Lublin and Naleczow, Poland, 22–25 September 2015. ISSN: 0277-786X. – doi: 10.1117/12.2229083. — Режим доступу: <http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?articleid=2478653>.

(входить до наукометричної бази Scopus)

[8]. T. Y. Vuzh, V. B. Mokin, O. M. Kozachko, V. V. Rodinkova and O. O. Palamarchuk, «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), 2017 IEEE First Ukraine*

Conference, Kyiv, 29 May–2 June 2017, pp. 850–856. INSPEC Accession Number: 17353707. Doi: 10.1109/UKRCON.2017.8100368. (входить до наукометричної бази Scopus)

[9]. Т. Є. Вуж та В. Б. Мокін, «Виявлення та аналіз закономірностей щодо можливих причин захворюваності дитячого населення Вінницької області на бронхіальну астму за допомогою інформаційних технологій», *Міжнародна науково-технічна конференція «Геоінформаційні системи і комп'ютерні технології еколого-економічного моніторингу»*, ДВНЗ Національний гірничий університет, м Дніпропетровськ, 9 – 11 квітня 2014 р., с. 99–104.

[10]. Т. Є. Вуж та В. Б. Мокін, «Контроль та мінімізація впливу алергенних рослин на стан захворюваності населення на бронхіальну астму на основі просторово-хронологічної моделі», *XII Міжнародна конференція «Контроль і управління в складних системах» (КУСС-2014)*, Вінниця, 14–16 жовтня 2014 року, с. 205.

[11]. Т. Є. Вуж та В. Б. Мокін, «Новий підхід до просторово-хронологічної формалізації впливу факторів на просторові об'єкти», *Міжнародна наукова конференції «Сучасні проблеми математичного моделювання та обчислювальних методів»*, Рівне, 19–22 лютого 2015 р., с. 53–54.

[12]. Т. Є. Вуж та В. А. Цимбалюк «Метод побудови оптимальної просторово-хронологічної інформаційної моделі формалізації впливу алергенних рослин на захворюваність людей», *XLIV регіональної науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області*, Вінниця, 11–13 березня 2015 [Електронний ресурс] Доступно: <http://conf.vntu.edu.ua/allvntu/2015/ineek/txt/tsimbalyuk.pdf>.

[13]. Т. Є. Вуж, В. Б. Мокін, В. В. Родінкова та В. А. Цимбалюк, «Виявлення зон і періодів часу підвищеної небезпеки захворюваності дітей м.

Вінниця бронхіальною астмою внаслідок впливу осередків амброзії за певних умов», *V Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю*, Вінниця, 23–26 вересня 2015 р., с. 107.

[14]. А. Я. Кулик, Т. Є. Вуж та Б. Ф. Коваль, *Експеримент в медицині. Комп'ютерні системи та інформаційні технології*, Монографія, Вінниця: ВНМУ, 2018. – 145 с.

[15]. Т. Є. Вуж, «Технологія пошуку шляхів зниження захворюваності населення міста на бронхіальну астму на основі просторово-хронологічної моделі», *IV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених з автоматичного управління*, Херсон, 11–13 квітня 2016 р., с. 32-36.

[16]. Т. Є. Вуж, В. Б. Мокін та О. М. Козачко, «Аналіз методів автоматичної класифікації видів пилку за мікроскопічними зображеннями в системі аеробіологічного моніторингу», *XLVI науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області*, Вінниця, 22–24 березня 2017 р. – [Електронний ресурс] Доступно: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/17451/3182.pdf?sequence=3>.

[17]. Т. Є. Вуж, В. Б. Мокін та Т. Г. Ревіна, «Аналіз засобів медичної діагностики для прогнозування індивідуального ризику захворювання під впливом забруднення атмосферного повітря», *XLVII науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області*, Вінниця, 22–24 березня 2018 р. [Електронний ресурс] Доступно: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2018/paper/view/5292/4341>.

[18]. Т. Є. Вуж та В. Б. Мокін, «Побудова геоінформаційні моделі природних шкідливих факторів, які впливають на стан здоров'я людей, на основі просторово-хронологічної моделі даних у циліндричній системі координат», *XIV Міжнародна науково-практична конференція: Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях*, Київ, 5–9 жовтня 2015 р, с. 121-125.

ABSTRACT

T. Y. Vuzh «Information technology of spatio-temporal estimation of influence of areas of allergenic plants on people in conditions of uncertainty». – Qualifying scientific work. On the rights of the manuscript.

Thesis for the degree of a candidate of technical sciences in specialty 05.13.06 – Information technologies. – Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, 2018.

The purpose of the dissertation research is to increase the accuracy of the assessment of the impact of the range of allergenic plants on the health of people through the development of methods and information technology for the analysis of this effect to reduce the uncertainty of its components.

The scientific novelty of the completed dissertation research is defined:

1. The spatial-temporal information model of the influence of allergenic pollen areas on the health of people was improved by increasing the complexity of taking into account the characteristics of the sources and objects of this influence, normalized according to the standard rules for relational databases, which allowed to formalize the types of uncertainty of these characteristics. The use of cylindrical coordinate system during data formalization has been proposed, which allowed to optimize this information model.

2. For the first time a method of spatial-temporal estimation of possible locations and parameters of stationary in the space of allergenic areas is proposed based on the data of only one aerobic monitoring post under uncertainty conditions, which differs from the existing, first, using spline approximation of typical pollen generation models, which allows to process a minimum number of (2-3) consecutive measurements in a constant wind direction, and secondly, using the "deformability" coefficient of the schedule of these measurements for the calculation the growth of the uncertainty of the data over time from the moment of generation, due to the variability of the direction of the wind in the way of transferring the pollen from the

range to the post, and thirdly, the criterion for selecting the most reliable options for the possible location of pollen ranges based on the analysis of the placement of spline approximation to the experimental points, which allows reduce the uncertainty of the determination of the coordinates and the parameters of the ranges.

3. For the first time the information technology of spatial-temporal estimation of influence of areas of allergenic plants on the state of health of people at a given point of stay, which differs from the existing complex of methods for reducing the uncertainty of components of this influence, has been developed, which allows to increase the accuracy of the assessment of the risk of pollutant exposure to a person in a given the point at a given time, as well as the accuracy of allergy predictions and the validity of making decisions to destroy or reduce the size of the identified areas of allergenic plants.

The practical value of the results of the work is as follows:

1. A typical software and information support for the realization of the proposed methods and information technology has been created and successfully tested on real data. Adapted to the frequency of observations in Ukraine and approximated the data of typical curves of the intensity of pollen production of ambergris during the day after sunrise, depending on the relative humidity of air. The obtained dependencies have been successfully tested for data on the post of the EAM in Vinnitsia for 2013–2014. In particular, the proposed method has confirmed the known and identified new possible areas for the location of ragweed in the city of Vinnitsia. The revealed patterns will be interesting and useful both for authorities and specialists in the medical industry, biologists, ecologists, and for the general population.

2. Three variants of effective application of the developed information technology are proposed and characterized: construction of a map of pollution by allergenic pollen for a given date and time, analysis of the influence of existing habitats of allergenic plants on people from the point of view of the priority of

destroying these habitats for limited human and financial resources, human searches the optimal route of they stay at a given time and date.

3. Improved model accuracy. It is proved that the developed method of determining the parameters of the range of allergenic plants is more accurate than the calculations according to the well-known model of SILAM at low wind velocities v : at $v = 1 \text{ m / s}$ – 22 times, at $v = 2 \text{ m / s}$ – at 5,5 times, at $v = 3 \text{ m / s}$ – 2,5 times, at $v = 4 \text{ m / s}$ – 1,4 times.

The results are useful:

- for the management of the Department of Phytosanitary Safety of the Main Department of the State Committee for Procurement of Consumer Goods in Vinnitsa Oblast, which will allow more effective implementation of the Program for Combating Regweedia in Vinnytsia Region for 2017-2021 (approved by the decision of the 21st session of the Vinnytsia Regional Council of the 7th convocation dated June 30, 2017, No. 381) that is to make prediction of the location of areas of harmful organisms (plants), to obtain the necessary information for the preparation of forecasts and signaling of the development of harmful organisms and to make decisions on the implementation of protective measures, as well as to carry out the analysis of the risk of harmfulness of the identified organisms, to develop and provide recommendations for the implementation of measures aimed at their localization and liquidation (confirmed by the relevant act of implementation);

- for the educational process and scientific activity of the departments of medical institutions of higher education - as an extension of students' knowledge about the approaches and methods of modeling the spatial- temporal influence of allergenic plants on the health of people, in particular children. Also, in order to improve the educational process, the models of data formalization on the influence of allergenic plants on various organs and systems in healthy and sick children are proposed in the dissertation, which helps to accurately and quickly determine the extent of examination of patients with diseases, by clarifying the types of allergen

pollen, which the most influence on these children during the given term in the given places (confirmed by the corresponding act of introduction);

- for the educational process of specialty 126 - "Information systems and technologies" (educational program "Information technology for data and image analysis") VNTU for training knowledge and skills of application of information technologies of data processing using spatial- temporal models on the example of analysis of influence of areas of allergenic plants. on the state of health of people on real and hypothetical examples (confirmed by the relevant act of introduction);

- for regional state administrations and local authorities to make operational decisions on the range of allergenic plants that are to be destroyed; eliminating the causes of human disease by removing the most allergenic plants from the city will significantly reduce the number of cases of bronchial asthma and allergic rhinitis in the city's population;

- for people who are vulnerable to allergenic pollen, because information technology will allow to make a more accurate and operational allergy prognosis, with the subsequent placement of this forecast on special WEB-services and in the mass media to familiarize them with the general public.

It should also be noted that the developed information technology for assessing the impact of areas of allergenic plants on people in conditions of uncertainty can, with some adaptation, be applied to other factors of influence in settlements and beyond that have similar spatial- temporal patterns.

Key words: information technology, spatial and chronological model, allergenic pollen, pollen of ragweed, European system of aerobic monitoring, uncertainty, geoinformation technologies, decision-support system, state of health of people.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ **Error! Bookmark not defined.**

ВСТУП..... 20

РОЗДІЛ 1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА АНАЛІЗ ВІДОМИХ ТЕХНОЛОГІЙ
ВПЛИВУ АЛЕРГЕННОГО ПИЛКУ НА СТАН ЗДОРОВ'Я ЛЮДЕЙ І
РОЗРОБЛЕННЯ ПРОСТОРОВО-ХРОНОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ ЦЬОГО
ВПЛИВУ **Error! Bookmark not defined.**1.1 Поняття стаціонарно розташованих ареалів алергенних рослин та
систем моніторингу їх впливу на стан здоров'я людей **Error! Bookmark not defined.**1.2 Аналіз інформаційних систем і технологій для моделювання
забруднення повітря алергенним пилком та його впливу на стан здоров'я
людей **Error! Bookmark not defined.**1.2.1 Огляд інформаційних систем і технологій для моделювання
забруднення повітря алергенним пилком **Error! Bookmark not defined.**1.2.2 Поняття просторово-хронологічних моделей на прикладі впливу
алергенного пилку на стан здоров'я людей та огляд інформаційних технологій
для аналізу таких моделей **Error! Bookmark not defined.**1.3 Побудова інформаційної моделі просторово-хронологічного
оцінювання впливу ареалів алергенних рослин на людей та класифікація видів
невизначеності її складових **Error! Bookmark not defined.**1.3.1 Аналіз факторів, які враховують вплив алергенних рослин на стан
здоров'я людей **Error! Bookmark not defined.**1.3.2 Розроблення просторово-хронологічної моделі впливу стаціонарних у
просторі об'єктів на атмосферне повітря та людей **Error! Bookmark not defined.**1.3.3 Аналіз та класифікація видів невизначеності складових просторово-
хронологічної моделі впливу ареалів алергенних рослин на здоров'я людей **Error! Book**1.4 Висновки до розділу та постановка задач дослідження **Error! Bookmark not def**

РОЗДІЛ 2 РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДІВ МІНІМІЗАЦІЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ, ЩО МАЮТЬ МІСЦЕ ПІД ЧАС ІДЕНТИФІКАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ

2.1 Створення системи підтримки прийняття рішень для розпізнавання алергенного пилку в атмосферному повітрі за його мікроскопічними зображеннями (невизначеність Н1)..... **Error! Bookmark not defined.**

2.1.1 Відомі підходи до класифікації алергенного пилку за його мікроскопічними зображеннями..... **Error! Bookmark not defined.**

2.1.2 Аналіз методів обробки даних і способи організації роботи СППР..... **Error! Bookmark not defined.**

2.2 Метод просторово-хронологічного оцінювання параметрів стаціонарних у просторі об'єктів за їх сумарним впливом на стан атмосферного повітря в одній точці моніторингу (невизначеність Н2)..... **Error! Bookmark not defined.**

2.2.1 Метод просторово-хронологічного оцінювання параметрів стаціонарних у просторі об'єктів за їх сумарним впливом в одній точці..... **Error! Bookmark not defined.**

2.2.2 Метод просторово-хронологічного оцінювання параметрів ареалів амброзії за даними лише одного посту ЄАМ..... **Error! Bookmark not defined.**

2.3 Підхід до уточнення переліку метеопараметрів у місцях розташування постів моніторингу ЄАМ (невизначеність Н3) **Error! Bookmark not defined.**

2.4 Удосконалення методу вибірки даних для аналізу комплексного ризику їх впливу на стан здоров'я людей на основі просторово-хронологічної моделі даних (невизначеність Н4) **Error! Bookmark not defined.**

2.4.1 Метод вибірки даних про фактори навколишнього середовища для аналізу ризику їх впливу на стан здоров'я людей на основі просторово-хронологічної моделі даних **Error! Bookmark not defined.**

2.4.2 Удосконалення методу вибірки даних для аналізу комплексного ризику їх впливу **Error! Bookmark not defined.**

2.5 Зменшення невизначеності щодо місця призначення перенесення пилку та удосконалення просторово-хронологічної моделі даних з використанням циліндричної системи координат (невизначеність Н5)..... **Error! Bookmark not defined.**

2.6 Оцінювання індивідуального ризику захворюваності людини від впливу алергенних рослин **Error! Bookmark not defined.**

2.7 Висновки до розділу **Error! Bookmark not defined.**

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОСТОРОВО-ХРОНОЛОГІЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ АРЕАЛІВ АЛЕРГЕННИХ РОСЛИН НА ЛЮДЕЙ ЗА УМОВ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ **Error! Bookmark not defined.**

3.1 Побудова UML-моделі варіантів використання розробленої інформаційної технології..... **Error! Bookmark not defined.**

3.2 Розроблення структури інформаційної технології у вигляді UML-моделі компонентів **Error! Bookmark not defined.**

3.3 Створення та формалізація етапів схеми роботи розробленої інформаційної технології..... **Error! Bookmark not defined.**

3.4 Порівняння точності запропонованої технології з технологією SILAM та визначення обмежень на її застосування **Error! Bookmark not defined.**

3.5 Рекомендації щодо застосування розробленої інформаційної технології..... **Error! Bookmark not defined.**

3.6 Висновки до розділу **Error! Bookmark not defined.**

РОЗДІЛ 4 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА АПРОБАЦІЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ..... **Error! Bookmark not defined.**

4.1. Приклади застосування інформаційної технології **Error! Bookmark not defined.**

4.1.1 Приклад побудови СППР для класифікації видів алергенного пилку для усунення невизначеності Н1 **Error! Bookmark not defined.**

4.1.2. Приклад роботи методу просторово-хронологічного оцінювання параметрів ареалів алергенних рослин по їх сумарному впливу в одній точці для усунення невизначеності Н2 **Error! Bookmark not defined.**

4.2 Аналіз засобів медичного експрес-діагностування алергічних захворювань для усунення невизначеності Н4 **Error! Bookmark not defined.**

4.3 Збирання, формалізація, аналіз та візуалізація медичних даних та даних про наявність пилку у повітрі за допомогою ГІС «Астматик» **Error! Bookmark not defined.**

4.4 Приклад побудови карт ризику впливу алергенних рослин на стан здоров'я людей **Error! Bookmark not defined.**

4.5 Впровадження результатів роботи інформаційної технології **Error! Bookmark not defined.**

4.5.1 Впровадження результатів роботи інформаційної технології для виробничого процесу Головного управління Держпродспоживслужби у Вінницькій області **Error! Bookmark not defined.**

4.5.2 Впровадження результатів розробленої інформаційної технології у навчальному процесі кафедр медичних та технічних закладів вищої освіти **Error! Bookmark not defined.**

4.6 Висновки до розділу **Error! Bookmark not defined.**

ВИСНОВКИ..... **Error! Bookmark not defined.**

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 31

ДОДАТКИ..... **Error! Bookmark not defined.**

Додаток А Акти впровадження **Error! Bookmark not defined.**

Додаток Б Аналіз актуальності проблеми захворювання населення на бронхіальну астму **Error! Bookmark not defined.**

Додаток В Алгоритм обробки зібраних даних щодо вмісту та концентрації пилку в повітрі..... **Error! Bookmark not defined.**

Додаток Г Огляд науково-дослідних проєктів за фінансування Європейської комісії за програмою «FP7-PEOPLE» та проєкту Pasyfo **Error! Bookmark not defined.**

Додаток Д Прикладів потужних інформаційних ресурсів, на яких фіксуються та прогнозуються метеорологічні дані **Error! Bookmark not defined.**

Додаток Е Вимірювання наявності пилку у повітрі на посту ЄАМ у м. Вінниця..... **Error! Bookmark not defined.**

Додаток Ж Огляд відомих просторово-хронологічних моделей **Error! Bookmark not defined.**

Додаток З Таблиці із вхідними даними, зібраними лікарями в результаті опитувань пацієнтів та досліджень вчених-біологів у сфері аеробіологічного моніторингу..... **Error! Bookmark not defined.**

Додаток К Схематичний вигляд інформаційної моделі та видів невизначеності задачі..... **Error! Bookmark not defined.**

Додаток Л Основні ознаки п'ятьох видів пилку, характерних для України (за даними поста ЄАМ у м. Вінниці) **Error! Bookmark not defined.**

Додаток М Приклад застосування удосконаленого методу «кошиків» **Error! Bookmark not defined.**

Додаток Н Свідоцтво на реєстрацію авторського права на твір **Error! Bookmark not defined.**

Додаток П Список публікацій за тематикою дисертації **Error! Bookmark not defined.**

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження

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 ареали алергенних рослин, що своїм пилком забруднюють атмосферу, а забруднене атмосферне повітря, у свою чергу, негативно впливає на стан здоров'я як окремих найбільш вразливих до цього людей, так і населення в цілому [1]-[19]. 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: система моніторингу стану атмосфери, система метеорологічного моніторингу та Європейська аеробіологічна мережа (ЄАМ). В Україні теж є пости моніторингу, які входять до цих європейських і світових мереж. Дані обробляють за допомогою таких глобальних математичних моделей, як SILAM («System for Integrated modelling of Atmospheric composition»), що є провідною у Європі для моделювання розповсюдження пилку. І такими дослідженнями, зокрема аналізом забруднення атмосфери пилком алергенних рослин, займається велика кількість вчених у всьому світі. В Європі провідними у цій сфері є Гельсінський університет, Фінський метеорологічний інститут та інші університети, а провідними фахівцями в цьому напрямку вважається М. Соф'єв, П. Сіл'ямо, Х. Ранта, Т. Лінкосало, А. Расмуссен, А. Рантьо-Летімакі, О. Сєверова, М. Пранк, В. Родінкова та інші, які розробили модель SILAM, займаються дослідженнями закономірностей за даними аеробіологічного моніторингу, моделюють стан забруднення атмосфери різними чинниками над Європою та консолідуєть усі європейські дослідження у цій сфері.

Але поки мережа систем моніторингу в Україні та інших країнах уздовж границь ЄС не стане достатньо щільною з перекриттям зон контролю, вони

будуть використовуватись у цих моделях лише як додаткові чи контрольні для перевірки прогностичних функцій моделей [19]. Отже, головною особливістю системи моніторингу стану забруднення атмосферного повітря пилом в Україні та аналізу і прогнозування впливу цього забруднення на стан здоров'я населення країни є розмаїття видів та рівнів невизначеності, що не дозволяє ефективно застосовувати відомі у світі моделі, методи та інформаційні технології.

Важливим є аналіз не тільки наслідків забрудненого повітря для людей, а й – причини появи такого забруднення, що дозволить, приймати оптимальні рішення щодо зменшення чи усунення їх впливу, прогнозувати захворювання людей на певні хвороби, розробляти ефективні програми їх лікування тощо.

Моделювання впливу стаціонарних об'єктів на стан атмосферного повітря за даними різних моніторингових мереж, як правило, здійснюють на основі просторово-хронологічних моделей (або просторово-часових, англ. варіант: *spatial-temporal* або *spatiotemporal*) [20], тобто моделей, параметри яких одночасно змінюються і в часі, і у просторі. За відсутності достатнього обсягу достовірних даних такі моделі проблематично ідентифікувати, але у випадку стаціонарних у просторі об'єктів-джерел забруднення з певними незмінними протягом періоду моделювання характеристиками, така ідентифікація стає можливою, хоча б у першому наближенні.

Тому актуальним є розроблення моделей, методів та інформаційної технології, які забезпечать можливість аналізу просторово-хронологічного впливу ареалів алергенних рослин на стан здоров'я людей за умов невизначеності факторів, що їх враховують ці моделі. Особливо цінним є не тільки розроблення методологічної теоретичної бази, а й розроблення алгоритмів та комп'ютерних програм, які дозволятимуть обробляти вітчизняні дані з європейських моніторингових мереж, дозволять знаходити нові закономірності та робити ефективно прогнозування впливу забруднення атмосферного повітря на стан здоров'я людей.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Тема дисертаційної роботи відповідає науковому напрямку досліджень за такими науково-дослідними роботами Вінницького національного технічного університету (ВНТУ) на замовлення Міністерства освіти і науки України, де здобувач була виконавцем: «Інформаційна технологія обробки параметрів просторово-часових моделей даних динамічних багатозв'язних просторово-розподілених систем» (№ держреєстрації 0115U001122, 2015-2016 рр.) та «Інформаційні технології проектування, оптимізації та застосування ГІС-інтегрованих систем баз даних і моделей процесів у складних системах» (№ держреєстрації 0117U000574, 2017 р.).

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційного дослідження є підвищення точності оцінювання впливу ареалів алергенних рослин на стан здоров'я людей шляхом розроблення методів та інформаційної технології аналізу цього впливу для зменшення невизначеності його складових.

У результаті проведеного аналізу для досягнення поставленої мети сформульовано нижчевказані задачі дослідження.

1. Здійснити аналіз існуючих методів моделювання впливу алергенного пилку на стан здоров'я людей, а також підходів до збирання, формалізації та обробки даних про них і просторово-хронологічних моделей подібних процесів.

2. Розробити комплексну інформаційну модель просторово-хронологічного впливу алергенних рослин на стан здоров'я людей, яка враховує і причини, і наслідки такого впливу, та класифікувати види невизначеності її складових, яку слід зменшити.

3. Розробити комплекс методів для зменшення невизначеності складових комплексної просторово-хронологічної моделі та інформаційної технології аналізу впливу ареалів алергенних рослин на стан здоров'я людей.

4. Розробити структуру запропонованої інформаційної технології у вигляді концептуальних UML-моделей варіантів використання та компонентів

для запропонованої інформаційної технології.

5. Створити типове програмно-інформаційне забезпечення для реалізації запропонованих методів та складових інформаційної технології та випробувати його за даними європейських систем моніторингу та реальних польових досліджень.

Об'єкт дослідження – процес впливу пилку алергенних рослин на стан здоров'я людей з урахуванням просторових і хронологічних закономірностей.

Предмет дослідження – методи та інформаційна технологія просторово-хронологічного оцінювання впливу ареалів алергенних рослин на стан здоров'я людей за умов невизначеності за даними метеорологічного та аеробіологічного моніторингу.

Методи дослідження містять загальнонаукову методологію проведення досліджень і принципи системного підходу. У дослідженнях використовувались такі методи: під час формалізації просторово-хронологічних інформаційних моделей — методи обробки просторових і хронологічних даних з використанням підходів технічної кібернетики та теорії системного аналізу, зокрема метод «кошиків»; під час інтерполювання часових та просторових даних – методи чисельного та геостатистичного аналізів; для автоматизації обробки даних – методи обробки даних бібліотек мови програмування R та пакетів програм для роботи з геоінформаційними системами.

Наукова новизна отриманих результатів

1. Удосконалено просторово-хронологічну інформаційну модель впливу ареалів алергенного пилку на стан здоров'я людей шляхом підвищення комплексності врахування характеристик джерел та об'єктів цього впливу, нормалізовану за типовими правилами для реляційних баз даних, що дозволило формалізувати види невизначеності цих характеристик. Запропоновано використання циліндричної системи координат при формалізації даних, що дозволило оптимізувати інформаційну модель.

2. Вперше запропоновано метод просторово-хронологічного оцінювання можливих місць розташування та параметрів стаціонарних у просторі ареалів алергенних рослин за даними лише одного посту аеробіологічного моніторингу за умов невизначеності, який відрізняється від існуючих, по-перше, використанням сплайн-апроксимації типових моделей генерування пилку, що дозволяє обробляти мінімальну кількість (2–3) послідовних вимірів за незмінного напрямку вітру; по-друге, використанням коефіцієнта «деформованості» графіка цих вимірювань для врахування наростання невизначеності даних з плином часу від моменту генерування, через змінність напрямку вітру на шляху перенесення пилку від ареалу до посту, по-третє, критерієм відбору найбільш достовірних варіантів можливого розташування ареалів пилку на основі аналізу припасованості сплайн-апроксимації до експериментальних точок, що дозволяє зменшити невизначеність визначення координат і параметрів ареалів.

3. Вперше розроблено інформаційну технологію просторово-хронологічного оцінювання впливу ареалів алергенних рослин на стан здоров'я людей в заданій точці перебування, яка відрізняється від існуючих комплексом методів для зменшення невизначеності складових цього впливу, що дозволяє підвищити точність оцінювання ризику впливу пилку на людину в заданій точці у заданий час, а також точність алергопрогнозів та обґрунтованість прийняття рішень щодо знищення чи зменшення розмірів виявлених ареалів алергенних рослин.

Практичне значення отриманих результатів.

Практична цінність результатів роботи полягає в нижченаведеному.

1. Створено та успішно випробувано на реальних даних типове програмно-інформаційне забезпечення для реалізації запропонованих методів та інформаційної технології. Адаптовано до періодичності спостережень в Україні та апроксимовано відомі дані типових кривих інтенсивності продукування пилку амброзії протягом доби після сходу сонця, залежно від

відносної вологості повітря. Виведено математичні умови для обчислення допустимих значень для цих кривих з урахуванням змінного в часі коефіцієнта «деформованості» графіка даних вмісту пилку, зафіксованого на цьому посту, для врахування наростання невизначеності даних з плином часу від моменту продукування через змінність напрямку вітру на шляху перенесення від місця продукування до посту. Отримані залежності успішно випробувано для даних на посту ЄАМ у м. Вінниці за 2013–2014 рр. Зокрема, за запропонованим у роботі методом підтверджено відомі та визначено нові можливі ареали розташування амброзії полинолистої у м. Вінниці. Виявлені закономірності будуть цікавими і корисними як для органів влади і фахівців медичної галузі, біологам, екологам, так і для широких верств населення.

Методи формалізації та реалізації розробленої просторово-хронологічної інформаційної моделі і методів та алгоритмів обробки її даних можуть бути застосовані для розв'язання задачі підвищення точності алергопрогнозів та обґрунтованості прийняття рішень щодо знищення чи зменшення розмірів виявлених ареалів алергенних рослин.

2. Запропоновано та охарактеризовано три варіанти ефективного застосування розробленої інформаційної технології: побудова карти забруднення алергенним пилком на задану дату і час, проведення аналізу впливу наявних ареалів алергенних рослин на людей з точки зору вибору пріоритетності знищення цих ареалів за обмежених людських і фінансових ресурсів, пошук людиною оптимального маршруту свого перебування (пересування) на заданий час і дату.

3. Досягнуто підвищення точності моделі. Доведено, що розроблений метод визначення параметрів ареалів алергенних рослин є більш точним, ніж розрахунки за відомою моделлю SILAM за малих швидкостей вітру v :

при $v = 1$ м/с – у 22 рази, при $v = 2$ м/с – у 5,5 рази, при $v = 3$ м/с – у 2,5 рази, при $v = 4$ м/с – в 1,4 рази. Відповідно підвищується й точність оцінювання впливу (ризик впливу) ареалів алергенних рослин на людей. Якраз у

розглянутих у роботі прикладах це дійсно мало місце (продукування у 2014 р. у м. Вінниці мало місце протягом 232-го–266-го днів, тобто 20.08.14-23.09.14, і при цьому: тільки 5 (14%) разів середня швидкість була $v > 4,7$ м/с, а пік продукування припав на 240-ий–260-ий дні, коли таких випадків було лише 2 рази (9,5%)), що визначає межі ефективного застосування запропонованого методу для швидкостей вітру 1-4 м/с.

Отримані результати є корисними для:

- управління фітосанітарної безпеки Головного управління Держпродспоживслужби у Вінницькій області, що дозволить більш ефективно виконувати Програму боротьби з амброзією полинолистою у Вінницькій області на 2017-2021 роки (затверджена рішенням 21-ої сесії Вінницької обласної Ради 7-го скликання від 30 червня 2017 року № 381), зокрема проводити прогнозування місцезнаходження ареалів шкідливих організмів (рослин), отримувати необхідну інформацію для складання прогнозів і сигналізації розвитку шкідливих організмів та прийняття рішення з проведення захисних заходів, а також проведення аналізу ризику шкодочинності виявлених організмів, розробляти та надавати рекомендації по здійсненню заходів, спрямованих на їх локалізацію та ліквідацію (акт впровадження від 4 квітня 2018 р.);

- навчального процесу і наукової діяльності кафедр медичних закладів вищої освіти – в якості розширення знань студентів щодо підходів та методів моделювання просторово-хронологічного впливу алергенних рослин на здоров'я людей, зокрема дітей. Також для підвищення рівня навчального процесу використовують запропоновані у дисертаційній роботі моделі формалізації даних щодо впливу алергенних рослин, що сприяє точному та швидкому визначенню обсягу обстеження хворих при дитячих захворюваннях, за рахунок уточнення видів алергенного пилку, який найбільше впливав на цих дітей протягом заданого терміну у заданих місцях (акт впровадження від 14 лютого 2018 р.);

- навчального процесу зі спеціальності 126 – «Інформаційні системи та технології» (освітня програма «Інформаційні технології аналізу даних та зображень») ВНТУ для навчання знанням та навичкам застосування інформаційних технологій обробки даних з використанням просторово-хронологічних моделей на прикладі аналізу впливу ареалів алергенних рослин на стан здоров'я людей на реальних і гіпотетичних прикладах (акт впровадження від 30 березня 2018 р.);

- обласних державних адміністрацій та місцевих органів влади для прийняття оперативних рішень щодо знищення ареалів алергенних рослин для усунення чи зменшення причин захворювання людей шляхом видалення найбільш алергенних рослин з території міста набагато зменшить кількість випадків бронхіальної астми та алергічного риніту у населення міста;

- людей, які вразливі до алергенного пилку і хочуть планувати свій маршрут та розпорядок дня за мінімального впливу цього пилку, за рахунок того, що інформаційна технологія дозволяє робити більш точний та оперативний алергопрогноз з подальшим розміщенням цього прогнозу на спеціальних WEB-сервісах та у мас-медіа.

Також необхідно зазначити, що розроблену інформаційну технологію оцінювання впливу ареалів алергенних рослин на людей за умов невизначеності можна, за певного адаптування, застосовувати і для інших факторів впливу, які мають схожі просторово-хронологічні закономірності.

Особистий внесок здобувача

Усі результати, що виносяться на захист, отримані особисто. У роботах [5], [15] здобувачеві належать усі теоретичні та практичні результати. У роботах, опублікованих у співавторстві, автору дисертаційної роботи належать такі результати: [1], [7], [10]–[12], [18] – систематизовано фактори, які впливають на стан атмосферного повітря та стан здоров'я людей, розроблено та оптимізовано комплексну інформаційну модель, яка їх враховує і пов'язує, запропоновано удосконалений метод «кошиків» для аналізу просторово-

хронологічних даних про вплив амброзії; [2] – розроблено вираз для обчислення ризику захворюваності людей з урахуванням різних факторів; [3] – проведено кореляційний аналіз між вмістом пилку амброзії в атмосферному повітрі м. Вінниці та основними метеопказниками; [4], [6] – розроблено математичне та алгоритмічне забезпечення методу просторово-хронологічного оцінювання параметрів стаціонарних у просторі об'єктів за їх сумарним впливом в одній точці; [8], [16] – систематизовано та формалізовано на основі теорії нечіткої логіки ознаки різних видів пилку на їх мікроскопічних зображеннях при побудові системи підтримки прийняття рішень (СППР) для автоматизованої класифікації цих видів; [9], [13] – здійснено картування та проведено просторовий аналіз ареалів алергенних рослин, оцінено їх вплив на стан здоров'я людей та проведено іншу обробку даних за запропонованою інформаційною технологією; [14] – проведено огляд методів інтерполяції та апроксимації даних моніторингу, [17] – проведено огляд та аналіз засобів медичної діагностики для прогнозування індивідуального ризику захворювання під впливом забруднення атмосферного повітря.

Апробація матеріалів дисертації. Основні наукові результати та практичні розробки дисертаційної роботи пройшли апробацію на 12 наукових конференціях:

- SPIE 9816, Optical Fibers and Their Applications 2015, 98161M (December 18, 2015), 16th Conference On Optical Fibers And Their Applications, 22-25 September 2015, Lublin and Naleczow, Poland;

- Electrical and Computer Engineering (UKRCON), 2017 IEEE First Ukraine Conference on 29 May-2 June 2017, Kyiv;

- XIV Міжнародна науково-практична конференція: «Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях», НАН України, м. Київ, 5-9 жовтня 2015 р.;

- Міжнародна науково-технічна конференція «Геоінформаційні системи і комп'ютерні технології еколого-економічного моніторингу», ДВНЗ Національний гірничий університет, м Дніпро, 9-11 квітня 2014 р.;
- XII Міжнародна конференція «Контроль і управління в складних системах» (КУСС-2014), Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця, 14-16 жовтня 2014 року;
- Міжнародна наукова конференція «Сучасні проблеми математичного моделювання та обчислювальних методів», Рівненський державний гуманітарний університет, 19-22 лютого 2015 р.;
- V-ий Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія / Ecology – 2015), Вінниця, 23-26 вересня, 2015 р.;
- Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених з автоматичного управління, ХНТУ, Херсон, 11-13 квітня 2016 р.;
- XLIV регіональна науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області, ВНТУ, Вінниця, 11-13 березня 2015 р.;
- XLV регіональна науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області, ВНТУ, Вінниця, 9-10 березня 2016 р.;
- XLVI регіональна науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області, ВНТУ, Вінниця, 22-24 березня 2017 р.;
- XLVII регіональна науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю

працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області ВНТУ, Вінниця, 22-24 березня 2018 р.

Публікації.

Всього за тематикою дисертаційного дослідження опубліковано 18 наукових праць. В тому числі опубліковано 1 статтю у науковому періодичному виданні Польщі з наукометричної бази видань Scopus [3]. Опубліковано 5 статей у фахових журналах України з технічних наук [1], [2], [4]-[6], 7 матеріалів міжнародних наукових конференцій [7]-[11], [13], [18] (в т.ч. 2 матеріали доповідей на конференціях, які увійшли до збірників, зареєстрованих у міжнародній наукометричній базі Scopus [7], [8]), видано в електронному вигляді монографію [14], матеріали доповіді на всеукраїнській науковій конференції [15], 3 тез доповідей регіональних наукових конференцій [12], [16], [17].

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг дисертації становить 214 сторінок, у тому числі: 141 сторінка основного тексту, 47 рисунків, 20 таблиць, список використаних джерел із 132 найменувань, кількість додатків -13.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1]. Т. Є. Вуж та В. Б. Мокін, «Оцінювання впливу просторово-розподілених шкідливих факторів на стан здоров'я населення на основі просторово-хронологічної моделі даних», *Міжнародний науково-технічний журнал "Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології"*, №2 (28), с. 71–80, 2014.

[2]. Т. Є. Вуж та В. Б. Мокін, «Аналіз ризику впливу алергенних рослин на здоров'я дітей чи дорослих у населених пунктах на основі просторово-хронологічної моделі даних», *Фаховий збірник «Екологічна безпека та природокористування»*, № 16, с. 54–59, 2014.

[3]. Т. Y. Vuzh, V. B. Mokin, V. V. Rodinkova, W. Wojcik and S. Salaybek, «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 5/2015, pp. 86–91, 2015 (журнал входить до наукометричної бази Scopus).

[4]. Т. Є. Вуж та В. Б. Мокін, «Метод просторово-часового оцінювання параметрів стаціонарних у просторі об'єктів по їх сумарному впливу в одній точці», *Фахове видання «Проблеми інформаційних технологій»*, № 2 (022), с. 142–151, 2017.

[5]. Т. Є. Вуж, «Інформаційна технологія аналізу просторово-хронологічного впливу на стан атмосферного повітря стаціонарних у просторі об'єктів за умов невизначеності», *Вісник Черкаського державного технологічного університету. Технічні науки.*, № 1 2018, с. 105–114, 2018.

[6]. Т. Є. Вуж та В. Б. Мокін, «Метод просторово-хронологічного оцінювання параметрів ареалів амброзії за даними одного посту Європейської системи аеробіологічного моніторингу», *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 1, 2018, с. 126–135, 2018.

[7]. T. Y. Vuzh, V. B. Mokin, W. Wojcik and B. Imanbek, «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) 16TH CONFERENCE ON OPTICAL FIBERS AND THEIR APPLICATIONS*, Lublin and Naleczow, Poland, 22–25 September 2015. ISSN: 0277-786X. – doi: 10.1117/12.2229083. — Режим доступу: <http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?articleid=2478653>.

(входить до наукометричної бази Scopus)

[8]. T. Y. Vuzh, V. B. Mokin, O. M. Kozachko, V. V. Rodinkova and O. O. Palamarchuk, «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), 2017 IEEE First Ukraine Conference, Kyiv, 29 May–2 June 2017*, pp. 850–856. INSPEC Accession Number: 17353707. doi: 10.1109/UKRCON.2017.8100368. (входить до наукометричної бази Scopus)

[9]. Т. Є. Вуж та В. Б. Мокін, «Виявлення та аналіз закономірностей щодо можливих причин захворюваності дитячого населення Вінницької області на бронхіальну астму за допомогою інформаційних технологій», *Міжнародна науково-технічна конференція «Геоінформаційні системи і комп'ютерні технології еколого-економічного моніторингу»*, ДВНЗ Національний гірничий університет, м Дніпропетровськ, 9 – 11 квітня 2014 р., с. 99–104.

[10]. Т. Є. Вуж та В. Б. Мокін, «Контроль та мінімізація впливу алергенних рослин на стан захворюваності населення на бронхіальну астму на основі просторово-хронологічної моделі», *XII Міжнародна конференція «Контроль і управління в складних системах» (КУСС-2014)*, Вінниця, 14–16 жовтня 2014 року, с. 205.

[11]. Т. Є. Вуж та В. Б. Мокін, «Новий підхід до просторово-хронологічної формалізації впливу факторів на просторові об'єкти», *Міжнародна наукова конференції «Сучасні проблеми математичного*

моделивання та обчислювальних методів», Рівне, 19–22 лютого 2015 р., с. 53–54.

[12].Т. Є. Вуж та В. А. Цимбалюк «Метод побудови оптимальної просторово-хронологічної інформаційної моделі формалізації впливу алергенних рослин на захворюваність людей», *XLIV регіональної науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області, Вінниця, 11–13 березня 2015 [Електронний ресурс] Доступно: <http://conf.vntu.edu.ua/allvntu/2015/ineek/txt/tsimbalyuk.pdf>.*

[13].Т. Є. Вуж, В. Б. Мокін, В. В. Родінкова та В. А. Цимбалюк, «Виявлення зон і періодів часу підвищеної небезпеки захворюваності дітей м. Вінниця бронхіальною астмою внаслідок впливу осередків амброзії за певних умов», *V Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю, Вінниця, 23–26 вересня 2015 р., с. 107.*

[14].А. Я. Кулик, Т. Є. Вуж та Б. Ф. Коваль, *Експеримент в медицині. Комп'ютерні системи та інформаційні технології*, Монографія, Вінниця: ВНМУ, 2018. – 145 с.

[15].Т. Є. Вуж, «Технологія пошуку шляхів зниження захворюваності населення міста на бронхіальну астму на основі просторово-хронологічної моделі», *IV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених з автоматичного управління, Херсон, 11–13 квітня 2016 р., с. 32-36.*

[16].Т. Є. Вуж, В. Б. Мокін та О. М. Козачко, «Аналіз методів автоматичної класифікації видів пилку за мікроскопічними зображеннями в системі аеробіологічного моніторингу», *XLVI науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області, Вінниця,*

22–24 березня 2017 р. – [Електронний ресурс] Доступно: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/17451/3182.pdf?sequence=3>.

[17]. Т. Є. Вуж, В. Б. Мокін та Т. Г. Ревіна, «Аналіз засобів медичної діагностики для прогнозування індивідуального ризику захворювання під впливом забруднення атмосферного повітря», *XLVII науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області*, Вінниця, 22–24 березня 2018 р. [Електронний ресурс] Доступно: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2018/paper/view/5292/4341>.

[18]. Т. Є. Вуж та В. Б. Мокін, «Побудова геоінформаційні моделі природних шкідливих факторів, які впливають на стан здоров'я людей, на основі просторово-хронологічної моделі даних у циліндричній системі координат», *XIV Міжнародна науково-практична конференція: Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях*, Київ, 5–9 жовтня 2015 р, с. 121-125.

[19]. M. Smitha, L. Cecchib, C. A. Skjothc, G. Karrerd and B. Šikoparija «Common ragweed: A threat to environmental health in Europe», *Environment International*, Volume 61, P. 115-126, November 2013. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2013.08.005>

[20]. Н. Ю. Маєєєва та О. В. Прыход'ко, «Аналіз особливостей та асиметриї розподілу пилюк амброзій і поднякпалінтсиї у повітрі міста Запоріжжя», *Наукowyzhurnal «ScienceRise: BiologicalScience»*, №4 (7), 2017.

[21]. M. Sofiev, P. Siljamo, H. Ranta, T. Linkosalo, S. Jaeger, A. Rasmussen, A. Rantio-Lehtimaki, E. Severova and J. Kukkonen, «A numerical model of birch pollen emission and dispersion in the atmosphere. Description of the emission

module», *Int. J. Biometeorol*, # 57 (2013), pp. 45-48, 2013. doi 10.1007/s00484-012-0532-z.

[22]. В. М. Боголюбов, М. О. Клименко, В. Б. Мокін та ін., *Моніторинг довкілля : підручник*, Херсон, Україна : Грінь Д.С., 2011.

[23]. В. М. Боголюбов, М. О. Клименко, В. Б. Мокін, *Моніторинг довкілля : підручник*, [2-е вид., перероб. і доп.], Вінниця, Україна : ВНТУ, 2010.

[24]. В. Б. Мокін, А. В. Поплавський, М. П. Боцула та А. Р. Яцолт, *Технології обробки та моделювання екологічної та економічної інформації*, Вінниця, Україна : ВНТУ, 2015. — 120 с.

[25]. Сайт наукових проєктів за фінансування Європейської комісії за програмою «FP7-PEOPLE» - Доступно: https://cordis.europa.eu/programme/rcn/848_en.html

[26]. Проєкт 328289 – POLLEN – Доступно: https://cordis.europa.eu/result/rcn/176529_en.html

[27]. Zimmermann Boris, «Chemical characterization and identification of Pinaceae pollen by infrared microspectroscopy», *Planta* 2016. doi:10.1007/s00425-017-2774-9

[28]. Boris Zimmermann et al., «A high-throughput FTIR spectroscopy approach to assess adaptive variation in the chemical composition of pollen», *Inc. Ecology and Evolution* 2017. doi:10.1002/ece3.3619, pmc:PMC5743575

[29]. Boris Zimmermann, «Chemical characterization and identification of Pinaceae pollen by infrared microspectroscopy», *Planta* 2017. doi:10.1007/s00425-017-2774-9

[30]. Проєкт 282687 – АТОРІСА – Доступно: https://cordis.europa.eu/result/rcn/171069_en.html

[31]. Vincent E. P Lemaire , Augustin Colette and Laurent Menut, «Using statistical models to explore ensemble uncertainty in climate impact studies: the example of air pollution in Europe», *European Geosciences Union Atmospheric Chemistry and Physics* 2016. doi:10.5194/acp-16-2559-2016

[32]. Augustin Colette et al., «European atmosphere in 2050, a regional air quality and climate perspective under CMIP5 scenarios», *European Geosciences Union Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, Vol 13, Iss 3, Pp. 6455-6499, 2013. doi:10.5194/acp-13-7451-2013, doi:10.5194/acpd-13-6455-2013

[33]. Iain Lake et al., «Climate Change and Future Pollen Allergy in Europe», *National Institute of Environmental Health Sciences Environmental Health Perspectives*, 2017. doi:10.1289/EHP173, pmc:PMC5332176

[34]. Проект 241557 PASODOBLE – Доступно: https://cordis.europa.eu/result/rcn/141390_en.html

[35]. A. Monteiro, «Investigating a high ozone episode in a rural mountain site», *Environmental Pollution* 2012. doi:10.1016/j.envpol.2011.11.008

[36]. L. Klüser, P. Kleiber, T. Holzer-Popp and V. H. Grassian, «Desert dust observation from space – Application of measured mineral component infrared extinction spectra», *Atmospheric Environment* 2012. doi:10.1016/j.atmosenv.2012.02.011

[37]. Pilvi Siljamo et al., «A numerical model of birch pollen emission and dispersion in the atmosphere. Model evaluation and sensitivity analysis», *Springer-Verlag International Journal of Biometeorology* 2012. doi:10.1007/s00484-012-0539-5, pmc:PMC3527737

[38]. Сайт з інформацією про програму Pasyfo – Доступно: <https://www.youtube.com/watch?v=2rANKsk5INk&sns=fb>

[39]. Сайт з інформацією про програму Pollen – Доступно: <https://rus.lsm.lv/statja/novosti/obschestvo/na-pomosch-allergikam-prishlo-mobilnoe-prilozhenie.a274777/>

[40]. Сайт з мобільним додатком Pollen – Доступно: <https://play.google.com/store/apps/details?id=screencode.pollenwarndienst&hl=sw;>

[41]. M. V. Galperin, «Approaches for improving the numerical solution of the advection equation», *Large-Scale Computations in Air Pollution Modelling, Proc.*

NATO Advanced Research Workshop on Large Scale Computations in Air Pollution Modelling; Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 161–172, Sofia, 1999.

[42].M. V. Galperin, «The Approaches to Correct Computation of Airborne Pollution Advection», *In Problems of Ecological Monitoring and Ecosystem Modelling. XVII (in Russian)*, pp. 54–68, St.Petersburg: Gidrometeoizdat, 2000.

[43].M. Sofiev, «Extended resistance analogy for construction of the vertical diffusion scheme for dispersion models», *J. of Geophys. Research, Atmosphere*, №107, D12, 2002.

[44].M. Sofiev, M. Galperin and E. Genikhovich, «Construction and evaluation of Eulerian dynamic core for the air quality and emergency modeling system SILAM», *NATO Science for piece and security Serties C: Environmental Security. Air pollution modelling and its application*, XIX SPRINGER-VERLAG BERLIN, 2008. – PP. 699–701.

[45].M. Sofiev, «A model for the evaluation of long-term airborne pollution transport at regional and continental scales», *Atmospheric Environment*, No.15, pp. 2481-2493, 2000.

[46].R. Kouznetsov and M. Sofiev, “A methodology for evaluation of vertical dispersion and dry deposition of atmospheric aerosols”, *Journal of Geophysical Research*, 117(D01202), 2012.

[47].E. Solazzo et al., «Operational model evaluation for particulate matter in Europe and North America in the context of AQMEII», *Atmospheric Environment*, №53, P.75–92, 2012.

[48].S. Tsyro, W. Aas, J. Soares, M. Sofiev, H. Berge, and G. Spindler, «Modelling of sea salt pollution over Europe: key uncertainties and comparison with observations Atmos», *Chem. Phys.*, №11, pp. 10367–10388. doi:10.5194/acp-11-10367-2011, 2011.

[49].M. Sofiev et al., «An operational system for the assimilation of satellite information on wild-land fires for the needs of air quality modelling and forecasting», *Atmos. Chem. Phys.*, №9, pp. 6833-6847, 2009.

[50].M. Sofiev et al., «A numerical model of birch pollen emission and dispersion in the atmosphere. Description of the emission module», *Int. J. Biometeorology*, PMID 22410824, 2012. doi: 10.1007/s00484-012-0532-z.

[51].NatAir: «Improving and applying methods for the calculation of natural and biogenic emissions and assessment of impacts to the air quality», Final report of NAtAir project, contract No. 513 699, Ed. R.Friedrish, University of Stuttgart, pp. 193, 2007.

[52].A. Poupkou et al., «A model for European Biogenic Volatile Organic Compound emissions: Software development and first validation», *Atm. Environ*, № 25, pp. 845-1856, 2010.

[53].J. Vira and M. Sofiev, «On variational data assimilation for estimating the model initial conditions and emission fluxes for the short-term forecasting of SO_x concentrations», *Atmosph. Environ*, № 46, pp.318-328, 2012.

[54]. Marje Prank, Daniel S. Chapman, James M. Bullock, Jordina Belmonte and others, «An operational model for forecasting ragweed pollen release and dispersion in Europe», *Agricultural and Forest Meteorology*, Volumes 182 – 183, pp. 43–53, 15 December 2013.

doi: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2013.08.003>

[55]. Michael D. Martin, Marcelo Chamecki and Grace S. Brush, «Anthesis synchronization and floral morphology determine diurnal patterns of ragweed pollen dispersal», *Agricultural and Forest Meteorology*, №150 (2010), P.1307–1317. doi 10.1016/j.agrformet.2010.06.001.

[56]. Сайт з рухом вітрів, океанських течій та прогнозом метеоумов –
Доступно: <https://www.windy.com>

[57]. Глобальна карта вітрів, погодних умов та океанських течій –
Доступно: <https://earth.nullschool.net>

[58]. Сайт з погодними умовами у 243 країнах світу з метеостанцій SYNOP та METAR – Доступно: <http://rp5.ua>

- [59]. D. Mendez, A. J. Perez, M. A. Labrador and J. J. Marron, «A participatory sensing system for air pollution monitoring and control», *Pervasive Computing and Communications Workshops*, pp. 344–347, 2011.
- [60]. A. B. Lawson, H. R. Song, B. Cai, Md. M. Hossain, K. Huang, «Space-time latent component modeling of geo-referenced health data», *Statistics in Medicine*, Volume 29, Issue 19, pp. 2012–2027, 30 August 2010.
- [61]. J. D. Lin, C. T. Hung and C. T. Chen, «Applying a spatiotemporal object database to an urban pavement management system», *Advanced Materials Research*, Volume 723, pp. 812–819, 2013.
- [62]. G. Pérez-Verdin, M. A. Márquez-Linares, A. Cortés-Ortiz and M. Salmerón-Macias, «Spatial-temporal analysis of fire occurrence in Durango, Mexico», *Madera Bosques*, Volume 19, Issue 2, pp. 37–58, 2013.
- [63]. A. Pelliccioni and T. Tirabassi, «Air pollution model and neural network: an integrated modelling system», *IL NUOVO CIMENTO*, 22 p., May, 2008.
- [64]. M. D. Ugarte, T. Goicoa and A. F. Militino, «Spatio-temporal modeling of mortality risks using penalized splines», *Environmetrics*, Volume 21, Issue 3-4, pp. 270–289, May 2010. doi: 10.1002/env.1011.
- [65]. Р. Н. Кветний, О. Р. Бойко та І. П. Борщова, «Система прийняття рішень для безпілотних літаків», *Оптика – електронні інформаційно – енергетичні технології*, №1, С. 102 – 105, 2010 .
- [66]. A. Guenther et al., «A global model of natural volatile organic compound emissions», *J. Geophys. Res.* 100, pp. 8873-8892, 1995.
- [67]. M. Sofiev, J. Soares, M. Prank, G. Leeuw and J. Kukkonen, «A regional-to-global model of emission and transport of sea salt particles in the atmosphere», *JGR*, #116, D21302, 2011.
- [68]. Guozo Gidofalvi, «Spatio-Temporal Data Mining for Location-Based Services», *Daisy Associate*, pp. 104–109, Dec. 17, 2007.
- [69]. Rainu Nandal, «Spatio-Temporal Database and Its Models: A Review University Institute of Engineering and Technology», M .D. University, India *IOSR*

Journal of Computer Engineering (IOSR-JCE) e-ISSN: 2278-0661, p- ISSN: 2278-8727 Volume 11, Issue 2, pp. 91–100, May. – Jun. 2013.

[70].K. Venkateswara Rao, A. Govardhan and K. V. Chalapati Rao. «Spatiotemporal data mining: issues tasks and applications», *International Journal of Computer Science & Engineering Survey (IJCSES)*, Vol.3, No.1, pp. 31-52, February 2012.

[71].Zhilin Zhang, Tzyy-Ping Jung, Scott Makeig, Zhouyue Pi and Bhaskar D. Rao, «Spatiotemporal Sparse Bayesian Learning with Applications to Compressed Sensing of Multichannel Physiological Signals», *IEEE Trans. on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, Vol. 22, № 6, pp. 1186-1197, 2014.

[72].Sonia Rathee and AmitaYadav, «Survey on Spatio-Temporal Database and Data Models with relevant Features», ISSN 2250-3153, *International Journal of Scientific and Research Publications*, Volume 3, Issue 1, pp. 1–5, January 2013.

[73].О. В. Глонь та В. М. Дубовой, «Модельовання систем керування в умовах невизначеності : монографія», 169 с., Вінниця: УНІВЕРСУМ, Вінниця, 2004.

[74].В. М. Дубовой та О. Д. Никитенко, «Застосування алгоритмічної моделі до оптимізації інформаційно-обчислювальних систем в умовах невизначеності», *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, с. 9-13, 2005.

[75].В. М. Дубовой, О. Д. Никитенко та Е. Д. Никитенко, «Оптимізація підсистем збору даних АСУТП в умовах комбінованої невизначеності», 2011.

[76].В. М. Дубовой та О. Д. Никитенко, «Формалізація перетворень алгоритмічних моделей систем керування в умовах невизначеності», *Вісник Хмельницького національного університету*, Т1 (68), 2006.

[77].О. В. Бісікало та О. М. Васілевський, «Оцінка невизначеності вимірювання сенсу природно-мовних конструкцій», *Радіоелектроніка, інформатика, управління*, 2016.

[78].В. М. Дубовий, Р. Н. Кветний, О. І. Михальов та А. В. Усов, «Моделювання та оптимізація систем : підручник», Вінниця: ПП «ТД Едельвейс», 2017.

[79].М. З. Згуровский та Н. Д. Панкратова, «Системный анализ: проблемы, методология, приложения», К.: Изд-во «Наук.думка», 2011.

[80].А. І. Поворознюк, К. В. Стебліна та К. А. Білецький, «Інформаційні технології підтримки прийняття рішень при проведенні діагностично-лікувальних заходів», *Вестник НТУ "ХПИ"*, № 39 (1012), с. 150–155, 2013.

[81].А. И. Поворознюк, «Система поддержки принятия решений при проведении лечебно-диагностических мероприятий», *Вестник Нац. техн. ун-та "ХПИ" : сб. науч. тр. Темат. вып. : Новые решения в современных технологиях*, Харьков : НТУ "ХПИ", № 36 (1079), с. 5–10, 2014.

[82].А. І. Поворознюк та Є. С. Харченко, «Застосування нечіткої логіки в комп'ютерних системах медичної діагностики», *Вестник НТУ "ХПИ"*, № 33 (1142), с. 125–132, 2015.

[83].Ю. О. Гнатовська, «Розробка медичних діагностичних систем реального часу», *Наукові праці. Комп'ютерні технології*, випуск 77, том 90, с.130-136.

[84].О. М. Мацуга, «Інформаційна технологія обробки неоднорідних медичних даних для підтримки прийняття рішень під час діагностики», Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, ДНУ, Дніпропетровськ, 2007.

[85]. С. Galan et al., «EAS QC Working Group Pollen monitoring: minimum requirements and reproducibility of analysis», December 2014, volume 30, Issue 4, P.385-395.

[86].М. Hesse et al., «Pollen Terminology: An illustrated», Wien, NewYork, Springer, p.266, 2009.

[87].Celeste Chudyk, Hugo Castaneda, Romain Leger, Islem Yahiaoui and Frank Boochs, « Development of an Automatic Pollen Classification System Using

Shape, Texture and Aperture Features», Proceedings of the LWA 2015, Workshops: KDML, FGWM, IR, and FGDB, Trier, Germany, 7–9 October 2015, <http://ceur-ws.org>, pp. 65-74.

[88]. U. Heimann, L. Haus, D. Zuhlke, «Fully Automated Pollen Analysis and Counting: The Pollen Monitor» BAA500. SENSOR+TEST Conference 2009 – OPTO 2009 Proc., pp. 125 –128.

[89]. Olga Ritenberga, Mikhail Sofiev, Victoria Kirillova, Laimdota Kalnina and Eugene Genikhovich, «Statistical modelling of non-stationary processes of atmospheric pollution from natural sources: example of birch pollen», *Agricultural and Forest Meteorology*, Volumes 226-227, pp. 96 –10715, October 2016.

[90]. M. Muradil et al., «Reevaluation of pollen quantitation by an automatic pollen counter», *Allergy Asthma Proc.*, Sep-Oct, 31(5):422-7, 2010.

[91]. Alain Boucher et al., “Development of a semi-automatic system for pollen recognition”, *Aerobiologia*, Volume 18, Issue 3, pp. 195–201, 2002.

[92]. Gary Allen, «An Automated Pollen Recognition System», Master of Eng. Thesis, Massey University, New Zealand, 2006, p. 150.

[93]. Gildardo Lozano Vega, «Image-based detection and classification of allergenic pollen», *Signal and Image processing*, Universite de Bourgogne, 2015.

[94]. Marcos del Pozo-Bailos et al., «Image Processing for Pollen Classification», 2012.

[95]. Shraddha Dasharathrao Gadge and Vijay L. Agrawal, «Plant classification with pollen characters using Neural Network. A Review», *International Journal of Engineering Research and General Science*, Volume 4, Issue 2, March-April, 2016.

[96]. Dietlind Zuehlke, Tina Geweniger, Ulrich Heimann and Thomas Villmann, «Fuzzy Fleiss-K for Comparison of Fuzzy Classifiers», *ESANN'2009 proceedings, European Symposium on Artificial Neural Networks, Advances in Computational Intelligence and Learning*, Bruges (Belgium), 22-24 April 2009.

[97]. Vitalii B. Mokin, Georgii V. Goriachev, Konstantin O. Bondaletov, Serhii O. Zhukov, Mariusz Duk and Saltanat Sailarbek, «Information measuring systems with mobile devices for identification of air pollution parameters caused by transport», *Proc. SPIE 10031, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments*, 1003128 (September 28, 2016), doi: 10.1117/1.2249202.

[98]. С. Д. Штовба, «Порівняння критеріїв навчання нечіткого класифікатора», *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 6, с. 84-91, 2007.

[99]. Ю. І. Мітюшкін, Б. І. Мокін та О. П. Ротштейн, «*Soft Computing: ідентифікація закономірностей нечіткими базами знань*», Монографія, Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2002.

[100]. С. Д. Штовба, «Проектирование нечетких систем средствами MATLAB», М.: Горячая линия , 288 с., Телеком, 2007.

[101]. S. Shtovba, O. Pankevich and A. Nagorna, «Analyzing the criteria for fuzzy classifier learning», *Automatic Control and Computer Sciences*, v. 49, №3, pp.123-132, 2015.

[102]. В. Б. Мокін, «Математичні моделі для контролю та управління якістю річкових вод: монографія», Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005.

[103]. Christos Efstathiou, Sastry Isukapalli and Panos Georgopoulos, «A mechanistic modeling system for estimating large-scale emissions and transport of pollen and co-allergens», *Atmospheric Environment*, 45 (2011), pp. 2260-2276. doi10.1016/j.atmosenv.2010.12.008.

[104]. В. Б. Мокін та В. А. Цимбалюк, «Методика просторово-хронологічного визначення територій населених пунктів з підвищеною для життєдіяльності населення небезпекою через вплив алергенних рослин», *Екологічна безпека та природокористування*, № 3, с. 73-80, 2015.

- [105]. A. Stach, M. Smith, C. A. Skjith and J. Brandt, «Examining Ambrosia pollen episodes at Poznań (Poland) using back-trajectory analysis», *International Journal of Biometeorology*, Volume 51, Issue 4, pp 275–286, March 2007.
- [106]. В. М. Дубовий, Р. Н. Кветний, О. І. Михальов та А. В. Усов, «Моделювання та оптимізація систем : підручник», Вінниця: ПП «ТД Едельвейс», 2017.
- [107]. J. D. Lin, C. T. Hung and C. T. Chen, «Applying a spatiotemporal object database to an urban pavement management system», *Advanced Materials Research*, Volume 723, P. 812-819, 2013.
- [108]. H. Quick, S. Banerjee, B. Carlin, «Modeling temporal gradients in regionally aggregated California asthma hospitalization data», *Annals of Applied Statistics*, Volume 7, Issue 1, P. 154-176, 2013.
- [109]. А. Качинський, «Сучасні проблеми екологічної безпеки України», *Препринт / Національний інститут стратегічних досліджень*, № 33, 48 с., Київ, 1994.
- [110]. G. Minelli, S. Conti, V. Manno, A. Olivieri and V. Ascoli, «The geographical pattern of thyroid cancer mortality between 1980 and 2009 in Italy», *Thyroid*, Volume 23, Issue 12, pp. 1609—1618, 2013.
- [111]. S. Sugam, G. Shashi and T. Udoyara Sunday, «Parametric database approach integration for handling temporal data in GIS», *Geo-Spatial Information Science*, Volume 16, Issue 2, pp. 91—99, 2013.
- [112]. G. Shashi and Udoyara Sunday T., «Geo-Spatial Information Science», Volume 16, Issue 2, pp. 91-99, 2013.
- [113]. G. Minelli, S. Conti, V. Manno, A. Olivieri and V. Ascoli, «The geographical pattern of thyroid cancer mortality between 1980 and 2009 in Italy» *Thyroid*. Volume 23, Issue 12, pp. 1609-1618, 2013.

[114]. Дж. Мюллер, «Базы данных и UML проектирование», М.: Изд-во Лори, 2002. Доступно: <https://docs.kde.org/trunk4/uk/kdesdk/umbrello/uml-basics.html>

[115]. В. М. Боровик, О. І. Труш та О. М. Крива, «Програмні компоненти проектування діаграм UML», *Проблеми інформатизації та управління*, №3(31), С. 14-19, Національний авіаційний університет, Київ, 2010.

[116]. «A Tutor Learning Management Tools», [Електронний ресурс]. Доступно: <http://atutor.ca/atutor/docs/index.php>.

[117]. «Автоматизовані інформаційні технології оброблення, управління та аналізу інформації. Інформаційні технології обробки даних» [Електронний ресурс]. Доступно: http://pidruchniki.com/74241/informatika/avtomatizovani_informatsiyi_tehnologiyi_obroblennya_upravlinnya_analizu_informatsiyi

[118]. Сайт системи інтегрованого моделювання складу атмосферного повітря SILAM. Доступно: <https://wiki.helsinki.fi/display/AMG/SILAM++System+for+Integrated+modeling+of+Atmospheric+composition>

[119]. Сайт бази даних Європейської аеробіологічної мережі (ЕАМ). Доступно: <https://www.polleninfo.org>

[120]. В. В. Родінкова, «Основний аеропалінологічний спектр міст центральної, південної та східної України», *Досягнення біології та медицини*, №2 (22), с. 11- 15, 2013

[121]. Сайт виробника пристрою та додатку для контролю за астмою – Доступно: <http://healthcareoriginals.com>

[122]. Сайт виробника пристроїв для контролю алергічних реакцій. – Доступно: <http://madebychip.com/aibi.html>

[123]. Звіт про роботу пульмонологічної служби Вінницької області за 2011 рік.

[124]. Г. Н. Дранник, «Клиническая иммунология и аллергология», М.: ООО «Медицинское информационное агенство», 2003.

[125]. А. М. Большаков, В. Н. Крутько та Е. В. Пуцилло, «Оценка и управление рисками влияния окружающей среды на здоровье населения», М.: Эдиториал УРСС, 1999.

[126]. А. В. Фишер, «Организация хранения хронологических данных в базах данных систем мониторинга и прогнозирования», *Научный журнал КубГАУ*, №79(05), с.15-25, 2012.

[127]. Zuberbier, J. Lotvall, S Simoens, S. V. Subramanian and M. K Church, «Economic burden of inadequate management of allergic diseases in the European Union», a GA (2) LEN review, *Allergy*, № 69(10), 2014 Oct. doi: 10.1111/a11.12470.

[128]. V. V. Rodinkova, «Airborne pollen spectrum and hay fever type prevalence in Vinnytsya, central Ukraine», *Acta Agrobotanica*, 68 (№4), pp.383-389, 2015.

[129]. Lain R. Lake et al., «Climate Change and Future Pollen Allergy in Europe», National institute of Enviromental Health Sciences, August 2016.

[130]. В. В. Родінкова, І. І. Мотрук та О. Є. Александрова, «Вплив метеорологічних факторів на концентрацію алергенного пилку трав'янистих рослин в атмосферному повітрі Вінницької області», *Вісник Вінницького національного медичного університету*, №2 (Т.20), с. 366–369, 2016.

[131]. «Програми боротьби з амброзією полинолистою у Вінницькій області на 2017-2021 роки», прийнята та затверджена рішенням 21 сесії Вінницької обласної Ради 7 скликання від 30 червня 2017 року №381.

[132]. Родінкова В. В. «Особенности розповсюдження алергенного пилку *Artemisia* в атмосфері міст степової та лісостепової зон України», *Studia Biologica* 2014, Том 8/№1, С. 125–136, 2014