

ной части Тарханкутского полуострова морского климата, который сменяется в равнинном Крыму (полу) континентальным. Современные тенденции изменения континентальности в Крыму, отражая общие направления изменения климата (увеличение температуры воздуха и годовой суммы осадков), имеют неоднозначный характер: согласно показателям, основанным на оценке годовой амплитуды

температуры воздуха, на большей части территории полуострова отмечается общее уменьшение континентальности климата, а согласно показателям соотношения осадков, наоборот, увеличение.

**Рецензент: доктор географических наук,
профессор Б. А. Вахрушев**

Література:

1. Агрокліматичний довідник по Автономній республіці Крим (1986-2005 рр.) // За ред. в.о. начальника ЦГМ в АРК О. І. Прудка та к.геогр.н. Т. І. Адаменко. — Сімферополь: ЦГМ в АРК, 2011. — 34 с.
2. Ведь И.П. Влияние Черного моря и Крымских на континентальность климата Крыма / И.П. Ведь // Доклады XV Международной конференции по метеорологии Карпат. — К., 1991. — 136-140
3. Иванов Н.Н. Об определении величины континентальности климата / Н.Н. Иванов // Изв. Всесоюзного Географического общества. — 1953. — Т. 85, вып. 4. — С. 455-457.
4. Иванов Н.Н. Пояса континентальности земного шара / Н.Н. Иванов // Изв. Всесоюзного Географического общества. — 1959. — Т. 91, вып. 5. — С. 410-423
5. Климатический атлас Крыма / Приложение к научно-практическому дискуссионно-аналитическому сборнику «Вопросы развития Крыма». — Симферополь: Таврия-Плюс, 2000. — 120 с.
6. Рубинштейн Е.С. О влиянии распределения океанов и суши на земном шаре на температуру воздуха. / Е.С. Рубинштейн // Изв. Всесоюзного Географического общества. — 1953. — Т. 85, вып. 4. — С. 373-381.
7. Хромов С.П. К вопросу о континентальности климата / С.П. Хромов. — Изв. Всесоюзного Географического общества. — 1957. — Т. 89, вып. 3. — С. 222-225.
8. Хромов С.П. Метеорологический словарь / С.П. Хромов, Л.И. Мамонтова. — Л.: Гидрометеиздат, 1974. — 568 с.
9. Швер Ц.А. Атмосферные осадки на территории СССР / Ц.А. Швер. — Л.: Гидрометеиздат, 1976. — 302 с.
10. Справочник по климату СССР. Вып.10. Украинская ССР. Части 1-5. — Л.: Гидрометеиздат, 1966, 1967, 1969.

УДК 911.5:519.2

О. С. Мкртчян

Львівський національний університет імені Івана Франка

ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КЛІМАТИЧНИХ ПОЛІВ

В статті розглянуто питання інтерполяції метеоданих і створення на її основі ГИС-шарів кліматичних полів, на основі аналізу праць дослідників різних країн за останні кілька десятиліть. Розглянуто поширені методи інтерполяції кліматичних даних; особлива увага приділена методам, які враховують зв'язки між кліматичними показниками та чинниками, що впливають на їхній просторовий розподіл. Охарактеризовано особливості впливу на кліматичні показники деяких морфометричних параметрів рельєфу, які можуть бути визначені за цифровими моделями рельєфу засобами ГИС.

Ключові слова: інтерполяція, кліматичні поля, регресійний крігінг.

А. С. Мкртчян

ГЕОІНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

В статье рассмотрены вопросы интерполяции метеоданных и создания на ее основе ГИС-слоев климатических полей, на основе анализа работ исследователей разных стран за последние несколько десятилетий. Рассмотрены распространенные методы интерполяции климатических данных; особое внимание уделено методам, которые учитывают связи между климатическими показателями и факторами, которые влияют на их пространственное распределение. Охарактеризовано особенности влияния на климатические показатели некоторых морфометрических параметров рельефа, которые могут быть определены по цифровым моделям рельефа средствами ГИС.

Ключевые слова: интерполяция, климатические поля, регрессионный кригинг.

A. Mkrtchian

GIS-MODELING OF CLIMATIC FIELDS

The paper deals with the issue of the interpolation of meteorological data and the creation of GIS-layers of climatic fields based on analysis of the works of researchers from various countries for the last several decades. The popular methods of climatic data interpolation are discussed, with special attention given to the methods that take into account the relationships between climatic parameters and factors influencing their distribution. The peculiar features of the influences of morphometric relief parameters on climatic characteristics determinable by GIS techniques based on DTM have been characterized.

Keywords: interpolation, climatic fields, regression kriging

Вступ. Просторово розподілені кліматичні дані мають широке коло застосування у ряді прикладних сфер (тематичне атласне картографування, точне землеробство, ландшафтне планування, туристично-рекреаційне зонування, проектування об'єктів, чутливих до кліматичних характеристик — аеропорти, інші об'єкти транспортної та військової інфраструктури, тощо). Серед розмаїття кліматичних елементів, які є предметом спостережень на метеостанціях і метеопостах, найбільше значення мають картування розподілу величин атмосферних опадів, температури повітря, сумарної сонячної радіації і радіаційного балансу, а також частоти прояву небезпечних метеорологічних явищ (граду, грози, туману тощо).

Точність та надійність створених кліматичних карт залежить як від якості вихідних даних (даних спостережень метеостанцій), так і від адекватності методу просторової інтерполяції цих даних. Останнє має важливе значення через як правило невисоку щільність мережі метеоспостережень, що потребує особливої уваги до методів визначення значень між пунктами цієї мережі. Від того, наскільки адекватним є обраний метод інтерполяції, наскільки точно він здатний передати реальну картину просторової варіації кліматичної змінної, залежить точність отриманих ГІС-шарів та карт.

Вихідні положення. Методи інтерполяції геопросторових даних можна умовно поділити на ті, що базуються на аналізі геопросторової структури лише даних, що становлять предмет інтерполяції, та такі, що залучають додаткові дані, що пов'язані з ними та, маючи більшу просторову детальність, можуть виступати в ролі індикаторів. До першої групи відносяться глобальні та локальні детерміністичні методи інтерполяції — методи трендових поверхонь, локальних поліномів, сплайнів, тощо, та геостатистичний метод інтерполяції, також відомий як крігінг. Останній базується на статистичному аналізі залежності між відмінністю значень характеристики у пунктах спостережень та відстанню між цими пунктами [2]. За відсутності додаткової інформації, крігінг є найбільш ефективною методикою інтерполяції точкових кліматичних даних, випереджаючи за точністю передбачення такі методи, як поліноміальні трендові поверхні, полігони Тіссена та метод зворотних зважених відстаней [20]. Проте використання даного методу для інтерполяції кліматичних даних обмежене тим, що просторовий діапазон варі-

абельності таких даних, особливо в районах зі складним рельєфом, часто є меншим, ніж звичайна відстань між метеостанціями. Через це в межах діапазону варіограми (який може складати від десятків до перших сотень км [3, 8]) потрапляє недостатня кількість пунктів спостережень, і геостатистична інтерполяція є малоефективною.

За наявності детальних просторово розподілених даних, що демонструють зв'язок з інтерпольованим кліматичним елементом, доцільне використання методів, які використовують цей зв'язок і відповідні дані для деталізації інтерполяції. В якості таких допоміжних даних найчастіше використовуються цифрові моделі рельєфу (ЦМР), проте можуть використовуватись й інші детальні геопросторові дані. Методи, які використовуються для інтерполяції із залученням додаткових даних, включають метод тонкоплитчастих сплайнів, кокрігінгу та регресійного крігінгу.

Метою дослідження є аналіз досвіду застосування найпоширеніших методів інтерполяції кліматичних даних і перспективи застосування цих методів у створенні детальних цифрових шарів і карт кліматичних елементів для території України.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо послідовно найпоширеніші методи інтерполяції кліматичних даних з використанням допоміжних просторово розподілених даних. Метод тонкоплитчастих сплайнів широко використовується для інтерполяції кліматичних поверхонь. Сплайни можна розглядати як аналог стандартної множинної регресії у трьох вимірах (географічні координати та абсолютні висоти), де замість параметричної моделі використовується плавна непараметрична функція [10]. Даний метод зокрема використаний при створенні кліматичної бази даних для Китаю з використанням ЦМР (кліматичні поверхні середньомісячних температур повітря і місячних сум опадів) [14]. Метод тонкоплитчастих сплайнів покладений в основу алгоритму ANUSPLIN [14]. Даний алгоритм, в свою чергу, було застосовано при створенні глобальних кліматичних поверхонь для місячних сум опадів, середньомісячних мінімальних, середньодобових і максимальних температур повітря та деяких біокліматичних показників з просторовою роздільністю 30 арк-секунд (база даних 'WorldClim') [13].

Ряд методів інтерполяції кліматичних даних і створення растрових шарів кліматичних показників базується на дослідженні зв'язків між кліматичними показниками та чинниками, що здатні вплива-

ти на їхній просторовий розподіл. Найчастіше мова йдеться про висоту місцевості: при цьому розраховують вертикальний градієнт певного кліматичного показника. Слід зважати на те, що вплив висоти місцевості на кількість атмосферних опадів виявляється в межах просторового масштабу, що залежить від характерного масштабу атмосферних процесів, що спричиняють опади (фронтальні системи чи локальні конвекційні комірки). Загалом, усереднене значення висоти в околицях 6-9 км від метеостанції вважається кращим предиктором кількості опадів, ніж висота безпосередньо самої станції. [1, 7]. Крім того, у випадку наявності гірських хребтів та орографічних бар'єрів, розташованих перпендикулярно до переважаючого напрямку руху вологих повітряних мас, зона максимальної кількості опадів може не співпадати з гребенем хребта чи підняття, зміщуючись у навітряний чи підвітряний бік в залежності від морфометричних особливостей бар'єру [19].

Оскільки на великих за розмірами територіях можуть співіснувати різні орографічні режими формування опадів, залежності між кількостями опадів та висотою часто виявляють локальну специфіку. Тому вертикальний градієнт, обрахований для цілої території, недостатньо адекватно відбиватиме залежність на місцевому рівні. Американськими дослідниками створено статистично-топографічну модель PRISM, яка визначає кліматичні показники опадів шляхом обрахунку залежностей опади-висота всередині індивідуальних топографічних граней (суцільних ділянок з однаковою експозицією поверхні) [7].

Характерною особливістю залежності між висотою місцевості та температурним режимом є наявність температурних інверсій, які найчастіше мають місце вночі та в холодну пору року. Через це зв'язок між висотою місцевості та деякими кліматичними параметрами (насамперед, мінімальною температурою) нерідко має нелінійний характер; так, профіль мінімальних температур, проведений через основні локальні нерівності рельєфу в межах низької та середньогір'я, демонструватиме два мінімуми (що відповідають рівням днів долин та вершин) і максимум, який відповідає проміжним значенням висоти («теплий пояс» на схилах). Максимальні температури, натомість, суттєво пов'язані із величиною надходження сонячної радіації, яка перерозподіляється в залежності від нахилу і експозиції поверхні. Ряд дослідників вказують, що адекватне моделювання температурного режиму в умовах складного рельєфу потребує врахування, окрім загального ефекту зменшення температур з висотою, ефектів впливу експозиції поверхні на температурні максимуми та впливу застою холодного повітря в пониженнях рельєфу на температурні мінімуми [5, 18]. Останній ефект може бути опосередковано відображений через відстані від русел водотоків.

Деякі інші топографічні та географічні параметри також можуть бути використані як індикатори процесів, що впливають на кліматичні показни-

ки. Так, відомими є ефекти впливу на клімат великих водних резервуарів (і зменшення цього впливу зі збільшенням віддалі від них), впливу великих населених пунктів та промислових вузлів («теплові острови»). Слід згадати дослідження [12], метою якого було створення детального (1 * 1 км) набору даних щомісячних температур для регіону Великих Альп. В основу було покладено метод множинної регресії з регіоналізацією. Крім абсолютної висоти і вищезгаданого ефекту застою холодного повітря, дана модель враховувала ефекти впливу широти і довготи, ефект віддалі від морських берегів, ефект наближеності до великих озер та міст. В результаті вдалось досягти величини середньої стандартної помилки, яка не перевищувала 1°C.

Перспективним підходом до моделювання кліматичних полів є регресійний крігінг. Даний метод передбачає побудову моделі множинної регресії (ММР) за допоміжними змінними, та геостатистичну інтерполяцію (крігінг) залишкових відхилень цієї моделі.

Математичне рівняння моделі регресійного крігінгу має такий вигляд:

$$z(s_0) = m(s_0) + e(s_0) = \sum_{k=0}^p \beta_k \cdot q_k(s_0) + \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot e(s_i)$$

де $z(s_0)$ — передбачення моделі регресійного крігінгу; s_0 — пункт, для якого роблять передбачення; s_i — пункти метеоспостережень; $m(s_0)$ — детермінований член (передбачення ММР); $e(s_0)$ — інтерпольовані залишкові відхилення; $q_k(s_0)$ — значення допоміжних змінних (наприклад, морфометричних параметрів) у пункті, для якого роблять передбачення; β_k — оцінки коефіцієнтів детерміністичної моделі (параметрів ММР); λ_i — ваги в моделі крігінгу, оцінені шляхом аналізу структури просторових залежностей залишкових відхилень; $e(s_i)$ — залишкові відхилення в пунктах метеоспостережень [11].

Вперше метод «детрендового крігінгу», який дозволяє інкорпорувати в геостатистичну інтерполяцію зовнішній набір даних, використали в 1980-х роках для інтерполяції даних щодо розподілу зливових опадів [6] і середньорічних кількостей опадів [8]. В обох випадках в якості допоміжних використано дані про рельєф (перевищення) земної поверхні. Регресійний крігінг згодом знайшов широке застосування в кліматології [15-17,22].

Регресійний крігінг є найліпшим незміщеним лінійним предиктором для просторових даних, тобто найліпшим лінійним інтерполятором за припущення універсальної моделі просторової варіації [11]. Ряд досліджень свідчить про більшу точність інтерполяції методом регресійного крігінгу порівняно з рядом інших методів (сплайни, простий крігінг, простий кокрігінг, лінійна регресія та нейронні мережі) [9, 21].

У серії наших робіт за допомогою методу регресійного крігінгу було здійснено інтерполяцію даних

метеостанцій західного регіону України. Відповідні дані метеостанцій оцифровано, місця розташування метеостанцій прив'язано до географічної системи координат у середовищі ГІС. Для аналізу впливу на метеопказники морфометричних параметрів використано цифрову модель рельєфу SRTM DEM з первинною роздільністю 90 м. За допомогою операцій ГІС-аналізу з неї отримано низку похідних шарів морфометричних показників, а також виконано їхню генералізацію методом усереднення в рухомому колі. Значимими змінними, що впливають на значення кількості опадів, виявились абсолютна висота, вертикальне розчленування рельєфу (дисперсія висоти) та мезоекспозиція [4]. При цьому виявлено, що значення кореляції відрізняються залежно від кліматичного елемента та синоптичної характеристики певного місяця чи року.

Щодо показників середньомісячних температур повітря, значимими виявились показники абсолютної висоти та вертикального розчленування рельєфу [3].

Висновки. Використання оптимальних та ефективних методів інтерполяції даних є запорукою створення достатньо точних і якісних цифрових шарів і карт кліматичних елементів. З низки існуючих методів інтерполяції метеоданих слід надавати перевагу тим, що спираються на допоміжні просторово розподілені дані, які демонструють зв'язок з інтерпольованим кліматичним елементом. Це особливо актуально в умовах України, де просторова щільність метеостанцій і метеопостів є порівняно невисокою, а в якості джерела допоміжних даних можна використовувати наявні детальні ЦМР.

**Рецензент: к. геогр. н., доц. П. М. Горішний,
ЛНУ ім. Івана Франка**

Література:

1. Барри Р. Погода и климат в горах / Р. Барри — Л.: Гидрометеиздат, 1984. — 311 с.
2. Матерон Ж. Основы прикладной геостатистики / Ж. Маттерон. — М.: Мир, 1968. — 407 с.
3. Мкртчян О. С. Геоінформаційне моделювання температурного поля західних регіонів України / О. Мкртчян, П. Шубер // Фізична географія і геоморфологія. — 2009. — Вип. 57. — С.104-112.
4. Мкртчян О. Методика геопросторового моделювання та картування кліматичних характеристик за даними спостережень / О. Мкртчян, П. Шубер // Вісник Львів. ун-ту. Сер. геогр. — 2011. — Вип. 39. — С. 245 - 253.
5. Bolstad P. V. Measured and predicted air temperatures at basin to regional scales in the southern Appalachian mountains / P. V. Bolstad, L. Swift, F. Collins, J. Regniere // Agricultural and Forest Meteorology. — 1998. — Vol. 91. — P. 161-176.
6. Chua S.-H. Optimal estimators of mean areal precipitation in regions of orographic influence / S.-H. Chua, R. L. Bras // Journal of Hydrology. — 1982. — Vol. 57. — P. 23-48.
7. Daly C. A statistical-topographic model for mapping climatological precipitation over mountainous terrain / C. Daly // Journal of applied meteorology. — 1993. — Vol. 33. — P. 140-158.
8. Dingman S. L. Application of kriging to estimating mean annual precipitation in a region of orographic influence / S. L. Dingman, D. M. Seely-Reynolds, R. C. Reynolds // Water Resour. Bull. — 1988. — Vol. 24. — P. 329-339.
9. Dryas I. The Spatial Analysis of the Selected Meteorological Fields in the Example of Poland / I. Dryas, Z. Ustrnul // H. Dobesch et al. (Ed.) Spatial interpolation for climate data: the use of GIS in climatology and meteorology. — London: ISTE Ltd, 2007. — P. 87-96.
10. Hancock P. A. Spatial interpolation of large climate data sets using bivariate thin plate smoothing splines / P. A. Hancock, M. F. Hutchinson // Environmental Modelling & Software. — 2006. — Vol. 21, Iss. 12. — P. 1684-1694.
11. Hengl T. About regression-kriging: From equations to case studies / T. Hengl, G. Heuvelink, D. Rossiter // Computers & Geosciences. — 2007. — N33. — P. 1301-1315.
12. Hiebl J. A high-resolution 1961-1990 monthly temperature climatology for the greater Alpine region / J. Hiebl, I. Auer, R. Bohm [and all] // Meteorologische Zeitschrift. — 2009. — Vol. 18, No 5. — P. 507-530.
13. Hijmans R. J. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. / R. J. Hijmans, S. E. Cameron, J. L. Parra // Int. J. Climatol. — 2005. — Vol. 25. — P. 1965 -1978.
14. Hong Y. Spatial interpolation of monthly mean climate data for China / Y. Hong, H. A. Nix, M. F. Hutchinson, T. H. Booth // International Journal of Climatology. — 2005. — Vol. 25, Iss. 10. — P. 1369-1379.
15. Hudson G. Mapping temperature using kriging with external drift: theory and an example from Scotland / G. Hudson, H. Wackernagel // International Journal of Climatology. — 1994. — Vol. 14 (1). — P. 77-91.
16. Jarvis C. H. A comparison among strategies for interpolating maximum and minimum daily air temperatures. Part II: The interaction between number of guiding variables and the type of interpolation method / C. H. Jarvis, N. Stuart // Journal of Applied Meteorology. — 2001. — Vol. 40. — P. 1075-1084.
17. Lloyd C. D. Assessing the effect of integrating elevation data into the estimation of monthly precipitation in Great Britain / C. D. Lloyd // Journal of Hydrology. — 2005. — Vol. 308 (1-4). — P. 128-150.
18. Lookingbill T. R. Spatial estimation of air temperature differences for landscape-scale studies in montane environments / T. R. Lookingbill, D. L. Urban // Agricultural and Forest Meteorology. — 2003. — Vol. 114. — P. 141-151.
19. Smith R. B. The influence of mountains on the atmosphere / R. B. Smith // Advances in geophysics. — 1979. — Vol. 21. — P. 87-230.

20. Tabios G. Q. A comparative analysis of techniques for spatial interpolation of precipitation / G. Q. Tabios, J. D. Salas // Water Resour. Bull. — 1985. — N. 21. — P. 365-380.

21. Tveito O.E. The use of Geographic information systems in climatology and meteorology / O.E. Tveito, M. Wegehenkel, F.v.d. Wel, H. Dobesch. — Final report of COST Action 719, Cost Office, Brussels, EUR 23461. — 2008. — 246 p.

22. Ustrnul Z. System informacji geograficznej jako narzedzie do konstrukcji cyfrowych map klimatycznych / Z. Ustrnul // Klimatyczne aspekty srodowiska geograficznego. Pod red. J. Trepinskiej i Z. Oleckiego. — Krakow, 2006. — P. 365-374.

УДК 528.94

В. В. Путренко

Національний авіаційний університет

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ НЕБЕЗПЕКИ ВИНИКНЕННЯ ПРИРОДНИХ ПОЖЕЖ НА ОСНОВІ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Розглянуто методику побудови моделі оцінки небезпеки виникнення природних пожеж на основі використання інтелектуального інструментарію ГІС-аналізу. Розроблено методику і виділено основні групи факторів та їх показники, які впливають на небезпеку виникнення пожеж. Реалізовано методику проведення ГІС-аналізу геопросторових даних для території України, яка містить 5 етапів та складається зі збору, підготовки, нормалізації та інтегрального оцінювання небезпеки. Проведено аналіз отриманих результатів з метою надання рекомендацій для органів управління та попередження надзвичайних ситуацій.

Ключові слова: природна пожежа, факторний аналіз, ГІС-аналіз.

В. В. Путренко

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОПАСНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ НА ОСНОВЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Рассмотрена методика построения модели оценки опасности возникновения природных пожаров на основе использования интеллектуального инструментария ГИС-анализа. Разработано методику и выделены основные группы факторов и их показателей, которые влияют на опасность возникновения пожаров. Реализована методика проведения ГИС-анализа геопространственных данных для территории Украины, которая содержит 5 этапов и состоит из сбора, подготовки, нормализации и интегрального оценивания опасности. Проведен анализ полученных результатов с целью предоставления рекомендаций для органов управления и предупреждения чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: природный пожар, факторный анализ, ГИС-анализ.

V. V. Putrenko

INTELLECTUAL ANALYSIS OF THE RISK OF NATURAL FIRES ON THE BASIS OF GIS TECHNOLOGIES

The methodology of constructing the assessment model of wildfire risk by the means of GIS-analysis intellectual tools of was considered. The technique was developed and main groups of factors and indicators that influence the risk of fires were allocated. The methods of conducting GIS-analysis of geospatial data for the territory of Ukraine was realized; it contained 5 stages and consisted of collecting, preparing, normalization and integral danger evaluation. The analysis of the results in order to provide recommendations for the management and prevention of emergencies was obtained.

Keywords: wildfire, factor analysis, GIS-analysis.

Вступ. В структурі надзвичайних ситуацій природного походження пожежі традиційно займають провідні позиції за своєю небезпекою та потенційним збитком. У зв'язку з цим актуальним є завдання оцінки небезпек виникнення природних пожеж на території України. Створення геоінформаційної моделі для інтелектуального аналізу природних пожеж включає проведення факторного аналізу чинників, які впливають на вірогідність виникнення пожеж, оцінку кожного із цих чинників та визначення інтегральної оцінки, яка вказує на ступінь небезпеки для певної території.

Вихідні передумови. Використання елементів інтелектуального аналізу при прогнозуванні при-

родних пожеж досліджено в роботах Колодяжного О. А., Luhmann E., Машковського А. Г., Потапенко Л. С., Ясинського Ф. Н., Потемкиної О. В., Сидорова С. Г. [1, 3]. Цей напрям активно розвивається в роботах Christopher B. Oneal, John D. Stuart, Radmila Jovanovic, Zeljko Vjeljac та інших дослідників [4, 5, 6].

Метою дослідження є розробка інструментарію та методики інтелектуального аналізу для оцінювання небезпеки природних пожеж на основі геопросторових даних та інструментів ГІС-аналізу. Завданнями дослідження є визначення підходів до методики оцінки небезпек, збір, обробка та аналіз геопросторових даних, оцінка результатів інтелектуального ГІС-аналізу.