

УДК 528:001 + 681.51

ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ: НОВІ ПАРАДИГМИ І НОВІ РИЗИКИ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНОЇ ТА КАРТОГРАФІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Ю. Карпінський, А. Лященко

Науково-дослідний інституту геодезії і картографії,
Київський національний університет будівництва і архітектури

Ключові слова: геоінформаційні технології, топографо-геодезична та картографічна діяльність.

Чи виживуть геодезія та картографія як окремі напрями науково-технічної діяльності?

Автори усвідомлюють дещо провокаційний характер питання. Але саме таке питання вже сьогодні ставиться в багатьох публікаціях, наприклад в [5]. Справді, здавалося б, що може загрожувати одній з найдавніших галузей знань, яка успішно розвивалася в минулому й нині, адже вперше термін “геодезія” запропонував Арістотель майже 2300 років тому назад. Фундаментальні основи цієї науки перевірені часом, удосконалювалися зусиллями видатних вчених та практиків, які створили відповідну топографо-геодезичну інфраструктуру.

Але водночас навряд ще можна назвати галузь знань, у якій відбулись такі кардинальні зміни. Передусім ці зміни зумовлені інформаційно-технологічним проривом, насамперед розвитком глобальних навігаційних супутникових систем визначення місцезнаходження об'єктів, аерокосмічних систем високої роздільної здатності та лазерного сканування для отримання інформації про Землю, цифрових методів оброблення зображень та геопросторової інформації, широким використанням геоінформаційних систем і телекомунікаційних технологій як основного засобу забезпечення доступу суспільства до геопросторових даних та інформації. У зв'язку з таким впливом інформаційних технологій сутність, структуру та зміст геодезії та картографії потрібно переосмислити [5]. Виробничий цикл XXI сторіччя не сприймає посередників. Сьогоднішня реальність така, що навіть побутовими GPS-приймачами можна визначити координати точок на місцевості з абсолютною точністю до трьох метрів. Саме з цього випливає, що без посередника-геодезиста може розвиватися цілий сегмент ринку послуг із визначення координат точок місцевості, що і відбувається в багатьох галузях економіки. Не в кращому становищі і картографія. Маючи бази геопросторових даних та геоінформаційні системи, багато фахівців з інформаційних технологій випускають тематичні атласи без залучення професійних картографів. Зміни не минули і фотограмметрію. Конкуренція між аерофотозніманням та космічними зніманнями досягла масштабу 1: 5000. А саме оброблення космічних знімків стало настільки технологічним, що не потребує залучення професійних фотограмметристів.

Постановка проблеми

Геоінформаційні технології, як і нано- та біотехнології, зараховують до найважливіших чинників загального технологічного прогресу практично у всіх галузях сучасної науки та виробництва. Стрімкий розвиток інформаційних технологій чи не найбільше вплинув на зміст, методи та засоби виробництва і комунікацій у різних сферах. Саме тому сучасне суспільство визначається як інформаційне, говорять уже не про одну, а про декілька новітніх інформаційних революцій – від створення електронно-обчислювальних машин, масового виробництва і використання персональних комп'ютерів – до створення глобального інформаційного середовища комунікацій окремих індивідумів та колективів, середовища колективної творчості з колосальними базами знань та безмежним доступом до інформаційних ресурсів людства практично в будь-який час та в будь-якому місці.

Кардинальні зміни спостерігаються практично в усіх науках про вимірювання (Measurement Science), до яких належить і геодезія як одна з провідних і стародавніх наук про Землю. Науки про виміри трансформуються в науки про отримання інформації та одержання знань (Acquisition of Information, Acquisition of Knowledge) з притаманними їм процесами та методами концептуального моделювання об'єктів дослідження, створення та наповнення інформаційних моделей, добування знань і надання їх кінцевим користувачам у необхідних формах, у потрібних обсягах та час. Спостерігається небажане взаємне проникнення (інтегрування) знань, методів і технологій різних предметних сфер для вирішення традиційних та нових завдань у науках про землю. Справджуються слова В.І. Вернадського про те, що в XX ст. прикладні науки перетворюються на науки проблемні, в яких методи й технології з різних галузей знань застосовуються для вирішення певної важливої чи глобальної проблеми. Сьогодні без інформаційно-комунікаційних космічних технологій (ІКК-технологій) важко собі уявити вирішення проблем глобального екологічного моніторингу Землі, глобального геодинамічного моніторингу, моніторингу будь-якої території, сучасної системи навігації, лідарних систем чи системи мобільного картографування.

Під впливом нових технологій змінюються методи і засоби розв'язання традиційних завдань топографо-геодезичної та картографічної галузі, народжуються нові парадигми галузевої діяльності, серед яких до

ключових можна зарахувати зміну цільового кінцевого продукту топографо-геодезичної діяльності з традиційних топографічних карт на цифрові моделі місцевості, бази геопросторових даних і тривимірні (3D) та динамічні (мультимедійні або 4D – просторово-часові) інтерактивні електронні карти та інші геообразження.

Разом з цим, нові ІКК-технології роблять геодезичні вимірювання та складання карт, які виконували раніше лише професійні геодезисти, топографи і картографи, такими, що можуть виконувати фахівці інших прикладних сфер. Виникають ризики існування, звужується сфера застосування професійної топографо-геодезичної та картографічної діяльності, про що свідчить становлення “неогеографічного” підходу в моделюванні та візуалізації геопростору [1]. Як свого часу персональні комп’ютери зробили доступними для прикладних фахівців процеси керування складними програмними комплексами та базами даних без посередників-програмістів, так ГІС в Інтернеті перетворює мільйони користувачів на прямих учасників геоінформаційного моделювання без посередників-картографів, а географічну інформацію на загальнолюдський, соціально й економічно значущий предмет споживання.

Мета цієї статті – окреслити основні тренди галузі в умовах стрімкого розвитку ІКК-технологій та оцінити рівень потенційних ризиків, що виникають для професійної топографо-геодезичної і картографічної діяльності під впливом цих технологій.

Становлення ГІС та геоінформатики

За останні десятиріччя у сфері застосування нових інформаційних технологій для виробництва і використання геопросторових даних (рис. 1) пройдено шлях від автоматизації окремих етапів топографо-геодезичного виробництва до інтегрованих систем геоінформаційного моделювання та формування інфраструктури геопросторових даних на глобальному, національному та регіональному рівнях.

Географічна інформація, яка раніше була обмежена паперовими аналоговими картами, нині все більше і частіше подається в цифровій формі з використанням сучасних інформаційних та супутникових технологій, цифрових методів топографо-геодезичних і GPS-вимірювань, дистанційного зондування Землі, цифрової фотограмметрії тощо.

Це сприяло виникненню та розвитку геоінформатики, геоінформаційних систем, геоінформаційних технологій та їх широкому застосуванню у різноманітних галузях економіки, науки і техніки (оцінка і облік нерухомості, ліквідація наслідків надзвичайних ситуацій і техногенних катастроф, територіальне управління і прогнозування, навігація і військова справа тощо).

Геоінформатика сформувалася в галузь, що поєднує науку про принципи і методи цифрового моделювання об’єктів реальності у формі геопросторових даних, технології створення і використання геоінформаційних систем, виробництво геоінформаційної продукції і надання геоінформаційних послуг.

З розвитком геоінформаційних технологій цифрові моделі та ГІС стали переконливою альтернативою традиційним засобам картографічного моделювання геоінформаційних систем, оскільки для комплексного моделювання найскладніших просторових об’єктів та явищ в сучасних ГІС застосовується увесь арсенал числових методів та потужних засобів комп’ютерної обробки, просторово-часового моделювання, накопичення, поширення і візуалізації інформації, зокрема і з використанням глобальних інформаційних мереж.

Потреби суспільства в актуальній географічній інформації та потужні можливості ГІС стимулювали розвиток інформаційних технологій, які забезпечують масове збирання, збереження, оброблення, використання і поширення геопросторових даних. Серед них:

- дистанційне зондування Землі, зокрема багатозональне, інфрачервоне, лазерне та радарне знімання;
- глобальні системи супутникового позиціонування, зокрема GPS (глобальна система позиціонування GPS – США) і ГЛОНАСС (глобальна навігаційна супутникова система – Росія), використовується для розв’язання геодезичних і навігаційних задач, побудови або згущення геодезичних мереж, а також інших задач позиціонування, безпосередньо пов’язаних з масовим виробництвом геопросторових даних;
- цифрове картографування, створення цифрових моделей місцевості та баз геопросторових даних як основи для геоінформаційного аналізу і моделювання;
- публікація цифрових картографічних матеріалів, зокрема WEB-картографування в Інтернеті та створення інтерактивних електронних карт;
- лазерне наземне та аерокосмічне сканування місцевості та різноманітних об’єктів для створення високоточних тривимірних моделей.

Сфера застосування геоінформаційних технологій постійно розширюється з появою нових технічних засобів та прикладного програмного забезпечення за загальною тенденцією до зменшення їх вартості. Особливо перспективним у цьому напрямі є поєднання геоінформаційних систем та Інтернету. Уже перші проекти “ГІС+Internet” доводять практичну спроможність ГІС стати засобом інтегрування та оброблення різноманітних даних і знань про навколишнє середовище, інструментом активізації геоінформаційних ресурсів у масштабах локальних територій, регіонів, країн і усього світу.

Космічні знімки окремих територій та усїєї планети, різноманітні електронні карти, електронні атласи та географічні знання, що реалізовані в програмах та базах даних, потенційно доступні усім зацікавленим організаціям, професіоналам і пересічним громадянам. Як свого часу персональні комп’ютери уможливили доступ до складних програм без посередників-програмістів, так ГІС в Інтернеті перетворює мільйони користувачів на прямих учасників геоінформаційного моделювання без посередників – геоінформатиків.

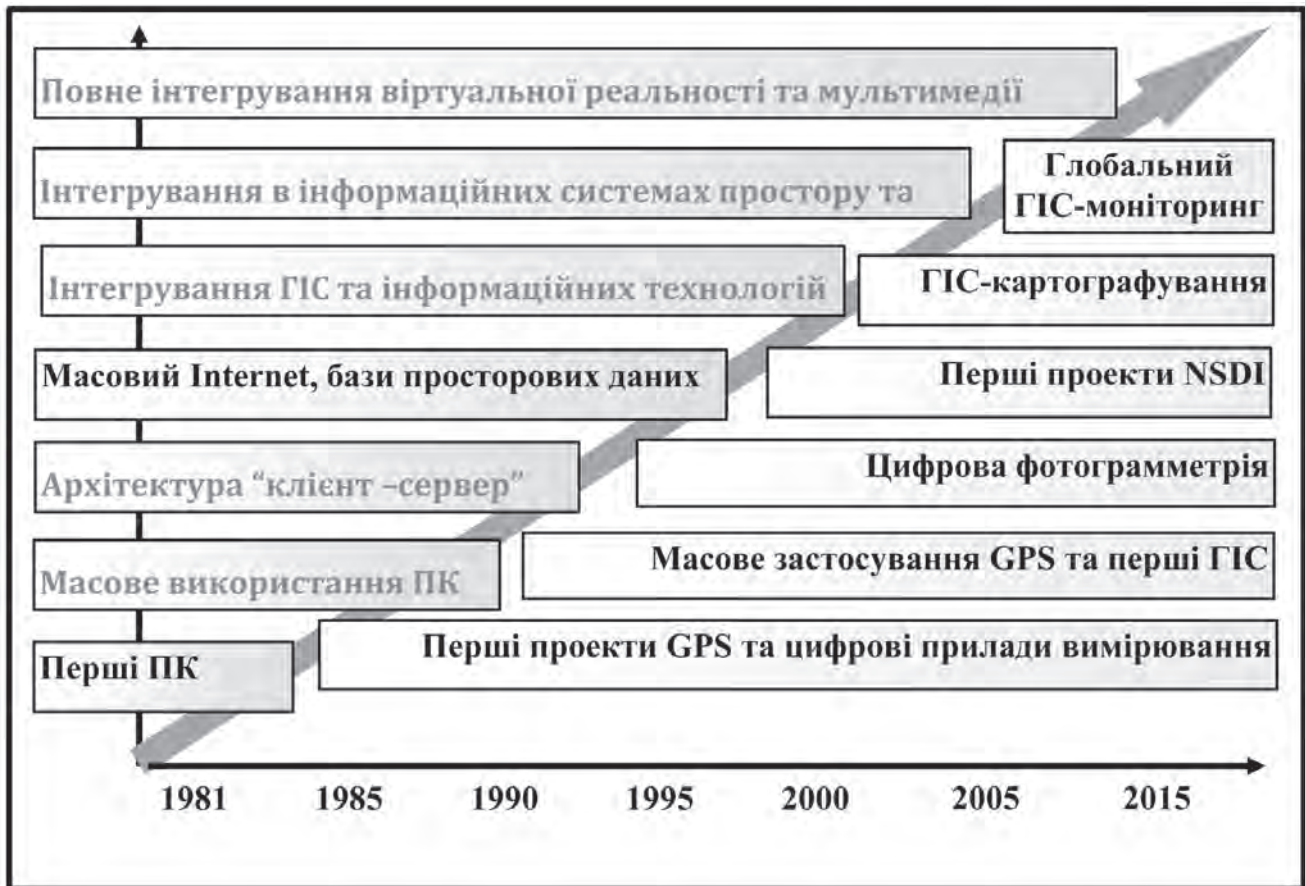


Рис. 1. Розвиток інформаційних технологій у сфері геопросторових даних

У розвинених країнах бази геопросторових даних стали основним видом продукції топографо-геодезичного виробництва та результатом широкого застосування геоінформаційних систем в різноманітних проектах для різних територіальних утворень, предметної і проблемної орієнтації. Формування саме таких електронних геоінформаційних ресурсів та широке використання геотехнологій відповідає сучасним потребам більшості конкретних завдань управління складними і динамічними процесами в економіці та суспільстві. Ці завдання вимагають уже не просто періодичного одномоментного картографування місцевості, а постійного та комплексного моніторингу стану об'єктів, природних ресурсів та довкілля на основі баз геопросторових даних [2, 3].

Основні геодезичні роботи

Ще донедавна основними методами побудови геодезичних мереж були триангуляція, трилатерація і полігонометрія. Але практичні зміни в геодезії були настільки швидкими, що нормативна документація та освітня література виявилися не готовими до них. Укргеодезкартографія у побудові Державної геодезичної мережі вже понад 17 років не застосовує традиційних методів. GPS-вимірювання повністю змінили структури та схеми побудови геодезичних мереж. Залишились у минулому триангуляція, трилатерація і полі-

гонометрія. Продуктивність польових робіт зросла настільки, що нині за один польовий сезон невеликі бригади можуть виконати спостереження на пунктах геодезичної мережі першого класу в таких обсягах, що раніше потребували зусиль десятків геодезичних партій Українського аерогеодезичного підприємства. І навіть більше, якщо раніше підготовка спеціаліста-геодезиста потребувала від 5 до 10 років практичного досвіду наполегливої праці на геодезичних пунктах та сигналах і неабиякої координації рухів і досвіду, то тепер умови діяльності геодезиста характеризуються доволі комфортним чергуванням на станції GPS-вимірювань.

Докорінні зміни відбулись у математичному обробленні результатів геодезичних вимірювань. Комп'ютерні технології замінили всі наближені методи оброблення результатів геодезичних вимірювань. Доступність строгих методів, як правило, параметричного вирівнювання з додатковими умовами, метод скінченних елементів, разом з перевітками гіпотез з нормального розподілу випадкових величин, суцільне оцінювання точності вимірюваних величин та невідомих параметрів на основі побудови кореляційних матриць стали абсолютно доступною та буденною справою. GPS-вимірювання змінили вимоги до конструкції геодезичних мереж. Більше немає необхідності будувати трикутники найвигіднішої форми. Перевизначеність GPS-мереж у вигляді такої кількості вимірюваних векто-

рів, як кількість сполучень з усіх станцій спостережень по два, забезпечує жорсткі геометричні конструкції і якість геодезичних мереж вже практично не залежить від її форми та розташування геодезичних пунктів. Побудова високоточної моделі квазігеоїда з точністю до 3–5 см забезпечує GPS-нівелювання на всій території, що значно зменшує сегмент виконання геометричного нівелювання, зокрема нівелювання III, IV класів та технічного нівелювання. Подальший розвиток геодезичних робіт пов'язаний з розширенням Української постійнодіючої мережі глобальних навігаційних супутникових систем (УПМ ГНСС), що істотно зменшить необхідність пошуку та прив'язки до “закопаних у землю” геодезичних пунктів.

Топографічні знімання: від топографічної карти до баз геопросторових даних

Сьогодні вже очевидно, що сегмент виробництва традиційних аналогових карт на твердих носіях зменшується. До того ж цифрові та електронні карти вже не відповідають рівню розвитку геоінформаційних технологій [6]. Дедалі більше інформаційне забезпечення ГІС ґрунтується на концепції баз даних. Саме тому необхідно переосмислити традиційні та проаналізувати додаткові вимоги до геопросторових даних. Від класичної карти успадковуються традиційні вимоги до таких вимірювальних та зображувальних властивостей, як актуальність, достовірність, точність та наочність. Натомість бази геопросторових даних ставлять додаткові вимоги, серед яких передовсім відзначають вимоги до внутрішньої конструкції – просторової схеми бази даних, топологічної узгодженості геометрії, визначеності каталогу об'єктів, їхніх атрибутів та доменів. Основним трендом у встановленні призначення та функцій топографічного картографування у національній інфраструктурі геопросторових даних є забезпечення переходу від простого відображення інформації про місцевість, яку дають традиційні, зокрема цифрові та електронні карти, до створення баз геопросторових даних та знань. У такому разі власне топографічна карта в традиційній, цифровій або електронній формах є результатом запиту до бази геопросторових (топографічних) даних (БТД).

Крім того, розвиток геоінформаційних систем великою мірою зменшує роль та значення картографічних проєкцій, оскільки дає змогу перейти від картометричних операцій до розв'язання всіх вимірювальних задач строгими методами безпосередньо на земному еліпсоїді. Значні зусилля картографів із розв'язання задач картографічної генералізації доцільні, насамперед під час підготовки геопросторових даних до публікації. На перший погляд, картографічна діяльність істотно спрощується. Але це не так. Річ у тім, що формування баз геопросторових даних вимагає професійного знання теорії баз даних та знань, основ обчислювальної геометрії, інтерполювання та апроксимації функцій, формалізації картографічних знань. Але наскільки готова наша картографо-геодезична громадськість до сприйняття та, відтак, професійного використання

знань інформаційних технологій? Автори мають певний досвід поширення знань, наведених в положеннях першого гармонізованого основоположного стандарту ДСТУ ISO 19101 “Географічна інформація – Еталонна модель”, який визначає структуру, зміст і аспекти опису і керування географічною інформацією та геоінформаційними сервісами, а також загальні вимоги та принципи розроблення і використання нормативних документів у сфері географічної інформації [3, 4]. Цей досвід певною мірою свідчить про неготовність нашої картографо-геодезичної та географічної громадськості до сприйняття таких понять, як організація еталонної моделі, інтероперабельність географічної інформації та геоінформаційних сервісів, концептуальне моделювання та модельне моделювання, доменна еталонна модель, прикладні схеми тощо.

Як показано на рис. 2, комплекс стандартів географічної інформації ISO 19100 можна поділити на п'ять основних груп, у кожен з яких входять поняття інформаційних технологій для стандартизації географічної інформації. Всі перелічені вище характеристики еталонної моделі стосуються інформаційних технологій, які ще не стали звичним інструментом для геодезистів та картографів.

Особливої актуальності для картографо-геодезичної та географічної діяльності набуває *лінгвістичне забезпечення* як сукупність мов, зокрема терміни і визначення, правила побудови формальних мов, методи перетворення текстів, які використовують під час розроблення та експлуатації комп'ютерних систем. Так само звичним засобом семантичного обміну інформацією повинні стати штучні (формальні) мови: мова теорії систем, мова математики, мова креслень, картографічна мова, мова логіки, SQL, HTML, XML, GML, UML тощо. Так, зокрема, мова UML (Уніфікована мова моделювання) визначена стандартами серії ISO 19100 “Географічна інформація / Геоматика” як основний інструмент формального опису геопросторових об'єктів та їхніх взаємозв'язків. Як, наприклад, інженер-електротехнік вивчає або розробляє електричні схеми і розуміє функціонування електричного приладу, так інженер-геодезист, картограф, географ повинен розуміти доволі складні схеми UML-діаграм опису структур геопросторових даних. Багато виробників програмних засобів ГІС пропонує користувачам шаблони тематичних баз геопросторових даних для їх розвитку та використання. Але знову виникає запитання: а чи багато у нас геодезистів та картографів, які належно підготовані до професійного використання зазначених сучасних геоінформаційних засобів?

Іншим аспектом впливу інформаційних технологій у картографо-геодезичній та картографічній діяльності є зміна технологічних складових збирання та оброблення геопросторових даних. Так, наприклад, *мобільні системи картографування* – МСК (*Mobile Mapping System – MMS*), які визначаються як встановлені на рухомі транспортні засоби платформи з комплексом вимірювальних засобів, призначених для збирання геопросторових даних про об'єкти дорожньої інфра-

структури. Мінімальна конфігурація МСК складається з трьох блоків: інтегрованої навігаційної платформи, стереофотограмметричної системи та блока управління. Інтегрована навігаційна платформа забезпечує визначення глобальних координат МСК і складається з GPS-приймача та інерційної навігаційної системи (INS). У такій інтегрованій навігаційній платформі іноді встановлюють одометр. Останнім часом GPS-координування рухомих транспортних засобів під час мобільного картографування виконують в диференціальному режимі (DGPS) з подальшим постпроцесорним обробленням або в кінематичному режимі реального часу (*Real Time Kinematics – RTK*), що, крім встановлення базової станції GPS, вимагає організації зв'язку для передавання диференційної поправки на рухомий об'єкт.

Можна навести багато прикладів, зокрема топографічні знімання в сегменті ГНСС у режимі RTK або використання роботизованих знімальних комплексів на основі електронних тахеометрів тощо. Але на-

віть попередній огляд сучасних технологій картографування свідчить про те, що треба значно розширяти картографо-геодезичні знання новими розділами з основ теорії інерціальних систем, формування інтегрованих платформ різноманітних цифрових засобів вимірювання, використання телекомунікаційних мереж та зв'язку, які не були традиційними розділами геодезії та картографії. Все це свідчить про необхідність відповідного переорієнтування сутності та змісту картографо-геодезичної діяльності.

Висновки

Глобалізація взагалі й інформаційна глобалізація зокрема, розвиток ринкових умов та конкуренції не тільки в економіці але й між різними галузями знань повністю стосується і такого напрямку, як геодезія і картографія, на які нині істотно впливає розвиток інформаційних технологій, телекомунікацій та зв'язку. Очевидно, що ми розглянули тільки деякі аспекти впливу інформаційних технологій на картографо-геодезичну діяльність. Можна було би навести ще багато при-



Рис. 2. Інтеграція географічної інформації та інформаційних технологій

кладів впровадження ІКК-технологій, які виходять за межі традиційних методів та технологій геодезії та картографії. Але треба визнати, що наша картографо-геодезична громадськість не виявила повної готовності до таких докорінних змін, а сама геоінформаційна продукція відстає від інформаційно-технологічного рівня розвитку ІКК-технологій. Саме тому в нашу галузь знань залучаються сотні фахівців з інформаційних технологій, які вже реально діють на ринку картографо-геодезичних та геоінформаційних послуг. Таке залучення ІТ-спеціалістів має як позитивні, так і негативні наслідки. Не можна не відзначити позитивного впливу ІТ-спеціалістів, підготовка та діяльність яких сприяла інформатизації та, зрештою, й інтелектуалізації картографо-геодезичної галузі. З іншого боку, можна згадати багато по-справжньому наївних помилок у діяльності ІТ-спеціалістів без картографо-геодезичного супроводження, які часто мають шкідливі наслідки. Безумовно, умови ринку доволі жорсткі. Ті, хто не змінюється, відходять у минуле. І для того, щоб геодезисти та картографи не увійшли до переліку професій, які зникають [9], або професій з мікроскопічним сегментом діяльності, необхідно докорінно змінити і структуру, і зміст геодезії та картографії. А це потребує переходу від виробництва картографо-геодезичної "сировини" до виробництва високоінтелектуальної геоінформаційної продукції. По суті, йдеться про те, що розвиток геодезії та картографії полягає в переорієнтації нашої галузі на розширення сегмента знань у сфері інформаційних технологій та у перетворенні геодезистів передовсім на ІТ-спеціалістів. Багато цих та інших проблем вирішують, переходячи від інфраструктури картографо-геодезичного виробництва до розвитку інфраструктури геопросторових даних як пріоритетного напрямку державної політики в цій сфері [2].

Література

1. Неогеография: смена вех, http://rnd.cnews.ru/reviews/index_science.shtml?2007/12/03/277809_1.
2. Карпінський Ю., Лященко А. Стратегія формування національної інфраструктури геопросторових даних в Україні. – К.: НДІГК, 2006. – 107 с. – (сер. "Геодезія, картографія, кадастр").
3. Карпінський Ю.О., Лященко А.А., Рунець Р.В. Еталонна модель бази топографічних даних // Вісник геодезії і картографії. – 2010. – № 2 (65). – С. 28–36.
4. Карпінський Ю.О., Лященко А.А. Нові підходи до стандартизації та технічного регулювання в сфері географічної інформації // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів: Ліга-Прес, 2004. – С. 283–291.
5. Линквитц К. Высшее образование геодезистов в Германии. – Донецьк: Наукові праці Донецького національного технічного університету. – 2003. – Вип. 62. – С. 58–70.
6. Кравченко Ю.А. Картография и геоинформатика в России. Кто уцелеет? Взгляд специалиста. – М.: ГИС Ассоциация. <http://www.gisa.ru/9589.html>
7. Тетерин Г.Н. Теоретические и методологические основы современной геодезии // Геодезия и картография. – 2011. – № 1. – С. 55–59.
8. Юркина М.И. Куда стремится геодезия? // Геодезия и картография. – 2011. – № 1. – С. 59–61.
9. Is cartography a dying art? GPS, navigation systems lead to the map's demise. <http://wot.motortrend.com/is-cartography-a-dying-art-gps-navigation-systems-lead-to-the-maps-demise-1713.html>

Геоінформаційні технології: нові парадигми і нові ризики топографо-геодезичної та картографічної діяльності Ю. Карпінський, А. Лященко

Проаналізовано основні тенденції розвитку картографо-геодезичної галузі в умовах стрімкого удосконалення інформаційно-комунікативно-космічних технологій та оцінено рівень потенційних ризиків. Відзначено, що необхідно переходити від "сировинної" картографічної продукції до високоінтелектуальної геоінформаційної продукції.

Геоинформационные технологии: новые парадигмы и новые риски топографо-геодезической и картографической деятельности Ю. Карпинский, А. Лященко

Проанализировано основные тенденции картографо-геодезической отрасли в условиях стремительного развития информационно-коммуникативно-космических технологий и оценено уровень потенциальных рисков. Отмечается необходимость перехода от "сырьевой" картографической продукции к высокоинтеллектуальной геоинформационной продукции.

Geoinformational technologies: new paradigms and risks of topographic-geodesy and cartographic activities Yu. Karpynskyy, A. Lyashchenko

The basic tendencies of mapping and geodetic branch in the conditions of prompt development information – communicatively-space technologies are analyzed and level of potential risks is estimated. Necessity of transformation from "raw" cartographical production to high intellectual GIS-production is marked.