УДК 519.7:004.89

[1]Угрин, Дмитро Ілліч, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних систем Чернівецького факультету Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», E-mail: ugrund38@gmail.com, ORCID: https:// http://orcid.org/0000-0003-4858-4511
[1]Чернівецький факультет Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», вулиця Головна, 203 А, Чернівці Україна, 58000

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Анотація. *Проаналізовано проблеми створення галузевих геоінформаційних систем на базі існуючих універсальних геоінформаційних систем та проблеми підвищення ефективності підтримки прийняття рішень в галузевих геоінформаційних системах за рахунок створення відповідних моделей, методів та інформаційних технологій. В дослідженні визначено необхідність розв'язання таких задач: аналіз проблем створення галузевих геоінформаційних систем, а саме, адміністративно-територіальному та муніципальному управлінні, у соціальних проектах при дослідженні туристичного потенціалу територій та проведенні геомаркетингу, у військових додатках, системах екологічної та техногенної безпеки і показано, що при створенні інформаційної технології підтримки прийняття рішень необхідно враховувати багатоцільову специфіку предметної галузі. Для уніфікації представлення геоданих, забезпечення необхідної точності отримання просторово-розподіленних даних та повноти атрибутивних даних про об'єкти галузевих геоінформаційних систем розроблено інформаційну модель геознань. Для забезпечення цілісності геоданих запропоновано зв'язувати їх просторові та атрибутивні складові за допомогою ідентифікаторів об'єктів. Отримала подальший розвиток концептуальна модель підтримки прийняття рішень в галузевій геоінформаційній системі, яка враховує інформаційну модель геоданих, ієрархію задач галузевої геоінформаційної системи, вхідні оперативні дані, функцію переваг та критерій вибору особи, що приймає рішення, що дозволило розробити метод підтримки прийняття рішень для знаходження раціонального рішення задач другого рівня. Вперше розроблено метод підтримки прийняття рішень при побудові галузевої геоінформаційної системи, який враховує запропоновану концептуальну модель, що дозволило автоматизувати процес створення ефективних геопросторових розподілених систем за галузевим призначенням.*

Ключові слова: *інформаційна технологія; підтримка прийняття рішень; галузеві геоінформаційні системи; просторові і атрибутивні цифрові дані; геознання*

Вступ і постановка проблеми досліджень

Останнім часом відбувається збільшення кола практичних задач, пов'язаних з прийняттям рішень на основі отримання, аналізу, моделювання та візуалізації просторових і атрибутивних цифрових даних про місцезнаходження і властивості територіально розподілених об'єктів. Так для підтримки прийняття рішень в адміністративно-територіальному та муніципальному управлінні, у соціальних проектах при дослідженні туристичного потенціалу територій та проведені геомаркетингу, у військових додатках, системах екологічної та техногенної безпеки активно створюються та використовуються галузеві геоінформаційні системи (ГГІС). В останні роки на створення ГГІС в сегментах розробки геоінформаційних технологій, надання послуг та використання геоданих щорічно витрачається близько $ 5 млрд [1]. При цьому капіталізація сегменту геопросторових даних щорічно зростає на 15,5 %, що вдвічі швидше сегментів геоінформаційних технологій та послуг [2]. Це пояснюється тим, що в універсальних геоінформаційних програмних продуктах таких як ArcGIS [3] та Quantum GIS [4]обмежена (або практично відсутня) підтримка прийняття обґрунтованих рішень в умовах невизначеності, що пов'язані з необхідністю вирішення низки галузевих задач, які описуються власними критеріями та обмеженнями при постійно зростаючих обсягах просторово-розподілених вхідних даних різної природи.

Таким чином, при створенні ГГІС на основі існуючих геоінформаційних технологій виникає суттєва проблема, обумовлена протиріччям між сучасними вимогами до підвищення ефективності підтримки прийняття рішень в ГГІС та обмеженістю, відсутністю існуючого реалізаційного забезпечення для створення відповідних інформаційних технологій.

Підсумовуючи вище наведене, актуальною проблемою є підвищення ефективності підтримки прийняття рішень для галузевих геоінформаційних систем за рахунок створення відповідних моделей, методів та інформаційних технологій.

Аналіз існуючих наукових досліджень і публікацій

У науковій літературі найбільш часто звертається увага на зв'язки геоінформаційних систем (ГІС) і картографії. Взаємозв'язок картографії та ГІС проявляються в таких аспектах [5].

1. Топографічні карти – головне джерело даних для ГІС.

2. Системи географічних і прямокутних координат та картографічне розділення, що служать основою для координатної прив'язки всієї інформації, яка надходить і зберігається в ГІС.

© Угрин Д..; 2019
This is an open access article under the CC BY license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.uk)

3. Карти – основний засіб географічної інтерпретації і організації даних дистанційного зондування Землі та іншої використовуваної в ГІС інформації (статистичної, аналітичної і т.п.).

4. Пошарове представлення просторових об’єктів, яке має прямі аналогії з поелементним поділом тематичного змісту карт.

Геоінформаційні системи напряму пов’язані з дистанційним зондуванням. Дані, що отримані дистанційними методами і забезпечені прив’язкою, можуть служити основою для виділення просторових об’єктів [6].

Геоінформаційна система (ГІС) – це автоматизована інформаційна система, що призначена для обробки просторово-часових даних, основою інтеграції яких служить просторова інформація [7]. Інтегруючим аспектом організації даних в ГІС є використання існуючих в реальному світі просторових відношень між об’єктами конкретної області додатків [8].

Згідно з міжнародним стандартом ISO OSI / TC 211: Geographic Information / Geomatics, International Draft Standart геоінформаційна система є синонімом географічної інформаційної системи [9-11].

Геоінформаційна система є різновидом інтегрованої інформаційної системи. Тому при зборі інформації для ГІС необхідно отримувати не просто дані, а організовану на їх основі інформацію, що придатна для обробки.

В інтегрованих інформаційних системах необхідно спеціально організувати дані для обробки. Іншими словами, необхідно побудувати спеціальну інформаційну модель даних для обробки в інтегрованій системі.

Визначимо ГІС як інтегровану інформаційну систему, що призначена для обробки просторово-часових даних, основою інтеграції даних яких служить просторова інформація, а основою інтеграції технологій – технології САПР.

За своїм функціональним призначенням ГІС відносяться до класу систем обробки даних і управління [12].

Геодані (просторові, геопросторові дані) – дані про об’єкти і явища навколишнього середовища, що вимагають подання в координатно-часовій формі [12-14].

Об’єкт – сукупність предметів, понять, властивостей або інших елементів деякої множини. Просторові дані про об’єкти розрізняються за характером локалізації. Розрізняють об’єкти з дискретним, лінійним і площинним характером локалізації.

Геопросторовими даними можуть бути охарактеризовані всі реальні об’єкти і явища місцевості, для яких важливі положення, форма, розміри, взаємне розташування щодо інших об’єктів і явищ і, отже, задані системи відліку та позиціонування у просторі [15].

Базовою складовою геоінформатики є геоінформаційні системи. ГІС є спеціалізованою інформаційною системою, що призначена для роботи на інтегрованій основі з геопросторовими і різними за змістом семантичними даними. Оскільки ГІС є складною інтегрованою системою, вона підпорядковується всім принципам системного аналізу. Системний аналіз – це сукупність методів і засобів дослідження складних, багаторівневих і багатокомпонентних систем, об'єктів, процесів, що спираються на комплексний підхід, облік взаємозв'язків і взаємодій між елементами системи. У системному аналізі під системою розуміється множина елементів, що знаходяться у відношеннях і зв’язках один з одним, які утворюють певну цінність, єдність. Елементами системи є її частини, представлення про які недоцільно піддавати подальшому членуванню. Складна система – це система, яка характеризується великим числом елементів і великим числом взаємозв’язків [16].

Інтеграцією є відновлення і підвищення якісного рівня взаємозв’язків між елементами системи, а також процес створення з декількох різнорідних систем єдиної системи з метою виключення функціональної і структурної надмірності та підвищення загальної ефективності функціонування.

Призначенням ГІС є введення, зберігання, обробка і виведення геопросторової інформації за запитами користувачів. Таким чином, ГІС інтегрується, з одного боку, з системами збору інформації (дистанційне зондування, геодезична зйомка, моніторинг довкілля), а з іншого – з системами зберігання інформації (інформаційно-пошукові системи, бази даних, бази знань, експертні системи), з третьої сторони, з системами обробки інформації (обробка зображень, моделювання, генералізація), з четвертого боку з системами відображення інформації (комп’ютерна графіка, електронні карти, створення тривимірних відеомоделей і сцен).

Оскільки геопросторові дані менш схильні до змін, ніж семантичні дані, вони часто є основою для інтеграції даних в інших автоматизованих системах (автоматизованого управління, проектування і наукових досліджень).

При інтеграції ГІС з іншими системами створюються нові технології. Технологія включає в себе методи, прийоми, режим роботи, послідовність операцій і процедур, яка тісно пов'язана із застосовуваними засобами, обладнанням, інструментами, використовуваними матеріалами. Геоінформаційна технологія – це сукупність прийомів, способів і методів застосування апаратно-програмних засобів обробки і передачі інформації на основі реалізації функціональних можливостей ГІС [16-18].

Розглянемо різні методи класифікацій ГІС (Рис.1). За проблемною характеристикою можна виділити наступні види ГІС: універсальні, галузеві, спеціалізовані [19-20].

Універсальні географічні (комплексні або багатоцільові) для вирішення спільних проблем. Зазвичай це інтегровані ГІС, які поєднують системи цифрової обробки зображень (даних дистанційного зондування) з функціональними можливостями ГІС з моделювання та багатофакторному аналізу даних в єдиному інтегрованому середовищі. Такі ГІС використовуються у сферах управління державного і регіонального управління та планування.

Галузеві (тематичні) ГІС вивчають проблеми однієї галузі. Основні проблеми, які вирішуються сучасними ГІС, зводяться до проблем оптимального взаємного розташування і визначення місцезнаходження, розміщення і розподілу об'єктів і ресурсів, до класифікації і районування території, вибору оптимального маршруту.

Коло проблем, що реалізовуються ГІС, може змінюватися в залежності від вимог часу і функціональних можливостей, які визначаються рівнем розробки структури бази даних і її програмно-апаратною реалізацією. Проблемна орієнтація ГІС визначається розв’язуваними в ній задачами (науковими та прикладними). Серед них інвентаризація ресурсів (в тому числі кадастр), аналіз, оцінка, моніторинг, управління і планування та підтримка прийняття рішень.

Спеціалізовані ГІС. Предметом розгляду таких ГІС можуть бути: військова сфера, природокористування, екологія, транспорт, зв'язок, соціально-економічні показники, міське господарство та територіально-адміністративний поділ.

За цільовим призначенням ГІС можуть бути.

1. Інформаційно-довідкові. Такі ГІС або використовуються в мережі Інтернет, або тиражуються на компакт-дисках. Вони широко використовуються для довідкових, туристичних і освітніх цілей.

2. Інвентаризаційні, кадастрові. Такі ГІС створюються для обліку і ведення земельного, лісового, водного, екологічного, містобудівного та інших видів кадастру, а також систем муніципального управління.

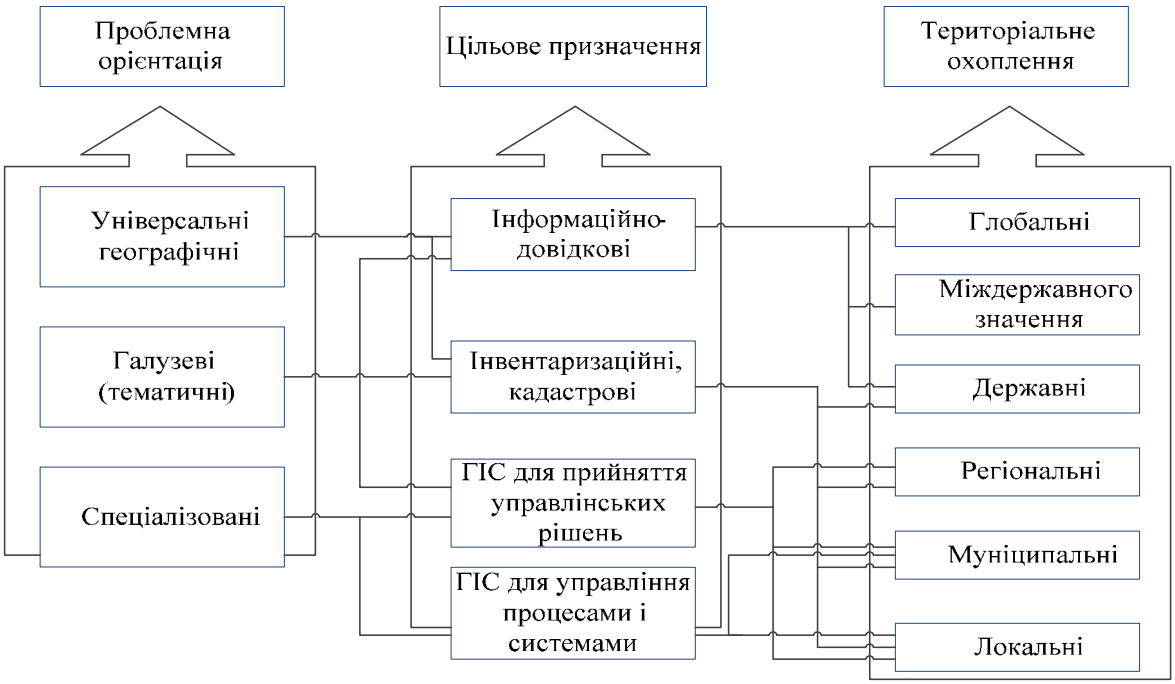

Рис. 1. Класифікація ГІС за різними позиціями

ISSN 2663-0176 (Print)
ISSN 2663-7731(Online)

3. Геоінформаційна система для прийняття управлінських рішень. Зазвичай такі ГІС створюються або на державному рівні, або на рівні різного роду центральних органів виконавчої влади служать для отримання оперативних даних в процесі прийняття рішень.

4. Геоінформаційна система для управління процесами і системами. Такі ГІС допомагають оперативно управляти енергоресурсами, планувати роботу транспорту, зв'язку тощо.

Як правило математичну основу ГІС складають топодані (топомапи). За територіальним охопленням ГІС розбивають на декілька рівнів [21-23].

1. Глобальні. Масштаб базових карт, за якими створюється ГІС, 1: 4000000 і дрібніше, система координат – географічна. Цифрові карти зберігаються на оптичних або компакт-дисках. Прикладом глобальних ГІС є цифрова карта світу.

2. Міждержавні (субконтинентальні). У цих ГІС за територіальною ознакою об'єднуються кілька держав. Масштаб базових карт для них від 4000000 до 1: 200000. В основному вони мають інформаційно-довідкове призначення.

3. Загальнонаціональні, державні. Вихідним картографічним матеріалом для цих ГІС можуть служити карти масштабу 1:4000000 до 1:1000000.

4. Регіональні та субрегіональні. До цього рівня відносять ГІС на основі топографічних і картографічних даних масштабів 1:100000 або 1:200000. Система координат геодезична (в США, Канаді та Західній Європі – UTM, в Україні – Раусса-Крюгера).

5. Муніципальні. Створюються для управління міським самоврядуванням, наприклад, для створення муніципальних кадастрових мап. Масштаби картографічних і топографічних даних складаються 1: 10 000 і 1:25000.

6. Локальні (районні). Геоінформаційна система цього рівня створюються за геопросторовими даними масштабів 1:10000 і крупніше та служать для управління міським господарством, створення кадастрових мап та інших цілей місцевого застосування.

Сучасні геоінформаційні системи є автоматизованими системами, основу яких складає комп'ютер. При вирішенні великого класу прикладних задач базових можливостей універсальної ГІС не завжди буває достатньо.

Сучасні універсальні ГІС будуються за модульною схемою і дозволяють нарощувати свої функціональні можливості за рахунок підключення великої кількості зовнішніх модулів.

Розглянемо модульну будову універсальної ГІС ArcGIS (Рис. 2) [24].

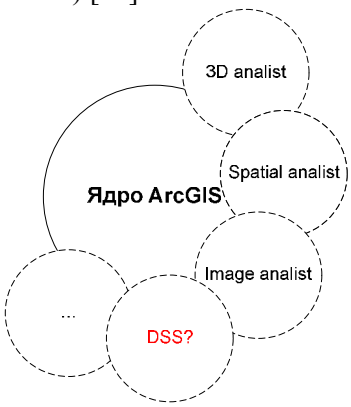

Рис. 2. Модульна будова універсальної ГІС ArcGIS

Ядро універсальної ГІС ArcGIS містить наступні компоненти:

– система управління векторними даними;
– система управління базами даних;
– система побудови діаграм і графіків;
– система підготовки макетів карт до друку;
– мова програмування Avenue.

Система управління векторними даними дозволяє створювати, редагувати, візуалізувати і представляти в різних картографічних проекціях просторові дані, виконувати деякі просторові запити. ArcGIS може працювати з декількома наборами географічних даних в інтерактивних картах, що мають назву «Види».

Система управління базами даних дозволяє створювати і редагувати атрибутивні дані, встановлювати реляційні відношення між різними таблицями, зв'язуватися із зовнішніми базами даних, а також виконувати різні запити по атрибутивних даних.

Система побудови діаграм і графіків дозволяє проводити побудову різних діаграм і графіків по атрибутивних даних.

Система підготовки макетів карт до друку дозволяє проводити збірку картографічної, атрибутивної і графічної інформації на один лист та виводити отриманий макет на друк.

Вбудована мова програмування Avenue високого рівня дозволяє користувачеві створити свій власний інтерфейс користувача, програмно представляти наявні набори даних, розробляти власні скрипти для обробки просторової та атрибутивної інформації.

В даний час різними виробниками розроблено величезну кількість зовнішніх модулів для ArcGIS, які спрямовані на вирішення конкретних завдань. При роботі модулі можуть використову-

вати стандартні засоби ядра універсальної ГІС, або дані інших модулів.

Розглянемо основне призначення деяких зовнішніх модулів універсальних ГІС ArcGIS.

Модуль 3D Analyst додає підтримку 3D об'єктів, функції моделювання поверхонь і перспективного відображення в режимі реального часу. З його допомогою можна створювати і візуалізувати просторові дані з використанням третього виміру, який забезпечує об'ємне зображення. Основними поняттями в модулі є TIN і GRID представлення.

Модуль Spatial Analyst є засобом, що дозволяє знайти і зрозуміти просторові відношення, що існують в наборі даних. Основним поняттям модуля є GRID представлення просторових даних. Модуль представляє широкі можливості для подання та просторового аналізу по grid-темам і векторних об'єктах.

Модуль Image Analyst доповнює ArcGIS можливістю обробки космічних спектрозональних знімків. Він дозволяє проводити контрольовану і неконтрольовану класифікацію знімків та представляти результати у векторній формі. Як було сказано вище, модулі для ArcGIS можна розробити і самостійно, використовуючи вбудовану мову програмування Avenue.

Проведений аналіз функціонального призначення основних модулів типової універсальної ГІС доводить обмеженість можливостей, щодо підтримки прийняття рішень при розв'язанні ряду галузевих задач, які описуються власними критеріями та обмеженнями при постійно зростаючих обсягах просторово-розподілених вхідних даних різної природи. Таким чином, при створенні ГГІС на основі існуючих геоінформаційних технологій виникає суттєва проблема, яка стосується створення інтегрованих систем підтримки прийняття рішень (Decision Support System - DSS).

Мета і завдання дослідження

Метою дослідження є підвищення ефективності підтримки прийняття рішень для галузевих геоінформаційних систем за рахунок створення відповідних моделей, методів та ІТ. Метою дослідження визначено необхідність роз-в'язання таких задач.

1. Аналіз проблем створення галузевих гемін-формаційних систем.

2. Розробка інформаційної моделі геоданих.

3. Розробка концептуальної моделі підтримки прийняття рішень для галузевих геоінформаційних систем та методу на її основі.

Методи дослідження

У якості наукової основи дослідження використовується системний підхід при аналізі проблем створення галузевих геоінформаційних систем; системний аналіз при розробці загальної концепції створення інформаційної технології організаційного управління просторово-розподіленими даними; теорія організаційного управління даними в галузевих геоінформаційних системах при побудові моделей предметних областей; апарат математичної логіки, теорії множин при розробці інформаційних моделей взаємодії та розроблення підходів прикладних проблем різних предметних областей; теорії формальних систем та функціонального аналізу для побудови моделей підтримки прийняття рішень.

Виклад основного матеріалу статті

Функціонування універсальних ГІС поділяється на три базові етапи (Рис. 3). При створенні ГГІС мають місце наступні проблеми.

1. На етапі збору даних існує невідповідність вимог до представлення просторових та атрибутивних складових геоданих з урахуванням галузевих задач: можлива неактуальність та неповнота інформації про якісні та кількісні властивості просторових об'єктів з одного боку, та недостатня точність даних, що містить інформацію про просторове положення об'єктів і описує їх геометрію. Це призводить до ускладнення прийняття рішень, особливо в умовах постійно зростаючих обсягів вхідних даних різної природи.

2. На етапі аналізу та моделювання в універсальних геоінформаційних програмних продуктах таких як ArcGIS та Quantum GIS обмежена (або практично відсутня) підтримка прийняття обґрунтованих рішень, що пов'язано зі складністю врахування різних вимог галузевих задач, які описуються власними критеріями та обмеженнями.

3. На етапі візуального представлення рішення у форматі ГІС виникають труднощі відображення альтернативних рішень, що пов'язано з обмеженістю можливостей чисельних розрахунків та імітаційного моделювання щодо картографічного відображення результатів.

Аналіз створення ГГІС в адміністративно-територіальному та муніципальному управлінні, у соціальних проектах при дослідженні туристичного потенціалу територій та у військових додатках доводить необхідність врахування не тільки багатоцільової специфіки предметної галузі, а і динаміки вхідних даних про об'єкти ГГІС.

ISSN 2663-0176 (Print)
ISSN 2663-7731(Online)

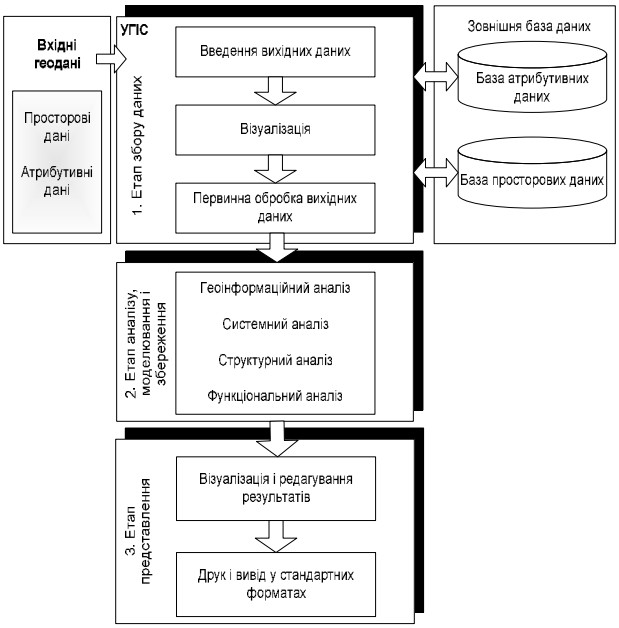

Рис. 3. Схема функціонування універсальної ГІС

Стосовно періодичності зміни вхідних даних запропоновано класифікувати ГГІС не тільки за територіальним охопленням та цільовим призначенням, а і за динамікою зміни вхідних даних. При цьому розглядаємо стаціонарні (адміністративно-територіальні ГІС), квазістаціонарні (туристичні ГІС) та динамічні (військові ГІС) ГГІС. Крім того наявність великих об'ємів відомих особі, що приймає рішення (ОПР) вхідних просторових та атрибутивних даних, які мають мінливий характер, розподілені джерела та неоднорідну семантичну складову призводять до високої обчислювальної складності, високої розмірності простору пошуку та складної топології області допустимих рішень для використання чисельних або імітаційних методів прийняття рішень.

Для створення ГГІС розроблено інформаційну модель геознань та модель і метод підтримки прийняття рішень для вирішення низки галузевих завдань.

Для уніфікації представлення геоданих, забезпечення необхідної точності отримання просторово-розподіленних даних та повноти атрибутивних даних про об'єкти ГГІС розроблено інформаційну модель геознань:

$$MGD = < MGD_S, MGD_A, MD >, \quad (1)$$

де:

MGD_S – модель просторових (координатних) даних, що містить інформацію про просторове положення об'єктів ГГІС і описує їх геометрію;

MGD_A – модель атрибутивних даних, яка описує якісні та кількісні властивості просторових об'єктів ГГІС;

MD – метадані, що містять інформацію про дані джерела, методи і термін отримання геоданих про об'єкти.

Модель просторових даних ГГІС задається кортежем

$$MGD_S = < T_P, F_P, T_{Pro}, LoS >, \quad (2)$$

де:

$T_P = \{2D\{raster, vector_{nontop}, vector_{top}\}, 3D\{Grid, TIN\}\}$ – тип представлення $2D$ – об'єктів;

$raster$ – растрове представлення за допомогою характеристик: роздільність, значення, орієнтація, зона, положення тощо;

$vector_{nontop}$ – векторне представлення у вигляді сукупності координат лінійних відрізків;

$vector_{top}$ – векторне представлення у вигляді сукупності координат лінійних відрізків з додатковим завданням таких характеристик як: зв'язність, перетин, близькість;

$Grid$ – представлення $3D$ –об'єктів за допомогою регулярних сіток;

TIN – представлення $3D$ –об'єктів за допомогою суміжних трикутників, що не перетинаються; $F_P = \{isolines, isoconturs, gradient\}$,

– форма представлення $3D$ – об'єктів за допомогою ізоліній, ізоконтурів та градієнтного заливання.

Параметр LoS задає бібліотеку, що містить набори стандартних умовних знаків, символів і прийнятих позначень для відображення просторових об'єктів ГГІС.

З врахуванням поширених існуючих моделей представлення знань запропоновано атрибутивні дані ГГІС представляти за допомогою наступної моделі:

$$MGD_A = \begin{Bmatrix} T_R, E, R, & (a) \\ T_S, E, \{R\}, G, & (b) \\ T_F, E, S_1, S_2, S_3 & (c) \end{Bmatrix}, \quad (3)$$

де:

T_R, T_S, T_F – реляційна, семантична, фреймова моделі представлення знань;

(a) – множини об'єктів E, зв'язків між ними R та їх атрибутів A, якщо для представлення атрибутивних даних обрано реляційну модель T_R;

(b) – множина типів зв'язків $\{R\}$, наприклад, ієрархічні, причинно-наслідкові, функціональні тощо;

G – відображення, яке враховує конкретні відношення із множини типів зв'язків $\{R\}$ між об'єктами E, якщо обрано семантичну модель T_S;

(c) – множини слотів S_1, S_2, S_3, що містять декларативну і процедурну семантику фреймів та забезпечують їхні зв'язки, якщо для представлення атрибутивних даних обрано фреймову модель T_F.

Для забезпечення цілісності геоданих запропоновано зв'язувати їх просторові та атрибутивні складові за допомогою ідентифікаторів (ID) об'єктів (Рис.4).

При розробці концептуальної моделі підтримки прийняття рішень запропоновано враховувати рівні різних завдань ГГІС:

$$MGIS = < W_0, W_1, W_2, ..., W_n >, \quad (4)$$

де:

W_0 – задача першого рівня, що спрямовано на вирішення загальної цілі створення ГГІС та впливає на вирішення множини задач другого рівня $W_1, W_2, ..., W_n$.

Раціональне рішення задачі другого рівня із врахуванням моделі геоданих (1) залежить від наступних факторів:

$$X_R = < W_0, T, MGD_S, MGD_A, MD \,|\, W_i(\alpha_i, \beta_i, \xi_i, X_i), M_i(p), f_i, k_i >, \quad i = \overline{1,n} \quad (5)$$

де:

T – параметр динаміки геоданих, який впливає на стаціонарність, квазістаціонарність або динамічність задачі першого рівня створення ГГІС ;

α_i – початкові оперативні дані для прийняття рішень в залежності від задачі;

β_i – обмеження;

ξ_i – випадкові дані;

$X_i = (X_{i1}, ..., X_{im})$ – множина альтернативних рішень;

$X_R \in X_i$ – раціональне рішення;

$M_i(p) \in M$ – МРІ для вирішення задачі W_i із бази МРІ;

f_i – функція переваги використовується для опису і порівняльної оцінки якості рішень на основі переваг ОПР;

k_i – критерій вибору раціонального рішення, якій формулює ОПР;

n – кількість задач.

Тоді з урахуванням (5) задачу підтримки прийняття рішень в ГГІС сформулюємо так: при заданих умовах α і β із врахуванням ξ за допомогою ґрунтовано обраного методу M_i знайти таке рішення $X_R \in X_i$, яке з урахуванням критерію k ОПР обирає із множини $\{X_i\}$, яка попередньо упорядковується відповідно до функції переваги f.

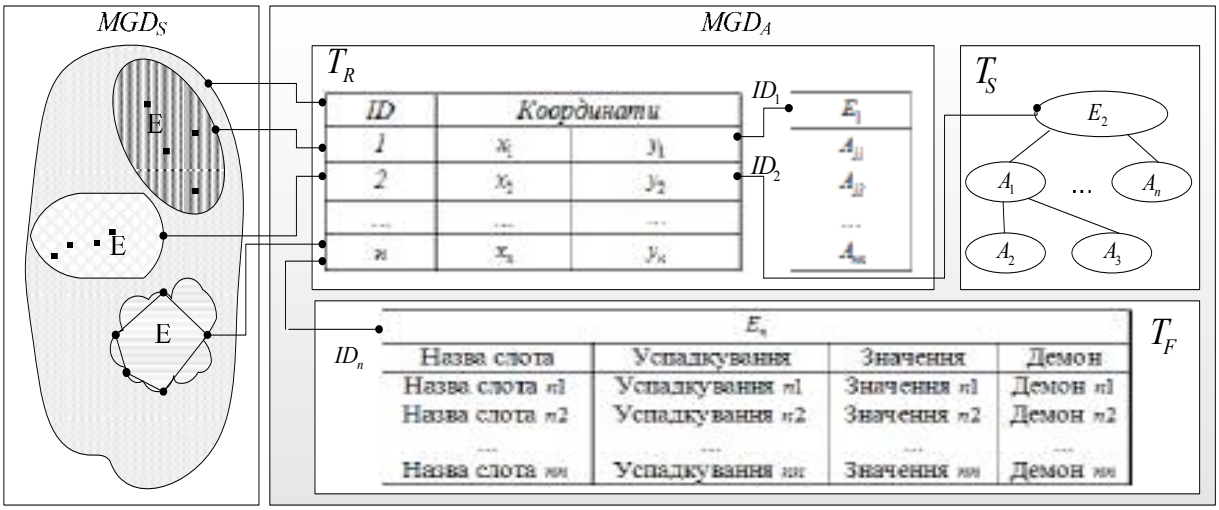

Рис. 4. Геореляційний взаємозв'язок просторової та атрибутивної складових геоданих з врахуванням моделі представлення атрибутивної складової

ISSN 2663-0176 (Print)
ISSN 2663-7731(Online)

На основі запропонованої інформаційної моделі геознань та концептуальної моделі для автоматизації процесу підтримки прийняття рішень в ГГІС розроблено відповідний метод, який реалізується наступним чином (Рис. 5):

Крок 1. Формування задачі першого рівня W_0.

Крок 2. Відповідно до задачі W_0 на основі просторових та атрибутивних даних про об'єкти галузі та з урахуванням інформаційної моделі (1) створюється база геознань.

Крок 3. На основі задачі W_0 та даних із бази геознань визначається множина задач другого рівня $W_1, W_2, ..., W_n$. Послідовність наступних кроків виконується для кожної задачі.

Крок 4. Для задачі W_i визначаються додаткові початкові оперативні α_i та випадкові ξ_i дані, а також певні обмеження β про об'єкти галузі.

Крок 5. Для рішення задачі W_i за допомогою відповідної процедури на основі обґрунтовано обраного МРІ M_i формується множина альтернативних варіантів рішень $\{X_i\}$.

Крок 6. Множина $\{X_i\}$ упорядковується згідно функції f переваги, яка використовує для опису і порівняльної оцінки якості рішень на основі уподобань ОПР.

Крок 7. Вибір раціонального (прийнятного) рішення X_R проводиться за критерієм вибору k, формулювання якого здійснює ОПР.

Висновки і перспективи подальших досліджень

Таким чином, проаналізовано проблеми створення галузевих геоінформаційних систем на базі існуючих універсальних геоінформаційних систем та проблеми підвищення ефективності підтримки прийняття рішень в галузевих геоінформаційних системах за рахунок створення відповідних моделей, методів та інформаційних технологій. В дослідженні визначено необхідність розв'язання таких задач: аналіз проблем створення галузевих геоінформаційних систем, а саме, адміністративно-територіальному та муніципальному управлінні, у соціальних проектах при дослідженні туристичного потенціалу територій та проведенні геомаркетингу, у військових додатках, системах екологічної та техногенної безпеки та показано, що при створенні інформаційної технології підтримки прийняття рішень необхідно враховувати багатоцільову специфіку предметної галузі. Для створення ГГІС розроблено інформаційну модель геознань та модель і метод підтримки прийняття рішень для вирішення низки галузевих завдань.

Результат дослідження полягає у вирішенні науково-прикладної проблеми підвищення ефективності підтримки прийняття рішень для розробки та впровадження галузевих геоінформаційних систем за рахунок створення відповідних моделей, методів та ІТ.

Отримано такі основні результати

1. Проаналізовано проблеми створення ГГІС на базі існуючих універсальних ГІС та проблеми підвищення ефективності підтримки прийняття рішень в ГГІС.

2. Отримала подальший розвиток інформаційна модель геоданих, яка полягає у формалізованому поєднанні їх просторової та атрибутивної складових, що враховує реляційну, семантичну та фреймову моделі представлення знань атрибутивної складової з метою уніфікації галузевих геоданих, що дозволило розробити технологію організації баз геознань.

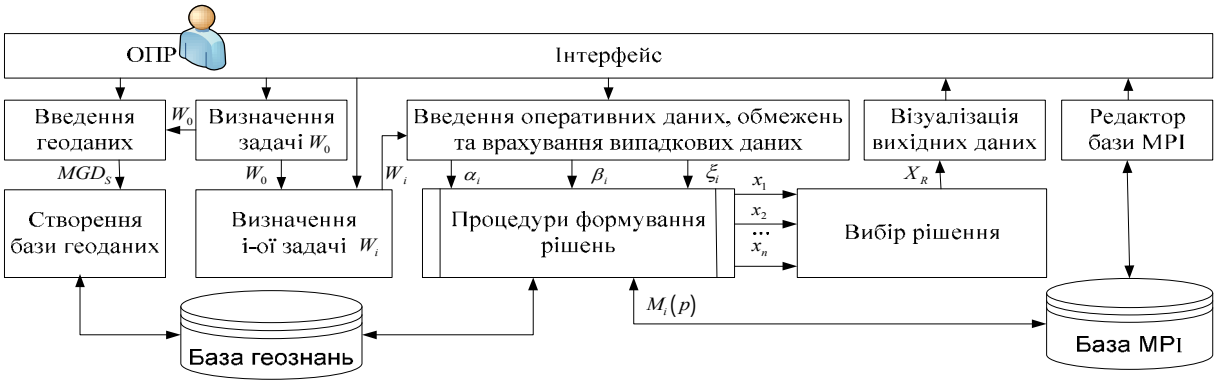

Рис. 5. Геореляційний взаємозв'язок просторової та атрибутивної складових геоданих з врахуванням моделі представлення атрибутивної складової

Отримала подальший розвиток концептуальна модель ППР в ГГІС, яка враховує інформаційну модель геоданих, ієрархію задач ГГІС, вхідні оперативні дані, функцію переваг та критерій вибору ОПР, що дозволило розробити метод ППР для знаходження раціонального рішення задач другого рівня.

Вперше розроблено метод підтримки прийняття рішень при побудові галузевої геоінформаційної системи, який враховує запропоновану концептуальну модель, що дозволило автоматизувати процес створення ефективних геопросторових розподілених систем за галузевим призначенням.

Список використаної літератури

1. Колбеев В. В. Применение геоинформационных систем для целей бизнеса Научное сообщество студентов XXI столетия /В. В. Колбеев // Технические науки: сб. статей. по мат. VI междунар. студ. науч.-практ. конф. № 6, веб-сайт. URL: sibac.info/archive/technic/6.pdf (дата звернення: 17.03.2019).

2. Bonham-Carter, G. F. (1994). Geographic information systems for geoscientists: Modeling with GIS, Computer methods in the geosciences. Pergamum, Killington, United Kingdom, Vol. 13, 377 p.

3. Цветков В. Я. Системный анализ ГИС / В. Я. Цветков //Образовательные ресурсы и технологии. – М. : – 2015. Изд-во Наука. – № 1(9). – С. 97-103.

4. Burrought, P. A. & Frank, A. U. (1996). Natural objects with indeterminate boundaries. *In Geographic objects with indeterminate boundaries.* Taylor and Francis, London: United Kingdom, pp. 3-28.

5. Цветков В. Я. Геоинформационный геотехнический мониторинг /В. Я. Цветков //Международный научно-технический и производственный журнал «Науки о Земле». – М. : Изд-во Геодозор. – 2012. – № 4. – С. 54-58.

6. Clarke, D. G., & Clarc, D. M. (1995). Lineage. In Guptill S. C., & Morrison J. L "Elements of Spatial Data Quality, Elsevier Science", Oxford, United Kingdom, pp. 13-30.

7. Цветков В. Я. Общая геоинформатика /В. Я. Цветков //Lap Lambert Academic, *Publishing GmbH & Co. KG*, Saarbrucken, Germany. – 2013. – 288 с.

8. Devillers, R., & Jeeansoulin, R. (2006). "Data Structures and Algorithms". Iste Ltd, London, United Kingdom, 284 p.

9. Цветков В. Я. Агрегирование геоинформационных моделей /В. Я. Цветков //Международный научно-технический и производственный журнал «Науки о Земле». – М. : Изд-во Наука. – 2015. – № 2. – С. 68-75.

10. Dibiase, D. (1990). "Visualization in earth sciences". Earth and Mineral Sciences, Bulletin of the College of Earth and Mineral Sciences 59, 2, Pennsylvania State University, pp.13-18.

11. Цветков В. Я. Геоинформационные системы / В. Я. Цветков //Lap Lambert Academic. *Publishing, Saarbrucken*, Germany, 2014. – 245 с. Heuvelink, G. B. M. (1993). "Error propagation in quantitative spatial modeling Applications in Geographical Information Systems". Nederlandse Geografische Studies. Koninklijk Aardrijkskundig Genootschap, Utrecht, pp. 297-435.

12. Цветков В. Я. Геоинформационные системы и технологии /В. Я. Цветков. – М. : Изд-во *ФиС*, 1998. – 368 с.

13. Iliffe, J. (2000). "Datums and Map Projections for Remote Sensing", GIS and Surveying, *Publ. Whittles Publishing, CRC Press,* 226 p.

14. Розенберг И. Н., Основы геоинформатики / И. Н. Розенберг, В. Я. Цветков. – М. : 2011, 108 с.

15. Morrison, J. L. (1997). "Topographic mapping for the twenty-first century". In Framework of the World, D. Rhind, Ed. Geoinformation International, Cambridge, U.K., pp. 14-27.

16. Болбаков Р. Г. Топологическое моделирование на геоданных /Р. Г. Болбаков, В. М. Маркелов, В. Я. Цветков //Перспективы науки и образования. – 2014. – № 2. – С. 34-39.

17. Tempfli, K., Ed. (2008). "Principles of Remote Sensing, fourth ed.", ITC Edu- cational Textbook Series. *International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Enscheda,* The Netherlands, Vol. 2, 34 p.

18. Майоров А. А. Геоинформатика как важнейшее направление развития информатики /А. А. Майоров, В. Я. Цветков //Информационные технологии. – 2013. – № 11. – С. 2-7.

19. Veregin, H. (1995). "Developing and testing of an error propagation model for GIS overlay operations", *International Journal of Geographical Information Systems* 9, 6. pp. 595-619.

20. Маркелов В. М. Модели получения знаний в геоинформатике /В. М. Маркелов, В. Я. Цветков. //Славянский форум. – М. : – 2015. – 1(7). – С. 177- 182.

21. Королев Ю. К. Общая геоинформатика /Ю. К. Королев. – М. : – 1998. Изд-во СП Дата. – Вып.1, 4 с.

ISSN 2663-0176 (Print)
ISSN 2663-7731(Online)

22. Кошкарев А. В. Геоинформатика /А. В. Кошкарев, В. С Тикунов. – М. : Картоцентр Геоиздат, 1993. – 213 с.

23. Линник В. Г. Построение геоинформационный систем в физической географии /В. Г. Линник – М. : Изд-во МГУ, 1990. – 80 с.

24. Розенберг И. Н. Геознания и георефернция. /И. Н. Розенберг, М. Е. Вознесенская //Вестник Московского государственного областного педагогического университета. – 2010. – № 2. – С. 116-118.

25. Цветков В. Я. Сложные прикладные систем /В. Я Цветков //Lap Lambert. *Academic Publishing,* Saarbriicken, Germany, 2015. – 141 p.

26. Кулагин В. П. Геознание: представление и лингвистические аспекты /В. П. Кулагин, В. Я. Цветков //Информационные технологии. – 2013. – № 12. – 2 с.

27. Розенберг И. Н. Геоинформационные системы на железнодорожном транспорте /И. Н. Розенберг //Международный научно-технический и производственный журнал «Науки о Земле». – 2012. – № 4. – С. 86-90.

28. Розенберг И. Н. Пространственное управление в сфере транспорта /И. Н. Розенберг //Славянский форум – 2015. – 2(8). – С. 268-274.

29. Скогарева Р. М. Геодезия с основами геоинформатики /Р. М. Скогарева // Уч. пособие для вузов – М. : Изд-во Высшая школа, 1999. – 205 с.

References

1. Kolbeyev, V. V. (2019). Primeneniye geoinformatsionnykh sistem dlya tseley biznesa, [The use of geographic information systems for business purposes], The scientific community of students of the XXI century. Engineering science: Sat. Art. *According to mat. VI Intern. stud scientific-practical conf.* No. 6.: Web site. URL: sibac.info/archive/technic/6.pdf (request date: 03/17/2019) (in Russian)

2. Bonham-Carter, G. F. (1994). "Geographic information systems for geoscientists: Modeling with GIS, Computer methods in the geosciences". Pergamon, Kidlington, United Kingdom, Vol. 13, 377 p.

3. Tsvetkov, V. Ya. (2015). Sistemnyy analiz GIS, [GIS system analysis], *Educational resources and technology,* Moscow, Russian Federation, *Publ. Science*, No. 1 (9), pp. 97-103 (in Russian).

4. Burrought, P. A. & Frank, A. U. (1996). Natural objects with indeterminate boundaries. *In Geographic objects with indeterminate boundaries*. Taylor and Francis, London, United Kingdom, pp. 3-28.

5. Tsvetkov, V. Ya. (2012). Geoinformatsionnyy geotekhnicheskiy monitoring, [Geoinformation geotechnical monitoring], International Science, *Technical and Industrial Journal "Earth Sciences",* Moscow, Russian Federation, *Publ. Geodozor,* No. 4, pp. 54-58 (in Russian)

6. Clarke, D. G., Clarc, D. M., Lineage. In Guptill S. C., & Morrison J. L. (1995). "Elements of Spatial Data Quality, Elsevier Science, Oxford, United Kingdom", pp. 13-30.

7. Tsvetkov, V. Ya. (2013). Obshchaya geoinformatika, [General geoinformatics], Lap Lambert. *Academic Publishing GmbH & Co*. KG, Saarbrucken, Germany, 288 p. (in Russian).

8. Devillers, R. & Jeeansoulin, R. (2006), "Data Structures and Algorithms". *Publ. Iste Ltd*, London, United Kingdom, 284 p.

9. Tsvetkov, V. Ya. (2015). Agregirovaniye geoinformatsionnykh modeley, [Aggregation of geoinfor-mation models], *International Science, Technical and Industrial Journal "Earth Sciences",* Moscow, Russian Federation, *Publ. Science,* No. 2, pp. 68-75 (in Russian).

10. Dibiase, D. (1990). "Visualization in earth sciences. Earth and Mineral Sciences", Bulletin of the College of Earth and Mineral Sciences 59, 2, pp.13-18.

11. Tsvetkov, V.Ya. (2014). Geoinformatsionnyye sistemy, [Geographic Information Systems], Lap Lambert, *Publishing, Saarbrucken*, Saarbrucken, Germany, 245 p. (in Russian).

12. Heuvelink, G. B. M. (1993). "Error propagation in quantitative spatial modeling Applications in Geographical Information Systems. Nederlandse Geografische Studies". Koninklijk Aardrijkskundig Genootschap, Utrecht, pp. 297-435.

13. Tsvetkov, V. Ya. (1998). Geoinformatsionnyye sistemy i tekhnologii, [Geoinformation systems and technologies], Moscow, Russian Federation, *Publ. FiS,* 368 p. (in Russian).

14. Iliffe, J. (2000). "Datums and Map Projections for Remote Sensing, GIS and Surveying", *Whittles Publishing, CRC Press,* 226 p.

15. Rozenberg, I. N., & Tsvetkov, V. Ya. (2011). Osnovy geoinformatiki, [Fundamentals of Geoinformatics], Moscow, Russian Federation, 108 p. (in Russian).

16. Morrison, J. L. (1997). "Topographic mapping for the twenty-first century". In Framework of the World, D. Rhind, Ed. Geoinformation International, Cambridge, United Kingdom, pp. 14-27.

17. Bolbakov, R. G., Markelov, V. M., & Tsvetkov, V. Ya. (2014). Topologicheskoye modelirovaniye na geodannykh, [Topological modelling on geodata], *Prospects of science and education*, No. 2, pp. 34-39 (in Russian).

18. Tempfli, K. (2008). "Ed. Principles of Remote Sensing, fourth ed., ITC Edu- cational Textbook Series". International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation, Enschede, the Netherlands, Vol. 2, pp. 34-309.

19. Mayorov, A. A., & Tsvetkov, V. Ya. (2013). Geoinformatika kak vazhneysheye napravleniye razvitiya informatiki, [Geoinformatics as the most important direction in the development of computer science], *Information Technology*, No. ll. pp. 2-7 (in Russian).

20. Veregin, H. (1995). Developing and testing of an error propagation model for GIS overlay operations, *International Journal of Geographical Information Systems* 9, 6, pp. 595-619.

21. Markelov, V. M., & Tsvetkov, V. Ya. (2015). Modeli polucheniya znaniy v geoinformatike, [Models of obtaining knowledge in geoinformatics], *Slavic forum*, Moscow, Russian Federation, 1 (7). pp. 177-182 (in Russian).

22. Korolev, Yu. K. (1998). Obshchaya geoinformatika, [General geoinformatics]. Issue 1, Moscow, Russian Federation, *Publ. SP Date +,* 4 p. (in Russian).

23. Koshkarev, A. V., & Tikunov, V. S. (1993). Geoinformatika, [Geoinformatics], Moscow, Russian Federation, Kartocentr Geoizdat, 213 p. (in Russian).

24. Linnik, V. G. (1990). Postroyeniye geoinformatsionnyy sistem v fizicheskoy geografii, [Construction of geographic information systems in physical geography], Moscow, Russian Federation, *Publ. Izd.* Moscow State University, 80 p. (in Russian).

25. Rozenberg, I. N. & Voznesenskaya, M. E. (2010). Geoznaniya i georeferentsiya, [Geoscience and geo-reference], Bulletin of the Moscow State Regional Pedagogical University, Moscow, Russian Federation, No. 2, pp.116-118 (in Russian).

26. Tsvetkov, V. Ya. (2015). Slozhnyye prikladnyye sistemy, [Complex application systems]. Lap Lambert *Publ. Academic Publishing*, Saarbriicken, Germany, 141 p. (in Russian).

27. Kulagin, V. P., & Tsvetkov, V. Ya. (2013). Geoznaniye: predstavleniye i lingvisticheskiye aspekty, [Geoscience: Representation and Linguistic Aspects], *Information technology*, No. 12, 2 p. (in Russian).

28. Rozenberg, I. N. (2012). Geoinformatsionnyye sistemy na zheleznodorozhnom transporte, [Geoinformation systems on railway transport], *International Science, Technical and Industrial Journal "Earth Sciences".* No. 4 pp. 86-90 (in Russian).

29. Rozenberg, I. N. (2015). Prostranstvennoye upravleniye v sfere transporta Slavyanskiy forum, [Spatial governance in the field of transport Slavic Forum], 2 (8) pp. 268-274 (in Russian).

30. Skogareva, R. M. (1999). Geodeziya s osnovami geoinformatiki, [Geodesy with the basics of geoinformatics,Uch. Allowance for universities, Moscow, Russian Federation, *Publ. Higher School,* 205 p. (in Russian).

Отримано 22.02.2019

UDK 519.7:004.89

Dmitriy I. Uhryn[1], Candidate of Technical Sciences, Associate professor of Information Systems Department Chernivtsi Faculty of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute",
E-mail: ugrund38@gmail.com, ORCID: https:// http://orcid.org/0000-0003-4858-4511
[1]Chernivtsi Faculty of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute",
Holovna street, 203 A, Chernivtsi Ukraine, 58000

INFORMATION TECHNOLOGY SUPPORT FOR DECISION MAKING GEOINFORMATION SYSTEMS

Abstract. *The problems of creating GIS industry based on existing GIS and universal problem of increasing the efficiency of decision support systems, GIS industry by the alignment liability these models, methods and information technologies. The study identified the need to solve the following problems: analysis of problems creation of GIS industry, namely, administrative, territorial and municipal government, and in social projects for the study of tourism potential areas and conducting geomarketing, military applications, systems and environmental technogenic safety and it is shown that when creating information technology support decision-making it is necessary to consider the multi-purpose specifics of the subject field. Regarding the frequency of changes in incoming data, it is proposed to classify and catalog sectoral geographic information systems not only by territorial coverage and purpose, but also by the dynamics of the change in input data. At the same time we consider stationary (administrative-territorial geoinformation systems), quasi-stationary (tourist geoinformatics and systems) and dynamic (military geoinformation systems) sectoral geographic information systems. To unify the presentation location, with the required accuracy to obtain space-distribution data and attribute data completeness of industrial facilities heoinformation systems developed information model heoknowledge. To ensure the integrity of the proposed location bind them just attribute components using the asset ID. Further developed a conceptual model of decision support in the industry geographic information system that takes into account the information model location, hierarchy problems branch of geographic information system, incoming operational data, function, advantages and selection criteria person decides that allowed method of decision support for finding a rational solution to the problems of the second level. For the first time the support method decisions in the construction sector geographic*

ISSN 2663-0176 (Print)
ISSN 2663-7731(Online)

information system that takes into account the proposed conceptual model that allow pouring automate the process of creating effective systems for distributed geospatial by industry purpose.

Keywords: *information technology; decision support; geographic information systems industry; just at the trench and attribute and digital data heoknowledge*

УДК 519.7:004.89

[1]**Угрин, Дмитрий Ильич,** кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информационных систем черновицкого факультета Национального технического университета «Харьковский политехнический институт», E-mail: ugrund38@gmail.com, ORCID: https:// http://orcid.org/0000-0003-4858-4511
[1]Черновицкий факультет Национального технического университета «Харьковский политехнический институт», улица Главная, 203 А, г. Черновцы, Украина, 58000

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Аннотация. *Проанализированы проблемы создания отраслевых геоинформационных систем на базе существующих универсальных геоинформационных систем и проблемы повышения эффективности поддержки принятия решений в отраслевых геоинформационных системах за счет создания ответственных моделей, методов и информационных технологий. В исследовании определена необходимость решения следующих задач: анализ проблем создания отраслевых геоинформационных систем, а именно, административно-территориальном и муниципальном управлении, в социальных проектах при исследовании туристического потенциала территорий и проведении геомаркетинга, в военных приложениях, системах экологической и техногенной безопасности и показано, что при создании информационной технологии поддержки принятия решений необходимо учитывать многоцелевую специфику предметной области. Относительно периодичности изменения входных данных предложено классифицировать отраслевые геоинформационные системы не только по территориальному охвату и целевому назначению, но и по динамике изменения входных данных. При этом рассматриваем стационарные (административно-территориальные геоинформационные системы), квазистационарные (туристические геоинформационные системы) и динамические (военные геоинформационные системы) отраслевые геоинформационные системы. Для унификации представления геоданных, обеспечения требуемой точности получения пространственно-распределенных данных и полноты атрибутивных данных об объектах отраслевых геоинформационных систем разработана информационная модель геознаний. Для обеспечения целостности геоданных предложено связывать их пространственные и атрибутивные составляющие с помощью идентификаторов объектов. Получила дальнейшее развитие концептуальная модель поддержки принятия решений в отраслевой геоинформационной системе, которая учитывает информационную модель геоданных, иерархию задач отраслевой геоинформационной системы, входные оперативные данные, функцию преимуществ и критерий выбора лица, принимающего решение, позволившее разработать метод поддержки принятия решений для нахождения рационального решения задач второго уровня. Впервые разработан метод поддержки принятия решений при построении отраслевой геоинформационной системы, учитывающий предложенную концептуальную модель, что позволило автоматизировать процесс создания эффективных геопространственных распределенных систем по отраслевому назначению.*

Ключевые слова: *информационная технология; поддержка принятия решений; отраслевые геоинформационные системы;, пространственные и атрибутивные цифровые данные; геознания*