

528.4
К64

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

КОНДРАТЮК ОЛЕНА ВАСИЛІВНА

УДК 528.4 (04)

К64

**ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЕЛІМІТАЦІЇ ТА ДЕМАРКАЦІЇ
ДЕРЖАВНОГО КОРДОНУ УКРАЇНИ**

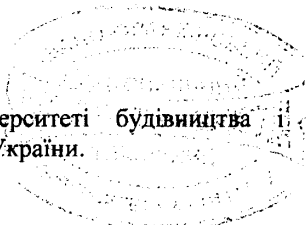
05.24.01 – Геодезія, фотограмметрія та картографія

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2011

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Київському національному університеті будівництва і архітектури Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.



Науковий керівник: доктор технічних наук, професор **Карпінський Юрій Олександрович**, Київський національний університет будівництва і архітектури, завідувач кафедри геоінформатики і фотограмметрії.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор **Гладких Ігор Іванович**, Одеська національна морська академія, завідувач кафедри гідрографії і морської геодезії;

кандидат технічних наук **Засць Іван Михайлович**, Державна служба геодезії, картографії та кадастру, перший заступник голови.

Захист відбудеться 22 квітня 2011 р. о 13:00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.056.09 у Київському національному університеті будівництва і архітектури за адресою: 03680, Київ, Повітрофлотський проспект, 31, ауд. 466.

З дисертацією можна ознайомитись у науково-технічній бібліотеці Київського національного університету будівництва і архітектури за адресою 03680, Київ, Повітрофлотський проспект, 31.

Автореферат розісланий “18” 03 2011 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради
кандидат технічних наук, доцент

О. П. Ісаєв



ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Одним з головних атрибутів існування України як держави є чітко визначена територія, яка обмежена державним кордоном. Державний кордон встановлюється в ході його делімітації, демаркації та редемаркації, а також уточнюється при перевірках.

Сучасний стан топографо-геодезичного і картографічного забезпечення переговорного процесу та проведення робіт з делімітації і демаркації державного кордону України характеризується використанням різноманітних даних про об'єкти кордону з просторовою локалізацією та інформації про просторове прив'язування даних до певного місця і простору, в тому числі топографічних карт і планів, морських навігаційних карт, аеро- та космознімків, ортофотопланів, протокол-описів проходження лінії кордону, протоколів та каталогів координат прикордонних знаків, таблиць з інформацією про острови та їх належність, списків географічних назв, що зустрічаються в протокол-описі договірних документів.

Нагальність роботи обумовлюється необхідністю виконання завдань з установлення державного кордону України, якісне виконання яких потребує інтегрування різноманітних картографічних і описових даних з різних джерел, їх актуальності, достовірності, точності й оперативності надання на основі застосування новітніх геоінформаційних систем і технологій на всіх етапах підготовки і супроводження процесів делімітації та демаркації лінії кордону.

Вирішення цих завдань потребує розроблення науково-методичних основ створення моделей геопросторових об'єктів делімітації та демаркації державного кордону, які забезпечують необхідну для інформаційної підтримки переговорного процесу повноту, достовірність і точність даних про основні характеристики лінії державного кордону, прикордонні знаки, прилеглу місцевість, прикордонну інфраструктуру і які в подальшому можуть бути використані в системах картографування і моніторингу кордону і в інших суміжних сферах.

У своєму дослідженні автор спиралась на праці вітчизняних та російських вчених, які мають безпосереднє відношення до вирішення поставленого в дисертації науково-практичного завдання, а саме: А. А. Лященко, Ю. О. Карпінського, М. О. Трюхана, А. Л. Бондаря, М. С. Дністрянського, І. В. Дмитриченка, Р. І. Сосси, В. П. Кисловського, В. А. Колосова, П. Ю. Бурбана, Б. М. Клименка. До проблеми, що досліджується, дотичні також інші закордонні вчені та спеціалісти: Adler R., Voggs S., Schofield C., Carleton C., Jones S., McEwen A., Rushworth W., Pratt M.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Обраний напрям досліджень пов'язаний із реалізацією завдань Державної цільової правоохоронної програми "Облаштування та реконструкція державного кордону на 2007-2015 роки", затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 13 червня 2007 р. № 831.

Базовими для цієї дисертаційної роботи є науково-дослідні роботи, виконані в Науково-дослідному інституті геодезії і картографії. Автор дисертації була провідним виконавцем таких науково-дослідних робіт (вказано їх номери державної реєстрації, найменування, рік): 0104U008171, Створення картографічної бази даних "ГІС-Кордон", 2005 р.; 0106U005403, Науково-інформаційне забезпечення

МБА

делімітації та демаркації державного кордону, 2005 р.; 0106U005405, Науково-інформаційне забезпечення делімітації та демаркації державного кордону, 2006 р.; 0107U000064т, Вирішення проблемних питань з делімітації та демаркації державного кордону, 2007 р.; 0109U000005т, Створення наборів геопросторових даних ГІС-Кордон, 2008 р.; 0109U000004т, Картографо-геодезичне та географічне забезпечення делімітації континентального шельфу в районі острова Зміїний, 2008 р.; 0110U000003т, Вирішення проблемних питань з делімітації та демаркації державного кордону, 2009 р.

Мета і завдання дослідження. *Метою* дослідження є вирішення науково-прикладної задачі підвищення достовірності й точності необхідних геопросторових даних на основі їх інтегрування, уніфікації та спільного використання для підвищення якості й оперативності геоінформаційного забезпечення делімітації та демаркації державного кордону України.

Для досягнення поставленої мети в дисертації намічені та виконані *завдання* розроблення науково-методичних основ створення моделей геопросторових об'єктів делімітації та демаркації державного кордону, зокрема:

- здійснено аналіз існуючого стану та виявлено тенденції в розвитку геоінформаційного забезпечення делімітації та демаркації кордонів;

- обґрунтовано концептуальну модель топографо-геодезичного й картографічного забезпечення переговорного процесу, проведення робіт з делімітації та демаркації державного кордону України на основі застосування геоінформаційних систем і баз геопросторових даних;

- сформовано системну та функціональну моделі геоінформаційного забезпечення, прикладного профілю моделі метаданих про об'єкти делімітації та демаркації кордону, інфологічну схему бази геопросторових даних та моделі геопросторових об'єктів делімітації та демаркації державного кордону України, які відповідають вимогам міжнародного комплексу стандартів ISO 19100 "Географічна інформація / Геоматика" та стандарту DIGEST;

- узагальнено геоінформаційні методи інтегрування різномірних картографічних матеріалів на основі координатних операцій та просторової прив'язки за географічними ідентифікаторами у відповідності до стандартів ISO 19111 "Географічна інформація / Просторова координатна прив'язка" та ISO 19112 "Географічна інформація / Просторова прив'язка за географічними ідентифікаторами";

- розроблено базу геопросторових даних й реалізовано множини операцій геоінформаційного аналізу і моделювання об'єктів делімітації та демаркації державного кордону України у програмному середовищі ArcGIS.

Об'єкт дослідження. Об'єктом досліджень дисертаційної роботи є комплекс робіт з геоінформаційного забезпечення переговорного процесу і проведення робіт з делімітації та демаркації державного кордону України.

Предмет дослідження. Предметом дослідження дисертаційної роботи є розроблення моделей геопросторових об'єктів делімітації та демаркації державного кордону України, методів інтегрування різномірних видів і форм геопросторових даних, картографічних та описових матеріалів і зображень поверхонь.

Методи дослідження. У ході дослідження було використано методи геоінформаційного аналізу та моделювання, теорія баз і банків даних для формування моделей геопросторових об'єктів делімітації та демаркації з використанням універсальної мови моделювання UML, математичні методи інтерполяції та апроксимації функцій для обґрунтування і вибору засобів координатного інтегрування різнорідних картографічних матеріалів та їх спільного використання.

Наукова новизна одержаних результатів. У дисертації виконано теоретичне узагальнення та одержано практичні результати вирішення науково-прикладної задачі з удосконалення методів і моделей геоінформаційного забезпечення делімітації та демаркації державного кордону України. Отримано такі основні наукові результати:

- обґрунтовано концептуальну модель топографо-геодезичного і картографічного забезпечення переговорного процесу в ході делімітації та демаркації державного кордону із застосуванням геоінформаційних систем на основі бази геопросторових даних;

- розроблено системну і функціональну моделі геоінформаційного забезпечення, прикладний профіль моделі метаданих про об'єкти делімітації та демаркації кордону, інфологічну схему бази геопросторових даних та моделі геопросторових об'єктів делімітації та демаркації державного кордону України, які забезпечують інтегрування, уніфікацію і спільне використання різнорідних видів та форм геопросторових даних, картографічних та описових матеріалів і зображень поверхонь;

- удосконалено геоінформаційні методи інтегрування різнорідних картографічних матеріалів на основі інтерполяції та апроксимації функцій перетворення і трансформування координат та просторової прив'язки за географічними ідентифікаторами;

- розроблено множину ланцюгів операцій геоінформаційного аналізу і моделювання об'єктів бази геопросторових даних делімітації та демаркації державного кордону України, включаючи оверлейні операції, геокодування, динамічну сегментацію, побудову буферних зон, побудову еквідистантних ліній, агрегацію, генералізацію, геовізуалізацію, побудову тематичних карт.

Практичне значення одержаних результатів. Виконано науково-виробничу реалізацію та апробування розробленої бази геопросторових даних про об'єкти делімітації та демаркації державного кордону України в програмному середовищі ArcGIS для геоінформаційного забезпечення переговорного процесу та проведення робіт з демаркації кордону України з Республікою Молдова та з розмежування морських кордонів у Чорному і Азовському морях, у Керченській протоці з Російською Федерацією.

Практична цінність роботи полягає у впровадженні геоінформаційного забезпечення при підготовці міжнародних угод України з питань встановлення і підтримання режиму державного кордону, у розробленні проектів делімітації та демаркації державного кордону України.

Особистий внесок здобувача. Всі нові наукові результати, викладені у дисертації, отримано особисто автором, що підтверджується більшістю одноосібних

публікацій [1-5, 8, 9]. У спільних публікаціях особистий внесок автора полягає в постановці наукового завдання, обґрунтуванні виконаних досліджень та складанні висновків [6, 7].

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації доповідались і обговорювались на наукових конференціях та семінарах, а саме: на семінарах у Київському національному університеті будівництва і архітектури, VII міжнародній науково-практичній конференції “ГІС-Форум-2007” (Київ, 2007 р.), 71-й науково-практичній конференції КНУБА (Київ, 2010 р.) та IV Всеукраїнській науково-практичній конференції “Національне картографування: стан, проблеми та перспективи розвитку - 2010” (Київ, 2010 р.).

Публікації. Основні положення дисертації опубліковані в центральних наукових фахових виданнях, затверджених у переліку ВАК України, та в збірниках наукових праць конференцій. Всього за матеріалами дисертації опубліковано 9 наукових праць: 4 публікації у фахових виданнях та 5 публікацій у періодичних наукових виданнях, збірниках і матеріалах конференцій.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з вступу, трьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел (106 найменувань), додатка. Обсяг дисертації складає 162 сторінки, зокрема, обсяг основного тексту – 108 сторінок; текстова частина дисертації ілюструється 57 рисунками та 15 таблицями, одним додатком.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету, завдання та методи досліджень, наведено основні наукові результати роботи та їх практичне значення.

У першому розділі “**Аналіз існуючого стану і тенденцій розвитку геоінформаційного забезпечення делімітації та демаркації державних кордонів**” наведено огляд об’єктів та процесів предметної сфери, проаналізовано існуючий стан оформлення державного кордону України, а також основні заходи з геоінформаційного забезпечення делімітації та демаркації державного кордону України, виявлено тенденції розвитку геоінформаційного забезпечення державних кордонів у європейських та світових проектах.

Проведений аналіз існуючого стану досліджуваної теми засвідчив, що проблеми визначення кордонів в Україні приділяється багато уваги. На сучасному етапі становлення державності України підвищення оперативності, достовірності та ефективності прийняття рішень з питань встановлення державного кордону можливе лише на основі застосування комп’ютерних систем та сучасних геоінформаційних технологій. Тенденції розвитку геоінформаційного забезпечення полягають у розширенні спектра геоінформаційних ресурсів, зокрема активного використання ортофотозображень, різноманітних матеріалів землеустрою та текстових документів.

У роботі використано досвід реалізації проектів Європейської асоціації національних картографо-геодезичних та кадастрових служб (Eurogeographics), в яких розглядаються моделі геопросторових об’єктів на державні та адміністративні

кордони європейських країн, а також використано модель геопросторових даних, яка запропонована американською компанією ESRI для ArcGIS.

Серед основних завдань геоінформаційного забезпечення делімітації та демаркації державних кордонів можна виділити такі:

геоінформаційна підтримка управлінських рішень у процесі встановлення кордону, оперативне надання актуальних геопросторових даних про лінію державного кордону для картографічного виробництва;

– проведення комплексного геопросторового аналізу різномірних і різночасових матеріалів з метою точного і достовірного нанесення лінії державного кордону на топографічні карти при підготовці матеріалів для супроводження переговорного процесу та подальшого її моніторингу.

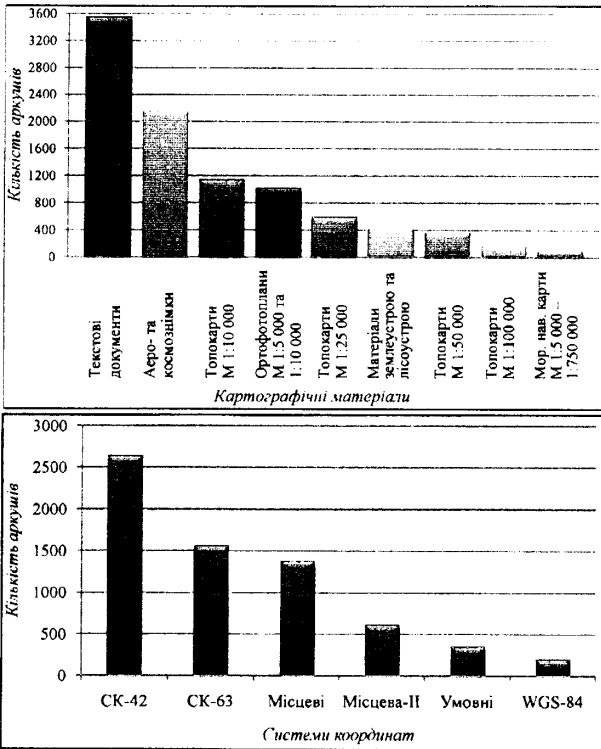


Рис. 1. Картографічні матеріали, що використовуються при встановленні державного кордону України

матеріалів переважають текстові: протоколи-описи проходження лінії кордону, протоколи прикордонних знаків з коротким описом їх місцезнаходження, протоколи-описи стикових знаків, каталоги координат прикордонних знаків, таблиці островів (на водних ділянках) з інформацією про їх належність, списки географічних

Встановлено, що основним картографічним матеріалом для виконання робіт з делімітації сухопутних ділянок кордону є топографічні карти масштабів 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000 та 1:100 000, а також масштабів 1:200 000, 1: 500 000 для визначення меж морських просторів. Детальну географічну інформацію про місцевість у прикордонній смузі та про її об'єкти отримують із ортофотозображень та додаткових описових матеріалів (тематичних карт, які містять відомості з різних галузей природознавчих наук).

За результатами аналізу картографічних джерел з метою встановлення даних для геоінформаційного забезпечення делімітації та демаркації державного кордону України побудовано діаграму застосовуваних видів картографічних матеріалів. Серед картографічних

назв, що зустрічаються в договірних документах й лоції Чорного та Азовського морів. Останню позицію займають морські навігаційні карти (рис. 1).

Зазначено, що на геометричну точність растрових картографічних даних, які є основою для векторних даних, впливають такі фактори:

- деформація вихідного картографічного матеріалу m_d ;
- інструментальні спотворення растрового зображення сканером m_s ;
- похибки оператора при визначенні опорних точок m_o ;
- методичні похибки трансформування координат m_m .

Всі ці фактори мають випадковий характер і незалежні один від одного. Середня квадратична похибка (СКП) m_r визначення положення точки на картографічних матеріалах відносно вихідних даних становить:

$$m_r = \pm \sqrt{m_d^2 + m_s^2 + m_o^2 + m_m^2}$$

Геопросторові дані про об'єкти кордону характеризуються різноманітністю. Вони сформовані на різних геодезичних датах: еліпсоїд Красовського та GRS80; у різних системах координат: СК-42, СК-63, у місцевих, місцевій-II, WGS-84, в умовних та проєкціях Гаусса-Крюгера, універсальної поперечної проєкції Меркатора і підготовлені на різній картографічній основі (картографічний, креслярський та папір офісний, картографічний пластик, фотопапір, фотоплівка).

У другому розділі “Науково-методичні основи створення моделей геопросторових об'єктів делімітації та демаркації державного кордону” розроблено науково-методичні основи створення системної та функціональної моделей геоінформаційного забезпечення, розроблення інфологічної схеми бази геопросторових даних і базових моделей геопросторових об'єктів делімітації та демаркації державного кордону України.

Системна модель S геоінформаційного забезпечення делімітації та демаркації державного кордону України складається з $S = \{A, B, C, F_i \in F\}$, де $F = \{F_{AB}, F_{BC}, F_A, F_B, F_C\}$ (рис. 2).

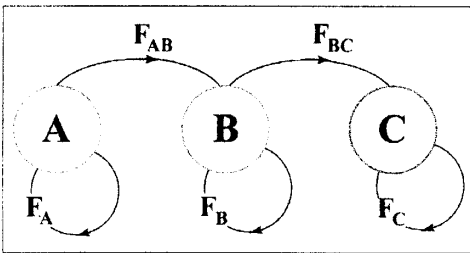


Рис. 2. Системна модель геоінформаційного забезпечення процесів встановлення кордону України

Геопросторові об'єкти кордону подано у вигляді змодельованої системи A . В процесі картографування $F_{AB}: A \rightarrow B$ створюються різноманітні картографічні матеріали B . У результаті здійснення заходів інтегрування, уніфікації, спільного використання даних про об'єкти делімітації та демаркації державного кордону $F_{BC}: B \rightarrow C$ формується база геопросторових даних/геоінформаційні ресурси C . Функції F_A, F_B, F_C відображують ці множини на себе –

$F_A: A \rightarrow A$; $F_B: B \rightarrow B$; $F_C: C \rightarrow C$, де F_A – процеси часових змін об'єктів; F_B – процеси оновлення та модифікації картографічних матеріалів; F_C – модифікації геопросторових даних.

Деталізовано функціональну модель $F_{BC} \cup F_C$, яка перетворює вхідні об'єкти B у вихідні C (рис. 3). Вихідні дані C є геоінформаційними ресурсами, які забезпечують підтримання прийняття управлінських рішень стосовно належності тієї чи іншої ділянки території, проходження лінії кордону та можливої оптимізації його проходження.

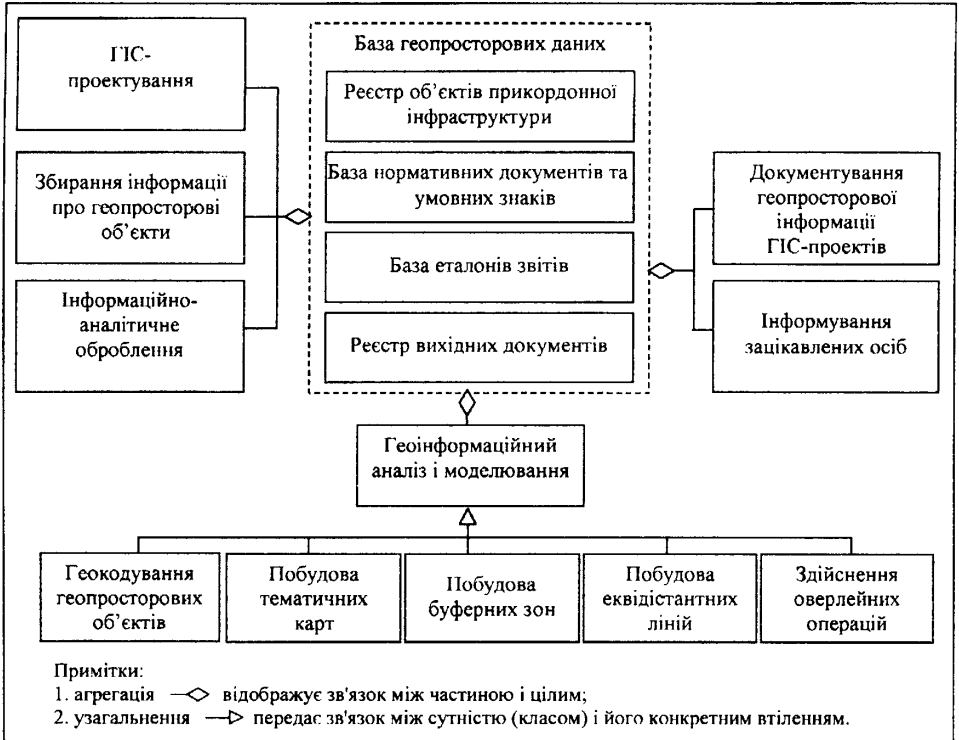


Рис. 3. UML-діаграма функціональної моделі ГІС-Кордон

Розроблено інфологічну схему бази геопросторових даних, встановлено реляційні відношення, в яких визначено ключові атрибути (ідентифікатори), описано їх домени (типи змінних, величини допустимих значень), сформовано кортежі відношень, їх ступінь та потужність. Нормалізовано відношення інфологічної схеми БГД, причому всі відношення приведені до 1-ї, 2-ї та 3-ї нормальної форми за Е. Коддом.

До інфологічної схеми бази геопросторових даних включено такі класи об'єктів: векторні моделі даних про геопросторові об'єкти, растрові моделі картографічних матеріалів, зображення поверхонь, моделі псевдопросторових об'єктів: зображення спеціальних об'єктів і текстові документи. Нижче наведено класи векторних моделей даних, які подані вузлами, проміжними точками, полілініями, сегментами та полігонами. Їх характеризують такі реляційні відношення: **Border_marker**

(#Marker_Id, #Num_dil, #Num_point, #Type, #Data, #Status, #Coordinate, #SysCoord), де #Marker_Id – ідентифікаційний номер точки; #Num_dil – номер ділянки; #Num_point – номер точки; #Type – тип прикордонного знака, #Data – дата встановлення прикордонного знака; #Status – статус знака; #Coordinate – прямокутні координати (X,Y,Z) у метрах; #SysCoord – система координат; **Boundary polys** (#Num_cod, #Poly, #Type, #Area), де #Num_cod – код типу ділянки за класифікатором; #Poly – назва держави; #Type – тип ділянки; #Area – площа в гектарах.

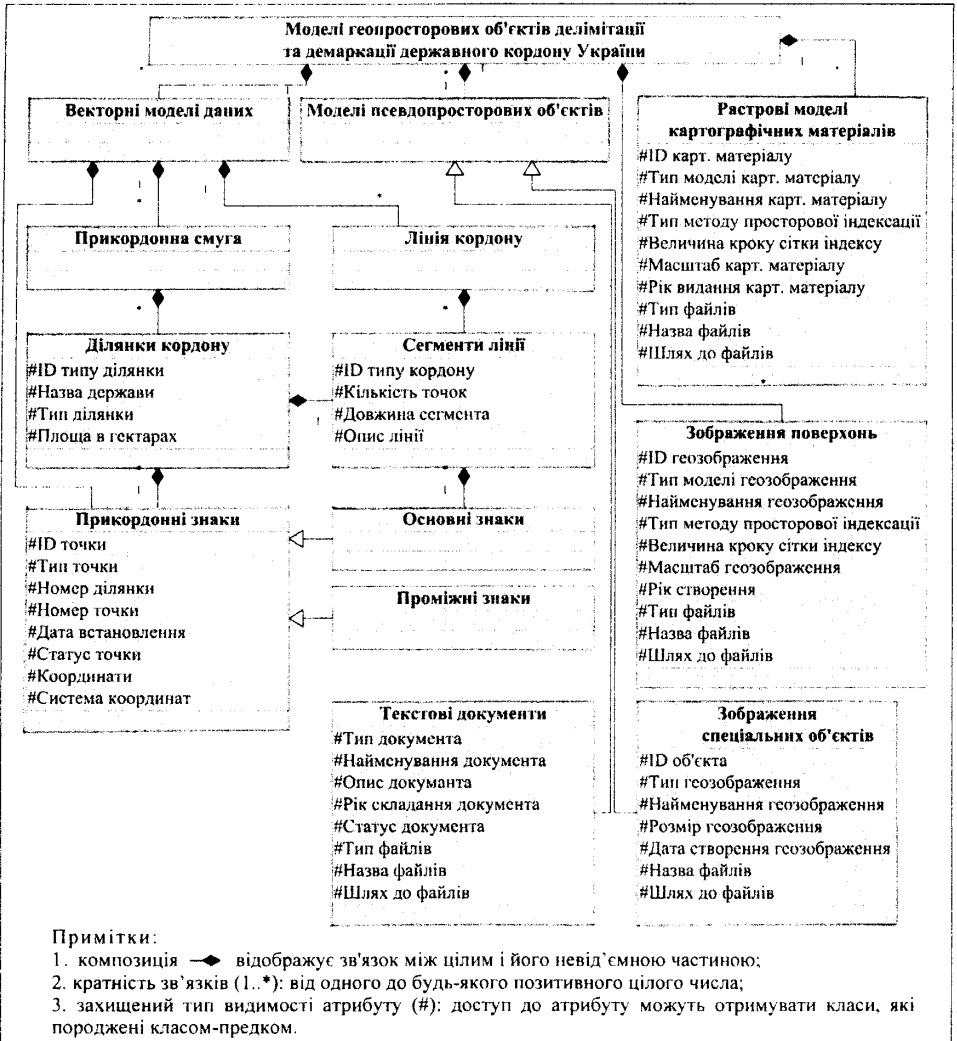


Рис. 4. UML-діаграма базової моделі геопросторових даних про кордон України

У відповідності до міжнародного комплексу стандартів ISO 19100 “Географічна інформація / Геоматика” та стандарту DIGEST упорядковано базу модель геопросторових даних об’єктів делімітації та демаркації кордону у вигляді таких класів: векторні моделі даних про кордон, растрові моделі картографічних матеріалів, зображення поверхонь, моделі псевдопросторових об’єктів (зображення спеціальних об’єктів і текстові документи). Між усіма класами/реляційними відношеннями інфологічної схеми БГД об’єктів делімітації та демаркації кордону встановлені зв’язки типу “композиція”, а між класом і підкласом – узагальнення в термінах UML (рис. 4).

Векторні моделі даних зібрані в каталог об’єктів бази геопросторових даних державного кордону України, який забезпечує чітку організацію даних, придатних для застосування в геоінформаційній системі, і містить: моделі лінії кордону, прикордонних знаків, промислових споруд, гідрографії та гідротехнічних споруд, дорожньої мережі й придорожніх споруд.

Модифіковано прикладний профіль моделі метаданих про об’єкти делімітації та демаркації БГД на кордон у відповідності до ISO 19115, який демонструє зв’язок типу агрегації з іншими класами метаданих (рис. 5).

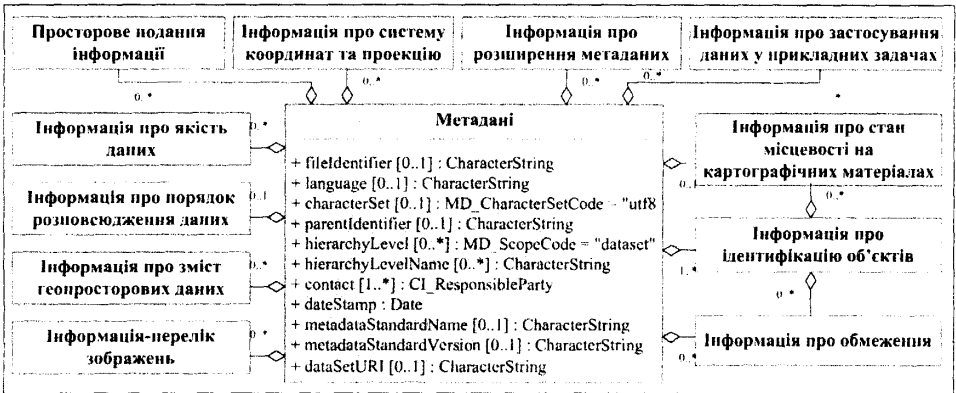


Рис. 5. UML-діаграма моделі метаданих об’єктів БГД державного кордону

Запропоновано науково-методичні заходи, які забезпечують ефективне створення БГД як ядра геоінформаційної системи “ГІС-Кордон” для забезпечення переговорного процесу і проведення робіт з делімітації та демаркації державного кордону України.

У третьому розділі “Реалізація бази геопросторових даних про об’єкти державного кордону України в програмному середовищі ArcGIS” реалізовано координатну інтеграцію різномірних картографічних матеріалів у базу геопросторових даних про об’єкти кордону в програмному середовищі ArcGIS.

Враховуючи різноманітність геодезичних дат і картографічних проєкцій, в яких створено картографічні матеріали, що використовуються при делімітації та демаркації кордону, розроблено множину ланцюгів координатних операцій: перетворення і трансформування координат у відповідності до стандарту ISO 19111

та здійснено просторову прив'язку за географічними ідентифікаторами у відповідності до стандарту ISO 19112.

Завданням підготовки картографічних матеріалів до координатних операцій є побудова ізоморфного простору, в якому всі картографічні матеріали зведені до однієї геодезичної дати та однієї картографічної проекції (рис. 6).

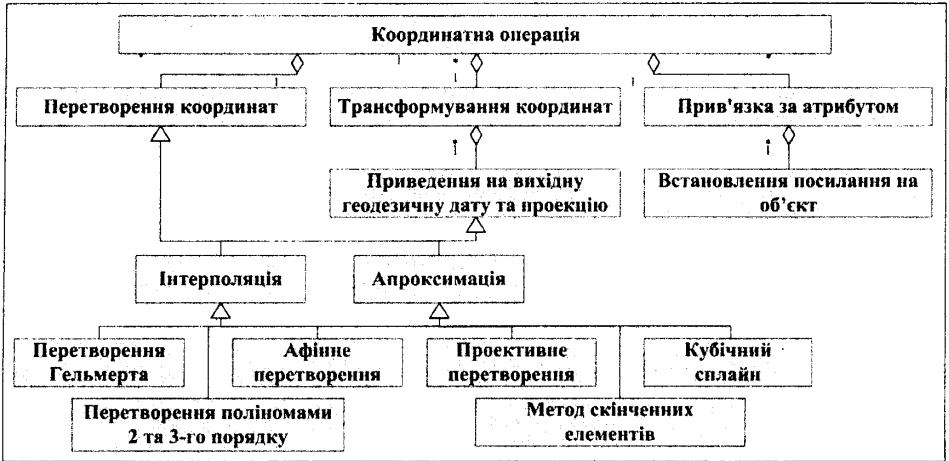


Рис. 6. UML-діаграма координатних операцій з об'єктами БГД на кордон

За математичну основу в Україні наразі прийнято Державну геодезичну референцну систему координат УСК-2000. Координатне інтегрування різномірних картографічних матеріалів передбачає загалом виконання таких операцій:

1) приведення різномірних картографічних матеріалів до однієї геодезичної дати – еліпсоїда Красовського, який є основою УСК-2000, зокрема, перехід від WGS-84, СК-42 до УСК-2000 на основі застосування прямокутних просторових координат X, Y, Z ;

2) приведення картографічних матеріалів, включаючи растрові моделі до однієї картографічної проекції – Гаусса–Крюгера;

3) трансформування координат по опорних точках;

4) оцінка точності зведених картографічних матеріалів за контрольними точками.

Вхідними для трансформування координат є опорні точки, координати яких відомі в системі координат вихідного картографічного матеріалу (XOY) та в системі координат цільових даних (UOV). Є два підходи до трансформування координат: інтерполяція та апроксимація функцій. У випадку використання глобальної інтерполяції необхідно відновити функцію, тобто знайти таку інтерполяційну функцію φ трансформування координат, яка б наближала на її області визначення, причому її значення у вузлах інтерполяції точно збігалися з заданими значеннями $\varphi(XY) = UV$.

Апроксимація забезпечує побудову такої аналітичної функції f трансформування координат, яка згладжує особливості табличної функції і також наближає цю функцію на її області визначення, але її величини у вузлах інтерполяції не збігаються із заданими: $f(XY) \neq UV$.

Описано методи трансформування картографічних даних, як векторних, так і растрових, таких як конформне трансформування Гельмерта, афінне перетворення поліномом 1-го порядку, перетворення поліномами 2 і 3-го порядків, проєктивне перетворення, кубічний сплайн, метод скінченних елементів (таблиця).

Таблиця

Характеристика методів трансформування координат по опорних точках

Методи трансформування	Формули перетворення	Кількість параметрів трансформування	Домен – множина можливих значень к-сті опорних точок	
			Інтерполяція	Апроксимація
Перетворення Гельмерта	$\begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = m \begin{pmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix}$	4	$n=2$	$2 > n > \infty$
Афінне перетворення	$\begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} m_x \cos \theta_x & m_y \sin \theta_x \\ m_x \sin \theta_x & m_y \cos \theta_x \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix}$	6	$n=3$	$3 > n > \infty$
Проєктивне перетворення	$u = \frac{a_1 x + b_1 y + c_1}{dx + ey + 1}, \quad v = \frac{a_2 x + b_2 y + c_2}{dx + ey + 1}$	8	$n=4$	$4 > n > \infty$
Перетворення поліномом 2-го порядку	$\begin{aligned} u &= a_3 x^2 + a_4 y^2 + a_5 xy + a_2 x + a_1 y + a_0 \\ v &= b_3 x^2 + b_4 y^2 + b_5 xy + b_2 x + b_1 y + b_0 \end{aligned}$	12	$n=6$	$6 > n > \infty$
Перетворення поліномом 3-го порядку	$\begin{aligned} u &= a_9 x^3 + a_6 y^3 + a_7 x^2 y^3 + a_6 x^2 + a_5 y^2 + a_4 x^2 y^2 + a_3 x + a_2 y + a_1 xy + a_0 \\ v &= b_9 x^3 + b_8 y^3 + b_7 x^2 y^3 + b_6 x^2 + b_5 y^2 + b_4 x^2 y^2 + b_3 x + b_2 y + b_1 xy + b_0 \end{aligned}$	20	$n=10$	$10 > n > \infty$
Кубічний сплайн	$\varphi_i(x) = \begin{cases} a_{0i} + a_{1i}(x - x_{i-1}) + a_{2i}(x - x_{i-1})^2 + a_{3i}(x - x_{i-1})^3 \\ \text{при } x \in [x_{i-1}, x_i]; \\ 0 \text{ при } x \notin [x_{i-1}, x_i], i = 1, \dots, n; \end{cases}$ $\varphi(x) = \sum_{i=1}^n \varphi_i(x) \text{ при } x \in [x_0, x_n]$	6	Інтерполяція $\varphi(x_i) = f(x_i) = y_i, i = 0, 1, \dots, n$ Апроксимація $\varphi(x_i) \neq f(x_i) = y_i, i = 0, 1, \dots, n$	
Метод скінченних елементів	Базисна функція – афінне перетворення. Скінченний елемент – трикутник	6		$3 > n > \infty$

У таблиці: u, v – трансформовані координати точки; m, m_x, m_y – масштабні коефіцієнти відносно двох осей, осі абсцис та осі ординат; θ – кут повороту системи координат u, v відносно x, y ; θ_x, θ_y – кути повороту осей u, v відносно x, y ; x, y – вихідні координати точки; x_0, y_0 – координати початку системи координат x, y в системі координат u, v ; a_i, b_i, c_i, d, e – коефіцієнти.

Вибір методу трансформування інтерполяванням координат або апроксимацією залежить від наявності опорних точок та потрібної точності визначення їх координат. Інтерполяція застосовується в тих випадках, коли відомі теоретичні (точні) значення координат опорних точок картографічних матеріалів (точки географічної або прямокутної сітки). Коли ж теоретичні (точні) значення координат (точки геодезичної основи або характерні точки) невідомі, виконується апроксимація за методом найменших квадратів.

Загальна оцінка точності зведених картографічних матеріалів – СКП одиниці

ваги визначається:
$$\mu = \sqrt{\frac{\Delta^T P \Delta}{2m}},$$
 де вектори $\Delta = (\Delta u, \Delta v)^T$,

$\Delta u = (\Delta u_1, \Delta u_2, \dots, \Delta u_m)^T$, $\Delta v = (\Delta v_1, \Delta v_2, \dots, \Delta v_m)^T$; $\Delta u_i = u_i^{np} - u_i^k$, $\Delta v_i = v_i^{np} - v_i^k$; P – вагова матриця; m – кількість контрольних точок; $i=1, 2, \dots, m$; u^k, v^k – координати контрольних точок; u^{np}, v^{np} – трансформовані координати контрольних точок.

Для геоінформаційного забезпечення переговорного процесу та проведення робіт з делімітації та демаркації державного кордону України застосовано програмне середовище ArcGIS. Це дало змогу провести геопросторовий аналіз і моделювання кордону (рис. 6): геокодування, динамічну сегментацію, побудову тематичних карт, здійснення оверлейних операцій, побудову буферних зон, еквідистантних ліній, побудову і перевірку топологічних відношень, а також вирішувати питання про винесення лінії державного кордону на місцевість, узгодження розташування делімітаційних точок на матеріалах делімітації і на місцевості, визначення належності окремих об'єктів місцевості, відсутніх на матеріалах делімітації, та визначати їх положення відносно лінії кордону.

Геокодування здійснювалося за табличними наборами координат у текстовому вигляді – координати X та Y , за якими встановлювалось положення точкових об'єктів із заданими атрибутами. Застосування оверлейних операцій з об'єктами БГД забезпечило виявлення об'єктів на місцевості, відсутніх на матеріалах делімітації.

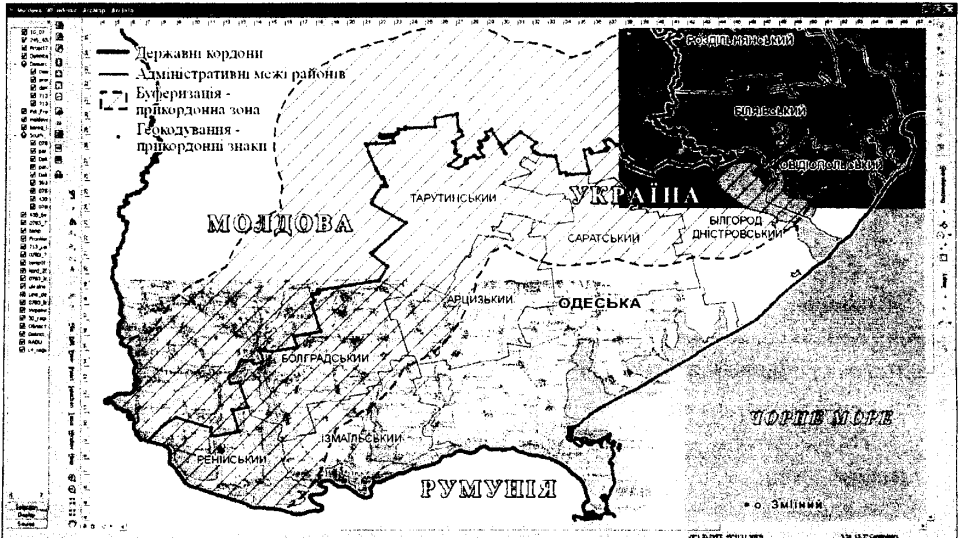


Рис. 6. Геокодування, буферизація та оверлейні операції з геопросторовими даними на південну ділянку державного кордону України з Республікою Молдова

У роботі виконано побудову еквідистантних (серединних) ліній, яка є одним з основних методів розмежування морських просторів України (рис. 7). Суть цього методу полягає в тому, що кожна поворотна точка еквідистантної лінії є рівновіддаленою від трьох вихідних точок, з яких дві належать одній державі, а третя – іншій.

У дисертації наведено множину SQL-запитів до БГД, за якими було одержано інформацію про геопросторові дані для переговорного процесу і проведення робіт з делімітації та демаркації лінії кордону, а також складено тематичні карти.

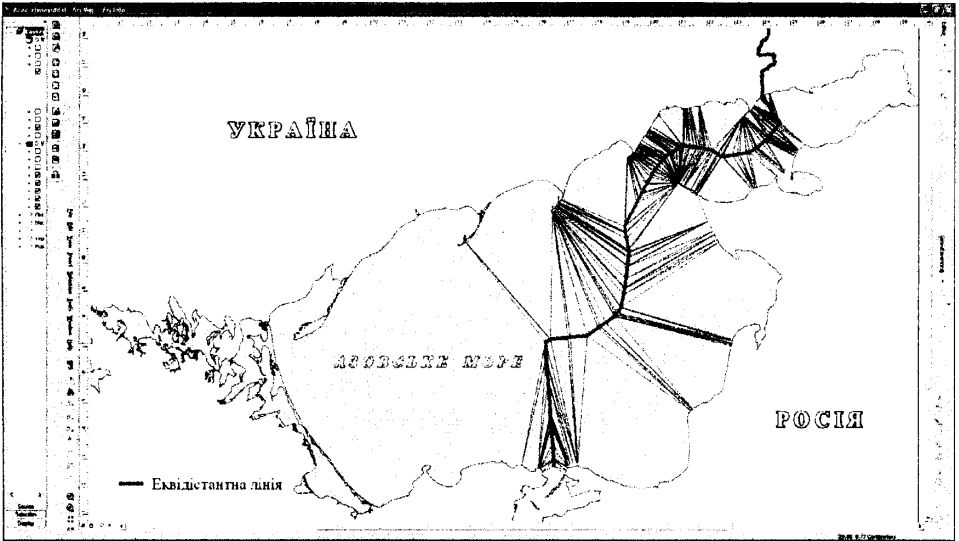


Рис. 7. Побудова еквідистантної лінії в Азовському морі

Практичну реалізацію науково-методичних основ, запропоновану автором, здійснено упродовж 2006-2010 років, що забезпечило підготовку геоінформаційних ресурсів для супроводження переговорного процесу на 8-ми засіданнях делегацій з розмежування морських просторів України з Російською Федерацією, 13-ти засідань Спільної українсько-молдовської демаркаційної комісії, 5-ти засідань експертних груп делегацій з розмежування морських просторів України з Російською Федерацією, 16-ти засідань експертних груп Спільної українсько-молдовської демаркаційної комісії, 10-ти засідань робочих груп Спільної українсько-молдовської демаркаційної комісії, 3-х засідань робочих груп з розмежування морських просторів України з Російською Федерацією, 20-ти нарад у Міністерстві закордонних справ України та в Укргеодезкартографії з питань делімітації та демаркації державного кордону України. Загалом для забезпечення переговорного процесу автором було виготовлено 458 тематичних карт.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертації викладено теоретичні основи та практичні результати нового бачення науково-методичної розробки та реалізації геоінформаційного забезпечення делімітації та демаркації державного кордону України, що, на відміну від існуючих топографо-геодезичних та картографічних методів, які традиційно використовувались для супроводження переговорного процесу з питань установавання лінії кордону, підвищує якість та оперативність надання інформації, достовірність і точність відповідних даних на всіх етапах підготовки і проведення делімітації та демаркації, а також для подальшого використання таких даних у процесі моніторингу кордону.

Основні наукові та практичні результати дисертаційної роботи такі:

1. Виконано аналіз існуючого стану топографо-геодезичного та картографічного забезпечення переговорного процесу в ході делімітації та демаркації державного кордону України, який характеризується переходом до застосування геоінформаційних систем і технологій на основі бази геопросторових даних, виявлено тенденції в розвитку геоінформаційного забезпечення делімітації та демаркації кордонів. Обґрунтовано доцільність використання міжнародного досвіду з реалізації проєктів Європейської асоціації національних картографо-геодезичних та кадастрових служб (Eurogeographics) для підвищення якості створення національних уніфікованих баз геопросторових даних про державний кордон.

2. Розроблено науково-методичні основи створення моделей геопросторових об'єктів делімітацію та демаркацію державного кордону України з використанням універсальної мови моделювання UML, міжнародного комплексу стандартів ISO 19100 "Географічна інформація / Геоматика", стандарту DIGEST і теорії баз та банків даних на основі геоінформаційного аналізу та моделювання.

3. Розроблено системну і функціональну моделі геоінформаційного забезпечення, прикладний профіль моделі метаданих про об'єкти делімітації та демаркації БГД кордону, інфологічну схему бази геопросторових даних та моделі геопросторових об'єктів делімітації та демаркації державного кордону України, які забезпечують інтегрування, уніфікацію та спільне використання різнорідних видів і форм геопросторових даних, картографічних та описових матеріалів і зображень поверхонь.

4. Удосконалено геоінформаційні методи координатного інтегрування різнорідних картографічних матеріалів на основі інтерполяції та апроксимації функцій перетворення і трансформування координат у відповідності до стандарту ISO 19111 "Географічна інформація / Просторова координатна прив'язка", а також на основі просторової прив'язки за географічними ідентифікаторами у відповідності до стандарту ISO 19112 "Географічна інформація / Просторова прив'язка за географічними ідентифікаторами".

5. Розроблено множинну ланцюгів SQL-запитів до бази геопросторових даних та операцій геоінформаційного аналізу і моделювання об'єктів делімітації та демаркації державного кордону України у програмному середовищі ArcGIS, включаючи оверлейні операції, геокодування, динамічну сегментацію, побудову буферних зон, побудову сквідістантних ліній, агрегацію, генералізацію, геовізуалізацію та побудову тематичних карт.

6. Виконані дослідження дозволили здійснити геоінформаційне забезпечення делімітації та демаркації державного кордону України з Республікою Молдова та Російською Федерацією на основі створеної бази геопросторових даних про об'єкти.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях

1. Кондратюк О. В. База геопросторових даних на територію ботанічного саду імені академіка О.В. Фоміна КНУ імені Тараса Шевченка / О. В. Кондратюк // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: – зб. наук. праць Західного геодезичного товариства. – Вип. 2. – Львів.: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2006. – С. 196–203.

2. Кондратюк О. В. Концептуальні моделі геопросторових даних геоінформаційного забезпечення делімітації та демаркації державного кордону України / О. В. Кондратюк // Вісник геодезії та картографії. – 2007. – № 6. – С. 25–29.

3. Кондратюк О. В. Моделі геопросторових даних на державні кордони в міжнародних ГІС-проектах / О. В. Кондратюк // Вісник геодезії та картографії. – 2009. – № 1. – С. 33–37.

4. Кондратюк О. В. Координатне інтегрування різномірних картографічних матеріалів у ГІС-Кордон / О. В. Кондратюк // Вісник геодезії та картографії. – 2010. – № 6. – С. 33–38.

Праці у збірниках наукових доповідей симпозіумів та конференцій

5. Кондратюк О. В. Передумови для розробки структури геоінформаційного забезпечення делімітації та демаркації державного кордону України / О. В. Кондратюк // Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції “ГІС-Форум-2007”: зб. статей. – К.: ГІС - Асоціація України, 2007. – С. 17–20.

6. Визначення параметрів протяжності північно-західної частини чорноморського узбережжя / [Трюхан М. О., Кондратюк О. В., Донцов О. О., Трюхан В. М.] // Харків: Проблеми безперервної географічної освіти і картографії: зб. наук. праць. – К.: Інститут передових технологій. – 2008. – Вип. 8. – С. 289–293.

7. Трюхан М. О. Релевантні обставини (визначення протяжності берегової лінії північно-західної частини Чорного моря) / М. О. Трюхан, В. М. Трюхан, О. В. Кондратюк // Зовнішні справи. – Вересень 2008. – № 9. – С. 33–35.

8. Кондратюк О. В. Моделі об'єктів делімітації та демаркації державного кордону України / О. В. Кондратюк // Наукова конференція молодих вчених, аспірантів і студентів КНУБА: тези доповідей. – У 2 ч. – К.: КНУБА, 2009. – Ч. 2. – С. 137–138.

9. Кондратюк О. В. Функціональна модель ГІС-Кордон / О. В. Кондратюк // Національне картографування: стан, проблеми та перспективи розвитку: зб. наук. праць / відп. за вип. А. А. Москалюк. – К.: ДНВП “Картографія”, 2010. – Вип. 4. – С. 225–230.

АНОТАЦІЯ

Кондратюк О. В. Геоінформаційне забезпечення делімітації та демаркації державного кордону України. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.24.01 – Геодезія, фотограмметрія та картографія. – Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, 2011.

У дисертації проаналізовано існуючий стан та виявлено тенденції в розвитку геоінформаційного забезпечення делімітації та демаркації державних кордонів на основі бази геопросторових даних.

Розроблено науково-методичні основи створення моделей геопросторових об'єктів делімітації та демаркації державного кордону на основі операцій геоінформаційного аналізу і моделювання, які забезпечують інтегрування, уніфікацію та спільне використання різномірних видів та форм геопросторових даних, картографічних та описових матеріалів і зображень поверхонь.

Розроблено та реалізовано базу геопросторових даних про об'єкти делімітації та демаркації державного кордону України у програмному середовищі ArcGIS для геоінформаційного забезпечення переговорного процесу та проведення робіт з делімітації та демаркації державного кордону.

Ключові слова: делімітація та демаркація, геоінформаційне забезпечення, об'єкти делімітації та демаркації державного кордону, базові моделі, база геопросторових даних.

АННОТАЦИЯ

Кондратюк Е. В. Геоинформационное обеспечение делимитации и демаркации государственной границы Украины. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.24.01 – Геодезия, фотограмметрия и картография. – Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев, 2011.

В диссертации проанализировано существующее состояние и выявлены тенденции в развитии геоинформационного обеспечения делимитации и демаркации государственных границ на основе базы геопространственных данных.

Разработано научно-методические основы создания моделей геопространственных объектов делимитации и демаркации государственной границы на основе операций геоинформационного анализа и моделирования, которые обеспечивают интегрирование, унификацию и общее использование разнородных видов и форм геопросторовых данных, картографических, описательных материалов и изображений поверхностей.

Предложена классификация состава и содержания моделей геопространственных объектов делимитации и демаркации государственной границы Украины в соответствии со стандартом DIGEST. Разработаны системная и функциональная модели геоинформационного обеспечения, прикладной профиль модели метаданных об объектах делимитации и демаркации границы, инфологическая схема базы геопространственных данных и модели геопространственных объектов делимитации и демаркации государственной

границы Украины в соответствии с международным комплексом стандартов ISO 19100 “Географическая информация / Геоматика”. Это дало возможность применить методы геоинформационного анализа и моделирования.

Разработана и реализована база геопространственных данных об объектах делимитации и демаркации государственной границы Украины в программной среде ArcGIS для геоинформационного обеспечения переговорного процесса и проведения работ по делимитации и демаркации государственной границы.

Ключевые слова: делимитация и демаркация, геоинформационное обеспечение, объекты делимитации и демаркации государственной границы, базовые модели, база геопространственных данных.

THE SUMMARY

Kondratyuk O. Geoinformation support of delimitation and demarcation of the state border of Ukraine. – The manuscript.

Thesis for a candidate’s degree in technical sciences by speciality 05.24.01 – Geodesy, photogrammetry and cartography. – Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, 2011.

The current state and tendencies of development of geoinformation support of delimitation and demarcation of the state borders on the basis of a geospatial database are considered in the thesis.

The methodological foundations of creation of models of geospatial data on delimitation and demarcation of the state border have been developed on the basis of geoinformation analysis and modelling operations, which provide integration, unification and sharing of various kinds and forms of geospatial data, cartographical and descriptive materials as well as images of surfaces.

It has been developed and implemented the geospatial database of objects of delimitation and demarcation of Ukraine’s borders in ArcGIS environment for geoinformation support of the negotiations and carrying out the works on delimitation and demarcation of the state border of Ukraine.

Keywords: delimitation and demarcation, geoinformation support, objects of delimitation and demarcation of state border, basic models, geospatial database.