

## ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ З ЗАСТОСУВАННЯМ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ

*В.А. Алексєєв, В.В. Мостовий, В.С. Терещенко, Р.О. Машкін*

Інститут програмних систем НАН України,  
Київ, проспект Академіка Глушкова, 40.  
Тел.: (044) 526 4228, факс.: (044) 526 4228.  
E-mail: alekseev@isofts.kiev.ua

Аналізуються особливості побудови інформаційних систем з застосуванням ГІС-технологій на прикладі геоінформаційних систем, створених для забезпечення інформаційної підтримки діяльності прикордонної служби. Обговорюються способи інтеграції у межах таких систем програмних засобів ГІС-компонентів і компонентів прикладних застосувань та проводиться їх порівняльний аналіз. Пропонуються шляхи розширення функціональних можливостей ГІС-компонентів для цілеспрямованої їх інтеграції у системи.

The analysis of features of construction of information systems is carried out on the basis of GIS-technologies by the example of the geoinformation systems created for maintenance of information support of activity of boundary service. Ways of integration are discussed within the framework of such systems of software of GIS-components and components of appendices and their comparative analysis is carried out. Ways of expansion of functionalities of GIS-components for their purposeful integration are offered.

В останній час у багатьох галузях народного господарства, впроваджуються геоінформаційні системи, призначені для автоматизації інформаційної підтримки будь-якого виду діяльності. Наприклад, на сайті компанії ДАТА+ [1], що займається розповсюдженням у Росії та інших країнах СНГ геоінформаційних технологій ESRI та Leica Geosystems наведено Web-сторінки для галузей людської діяльності, де широко застосовуються геоінформаційні системи (ГІС). Тут геодезія, географія, картографія, кадастр та надрокористування; транспорт, інженерні комунікації та телекомунікації; екологія, дистанційне зондування, охорона здоров'я та освіта; нафта, газ, бізнес, лісне та сільське господарство. Навіть – палеонтологія [2]. Широко висвітлено застосування геоінформаційних систем у різноманітних галузях народного господарства України у “Вчених записках Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського” [3]. Серед публікацій є інформація, що Міністерство внутрішніх справ та Міністерство з надзвичайних ситуацій застосовують геоінформаційні системи [4].

У свій час автори розробили ряд інформаційно-моделюючих комплексів з прогнозування наслідків техногенних та природних надзвичайних ситуацій для Республіканського Штабу цивільної оборони, які згодом перейшли у спадок до Міністерства з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської аварії [5–7], а також до Державного комітету водного господарства [8, 9]. При створенні цих комплексів було застосовано спеціально розроблену для них картографічну систему, в якій використовувались авторські програмні засоби, та цифрова модель карти України, створена саме для цього геодезичним підприємством. Дана система дозволяла візуалізувати на екрані монітору як карту України за цифровою моделлю, що зберігалась в картографічній базі даних, так і результати розрахунків прогнозних даних щодо можливих наслідків у вигляді зон забруднення, зараження та руйнування при аваріях, зон затоплення при повенях та ізосейст при землетрусі, які були отримані при реалізації функціональних задач в межах прикладних застосувань кожного з задіяних комплексів. Головним недоліком такої картографічної системи, як згодом з'ясувалось, була її вузька спеціалізація, спрямована тільки на вирішення задач комплексів, та прив'язка саме до цього формату цифрової моделі, що накладало обмеження на інтерфейс між нею та програмними засобами системи. Такий інтерфейс, хоч і був узгоджений розробниками програмних засобів з геодезичним підприємством, але був єдиним у своєму роді. Достойнством такого підходу була взаємна узгодженість програмних засобів картографічної системи та функціональних застосувань через їхню одночасну розробку одним невеликим творчим колективом. На той час зазначене достоїнство як і недолік не відчувалися тому, що ГІС-технології тільки-но зароджувались. Міжнародні стандарти на такий інтерфейс ще були відсутні як відсутні і картографічні продукти, створені за цією технологією. Але згодом, коли на ринку з'явилися створені потужними картографічними корпораціями численні універсальні інструментальні ГІС, зазначений недолік дав про себе знати.

Не відкидаючи думки про необхідність у деяких випадках розробляти саме такі спеціалізовані картографічні системи, які ґрунтуються на вище викладеному підході, що ще не втратив свого достоїнства, все ж треба визнати, що широке застосування геоінформаційні системи, як описано на початку роботи, набули саме через розповсюдження універсальних інструментальних ГІС, серед яких виділяють два класи:

– ГІС, спрямовані на клієнт-серверні технології у великих спеціалізованих інформаційних системах, обладнаних потужними робочими станціями та розвинутими засобами вводу/виводу і документування для експлуатації в мережному режимі: MicroStation/J (Bentley Systems, Inc.), GIS Office (Intergraph Corp.) ArcInfo,

© В.А. Алексєєв, В.В. Мостовий, В.С. Терещенко, Р.О. Машкін 2008

ArcGIS (ESRI), MapInfo, GDS, GRASS (ГІС Міністерства оборони США), Manifold (CDA International), Idrisi (Clark Labs), Universal GIS (SOTO-ANT Tech., Inc.), GSRMS (ГНПП Укрінжгеодезія) та інші подібні системи, що часто мають надбудови та модулі, орієновані на вирішення задач в різноманітних областях знань;

– ГІС, спрямовані на настільні інформаційні системи для вирішення наукових та управлінських задач: MapInfo, Atlas GIS, PROCART, SYSTEM 9, Manifold, сімейство CARIS: Carta, Gemm, WinGis, ArcView, GeoGraph/GeoDraw, ГІС «Альбея» (МНВП «Альбея»), «ГрафИн», GeoLink, «Интегро».

Будь-який універсалізм – це і достоїнство, і недолік. Достоїнство таких ГІС у тому, що не треба кожного разу розробляти картографічну систему для конкретного застосування. Достатньо використовувати універсальну. Недолік – універсальну інструментальну ГІС треба все ж пристосовувати до даного конкретного застосування. І програмні засоби застосування треба розробляти з урахуванням вимог такої ГІС. При цьому виникають деякі специфічні ускладнення. Розгляду таких ускладнень та шляхам виходу з них і присвячена дана робота. У якості прикладів реалізації окремих рішень наводиться ряд інформаційних систем (ІС), розроблених авторами на основі ГІС-технології (технології геоінформаційних систем) і впроваджених у практику Державної прикордонної служби для вирішення її специфічних завдань [10].

## **Структура ІС на основі ГІС-технологій**

За великим рахунком геоінформаційні системи, що широко пропонуються на ринку, не є інформаційними системами у повному розумінні. Це скоріше універсальні інструментальні засоби ГІС-технологій, що можуть бути залучені до побудови спеціалізованих інформаційних систем, спеціалізація яких визначатиметься набором функціональних задач (моделювання, розрахунки, аналіз, консолідація та агрегація інформації тощо), реалізованих спеціальними програмними засобами (СПЗ), що включають математичні моделі, алгоритми розрахунків та вбудовані процедури [11–14], прикладного функціонального застосування (ПФЗ).

Зазвичай серед універсальних інструментальних засобів ГІС-технологій виділяють два інтегровані між собою основні ГІС-компоненти [15]:

– “картографічний модуль” (ГІС-К-1) – програмні та інструментальні засоби для електронної візуалізації на екрані монітора картографічних об’єктів та прив’язаних до них об’єктів предметної області, в даному разі – об’єктів прикордонної служби (ОПС);

– “модуль геобаз даних” (ГІС-К-2) – цифрові моделі місцевості в базі даних, тобто метричні (географічні координати) та семантичні (назви та деякі картографічні характеристики) дані картографічних об’єктів та об’єктів предметної області.

Прикладне функціональне застосування теж можна поділити на два ПФЗ-компоненти:

– “функціональний модуль” (ПФЗ-К-1) – програмні та інструментальні засоби моделювання, проведення розрахунків та виводу текстової або графічної інформації, як результату моделювання та розрахунків, на карту з прив’язкою до картографічних об’єктів;

– “модуль атрибутної БД” (ПФЗ-К-2) – таблиці атрибутної БД з даними про атрибути (характеристики та показники) всіх об’єктів предметної області.

Зазначені компоненти мають бути системно інтегровані в єдину інформаційну систему, тобто взаємно зближені та взаємно зв’язані в межах єдиної цілісної інформаційної системи на єдиних принципах функціонування та взаємодії. Проблема системної інтеграції таких спеціальних програмних засобів ПФЗ-К-1 з програмними засобами ГІС-К-1, що спираються на загальну для них інформаційну базу (ПФЗ-К-2, ГІС-К-2), є ключовою і не дуже простою.

Справа в тому, що з одного боку інтеграція програмних засобів ГІС-компонента (ГІС-К-1) на основі сучасних принципів та технологій затруднена через недостатню відкритість даних засобів [11]. Звідси випливає, що для функціонально-повної їхньої інтеграції необхідно провести серйозні програмні доробки до них у кожному ГІС-компоненті (насамперед, серед ГІС-К-1), навіть провести самостійну розробку принципів представлення об’єктів предметної області (об’єктів прикордонної інфраструктури) у ГІС-К-2 та обмінних форматів на основі даних принципів.

З іншого боку, інтеграція СПЗ прикладних функціональних застосувань (ПФЗ-К-1) з ГІС-компонентами в межах інформаційної системи потребує закладення в такі засоби спеціальних функціональних можливостей з прив’язки та відображення на карті атрибутної інформації об’єктів предметної області, які б дозволяли реалізувати дану інтеграцію без зайвих ускладнень. Слід наголосити, що така інтеграція можлива різними способами, кожний з яких має свої вади і достоїнства та впливає на архітектуру інформаційної системи. А враховуючи те, що при побудові інформаційних систем у залежності від спеціалізації застосування можуть бути використані різні способи інтеграції програмних засобів таких застосувань, то архітектури наведених систем можуть суттєво відрізнятися.

До згаданих можливих способів інтеграції програмних засобів (СПЗ) застосувань з програмними засобами ГІС-компонентів слід віднести:

- СПЗ-1 – вбудовування СПЗ застосувань (ПФЗ-К-1) в ГІС-компоненти (ГІС-К-1) ІС;
- СПЗ-2 – взаємодію СПЗ застосувань (ПФЗ-К-1) з ГІС-компонентами (ГІС-К-1) ІС;
- СПЗ-3 – вбудовування ГІС-компонентів (ГІС-К-1) в СПЗ застосувань (ПФЗ-К-1) ІС.

## Вбудовування СПЗ застосувань в ГІС-компоненти ІС (СПЗ-1)

За такого способу інтеграції СПЗ прикладного функціонального застосування (ПФЗ-К-3) з ГІС-компонентом системи ведучу роль виконує ГІС-компонент (ГІС-К-1), в якому для цього повинні бути розширені функціональні можливості, що залежать від конкретного прикладного застосування для спеціалізованої обробки даних [3]. Для користувача дані функціональні можливості, як правило, проявляються у вигляді додаткових екранних клавш, перемикачів та опцій меню. Така реалізація доцільна для нерозсерджених систем, не зв'язаних з великими динамічними атрибутними описами об'єктів предметної області та невимагаючих частих обмінів даних між користувачами через ускладнений обмін, наприклад, для прикордонних інформаційних систем, розгорнутих на мобільних АРМ, для збору картографічних даних про об'єкти предметної області та їхнього відображення на карті. Архітектура такої системи показана на рис. 1.

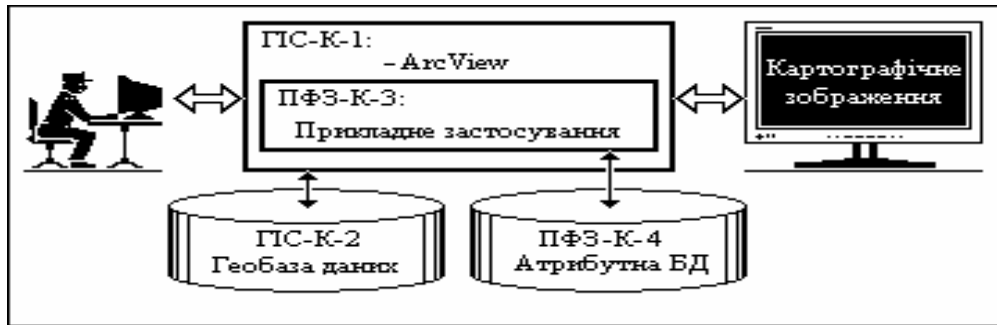


Рис. 1. Схема архітектури інформаційної системи при СПЗ-1

Оскільки додаткові функціональні можливості ГІС-компонента (ГІС-К-1) реалізуються прийнятою у середовищі ГІС програмною мовою, то для створення даних можливостей необхідні висококваліфіковані спеціалісти як в області програмування такою мовою в ГІС-середовищі, так і в предметній області.

## Взаємодія СПЗ застосувань з ГІС-компонентами інформаційної системи

При такому способі інтеграції СПЗ прикладного застосування (ПФЗ-К-3) з ГІС-компонентом (ГІС-К-1) системи, ведучу роль виконує застосування, у якому передбачені функціональні можливості для спеціалізованої обробки даних, а ГІС-компоненти (ArcView, MapStudio) викликаються як виконуючий модуль, що настраюється через інтерфейс виклику та проміжні зовнішні файли (наприклад, в форматі xml або dbf) або таблиці гео бази даних, до яких є доступ з СПЗ прикладного застосування [6]. Такий підхід потребує обробки даних атрибутної БД (ПФЗ-К-4), а результати обробки передати ГІС-компоненту (ГІС-К-1) для відображення на карті. Для цього в гео базі даних створюються додаткові таблиці, що перед викликом ГІС-К-1, заповнюються необхідною інформацією про об'єкти предметної області після її обробки в ПФЗ-К-3. У такий спосіб реалізована інформаційна система, для відображення на карті з прив'язкою до об'єктів прикордонної служби статистичної інформації щодо порушників кордону, нелегальних мігрантів та затриманої контрабанди (рис. 2).

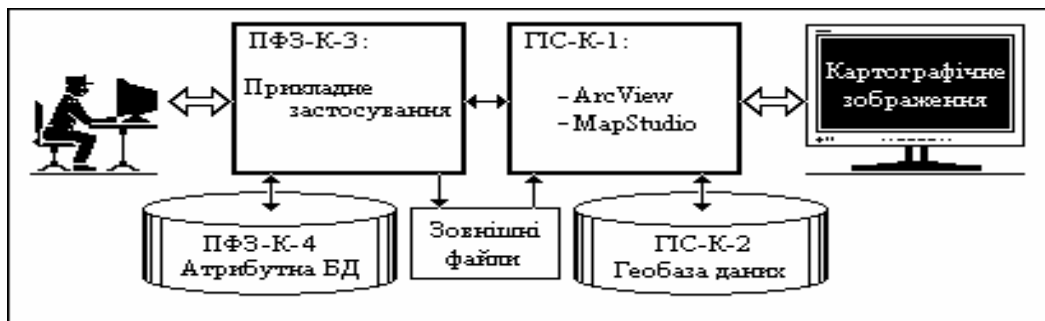


Рис. 2. Схема архітектури інформаційної системи при СПЗ-2

Такий спосіб, на відміну від попереднього, не потребує висококваліфікованих програмістів через відсутність потреби в розробці програм у ГІС-середовищі, тому дозволяє досить швидко реалізувати таке застосування. Однак, створення багатофункціональних та багатокористувачевих застосувань у такий спосіб є досить складним, а в деяких випадках, при складних структурах БД, – практично неможливим.

## Вбудовування ГІС-компонентів в СПЗ застосувань інформаційної системи

Виходячи з вад та достоїнств перших двох способів інтеграції СПЗ прикладного функціонального застосування з ГІС-компонентами системи, пропонується третій спосіб, який ґрунтується на вбудовуванні ГІС-компоненту (ГІС-К-1) в середовище прикладного застосування (ПФЗ-К-3), завдяки організації їх у вигляді ГІС-контролів (файлів у форматі “.осх”), що дозволяє їх легко вбудовувати в систему в якості OLE-об’єктів.

Такий спосіб найбільш підходить при побудові інформаційних систем, в яких СПЗ прикладного функціонального застосування забезпечує збір, передачу, обробку інформації про об’єкт предметної області, а ГІС-контроль – тільки відображення її на карті з усіма функціональними можливостями ГІС-системи. Такий підхід використано при побудові систем, що відображають стан на кордоні та на маршрутах патрулювання прикордонних нарядів, де відображається динаміка пересування об’єктів з GPS-приладами та надводних цілей у прикордонних акваторіях (рис. 3).

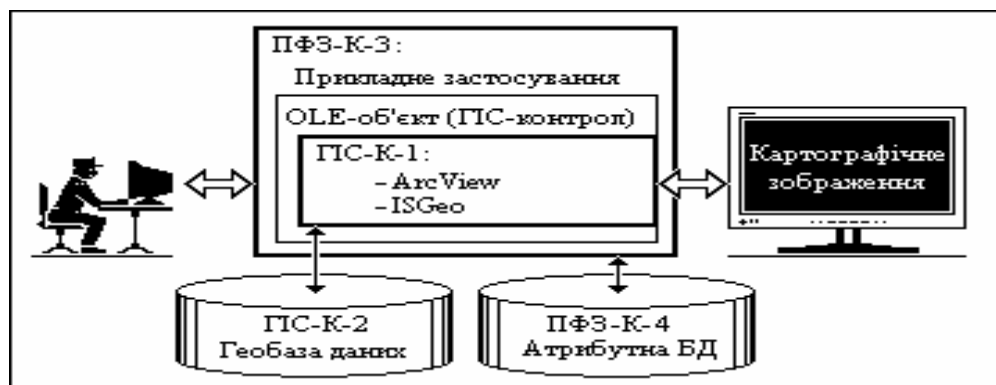


Рис. 3. Схема архітектури інформаційної системи при СПЗ-3

Даний підхід, на відміну від попередніх, дозволяє:

- розпаралелити працю прикладних та системних програмістів: перші спеціалізуються на функціональних задачах предметної області, а другі – створюють ГІС-контролі;
- розробляти як спеціалізовані, так і універсальні ГІС-контролі, які реалізують основні ГІС-функції, не витрачаючи при цьому великих програмістських ресурсів, тому що ГІС-контролі по суті є витягами з ядра ГІС-системи;
- забезпечити гнучкість побудови та модернізації застосувань через те, що ГІС-контролі можна віднести до відкритих систем;
- підключати геоінформаційне відображення до раніше створених застосувань, що вже експлуатуються, на відміну від попередніх способів, які для такого підключення вимагають значну кількість доробок;
- розміщувати атрибутивну інформацію і дані про об’єкти предметної області не тільки у локальних, але і в розосереджених реляційних базах даних, де для їх актуалізації може здійснюватись велика кількість обмінів між компонентами системи.

## ГІС-компоненти для функціонально повної реалізації застосувань

Як вже було сказано, для якісної інтеграції ГІС-компонентів необхідно провести серйозні програмні доробки у кожному з них, тобто, в ГІС-К-1 та ГІС-К-2.

У компоненті ГІС-К-1 мають бути розширені функціональні можливості, що залежать від конкретного прикладного застосування для спеціалізованої обробки даних. Для користувача ці функціональні можливості, як правило, проявляються у вигляді додаткових екранних клавіш, перемикачів та опцій меню.

Компонент ГІС-К-2 містить декілька сегментів даних для відображення моделей місцевості та об’єктів прикордонної служби у вигляді електронних карт на екрані монітора за допомогою ГІС-К-1. У такому разі в лівому вікні екрана (рис. 4) наводиться легенда карти (позначки та пояснення до структурованого набору даних по сегментах), у правому вікні – електронна карта (графічні об’єкти, побудовані у відповідності до даних цих сегментів).

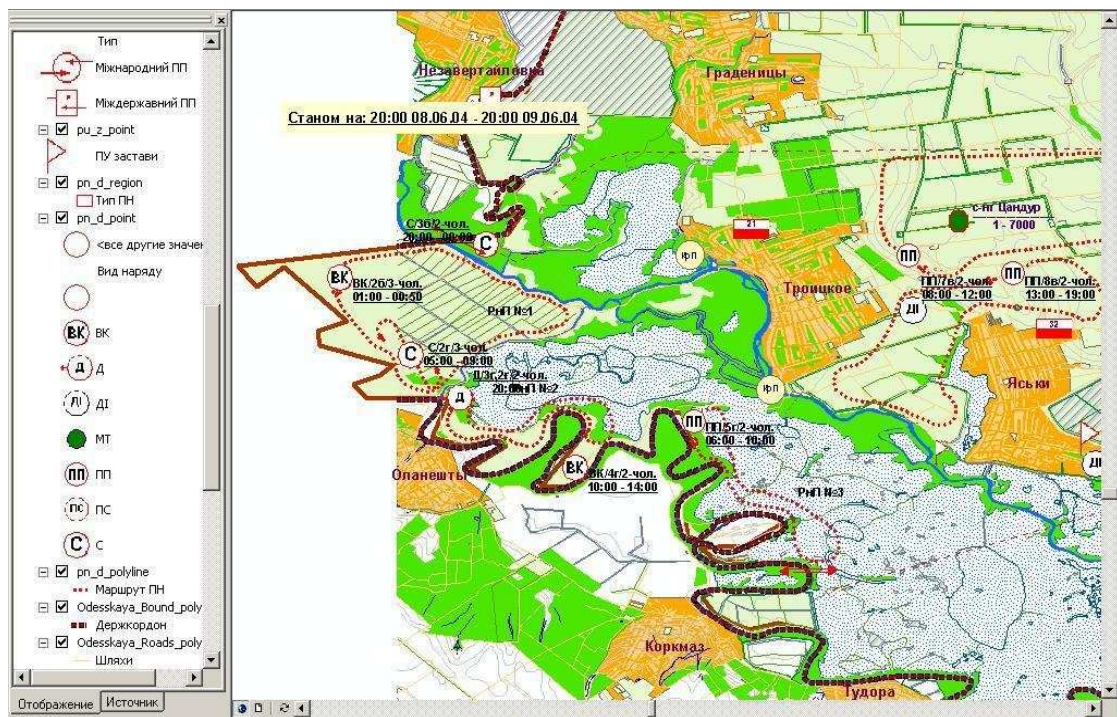


Рис. 4. Фрагмент карти прикордонної зони з нанесеними на ній ОПС

Сегмент геоданих “топографічний план місцевості” складається з групи картографічних шарів контурів різноманітних топографічних об’єктів: гідрографії, рослинності, ізоліній рельєфу, державного та адміністративних кордонів (як атрибутів карти), населених пунктів, транспортної мережі (залізниці, автомагістралі, інші дороги) тощо.

Сегмент даних “підрозділи прикордонної служби” складається з групи шарів графічних об’єктів: місць дислокації органів та підрозділів прикордонної служби (адміністрації, регіональних управлінь, органів охорони кордону, відділів прикордонної служби, прикордонних комендатур, прикордонних застав, пунктів пропуску через кордон) включаючи межі їхньої відповідальності з прив’язкою їх та їхніх об’єктів до плану місцевості.

Сегмент даних “об’єкти прикордонної служби” складається з групи шарів точкових, лінійних та полігональних об’єктів: маршрутів патрулювання, маршрутів пошуку, пунктів спостереження, нагляду, контрольної смуги державного кордону (як атрибуту прикордонної служби) тощо з прив’язкою даних об’єктів до плану місцевості.

Сегмент даних “оперативна обстановка” складається з групи шарів тимчасових графічних об’єктів, прив’язаних до плану місцевості: місць порушення кордону, напрямків та маршрутів висування груп затримки, зон пошуку, зон підвищеної готовності підрозділів, засад для перехоплення порушників тощо для висвітлення конкретної операції або у якості звіту за певний час.

Перелічені дані заносяться в інформаційну систему в форматі бази геоданих ArcGIS.

Для вирішення задач розрахунку в потребі особового складу патрулів для виконання тих чи інших дій необхідна наявність специфічної інформації, якої, як правило, не вистачає серед загальної топографічної інформації або не підходить її структурування для цієї задачі. Наприклад, щоб розрахувати місце можливого знаходження порушників від початкової точки на визначену годину, необхідна цифрова модель мережі шляхів у вигляді графа з відстанями між його вершинами. Для цього організується ввід необхідної інформації в атрибутну БД (ПФЗ-К-4).

Технологія вводу інформації в атрибутну БД складається з двох етапів:

- введення геоінформації, тобто, даних, що описують контур об’єкта з координатною прив’язкою до плану місцевості;
- введення всіх необхідних для користувача атрибутів цього об’єкта на цій же карті через спеціально розроблені вікна вводу даних формулярів підрозділів.

Шари електронної карти об’єктів прикордонної служби створюються на базі накопичених просторових координат об’єктів та їхніх характеристик за допомогою спеціально створеного програмно-технічного комплексу для зняття координат об’єктів, загальна схема якого та технологія введення інформації за його допомогою показана на рис. 5 та 6.

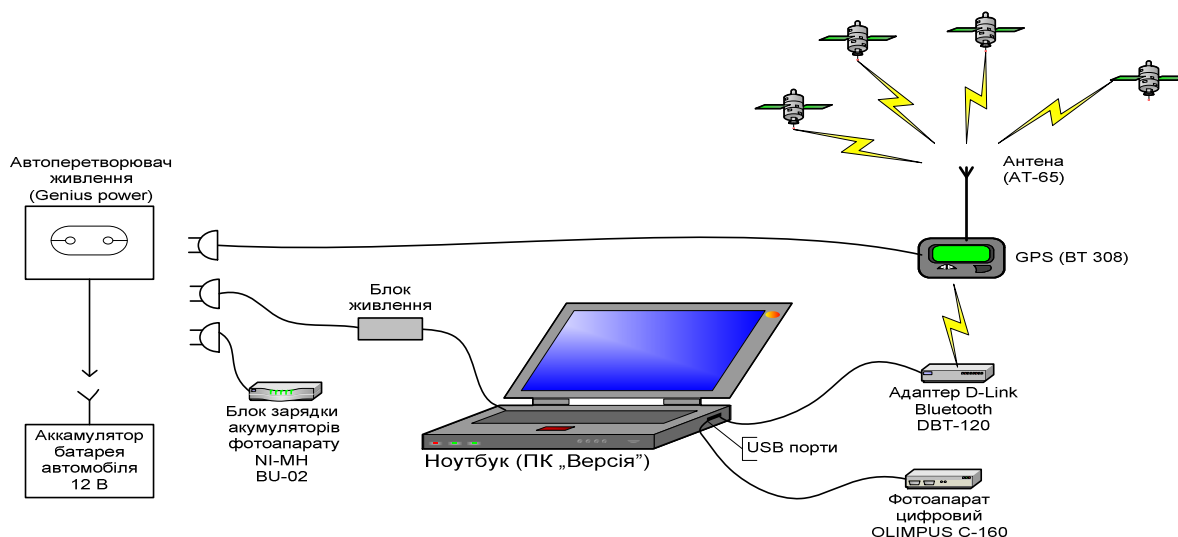


Рис. 5. Мобільний ПТК для введення атрибутних даних

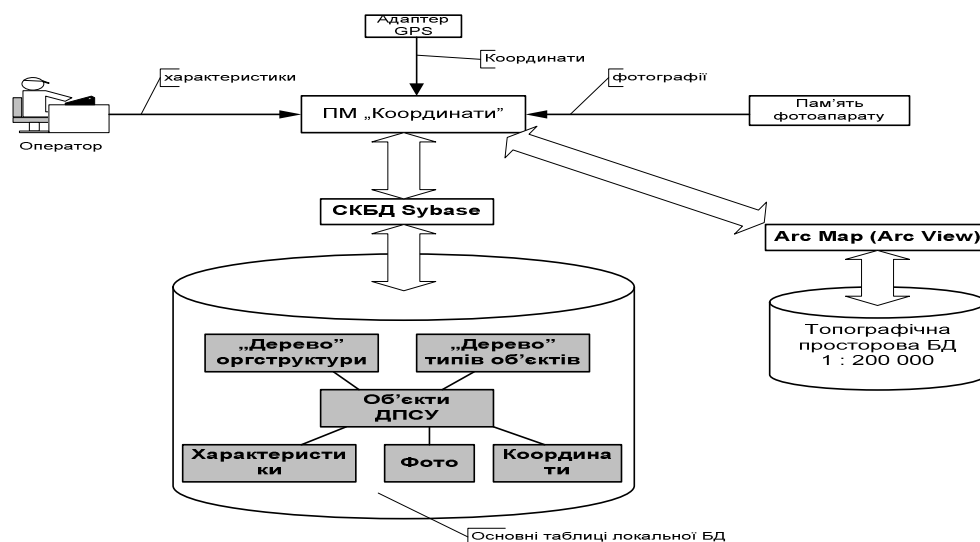


Рис. 6. Технологія введення атрибутних даних за допомогою мобільного ПТК

Дані з такого ПТК експортуються через FTP-сервери у структуровану загальну БД об'єктів автоматизації прикордонної служби, з якої створюється локальна геобазу даних класів просторових об'єктів предметної області, як це показано на рис. 7.

За необхідності модифікації довідників об'єктів, що не представлені на карті (до них належать одиниці виміру для характеристик об'єкта, типу підрозділу та інші), користувачем викликаються вікна, що забезпечують перегляд та редагування інформації в табличному вигляді.

Наступним етапом є наповнення БД набором спеціальних умовних позначок (символів стилей), що відповідають певним органам, підрозділам та об'єктам прикордонної служби. Самі позначки заносяться у графічний шар відповідного типу об'єктів.

Паралельно з наповненням БД атрибутами об'єктів відбувається накопичення в атрибутній БД інформації, що описує події та стан на ділянках кордону та в підрозділах.

## Структура атрибутної БД для реалізації застосувань інформаційної системи

ПФЗ-компонент інформаційної системи "атрибутна БД" (ПФЗ-К-4), який розміщено на сервері центрального сховища даних, містить атрибути всіх об'єктів, які представляють показники об'єктів, а також статистичні дані за певний період про стан і події на окремих ділянках кордону та в підрозділах. Частково даний компонент показано на рис. 7.



Інформаційні потоки формування баз даних у „Гарт-ГІС”

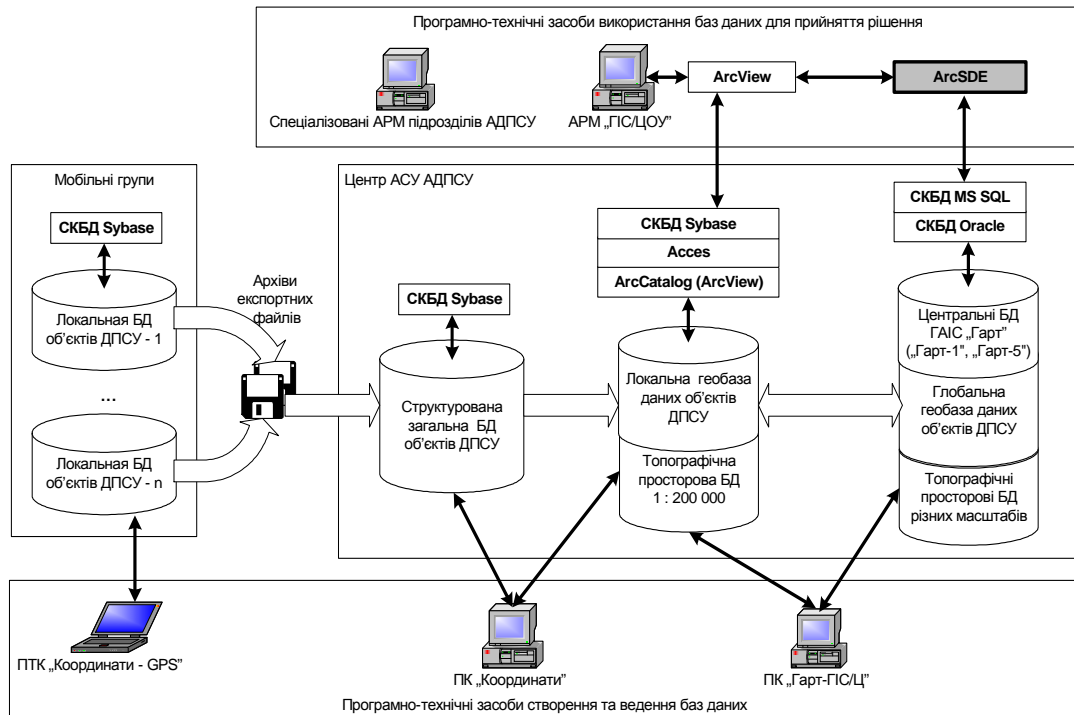


Рис. 7 Інформаційні потоки формування БД ІС

Атрибутні описи таких об’єктів у реляційній базі даних можна розглядати як об’єктно-орієнтовану інформаційну модель, що відображає предметну область об’єктів прикордонної служби. Кожний об’єкт належить деякому класу, який наслідуються від деякого більш абстрактного класу об’єктів. Взаємозалежність даних класів можна представити ієрархічною структурою і відобразити у вигляді “граф-дерева”. Кожному класу відповідає окрема таблиця в БД, записи в якій характеризують окремі об’єкти даного класу. Кожний об’єкт у системі ідентифікується унікальним системним кодом об’єкта, який є первинним ключем. Окрім системного коду кожний об’єкт може мати класифікаційний код.

Наприклад, для системи кодування підрозділів прикордонної служби:

- 1) номер регіонального управління;
- 2) номер загону або в/ч;
- 3) номер групового підрозділу (комендатура, відділення);
- 4) номер підрозділу (застави, пункт пропуску, відділу прикордонної служби);
- 5) тип підрозділу;

для системи кодування об’єктів прикордонної служби:

- 1) код типу або класу угруповання об’єктів;
- 2) код виду угруповання;
- 3) код об’єкта;
- 4) номер об’єкта в підрозділі.

Код типу та виду угруповання об’єктів визначає код тематичного шару в картографічній БД, а код об’єкта в такому шарі визначається класифікаційним кодом та номером об’єкта в підрозділі. Останній код визначає код символу-позначки для відображення на карті даного об’єкта.

Від коду наслідуються основні класи об’єктів, що утворюють картографічну модель підрозділу, наприклад, застави: розташування застави – план-схема місцезнаходження її будівель (штабу, казарм, учбових класів, їдальні, гаражу, складу, огорожі, проїздів тощо), межі зони відповідальності застави, маршрути патрулювання, пункти спостереження та нагляду, контрольно-спостережна смуга тощо. В цьому ряду застава є логічним об’єктом, що не має представлення на карті, оскільки за суттю є об’єднанням вже названих об’єктів, які саме і мають представлення на карті у вигляді контуру, площі, лінії або точки. Але це йдеться тільки для якогось визначеного масштабу. При його збільшенні те ж саме розташування застави з полігонального картографічного об’єкта може перетворитися на точковий об’єкт з позначкою (картографічним символом) пункту управління застави.

Слід відмітити наступні особливості атрибутики об’єктів. Записи в таблицях абстрактного та деталізуючого класів, що відносяться до одного об’єкта, зв’язуються відношенням «один-до-одного», копіюванням первинного ключа – унікального коду об’єкта. Об’єкти атрибутивної частини бази даних, як

правило, пов'язані між собою відношенням “один-до-кількох” та “кілька-до-кількох” і тому на фізичному рівні представлення відображаються кількома таблицями, які мають відповідні посилання на записи об'єктів цифрової моделі. Наприклад, маршрут патрулювання має коди його початку (розташування застави) та кінця (пункт спостереження). Посилання утворюються традиційно для реляційних баз даних за допомогою копіювання первинних ключів.

Треба звернути увагу ще на специфічні атрибути топографічних об'єктів, пов'язаних з питаннями організації охорони кордону. Наприклад: радіус видимості з узвиштя, наявність гаті та стежок у болотистій місцевості тощо.

Атрибутний склад за підрозділами об'єднується в так звані типові формуляри підрозділу, в яких відображаються всі характеристики: від укомплектованості до забезпечення озброєнням. У даних з обстановки на державному кордоні відображається інформація про порушення кордону, про затриманих порушників, про товари і контрабанду, про випадки грубих порушень військової дисципліни, злочинах, випадках корупції, травмування, про стан здоров'я особового складу та медичного забезпечення, про рівень професійної підготовки особового складу та інша інформація.

На будь-якому об'єкті прикордонної служби виконується комплекс дій, наприклад: патрулювання на заставах, перевірка паспортних документів осіб та догляд транспортних засобів, що перетинають державний кордон у пунктах пропуску та інше. Весь комплекс таких дій є основною складовою процесу діяльності прикордонної служби. Тому інформація про всі ці дії та необхідний опис стану об'єктів заноситься в БД ІС.

Всі можливі дії особового складу на об'єктах можна розподілити за видами діяльності прикордонної служби, зокрема: оперативна діяльність, прикордонна служба, прикордонний контроль, морська охорона, авіаційне забезпечення, зв'язок та автоматизована інформаційна система. Події у межах перелічених видів діяльності описуються у відповідних таблицях.

У процесі здійснення події може бути виконана довільна кількість дій, виявлені одна або кілька порушень кордону, в діях може приймати участь один або кілька підрозділів. Оскільки в одному записі реляційної таблиці неможливо представити множину дій, порушень або підрозділів, то введено додаткові таблиці виконаних дій, виявлених порушень або задіяних підрозділів. Записи в таких таблицях зв'язані з записами в таблиці подій відношенням «кілька-до-одного». При виконанні дій посадок особи підрозділів можуть зробити рекомендації про подальші дії з цього приводу. На основі цих рекомендацій складається план дій (таблиця “заплановані дії”) для даного об'єкта. Записи таблиці “заплановані дії” зв'язані з записом таблиці “об'єкт прикордонної служби” відношенням «кілька-до-одного». Таке відношення не дозволяє організувати картографічну БД у вигляді простих шейп-файлів, а вимагає структурувати дані в геобазу класів просторових об'єктів – на першому кроці у вигляді локальної геобазы, а потім у глобальну геобазу з використанням потужних СУБД (наприклад, Microsoft SQL, Oracle та інші).

Для оцінки діяльності особового складу підрозділів прикордонної служби в БД включені таблиці, що описують їхню структуру: органи охорони кордону (ООК), підрозділи ООК (відділи, комендатури, застави, пункти пропуску), особовий склад підрозділів. Записи в таблиці “підрозділи ООК” зв'язані з записами в таблиці “ООК” відношенням «кілька-до-одного», як і записи таблиці “особовий склад”.

### СПЗ прикладного функціонального застосування інформаційної системи

ПФЗ-компонент інформаційної системи ПФЗ-К-3 – СПЗ прикладного функціонального застосування має містити додаткові спеціальні програмні засоби та алгоритми для вирішення задач, зокрема:

- формування схем охорони державного кордону з прив'язкою до географічних координат;
- збору даних системи GPS AVL для визначення та візуалізації на електронній карті місцеположення мобільних та рухомих патрулів;
- збору даних системи відео спостереження з відеокамер, розміщених на пунктах спостереження уздовж контрольно-слідової смуги;
- збору даних системи технічного нагляду (тепловізори, датчики сигналізації тощо), розміщених уздовж контрольно-слідової смуги;
- планування та контролю за застосуванням сил та засобів;
- розрахунків плану польотів за хронометражем та контроль їх виконання;
- оперативно-тактичних розрахунків необхідних сил та засобів, часу, тилового забезпечення, можливих втрат та інші.

### Функціонування геоінформаційних систем

Геоінформаційні системи реалізовані як підсистеми у складі інтегрованої інформаційно-телекомунікаційної системи (ІТС) Держприкордонслужби України (ДПСУ) і відповідають політиці побудови архітектури всієї ІТС. Тому, як і інші підсистеми, вони складаються з інформаційних систем, що представлені на кожному з організаційно-ієрархічних рівнів ДПСУ за вертикаллю (адміністрація, регіональні управління, органи охорони кордону та відділи прикордонної служби або прикордонні комендатури, прикордонні застави, пункти пропуску через державний кордон).



Всі інформаційні системи нижчих організаційно-ієрархічних рівнів ДПСУ мають доступ у вигляді запитів до інформаційних систем вищого рівня. Такі запити можуть бути двох типів:

- функціональні запити, які використовують, як правило, спеціальні розрахункові моделі на графах для просторового представлення результатів розрахунків;
- запити вибору з ІС інформації за об'єктами, що мають певну характеристику (наприклад, підрозділ що має морську ділянку кордону), або вибір об'єктів, на яких відбулась задана подія, виконані зазначені дії або виявлено порушення зазначеного виду за визначений період.

Запити обох типів мають представляти результат користувачу як виділенням об'єктів на карті (змінюючи кольору об'єкта або його контуру, мигтінням тощо), так і формуванням форматovanого списку об'єктів з заданим набором атрибутів. Цим обумовлені наступні відміни підсистеми запитів ІС від традиційних способів реалізації запитів до БД.

1. Для вибору з множини варіантів запитів користувачу пропонується робота з «майстром запитів» – інструментальним засобом, що веде покроковий діалог з користувачем, на кожному кроці якого користувач відповідає на одне-два питання, що послідовно уточнюють суть запиту.

2. Внутрішній механізм виконання запитів першого типу ґрунтується на формуванні графової моделі і розрахунку окремої функціональної задачі для отримання результату, що відображається на карті.

3. При виконанні запитів другого типу використовуються можливості SQL-орієнтованої СУБД, в якій зберігаються атрибутивні дані. Можливість виконання запитів мовою SQL дозволяє програмно сформувати по заданих користувачем критеріях запит на SQL, що повертає результат у вигляді набору ідентифікаторів об'єктів. Далі за даним набором формується результуюча вибірка об'єктів та виділяється на карті, або формується звіт.

Вирішення задач, розроблених інформаційних систем, виконується на програмній платформі ArcGIS, IsGeo та MapStudio. Використовуються стандартні (системні) програмні засоби, а також настроювані застосування і розроблювані компоненти.

Як основу для реалізації ГІС-функцій використано існуючі цифрові плани та карти місцевості, що межує з кордоном, у різних масштабах у векторному та растровому вигляді. Реалізується основа карти у топологічному форматі покриття ArcGIS в географічній базі даних методом цифрування растрових копій планшетів, імпорту існуючих векторних даних та результатів польового дослідження.

## Функціональні можливості геоінформаційних систем

Функціональні можливості геоінформаційних систем на визначеній предметній області:

1. Формування картографічної моделі прикордонної служби, що стало можливим тільки при переході від зберігання інформації на традиційних паперових носіях у графічний формат геоінформаційної системи.

2. Реєстрація інформації про стан сил та засобів (підрозділів, об'єктів) ДПСУ і їхнє забезпечення, про обстановку на державному кордоні України, про результати оперативно-службової діяльності підрозділів ДПСУ.

3. Автоматизація здійснення розрахунків на рівні АДПСУ кількісних та якісних показників, необхідних для прийняття управлінських рішень з охорони державного кордону, з прогнозування розвитку обстановки, що склалася на державному кордоні, з планування оперативно-службової діяльності і керування підпорядкованими силами та засобами:

- прийом, фіксація та введення в систему повідомлень про порушення кордону;
- відображення оперативної обстановки на кордоні на електронній карті та визначення місця порушення;
- ситуаційний аналіз, моделювання та прогнозування розвитку ситуації;
- розрахунок сил та засобів, необхідних для затримання порушників, який з найближчих патрулів направити до місця подій і як він має бути споряджений.

4. Робота з даними аерокосмічних знімків земної поверхні ділянок державного кордону з метою їхнього якісного відображення на карті.

5. Здійснення на рівні регіональних органів управління зйомки географічних координат прикордонних об'єктів засобами GPS, уточнення характеристик, їхнє кодування з прив'язкою до “дерева” організаційної структури ДПСУ та формування відповідних БД.

6. Динамічний контроль місцезнаходження мобільних патрулів за допомогою системи супутникового позиціонування GPS.

7. Віддалений доступ з АІС інших рівнів до АІС на рівні Адміністрації ДПСУ для здійснення запитів до центрального сховища даних і отримання необхідної інформації для вирішення задач відповідних рівнів та якісного функціонування геоінформаційної системи.

## Висновки

Запропоновані способи інтеграції компонентів прикладних застосувань з ГІС-компонентами в межах інформаційних систем визначають різноманітність архітектурних рішень даних систем. Такі рішення ґрунтуються на комбінованому представленні даних у графічному вигляді за допомогою ГІС-компонента, як відображення

їх атрибутного опису, що зберігається в геобазі даних з SQL-орієнтованою СКБД та атрибутних даних об'єктів предметної області в атрибутній БД. Такі рішення дозволяють використовувати всі можливості ГІС-компонентів для просторового аналізу даних, вирішення функціональних задач моделювання та розрахунків на компоненті прикладних застосувань та гнучкість мови SQL для виконання різноманітних атрибутних запитів користувача. Реальні можливості таких інформаційних систем визначені в ході їх експлуатації на різноманітних АРМ інтегрованої інформаційно-телекомунікаційної системи Державної прикордонної служби України.

1. *Отрасли применения геоинформационных систем* // Официальный сайт компании "Data+" / <http://www.dataplus.ru/industries/index.htm>
2. *Попов Ю.* ГИС и палеонтология / <http://www.dataplus.ru/Industries/101Ever/Popov.htm>
3. *Учёные записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского* // Научн. журн. География. – Симферополь; 2006. – № 1/2.
4. *Радионо В.* ГИС Центра оперативного управления ГУВД Карагандинской области МВД Казахстана / [http://www.dataplus.ru/Industries/2MVD/18\\_karaganda.htm](http://www.dataplus.ru/Industries/2MVD/18_karaganda.htm).
5. *Биченок М.М., Мостовий В.В., Терещенко В.С. та ін.* Досвід створення, перспективи розвитку систем моделювання надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру // Мат. III міжнар. конф. "Геоінформаційні технології в управлінні територіальним розвитком України". – АР Крим, Ялта: 2000. – С. 47–50.
6. *Биченок М.М., Мостовий В.В., Терещенко В.С. та ін.* Прогнозно-аналитическая система поддержки принятия решений по региональной безопасности // Управляющие системы и машины. – 2000. – № 4. – С. 53–59.
7. *Биченок М.М., Мостовий В.В., Терещенко В.С. та ін.* Система моделювання надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру. Досвід створення та перспективи розвитку // Матеріали міжнар. конф. – Харків: 2001. – С. 35–36.
8. *Мостовий В.В., Сенченко А.Д., Терещенко В.С. та ін.* Комп'ютерне прогнозування наслідків повеней та дощових паводків // Водне господарство України. – 2000. – № 1/2. – С. 17–19.
9. *Мостовий В.В., Сенченко А.Д., Терещенко В.С. та ін.* Система моніторингу гідрологічних та морфологічних характеристик річок, як елемент комплексного прогнозування можливих повеней // Матеріали міжнар. конф. – Харків: – 2001. – С. 37–38.
10. *Геоінформаційна автоматизована система "Гарт-ГІС"* / Часткове технічне завдання. – К.: Інститут програмних систем НАН України, Адміністрація Держприкордонслужби України, 2004. – 17 с.
11. *Сарычев Д.С.* Современные информационные системы для инженерных сетей / [http://www.indorsoft.ru/Download/Publications/GIS\\_FM\\_Review.doc](http://www.indorsoft.ru/Download/Publications/GIS_FM_Review.doc)
12. *Вайсфельд В.А., Ексаев А.Р.* Принципиальные основы применения ГИС-технологий для городских инженерных коммуникаций // Инженерные коммуникации и геоинформационные системы: материалы первого учебно-практического семинара. – М.: «ГИС-Ассоциация», 1997, 14–17 октября. – С. 3–9.
13. *Коновалова Н.В., Капранов Е.Г.* Введение в ГИС / 2-е изд. – М.: ООО «Библион», 1997. – 160 с.
14. *Brail R.K., Klosterman R.E.* Planning Support Systems: Integrating Geographic Systems, Models, and Visualization Tools. – N.Y.: ESRI Press, 2001. – 468 p.
15. *Новиков Ю.Л., Сарычев Д.С., Скворцов А.В. и др.* Информационные системы предприятий трубопроводных сетей / [http://www.indorsoft.ru/Download/Publications/Pipeline\\_InfoSystems.doc](http://www.indorsoft.ru/Download/Publications/Pipeline_InfoSystems.doc)