

СТВОРЕННЯ І ОНОВЛЕННЯ БАЗОВИХ КАРТОГРАФІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ АЕРОКОСМІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

© Грицьків Н., Почкін С., 2008

Проведены исследования технологии создания и обновления картографических материалов на основе аэрокосмических данных с использованием современного программного обеспечения.

There were implemented researches of technology of creation and updating of cartographical materials on the base of aerial-space data using modern software.

Постановка проблеми. Проблемою топографічного забезпечення України є старіння інформації на топографічних картах. Топографічними картами масштабу 1:10000 покрито 96 відсотків території України, масштабу 1:25000, 1:50000, 1:100000, 1:200000, 1:500000, 1:1000000 – всю територію України, а топографічними планами масштабу 1:2000 і 1:5000 територію, що охоплює 95 відсотків міст і селищ [1]. До того ж близько 70 відсотків топографічних карт і планів усіх масштабів створено понад 10 років тому, і за своєю актуальністю та інформаційним змістом вони не відповідають сучасним потребам. Це стосується топографічного, тематичного та спеціального картографування. Тому оновлення базових картографічних матеріалів (планів і карт) є першочерговим завданням у галузі картографування України.

Зв'язок з важливими науковими й практичними завданнями. Впровадження в різних галузях економіки геоінформаційних систем зумовлює необхідність забезпечення їх цифровою картографічною інформацією. Така інформація повинна бути актуальною і задовольняти відповідну точність виконання науково-практичних робіт.

Аналіз основних досліджень та публікацій, присвячених вирішенню цієї проблеми. До 1991 р. картографування України було складовою частиною загального комплексу топографо-геодезичних і картографічних робіт, що виконували в СРСР. Саме тоді було створено більшість картографічних матеріалів на територію України. З часів здобуття Україною незалежності та розвитком високих технологій змінились і вимоги до картографічної продукції. Масове впровадження технологій комп'ютерного укладання карт і ГІС-картографування дало змогу зробити кардинальні зрушення у забезпеченні широких верств населення картографічною продукцією масового споживання. Розпочато випуск електронних карт і атласів. З цього часу необхідними стали цифрові карти, наповнені графічною і описовою складовими у цифровому вигляді. Сьогодні вже створено цифрові карти масштабу 1:1000000, 1:500000, 1:200000, 1:50000 на всю територію України. Згідно з даними Державного картографо-геодезичного фонду, станом на початок 2004 року, на основі топографічних карт з масштабом 1:10000 були виготовлені цифрові карти, що покривають 10% території країни – це переважно великі міста та селища міського типу. Розпочато роботи із створення інформаційних банків та баз геопросторових даних [1,2]. Аспектам цифрового картографування і оновлення картографічної інформації присвячено багато науково-практичних досліджень [3–7].

Невирішені частини загальної проблеми. До невирішених або частково-вирішених частин проблеми картографування можна зарахувати розроблення наукових основ системи комплексного картографування території; вдосконалення інформаційного змісту і структури цифрових моделей місцевості та топографічних карт; розвиток технологій виконання топографічних знімів на основі застосування аерокосмічних даних, цифрових методів оброблення даних; створення та оновлення

топографічних, тематичних, спеціальних карт і планів із застосуванням геоінформаційних технологій; удосконалення системи доступу до топографічної інформації.

Постановка завдання. Метою роботи є дослідження технології оновлення картографічних матеріалів на основі аерокосмічних даних із застосуванням сучасного програмного забезпечення.

Виклад основного матеріалу. Оновлення топографічних карт здійснюють з метою приведення їх змісту відповідно до сучасного стану місцевості та вимог чинних нормативно-технічних документів [8].

Топографічні карти оновлюють за матеріалами нових аерокосмічних знімків або за сучасними картографічними матеріалами. Періодичність оновлення топографічних карт залежить від фізико-географічного районування території, техногенного навантаження та кількості змін на місцевості і становить:

- для промислово-розвинутих густонаселених територій – 5–7 років;
- для сільськогосподарських середньонаселених територій – 8–10 років;
- для гірських, лісових і степових малонаселених територій – 10–15 років.

Сьогодні через кардинальні зміни в техніці і технологіях існує розширений перелік картографічних продуктів. До них належать [9]:

- топографічна карта з графічним відображенням ситуації та рельєфу;
- цифрова карта з ситуаційним та рельєфним змістом;
- цифрова ортофотокarta з фотографічним зображенням ситуації та графічним відображенням рельєфу;
- цифрова модель рельєфу.

Цифрова ортофотокarta має значні переваги перед іншими видами картографічної продукції, оскільки крім рельєфної і ситуаційної складових у вигляді умовних позначень одночасно є фотодокументом існуючого стану на час отримання зображення місцевості.

Незалежно від методу створення та оновлення, цифрові топографічні карти повинні відповідати таким основним вимогам [8]:

- забезпечувати можливість автоматизованого визначення даних про місце розташування об'єктів та їхніх характеристик;
- містити цифрове значення кількісних та якісних характеристик і кодів об'єктів у прийнятій системі класифікації і кодування картографічної інформації;
- мати таку структуру подання інформації, яка б забезпечувала можливість внесення змін і доповнень, конвертування у топологічні і описові формати геоінформаційних систем та пошарове виділення елементів змісту карт.

Нині в технології оновлення карт можна застосовувати різноманітні картографічні дані і дані дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Залежно від масштабу створюваної карти використовують аерознімки і космічні знімки відповідних масштабів і роздільної здатності. Апаратура, встановлена на супутниках EROS B, Ikonos, QuickBird-2, дозволяє отримати знімки в панхроматичному діапазоні з роздільною здатністю від 0,6 м до 1 м. Враховуючи, що графічна точність карти становить 0,2 мм (у масштабі карти), отримаємо такі вимоги до точності відображення контурів (масштаб-точність): 1:10000 – 2 м; 1:25000 – 5 м; 1:50000 – 10 м [9]. До того ж потужно розвиваються ГІС-технології з опрацювання цих ДЗЗ, що дає змогу повністю сумістити і оптимізувати весь процес оновлення топографічної і тематичної інформації.

Згідно з наведеними вимогами для виконання експериментальних робіт з оновлення топографічної карти із використанням даних ДЗЗ застосовано загальноприйняту технологічну схему, наведену на рис. 1.



Рис.1. Загальна технологічна схема створення та оновлення топографічної карти за матеріалами аерокосмічного знімання

Таблиця 1

Параметри аерознімків		Параметри космічного знімка	
Дата знімання	10 травня 1999 р.	Дата знімання	9 травня 2006 р.
Фокусна віддаль, мм	70	Супутник	IKONOS-2
Висота фотографування, м	600	Тип знімку	Панхроматичний
Розмір, мм	180.2×180.2	Канали	Синій, зелений, червоний
Формат	TIFF tiled (JPEG-90%) (Intel)	Формат	Geo-TIFF без стиснення
Розмір, пікселів	11264×11264	Розмір, пікселів	9720×9806
Розмір пікселя, мкм	16	Дозвіл, м на місцевості	1
Дозвіл, dpi	1588	Розмір, Mb	545
Розмір, Mb	50		

Дослідною ділянкою обрано центральну частину с. Східниця, Львівської області. На цю ділянку отримано матеріали аерофотознімання (5 знімків) і космічний знімок.

Аерофотознімки відскановано на фотограмметричному сканері. Параметри аерофотознімання і растрових зображень знімків наведені в табл. 1, знімки і їхні фрагменти показано на рис. 2. З метою дослідження можливостей сучасного програмного забезпечення для опрацювання зображень використано дві програми. Оскільки для створення ортофотозображень необхідною є ЦМР, то попереднє опрацювання аерофотозображень виконано за допомогою ЦФС “Дельта”, яка дає змогу створювати цифрові моделі місцевості за стереозображеннями. Подальші роботи виконані у ГІС “Панорама” – програмі для створення редагування і оновлення цифрових карт. Обидві програми повністю задовольняють вимоги до створення цифрових карт.

Для опрацювання аерофотознімків на ЦФС “Дельта” використано 13 опорних точок, координати яких отримано методом GPS-прив’язки. Точки замарковані на збільшених копіях знімків (масштаб копій 1:4000). Розташування точок повністю задовольняє умови попереднього опрацювання знімків на ЦФС, тобто кожна окрема модель (стереопара) містить не менше чотирьох опорних точок у межах зони перекриття знімків.

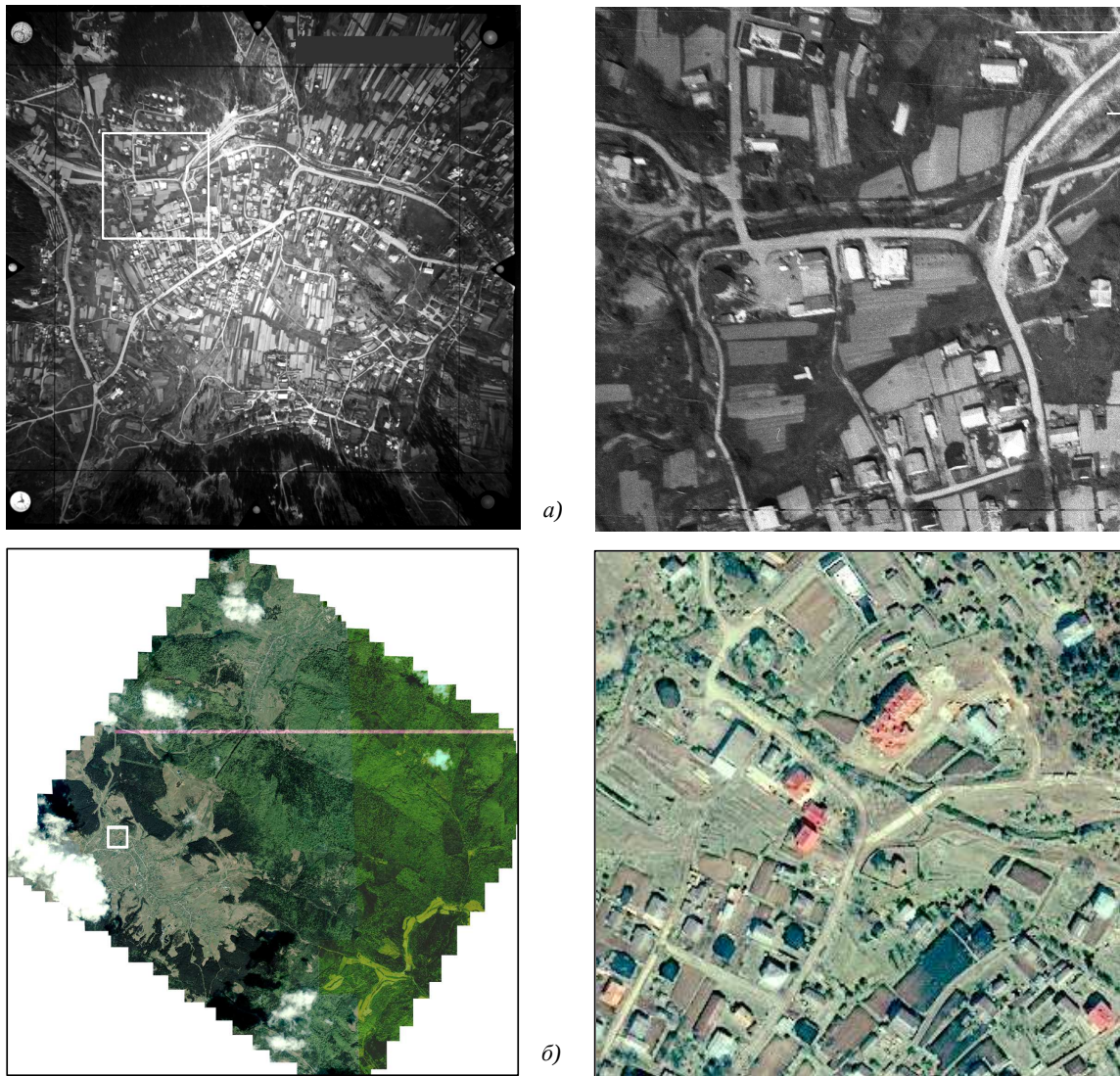


Рис. 2. Знімки та їхні фрагменти: а – аерознімок; б – космічний знімок

Для створення ЦМР виконано необхідний комплекс робіт на ЦФС Дельта, який містив такі етапи:

- орієнтування знімків і моделей;
- створення цифрової моделі рельєфу.

Цифрова модель рельєфу зібрана в програмі Digital за поодинокими моделями з перекриттям на місцевості 50÷100м. В ЦМР входили такі дані:

- регулярна сітка висотних точок з кроком у плані 20м;
- елементи гідрографії;
- структурні лінії і характерні точки рельєфу.

Контроль ЦМР виконано за побудованими горизонталями (допуск 0,6 м для горизонталей з кроком 2 м)

Також для подальшого трансформувannya знімків додатково отримано планово-висотні координати 40 контурних точок, які чітко розпізнаються на аеро- і космічному знімках та покривають всю дослідну ділянку. Це поворотні точки меж угідь, доріг тощо.

Оскільки подальший комплекс робіт заплановано виконувати в ГІС Панорама, отримані дані цифрової моделі рельєфу експортовано у формат ASCII з метою подальшого імпорту в середовище ГІС Панорама. У цьому разі файли формату ASCII містять планово-висотні координати точок ЦМР.

Для створення ортофотозображення, тобто прив'язки зображення до системи координат з одночасним усуненням похибок, зумовлених рельєфом місцевості, кутами нахилу знімків та їх різномасштабністю, програмними засобами ГІС “Панорама” за даними ЦМР побудовано матрицю висот (рис.3) – матрицю, кожна елементарна частинка якої містить інформацію про планово-висотні координати.

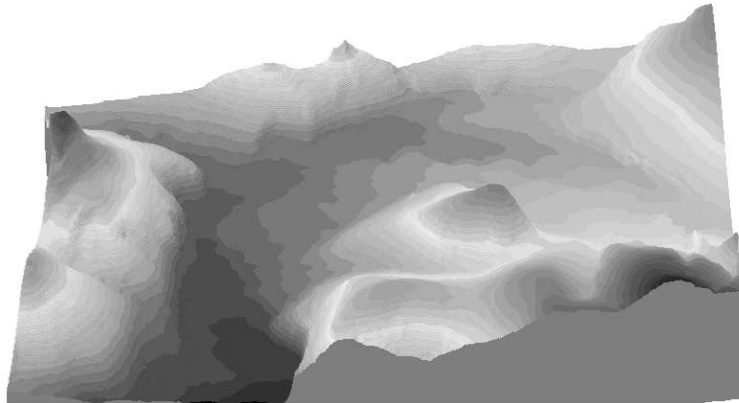


Рис. 3. Матриця висот у 3D-виді

Комплекс робіт з створення ортозображень містив такі етапи:

- конвертування растрових зображень у внутрішній формат ГІС “Панорама”;
- трансформування поодиноких знімків;
- монтаж ортофотозображення з поодиноких аерофотознімків.

Для роботи з растровими зображеннями у середовищі ГІС “Панорама”, растри аерофотознімків сконвертовано у формат RSW. Цей процес виконується автоматично під час відкриття растрових файлів.

Процес трансформування виконано для кожного знімка окремо. Метод трансформування для аерофотознімків – за елементами зовнішнього орієнтування. Елементи зовнішнього орієнтування обчислює програма за відомими координатами опорних точок. В обчисленні беруть участь елементи внутрішнього орієнтування, відомі параметри знімання, матриця висот і опорні точки. Космічний знімок відтрансформовано за опорними точками з використанням матриці висот.

Далі з відтрансформованих поодиноких аерофотознімків створено одне зображення за допомогою компонування центральних частин знімків. Для того були побудовані полігони, межі яких проходили в районі середини перекриття знімків. Зображення за межами полігонів видалено. Кожен фрагмент відредаговано для усунення розбіжностей в яскравості і контрастності на стиках. Зайве зображення з полігонів усунено. У результаті отримано ортофотозображення всієї ділянки.

З метою аналізу змін, які відбулись на місцевості території с. Східниця в період з 1999 р. по 2006 р., тобто від часу виконання аерофотознімання до отримання космічного знімка, за допомогою функцій візуалізації два зображення накладені одне на друге з різним ступенем прозорості. Візуальний аналіз зображень показав, що зміни на місцевості відбулись. Особливо добре це було помітно на дорожній мережі, оскільки тон зображення доріг є набагато світліший (рис.4).

Проте такі зміни, як наявність нової забудови важко визначити тільки візуальним порівнянням, не кажучи про кількісні параметри змін. Для їх відстеження і врахування є необхідним за растровим зображенням створити векторне, яке, згідно з вимогами до цифрових карт, дасть змогу отримати якісні і кількісні характеристики об'єктів місцевості.

За допомогою стандартних функцій ГІС “Панорама” спочатку по зображенню ортофотознімка, отриманому за матеріалами аерофотознімання, нанесено існуючі об'єкти у векторному форматі (рис.5а). Згодом створену векторну карту накладено на зображення космічного знімка і внесено зміни у векторну карту – нанесено нові дороги, мости, будинки (рис.5б). Змін у розташуванні рослинності і об'єктів гідрографії не відбулось.



Рис. 4. Результат накладання ортозображень матеріалів аерофотознімання і космічного знімка

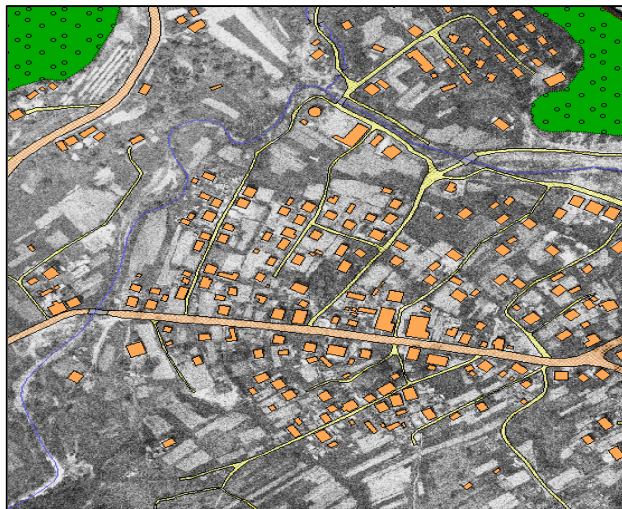


Рис.5. Фрагменти ортозображень з нанесеною векторною інформацією:

а) за матеріалами аерофотознімання; б) в результаті оновлення за матеріалами космічного знімання

Користуючись можливостями програми “Панорама” і наявністю векторної карти, можна виконати не тільки візуальний (можливість пошарової візуалізації векторних об’єктів на екрані комп’ютера), але й кількісний аналіз змін. Так, у період з 1999 по 2006 р.р. на дослідній ділянці було споруджено два дорожні мости і збудовано 109 нових будинків (загальна кількість будинків на ділянці 765).

На друкарському оригіналі топографічної карти чи ортофотокарти потрібно передати рельєф місцевості у вигляді горизонталей, причому необхідно, щоб горизонталі мали відповідний візуальний вигляд і не мали відхилення від ЦМР місцевості.

Для порівняння відповідності горизонталей рельєфу місцевості взято за оригінал фрагмент горизонталей, згенерованих в програмі Digital (рис.6).

У ГІС “Панорама” горизонталі згенеровано з кроком 2м за матрицею висот і елементами гідрографії з типом згладжування “сплайн, що описує”. Решта параметрів підбирали за візуальною оцінкою результатів генерування. Генерування виконано в трьох наближеннях. Параметри генерування наведені в табл. 2.

Роздрук фрагментів згенерованих горизонталей у ГІС “Панорама” на відповідну ділянку показано на рис. 7.

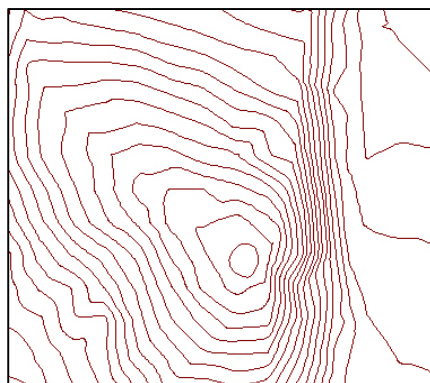
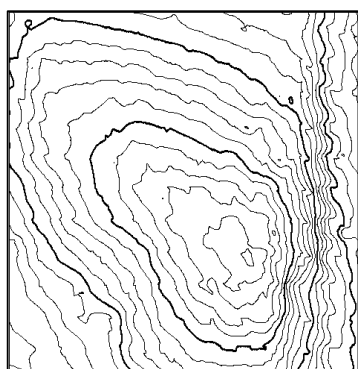


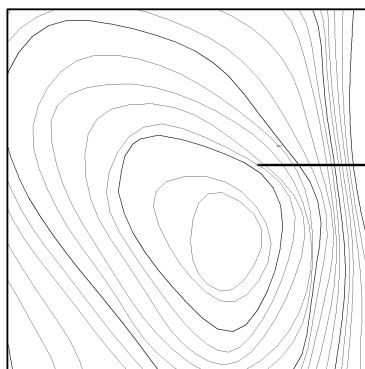
Рис.6. Фрагмент горизонталей, згенерованих в програмі Digitalis

Таблиця 2

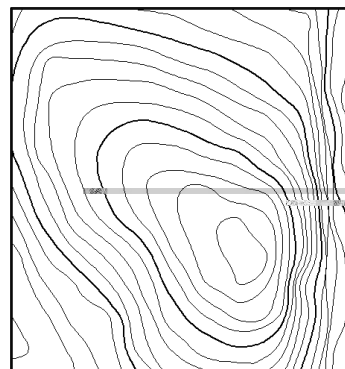
Параметри побудови горизонталей	наближення		
	1	2	3
Усунення горизонталей мінімальної довжини, мм	1	3	3
Усунення петлі мінімальної довжини, мм	2	5	5
Крок фільтрації поворотних точок, мм	1	5	8



а



б



в

Рис.7. Фрагменти горизонталей, згенерованих в ГІС “Панорама”

Як свідчить візуальний аналіз зображень, при першому наближенні (рис.7а) горизонталі із-за невеликого кроку фільтрації (кількість точок на сплайні) є дуже деталізовані і відображають найменші відхилення. Також присутні невеликі петлі і малі горизонталі, які засмічують зображення.

Друге наближення (рис.7б) показало, що горизонталі мають плавний вигляд, відстань між горизонталями і їхня загальна форма відповідає оригіналу (рис.6). Також за горизонталями видно мікроформи рельєфу.

Оскільки перші два параметри при другому наближенні були задовільними (відсутні петлі і малі горизонталі), то вони не змінені і для третього наближення (рис.7в), в якому змінено лише крок фільтрації. Хоча горизонталі стали плавними, проте візуально відразу помітно, що через меншу кількість точок повороту під час згладжування горизонталі на крутому схилі накладаються одна на одну, і втрачено рисунки мікроформ рельєфу. Отже, горизонталі на дослідну ділянку згенеровано за параметрами другого наближення.

Остаточним результатом виконаних експериментальних робіт є створена цифрова ортофотокарта (рис.8) в масштабі 1:10000.

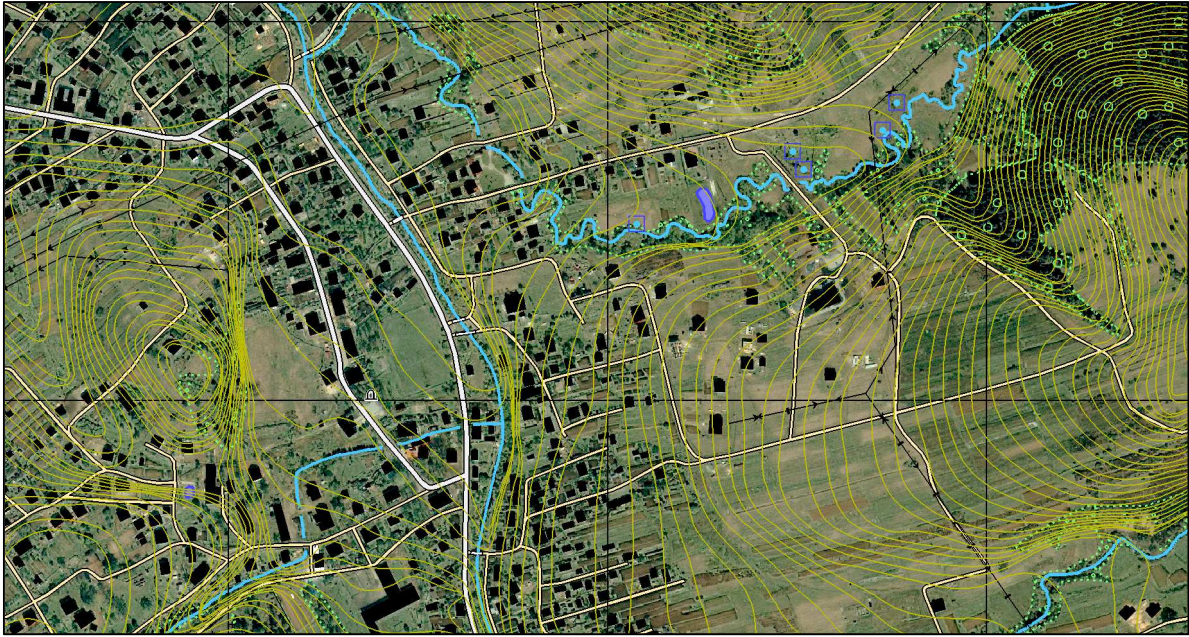


Рис.8. Фрагмент створеної ортофотокарти за матеріалами аерокосмічного знімання

Висновки. На підставі виконаних досліджень технології створення і оновлення цифрової ортофотокарти за матеріалами аерокосмічного знімання можна зробити такі висновки: для створення і оновлення цифрових карт у великих масштабах можна використовувати як матеріали аерофотознімання, так і матеріали космічних знімачів; сучасні програмні засоби мають весь необхідний інструментарій для реалізації завдань створення і оновлення цифрових карт згідно з їхніми вимогами.

1. Державна науково-технічна програма розвитку топографо-геодезичної діяльності та національного картографування на 2003-2010 роки. <http://zakon.rada.gov.ua>. 2. Українська картографія сьогодні. <http://www.ukrmap.com.ua>. 3. Агафонов И.Д., Белов В.М., Бурбан П.Ю. Обновление и подготовка к изданию цифровых топографических карт масштаба 1:25000 на ЦФС // Геодезия и картография. – М.: Картгеоцентр-Геоиздат, 2002. – № 5. 4. Гречищев А.В., Кузнецов О.В. Применение российских космических снимков высокого разрешения для изучения Земли и в геоинформатике // Геодезия и картография. – М.: Картгеоцентр-Геоиздат, 2002. – №4. 5. Грицьків Н.З., Фаргал А.М. Використання матеріалів космічного знімання з метою актуалізації картографічної інформації // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва / Зб. наук. праць. – Львів: Ліга-Прес. 6. Инструментарий геоинформационных систем / Бусыгин Б.С., Гаркуша И.Н., Серединин Е.С., Гаевенко А.Ю. – К.: ИРГ “ВБ”, 2000. 7. Чуприна Е.П., Мазаева Н.И. Цифровая технология прямого обновления топографической карты масштаба 1:200000 // Геодезия и картография. – М.: Картгеоцентр-Геоиздат, 2002. – №1. 8. Топографо-геодезична та картографічна діяльність. Законодавчі та нормативні акти. В 2-х ч. Ч. 1. – Вінниця: Антекс, 2000. 9. Дорожнинський О.Л., Тукай Р. Фотограмметрія: Підручник. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 2008.