

ТРАНСФОРМУВАННЯ РАСТРІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ТРИВИМІРНИХ КАРТОГРАФІЧНИХ МОДЕЛЕЙ

Вступ. Проблема зміни проєкцій карт і планів дуже актуальна для вітчизняної картографії і топографії. Практики досі змушені користуватися старими паперовими картографічними творами, цифрові копії яких відсутні. Такі джерела знань створювались давно поліграфічними методами, а нерідко викреслювались вручну. А якщо карти виготовлено ще й у різних проєкціях, то інформацію на них порівняти майже неможливо. Плани, спотворені деформуванням паперової основи, після сканування й оцифрування не відповідають вимогам інструкцій щодо точності.

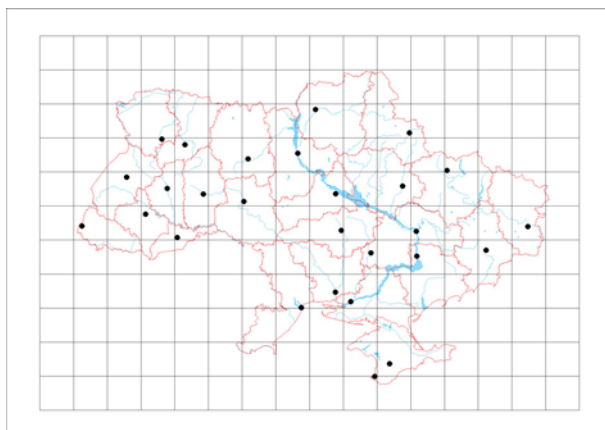
Аналіз публікацій, дотичних до теми дослідження. Автор статті [10] характеризує використання програми Bentley MicroStation для потреб картографії. Книги [2, 6, 7 і 9] можна використати для вивчення картографічних проєкцій. У статті [11] наголошується на необхідності уніфікації проєкцій для навчальних атласів. Інтернет-сторінка [15] описує процес прив'язки растрових і векторних даних в ArcInfo. Автор публікації [14] пропонує власний алгоритм трансформування зображень, за яким воно розбивається на фрагменти трикутної форми. У статті [3] наведено технологічну схему оновлення карт за космічними знімками, яка включає і зміну їх проєкції. Але в ній не розкривається, як саме це зробити. Певним чином питання трансформування растрів викладено у статтях [4 і 5].

Постановка проблеми. Трансформування растрів у цій статті означає зміну відомої проєкції карти на потрібну або перетворення невідомої проєкції в цільову (в т. ч. виправлення неафінних спотворень відсканованих карт і планів). Під час такої трансформації окремі ділянки зображення змінюють свої розміри (якісь місця стискаються, інші – розтягуються) без розривів.

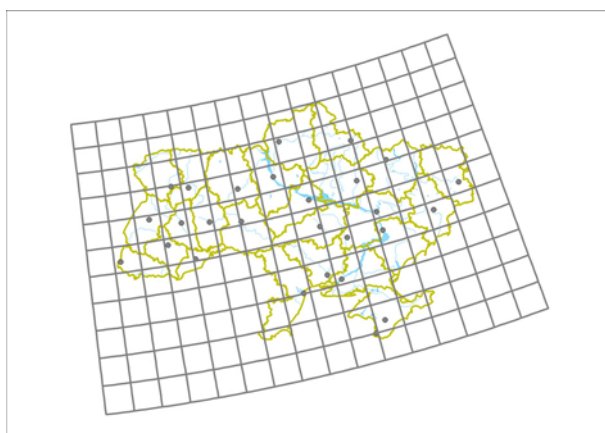
Нова технологія зорієнтована на вирішення двох проблем, які виникають у топографо-геодезичній та картографічній діяльності. Перша полягає в тому, що для укладання карт на якусь територію може використовуватись кілька проєкцій. Крім того, як правило, карти для різних охопленням територій укладаються в різних проєкціях. Інформацію, "зняту" з них, порівнювати важко, особливо з допомогою геоінформаційних систем. Щоб "працювати" з поданою на таких картах інформацією без проведення векторизації, потрібно спочатку здійснити трансформування, тобто привести всі матеріали до однієї проєкції та одного масштабу.

На малюнках 1 та 2 зображено географічні основи на територію України у проєкціях Меркатора і Ламберта відповідно. Перша з них векторна, друга – растрова. Прив'язування другої основи до першої в середовищі MapInfo за чотирма точками дає незадовільний результат (мал. 3).

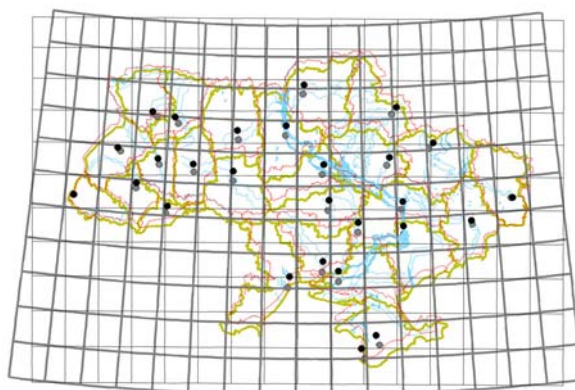
Прив'язування за більшою кількістю точок не поліпшує ситуацію. Отже, потрібно шукати нові підходи.



Мал. 1. Географічна основа карти України в проекції Меркатора



Мал. 2. Географічна основа тієї ж карти у рівнокутній проекції Ламберта



Мал. 3. Прив'язування основи карти за чотирма точками в MapInfo

Другою проблемою є використання зображень відсканованих топографічних планів для векторизації з метою їх оновлення. Це дозволяє економити значні кошти, оскільки не потрібно виконувати топографічне знімання всієї території. Але ж такі плани, як уже згадувалось вище, були віддруковані десятки років тому, і для них характерне явище деформації паперу. Усе це впливає на якість нового плану. До того ж, під час "зшивання" топографічних карт зображення не узгоджуються з рамками сусідніх. Такі спотворення не можна виправити шляхом афінних деформацій, вони вимагають застосування складніших алгоритмів реєстрації зображень.

Мета статті – запропонувати методи трансформування і корегування растрів за допомогою наявного на сьогодні програмного забезпечення.

Терміни й визначення. *Тривимірна реалістична картографічна модель* – це особлива просторово-часова форма збереження і відображення географічних даних, організована за строгим математичним законом, яка структурується й існує у програмно-керованому середовищі, відображує за допомогою цифрових копій природних об'єктів їх розміщення і властивості та призначена для використання у випадках, коли реалістичний вигляд території має першорядне значення.

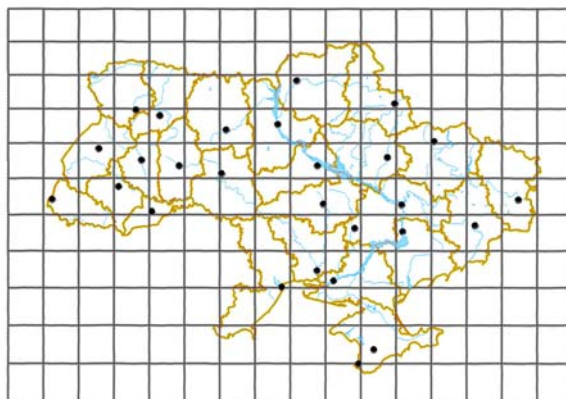
Текстура (текстурна карта) – зображення характерного малюнка (найчастіше – повторюваного), яким повністю або частково можна замінити окремі характеристики матеріалів, призначені для оформлення об'єктів тривимірної моделі [1].

Прив'язування растрових зображень – технологічний процес підготовки до цифрування картографічних матеріалів, за яким зображення орієнтується у вибраній системі координат так, щоб усі об'єкти, показані на ньому, мали відповідні координати.

Виклад матеріалу дослідження. Способів трансформування растрів карт і текстур усього два. П е р ш и й називається трансформування растрів за проєкціями і застосовується у випадку, коли: 1) можна визначити вихідну проєкцію картографічного зображення; 2) відомо назву цільової проєкції; 3) обидві проєкції прописані в програмі, в середовищі якої здійснюється орієнтування; 4) можна визначити теоретичні координати мінімум трьох точок на растрі; 5) спотворення зображення унаслідок деформування основи є допустимими.

Цей спосіб реалізується з використанням геоінформаційних систем. Загальну послідовність дій можна описати так. Спочатку визначається вихідна (оригінальна) проєкція зображення за довідником проєкцій. Її необхідно виставити у програмі одразу після завантаження. Потім потрібно "прив'язати" растр (цю операцію називають ще "реєстрацією"), вказавши 3 (краще 4-6) опорних точок з відомими координатами. Останній крок – змінити проєкцію карти. Програма автоматично здійснює трансформування растру, тобто деформує відповідні ділянки. У дослідженні основа, трансформована з

проекції Ламберта в проекцію Меркатора, повністю збіглася з векторною картою (мал. 4).



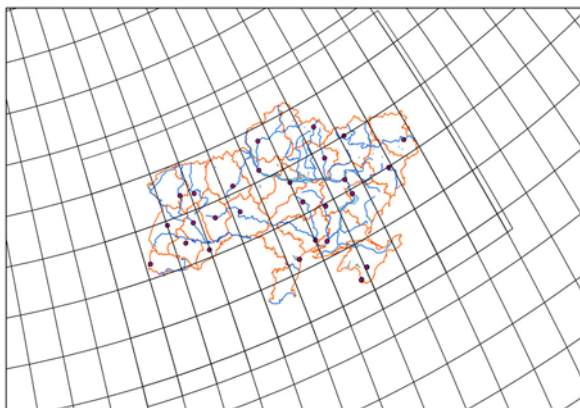
Мал. 4. Накладені географічні основи

Автор статті досліджував дві найпоширеніші в Україні ГІС – MapInfo та ArcInfo. Вітчизняна розробка DigitalS працює тільки з проекцією Гауса-Крюгера. MapInfo має такі особливості. Вихідна проекція растру задається у вікні вибору проекції, яке відкривається за допомогою однойменної кнопки. Вона розміщена у вікні реєстрації растру, що з'являється одразу після його відкриття.

Для процесу трансформування слід змінити проекцію робочого набору. Крім того, програма має бути налаштована на такий вид оброблення растрів. Все це можна зробити у вікні налаштувань "Режими вікна Карти", яке відкривається після вибору в головному меню "Карта" пункту "Режими". Кнопка "Обробка растру..." відкриває відповідне діалогове вікно налаштувань, а "Проекція..." – вікно вибору нової проекції.

Вихідна і цільова проекції мають належати до тих, з якими комп'ютерна програма може працювати. Тобто їх параметри мають бути прописані в програмі (точніше, у файлі MAPINFOW.PRJ). Нову проекцію можна занести у файл, але деталі цього процесу в статті не розглядаються.

ArcInfo має інші особливості. Вихідна проекція виставляється для всього фрейму в діалоговому вікні його властивостей. Реєстрування зображень здійснюється графічним способом: опорні точки на цифровій карті, що мають відомі координати, потрібно зіставити із відповідними точками на растрі. Для трансформування вказується нова проекція фрейму. Результат можна побачити на мал. 5.



Мал. 5. Трансформування растрів за допомогою ArcInfo

Так "працюють" геоінформаційні системи середнього цінового діапазону. Проте для виправлення нелінійних деформацій растрів можливостей MapInfo і ArcInfo недостатньо. А ще потрібно обов'язково вказати проекції, що не завжди вдається.

Другий спосіб називається поліноміальне трансформування растрів другого і третього ступенів і його виконують тільки спеціальні програмні засоби, точніше, їх відповідні розширення. До таких належить MicroStation Descartes – модуль оброблення растрів для Bentley MicroStation, який також досліджувався автором статті.

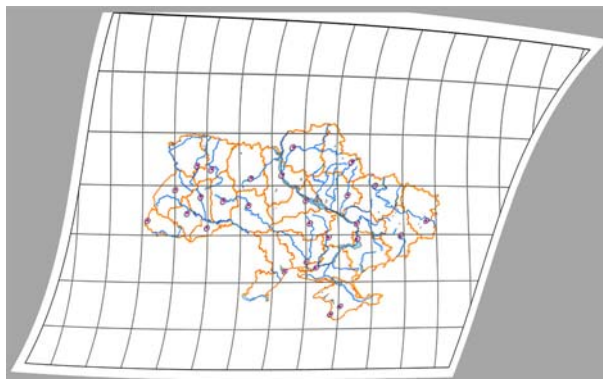
Це виправлення спотворень растрів і текстур. Його застосовують, коли: 1) проекції вихідного зображення визначити неможливо або їх немає у переліку проекцій програми; 2) растр має спотворення основи; 3) потрібно визначити не менше чотирьох опорних точок.

Загальна послідовність дій така. Спершу реєструються правильні й відповідні їм опорні точки на деформованому растрі. Набір точок потрібно зберігати у файлі, щоб його можна було використати в подальшому. Цей файл називається "Модель деформацій". Наступний крок – зазначення зображень, які оброблятимуться. Також потрібно вибрати алгоритм трансформування і метод обчислення значень проміжних пікселів. Останньою визначається папка для збереження трансформованих файлів.

Розглянемо детальніше описані кроки. Для MicroStation Descartes створення переліку опорних точок здійснюється графічним методом. Растр, який потрібно трансформувати, підвантажується у програму і координати характерних точок вказуються безпосередньо на ньому. Визначити правильні координати можна за правильним растровим зображенням або за векторною сіткою, яку можна виготовити засобами програми MicroStation.

Можна вибрати алгоритм, за яким виконується трансформування. MicroStation Descartes пропонує дев'ять таких алгоритмів, чотири з яких можуть здійснювати орієнтування растру без деформацій, а

решта орієнтують і трансформують рівномірно весь растр. Останній алгоритм реалізує трансформування растру за опорними точками без орієнтування (мал. 6). Для цього потрібно вказати не менше 10-ти точок (максимальна їх кількість – близько 200).



Мал. 6. Растр, трансформований у програмі MicroStation Descartes

Методів вираховування кольору проміжних і усереднених пікселів, які утворюються в місцях розтягнення-стиснення зображення, всього три. Вони добре відомі картографам і дизайнерам, а також описані в літературі з растрової графіки, наприклад, у праці [8].

Кількість опорних точок для трансформування повинна бути оптимальною, від 20-ти до 100. У протилежному разі це може призвести до непередбачуваного результату, до погіршення роботи програми і збільшення часу на оброблення растрів.

MicroStation Descartes – не єдиний продукт, що може трансформувати зображення за точками. Подібним чином працює розробка Raster Transformer (RTR) [13]. Це також модулі Transform (пакет Credo) [12] і Rasters для IndorCAD. Всі вони працюють з кількома найвідомішими форматами файлів – TIFF, JPEG, BMP, PNG тощо. Розмір растрів може бути значним – до 100 000×100 000 пікселів. Програми використовують кілька типів перетворень (афінне, проективне, кусково-лінійне, кусково-квадратичне). Rasters для IndorCAD передає особливості трансформування відображенням сітки перетворень [16].

Побудова тривимірних картографічних моделей потребує створення текстур. Вони збільшують інформативність моделі та спрощують процес її виготовлення. Текстура має правильно покривати складний об'єкт нестандартної форми, наприклад ЦМР або окремі її частини, якщо рельєф складний. Растр повинен мати точно визначені розміри кожної ділянки, щоб вони збігалися з відповідними елементами каркасу об'єкта. Тому текстуру створюють у спеціальній, характерній тільки для цього тіла проекції, яку неможливо описати в загальному вигляді, тобто за допомогою формул. Разом з тим можливості проектування текстур на тривимірний об'єкт обмежені, бо таких алгоритмів небагато

(проектують як на кулю, циліндр, паралелепіпед чи площину). Для надійного "припасовування" текстури потрібно встановлювати розміри кожної ділянки растру, трансформували їх вручну.

Наприклад, із сервісу Google Map отримано текстуру у проекції Меркатора, але на ній є геометричні спотворення, а ще окремі знімки мають значні розбіжності у стикових місцях [3]. Тому зображення неточно "лягає" на топографічну карту, що добре помітно в ході візуалізації. Ці спотворення нелінійні, тому растр, прив'язаний за чотири точки, в центрі зображення не збігається з векторними даними. На мал. 7 показано чотири фрагменти текстури для ЦМР, які розташовані у відповідних кутах моделі. Добре помітно, що текстура нелінійним чином зміщена відносно векторної основи. На мал. 8. ці спотворення усунуто в результаті трансформації зображення у програмі MicroStation Descartes.



Мал. 7. Демонстрування незбігу текстури і векторної основи



Мал. 8. Трансформована текстура

За текстурою рельєфу також перевіряють положення всіх інших елементів ландшафту моделі, тому її потрібно точно позиціонувати на ЦМР. Трансформування текстур виконується і для відтворення складних архітектурних елементів будівель. Початкова текстура має перспективні спотворення і

спотворення за дисторсію об'єктива. Щоб уникнути цього, модель будівлі виготовляють у тривимірному редакторі, візуалізують каркас і вже по ньому трансформують текстуру.

Висновки. Трансформування растрів – важлива наукова проблема, актуальна для вітчизняного картографічного виробництва. Її вирішення спростить виготовлення текстур для тривимірних реалістичних картографічних моделей.

Перспективи дослідження. Наступним етапом дослідження має стати розроблення алгоритмів створення анімованих текстур. Саме вони дозволять компактно передати тривимірну анімацію, особливо циклічні процеси, скажімо, хвилювання води, рух хмар по небу та ін. Анімована текстура передає або колір, або висоту точок плоского полігонального каркасу.

Література

1. *Бурлаков, М. В.* 3ds Max 2009 [Текст] / М. В. Бурлаков. – С.Пб.: БХВ-Петербург, 2009. – 63 с.
2. *Граур, А. В.* Математическая картография [Текст] / А. В. Граур. – Ленинград: Изд-во Ленингр. ун-та, 1956. – 369 с.
3. *Грачов, О. Г.* Використання космічних фотознімків для актуалізації картографічної продукції [Текст] / О. Г. Грачов // Національне картографування: стан, проблеми та перспективи розвитку. – К.: ДНВП "Картографія", 2008. – Вип. 3. – С. 90-94.
4. *Грачов О. Г.* Класифікація методів інтерполяції та апроксимації функцій трансформування растрових зображень [Текст] / О. Г. Грачов // Львів. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Зб. наук. праць. – Вид-во Національного ун-ту "Львівська політехніка", 2005. – С. 22-25.
5. *Грачов О. Г.* Трансформування растрових моделей цифрових карт і планів [Текст] / О. Г. Грачов // Вісн. геодез. та картогр. – 2001 – № 1 – С. 22-25.
6. *Матусевич, К. Н.* Математическая картография [Текст] / К. Н. Матусевич, Н. К. Матусевич. – Ровно: Волинські обереги, 2003. – 212 с.
7. *Павлов, А. А.* Практическое пособие по математической картографии [Текст] / А. А. Павлов. – Ленинград: Изд-во Ленингр. ун-та, 1974. – 171 с.
8. *Пономаренко, С. И.* Adobe Photoshop 7 [Текст] / С. И. Пономаренко. – С.Пб.: БХВ-Петербург, 2003. – 79 с.
9. *Соловьев, М. Д.* Картографические проекции [Текст] / М. Д. Соловьев. – М.: Изд-во геодез. и картогр. лит. ГУГК при СНК СССР, 1946. – 416 с.
10. *Стахов, Є. О.* Розвиток комп'ютерних технологій у ДНВП "Картографія" на базі програмного продукту MicroStation [Текст] / Є. О. Стахов // Вісн. геодез. та картогр. – 2009. – № 3. – С. 52-55.

11. *Шевченко, В. О.* Вимоги до навчальних карт. Чи витримуються вони? [Текст] / В. О. Шевченко // Вісн. геодез. та картогр. – 2006. – № 5. – С. 21-23.

Інтернет-джерела

12. http://www.geopolygon.ru/catalog/software/credo_transform.php

13. <http://www.gisa.ru/4086.html>

14. <http://www.gisinfo.ru/item/10.htm>

15. <http://gis-lab.info/qa/georef-ag.html>

16. <http://www.indorsoft.ru/products/cad>

А. В. Орещенко

ТРАНСФОРМУВАННЯ РАСТРІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ТРИВИМІРНИХ КАРТОГРАФІЧНИХ МОДЕЛЕЙ

Резюме

Аналізується технологічна проблема, яка полягає у використанні картографічних матеріалів з деформованою основою і в несуміщеності карт у різних проекціях. Викладено методи трансформування растрів із залученням програм MapInfo та ArcInfo. Описано процес виправлення деформацій основи карт методом трансформування растрів за контрольними точками та потрібне для цього програмне забезпечення.

А. В. Орещенко

ТРАНСФОРМИРОВАНИЕ РАСТРОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Резюме

Анализируется технологическая проблема, заключающаяся в использовании картографических материалов из деформированной основой и в несовместимости карт в разных проекциях. Изложены методы трансформирования растров с использованием программ MapInfo и ArcInfo. Описан процесс исправления деформаций основы карт методом трансформирования растров по контрольным точкам и необходимое для этого программное обеспечение.

А. Oreshchenko

RASTER TRANSFORMATION FOR 3D CARTOGRAPHIC MODELS CREATING

Summary

The technology problems which consist in using of cartographic materials on deformed base and a fringe of maps which uses the different projections are actualized. There are stated the methods of raster transformation using MapInfo and ArcInfo programs. The process of map base deformation correction by means of key points raster transformation and the software for this are described.

Орещенко Андрій Васильович – аспірант кафедри геодезії та картографії Київського національного університету імені Тараса Шевченка; тел.: 0-44-226-33-09; e-mail: logograd@ukr.net

Надійшла 10. 02. 10