

ОБРАБОТКА НА ПРОСТРАНСТВЕНИ ГЕОДАНИИ ПО ПРОЕКТ CORINE LAND COVER 2000 - БЪЛГАРИЯ

Венцеслав Димитров*, Николина Пелова*, Стефан Рашков**

**Институт за космически изследвания – БАН, **Датекс ООД,
vdimitrov@space.bas.bg, npelova@space.bas.bg, stefanr@datecs.bg*

GEOSPATIAL DATA PROCESSING IN CORINE-LAND COVER 2000- BULGARIA PROJECT

Ventzeslav Dimitrov*, Nikolina Pelova*, Stefan Rashkov**

**Space Research Institute – BAS, **DATECS Ltd.
vdimitrov@space.bas.bg, npelova@space.bas.bg, stefanr@datecs.bg*

KEYWORDS: *geometric correction, ortho-rectification, satellite image, GIS, land cover*

ABSTRACT: *The CORINE Land Cover 2000 – Bulgaria project aims to update the land cover GIS database of the country and to identify the changes occurred during the period 1990-2000. Major steps of the geospatial data preparation and processing are described. Raster and vector data from the 90s contain systematic and random errors due to the methodology used. Geometric corrections applied to the satellite images and to vector data in order to correct the errors are considered. Satellite images are ortho-rectified using a rigorous method. The main error sources in CLC90 vector data base are described. Several algorithms are applied to the vector data with reference points taken from the corrected raster imagery. Planimetric accuracies of the corrected image and vector data are evaluated.*

УВОД

Проектът "КОРИН Земно покритие 2000" (CLC 2000) за България е част от проекта на Европейския съюз "IMAGE and CORINE Land Cover 2000" за обновяване на картите на земното покритие за Европа. Предходният етап от проекта – "CORINE Land Cover 1990" (CLC 90) е завършен в България през 1996 г. Използвана е технология с работа върху хартиени цветни фотокопия на координатното привързани (геореферирани) спътникови изображения. Съчетанието на тези и други фактори неизбежно води до геометрични и интерпретационни неточности, които се коригират при изцяло компютъризираната технология на проекта CLC 2000.

Откриването на промените в земното покритие между 1990 и 2000 г. се извършва чрез сравняване на данните от CLC 90 с новите изображения (IMAGE2000) с чрез средства за компютърно подпомогната интерпретация.

В съответствие с документите за работа по Проекта използваната методология включва две основни задачи [1]:

- оценка, геометрична и тематична корекция на данните от CLC 90 (векторни и растерни);

- откриване и картографиране на промените в земното покритие с използване на геометрично коригираните Landsat 5 спътникови изображения от 90-те години и ортотрансформираните Landsat 7 спътникови изображения от 2000 г.

Основна цел на настоящата работа е да разгледа методите за компютърната обработка на пространствените геоданни с акцент върху процедурите за геометрични корекции. По-специално внимание е отделено на геометричните трансформации на изображенията IMAGE90 и векторната база данни CLC90, както и на постигнатите планиметрични точности.

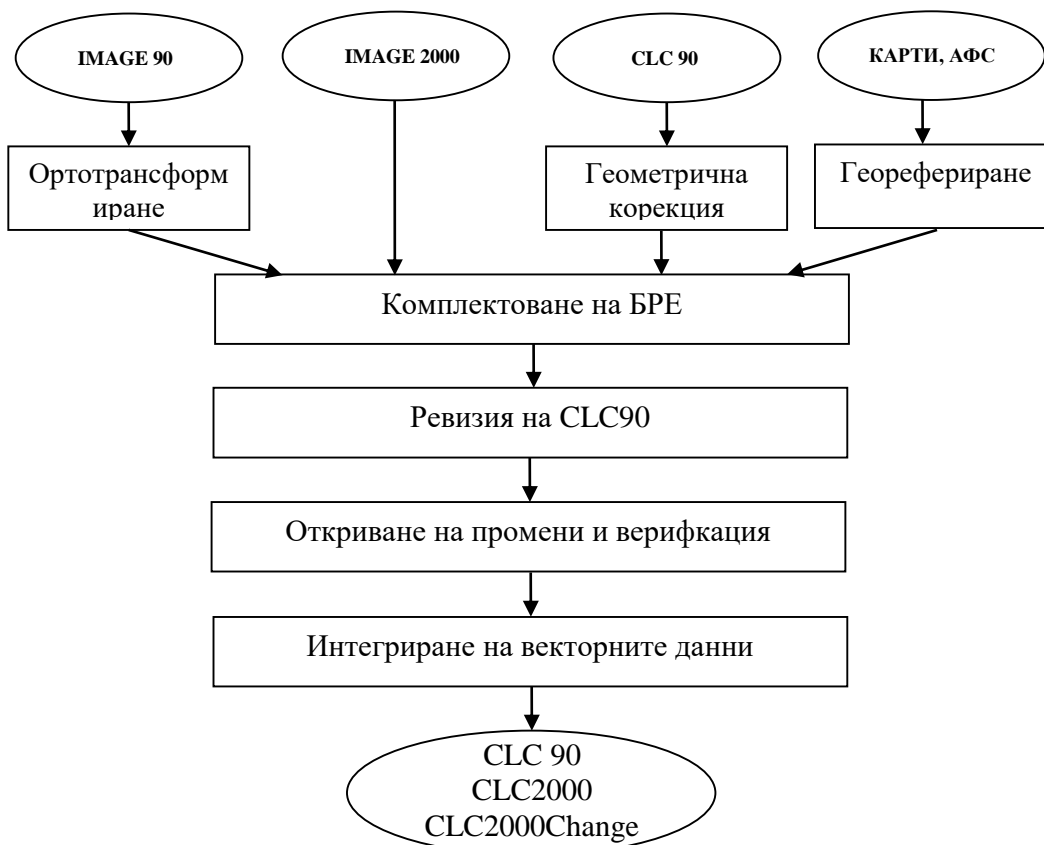
ОПИСАНИЕ И ПОДГОТОВКА НА ДАННИТЕ

За работа по проекта CLC2000, съгласно изискванията, се предоставят следните основни комплекти пространствени геоданни с координати в националната координатна “Система 1970 г.”:

- Геореферирани изображения от Landsat 5 TM - 11 сцени от територията на България и част от съседните страни, получени през 1992 година (и по едно от 1989 и 1991 г.);
- Векторна база данни CLC90 – непрекъсната по зони;
- Ортотрансформирани изображения от Landsat 7 ETM+ - 12 пълни сцени от територията на България, заснети през лятото на 2000 г.

Освен тях, съществено значение за работата по Проекта имат и осигурените спомагателни данни – топографски и тематични карти и аерофотоснимки (АФС).

От гледна точка на организацията на работата по Проекта подготвителните дейности приключват с комплектоването на базовите работни единици (БРЕ). Това са индивидуално обработвани пространствени фрагменти от геоданни, отговарящи на един или повече картни листа от М 1:100 000 (Фиг. 1.).



Фиг. 1. Обща схема на процеса на обработка на данните

Подготовката на данните включва също и дейности по преобразуване на данните от аналогов (хартиен) вид в компютърно съвместим формат, подходящ за използването хардуер и софтуер. Картите и АФС се сканират и геореферират, а изображенията от 90-те години са прехвърлят от магнитни ленти върху CD-ROM носители.

МЕТОДИ ЗА ОБРАБОТКА

Източници на грешки

Данните по проекта CLC 90, са получени в резултат на сложен технологичен процес, на всеки етап от който има източници на грешки - систематични и случайни. Систематични са грешките, породени от използването на карти в мащаб 1:100 000 за избор на опорни точки при георефериране на изображенията IMAGE90 (а не точните в 1:25 000, както е при CLC 2000). Систематични грешки внася и сканирането на прозрачните материали. Основен източник на грешки със смесен (систематичен и случаен) произход е геореферирането на спътниковите изображения без използване на цифров модел на релефа (ЦМР). От смесен тип са и деформациите от записа върху филм и увеличаване на фотокопията, както и грешките от нестабилно налагане на прозрачните материали върху фотокопията на изображенията. Случайни са грешките, породени от действията на операторите и използването от тях технически средства.

Обработка на спътниковите изображения от 90-те години

Задължителна стъпка в методологията е проверката на геометричната точност на изображенията IMAGE1990 и привеждането им към характеристиките на IMAGE2000. Изискват се размер на пиксела 25 m и планиметрична точност не по-лоша от 25 m. За целта се препоръчва процедура на ниво БРЕ, предвиждаща линейна геометрична трансформация при несъвпадение над 2 пиксела (50 m).

Извършените измервания показват несъвпадение по-голямо от 50 m в повечето БРЕ. В планинските райони и по периферията на сцените несъвпадението на места достига 120 m.

В началото на Проекта стана ясно, че липсват данни за координатите на геореферираните по CLC 1990 сцени от спътника Landsat 5. От друга страна, геометрично некоригираните изображения от 90-те години бяха налице, заедно с пълен набор от опорни точки от проекта IMAGE 2000 [2] и подходящ ЦМР. При тази ситуация бе прието решение за ортотрансформиране на всички сцени от 1990 година.

Ортотрансформирането е процес на геометрична корекция при която входното спътниково изображение се преобразува в изображение с ортогонална проекция в зададена картографска координатна система [3].

Ортотрансформирането е извършено чрез специализиран софтуер за обработка на спътникови изображения OrthoEngine, реализиращ строг математичен модел, който отчита положението на спътника и параметрите на сензора на Landsat 7. Използвани са повече от 350 опорни точки от базата данни на секция "Геоинформатика" на ИКИ. Определени са и допълнителни точки, чито тримерни координати са измерени по геореферирани топографски карти в М 1:25 000.

Геометрична корекция на векторна база данни CLC90

При наличие на систематични отклонения над 50 m във векторната база данни CLC90 се налага корекция с линейна координатна трансформация, която се дефинира интерактивно.

Проведените изследвания [4] върху векторната база данни CLC90 показват, за редица БРЕ, наличието на деформации от типа ротация и трансляция. Те варират по величина в отделните части на БРЕ и имат нелинеен характер.

В настоящата работа са изследвани няколко типа координатни трансформации на векторни данни. Те се задават чрез набори от опорни точки и са достъпни в съвременни софтуерни програми за ГИС. Важен критерий при избора на най-добър вариант е възможността да се компенсират както систематичните, така и голяма част от случайните грешки в геометрията, за да се спести трудоемкото ръчно редактиране от страна на интерпретаторите.

Проведени са експерименти с полиноми от първа до пета степен в Geomatica [5]), афинна и перспективна трансформации в ArcGIS [6] и преобразуване от тип “rubber-sheet” в AutoCAD Map [7] и ArcGIS. Най-добри резултати показва алгоритъмът “rubber-sheet” в ArcGIS, с помощта на който се компенсират както систематичните, така и случайните грешки. Количествени оценки за получените резултати от някои трансформации са представени по-долу (Таблица 2).

В работата по проекта, в зависимост от сложността на деформациите на отделните БРЕ, са използвани различен брой опорни точки, средно 60 – 90, но понякога значително повече.

Остатъчните случайни геометрични грешки, както и тематичните грешки се коригират ръчно на етапа за ревизиране на векторна база данни CLC90.

Интегриране на данните

След приключване на интерпретацията и вътрешната верификация на ниво БРЕ се извършва пространствено обединяване на отделните бази данни (ревизирана CLC90, CLCchange и CLC2000). Това става в координатна “Система 1970 г.” по зони и във WGS84 за територията на цялата страна. За целта във фирма Датекс са разработени и използвани специализирани програми на MapBasic в MapInfo Professional за изграждане и проверка на векторните бази данни относно тематична и геометрична коректност. В края на Проекта с вградените възможности на MapInfo (програмата ArcLink) е завършено окончателното транслиране в ArcInfo формат. Обработката на трите продукта завършва с изграждане на топология от тип полигон.

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПЛАНИМЕТРИЧНАТА ТОЧНОСТ

Някои проблеми по обработката и точностните характеристики на данните по проекта CLC 2000 вече са били обект на изследване [4]. В настоящата работа геометрията на ортоизображенията IMAGE90 се сравнява с топографските карти. Извършва се и оценка на точността на геометрично коригираната векторна база данни CLC90 по отношение на IMAGE90.

Изследване точността на ортоизображения IMAGE90

Оценката на планиметричната точност спрямо топографските карти представлява интерес, тъй като картите са един еталон за геометрична вярност на различните видове геоданни. Измерванията се извършват на ниво цяла сцена чрез определяне на координатите на набор от добре дефинирани и добре разпределени точки. Резултатите за сцена 182/030 по световната разграфка на Landsat 5 са представени в таблица 1.

Таблица 1.

Точка №	Координати в топографската карта (m)		Координати в изображението (m)		Несъвпадение по координати (m)		Разстояние на несъвпадението
	X	Y	X	Y	ΔX	ΔY	
1.	9450868.0	4680580.5	9450862.5	4680589.4	5.4	-8.9	10.4
2.	9458638.7	4680643.9	9458615.7	4680643.3	23.0	0.6	23.0
3.	9476999.3	4683519.9	9477010.3	4683512.5	-11.0	7.4	13.3
4.	9475121.1	4689589.8	9475108.9	4689582.4	12.3	7.4	14.3
5.	9462790.8	4675533.2	9462811.5	4675539.5	-20.6	-6.4	21.6
....						
31.	9475977.4	4654618.6	9475979.8	4654611.5	-2.4	7.1	7.5
32.	9477776.0	4652504.2	9477764.9	4652505.4	11.1	-1.1	11.1
33.	9484307.0	4655009.2	9484304.6	4654992.5	2.4	16.7	16.8
34.	9484930.1	4656626.0	9484936.5	4656637.2	-6.3	-11.1	12.8

Използвани са 34 точки, покриващи както равнинни, така и планински райони. Максималното разстояние на несъответствие е 23 m, а средната квадратна грешка е 15.4 m. Този пример показва, че планиметричната точност на IMAGE1990 удовлетворява изискванията за изображенията IMAGE2000 и могат да се използват за корекция на векторните данни CLC90.

Точности при геометрични корекции на векторната база данни CLC90

Оценката на планиметричната точност на векторните данни CLC90 става чрез сравняване с геометрично коригираните изображения IMAGE1990. Принципът отново е с измерване на координати на набор от точки в изображението и във векторните данни. В представения пример за БРЕ К-9-35 са използвани 23 пространствено равномерно разпределени референтни точки и съответните им точки в данни, получени чрез две от трансформациите – “rubber-sheet” и афинна. Резултатите са представени в таблица 2. Максималното разстояние на несъответствието за “rubber-sheet” е 34.9 m, а средната квадратна грешка е 15.4 m. За афинната трансформация тези стойности съответно са 88.7 и 40.5 m.

Таблица 2

Точка №	Координати в изображението		Несъвпадения Rubber-sheet		Разстояние на несъвпадението Rsh	Несъвпадения Affine		Разстояние на несъвпадението Aff
	x_0	y_0	Δx_{rsh}	Δy_{rsh}		Δx_{aff}	Δy_{aff}	
1.	8520442.7	4562729.3	9.5	-1.6	9.7	84.5	-26.9	88.7
2.	8529839.7	4565157.8	16.1	16.1	22.8	13.2	49.6	51.3
3.	8539605.7	4561419.0	-8.0	0.0	8.0	-14.5	21.5	25.9
4.	8536957.6	4571315.3	9.0	0.3	9.0	5.9	17.5	18.5
5.	8522814.2	4570598.5	1.8	-1.8	2.6	25.8	10.3	27.8
....							
20.	8521356.8	4593858.7	24.7	24.7	34.9	-35.0	-10.0	36.4
21.	8530674.9	4595795.8	-22.4	-5.7	23.1		20.9	20.9
22.	8521195.2	4597920.2	-5.4	21.4	22.1	-42.3	-4.2	42.5
23.	8538497.1	4598829.4	-11.2	14.0	17.9	11.4	11.8	16.5

При наличните деформации в данните CLC90 афинната трансформация не осигурява необходимата точност. Същото важи и за полиномните преобразувания от по-висока степен. За повечето от обработените БРЕ изчислената моделна средна квадратна грешка надхвърля 55-65 м. Трансформацията от тип "rubber-sheet" работи добре поради по части локалния ѝ характер.

ИЗВОДИ

Познаването на характера на наличните в данните грешки има важно значение при избор на методи за тяхното компенсирание. В конкретния случай съществена роля имат и проведените експерименти с достъпните софтуерни средства.

Демонстрираните резултати показват адекватността на геометричните корекции върху растерните и векторните данни от проекта CLC 90. Това позволява изграждането на коректни бази данни CLC2000 за земното покритие и промените в земното покритие за периода 1990 – 2000 г.

БЛАГОДАРНОСТИ

С удоволствие изказваме благодарност на колегите, които са участвали в изпълнението на Проекта, реализиран с финансирането на Европейската комисия/Европейската агенция по околна среда и Министерството на околната среда и водите/Изпълнителната агенция по околна среда.

Литература:

1. Stoimenov A. Image and CORINE Land Cover 2000 Project in Bulgaria, Scientific Conference with International Participation – SPACE, ECOLOGY, SAFETY - SES'2005, Varna, 10 –13 June 2005, in print.
2. Стоименов, А., Р. Вацева. 2002. Избор на земни контролни точки в панхроматични изображения на Landsat 7 ETM+ като елемент на спътниковото картографиране. - В: Сб. докл. от Научна конференция с международно участие в памет на проф. д-р Димитър Яранов, Варна 2002. Т. 2., С., ГИ - БАН, 422 - 431.
3. Tepeliev Y., V. Dimitrov. 2004. Interpretation of Electric Power Network Elements in QuickBird Satellite Images, International Symposium on "Modern Technologies, Education and Professional Practice in Geodesy and Related Fields", Papers, 4 - 5 November 2004, Sofia, Bulgaria, pp. 333-340.
4. Данаилова, М., А. Стоименов, 2003. Изследване геометрията на растерни и векторни бази данни по проекта КОРИНЕ Земно Покритие 2000 – България, Международен симпозиум "Съвременните технологии, образованието и професионалната практика в един глобализиращ се свят", София, 06 – 07 ноември 2003 г., 314-321.
5. Geomatica Focus User Guide, PCI Geomatics Enterprises Inc., 2003.
6. Editing in ArcMap. ESRI, 2002.
7. AutoCAD Map 3 User's Guide, Autodesk Inc., 1998.