

Получена: 22.12.2017 г.

Приета: 28.05.2018 г.

ЗАСНЕМАНЕ И ОЦЕНКА НА РАСТИТЕЛНОСТТА НА БАЗАТА НА САТЕЛИТНИ ИЗОБРАЖЕНИЯ ПРИ ИЗРАБОТВАНЕ НА ПУП

С. Филипова¹, Д. Филипов², П. Раева³

Ключови думи: дистанционни изследвания, сателитни изображения, устройствено планиране

РЕЗЮМЕ

За целта на разработката са използвани цифрови данни от сензора IKONOS 2 – панхроматични изображения с пространствена разделителна способност 1 m и многоканални, с пространствена разделителна способност 4 m. Приложен е методът, комбиниращ панхроматичните данни с многоканалните – Pan-Sharpning (панхроматично подобряване нарязкостта).

Използвани са качествени и количествени анализи за извличането на информация за съществуващата растителност на изследваната територия.

Чрез направеното обобщение на резултатите се доказва съотношението между застроените и озеленените площи и обезпечаването на територията с необходимата висока дървесна растителност.

1. Въведение

Проектите за подробни устройствени планове задължително се придружават от справка за картотекираната растителност и геодезическо заснемане, заверени от общинските органи по озеленяване. В статията са разгледани възможностите за заснемане и анализ на растителността въз основа на сателитни изображения на изследваната област.

¹ Силвия Филипова, гл. ас. д-р инж., кат. „Фотограметрия и картография“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: filipova_fgs@uacg.bg

² Добромир Филипов, инж., Геоланд дизайн ЕООД, e-mail: dobrigf@abv.bg

³ Паулина Раева, инж., кат. „Геоинформатика“, Факултет по строително инженерство, Чешки технически университет – Прага, e-mail: paulina.raeva@fsv.cvut.cz

Анализира се високата растителност в съответствие с българското законодателство за градско развитие на територията на София. Изследваната зона е част от район Надежда в Софийска община. Територията, обект на проектиране, възлиза на 35 ha.

Основната цел на проекта е в съответствие с разпоредбите на ЗУТ, чл. 22 и ЗУЗСО – правила и нормативи за устройство и застрояване на жилищни комплекси, да се гарантира запазването на вече изградените и озеленени междублокови пространства, детски площадки и площадки за отдих, като се спре всякакво строителство в тях.

Жк „Свобода” е един от старите жилищни комплекси в София, с богато озеленени междублокови пространства и точно за него е много необходимо да се извърши реструктуриране, с цел да се изпълнят цитираните законови разпоредби.

Използвайки метода Pan-Sharpening, съвместяваме предимствата на по-високата геометрична резолюция на панхроматичните изображения със спектралната резолюция на многоканалните изображения. По този начин генерираме многоканално изображение с геометричната резолюция на панхроматичното изображение.

Качественият анализ е свързан с човешките умения за интерпретация (визуална или фотоинтерпретация), а количественият анализ се отнася до автоматична (цифрова) или полуавтоматична интерпретация (ако се упражнява контрол от страна на оператора в една или повече фази на обработката). По принцип терминът „количествен анализ“ се асоциира с процеса на класификация.

2. Изследване и избор на подходящи методи за цифрова обработка и анализ на спътникови изображения

Сателитните снимки са един от основните източници на географски данни за съответната територия в различни времеви периоди. За да се получат достоверни данни от тях, е необходимо да се извърши предварителна обработка, която ще отчете и ще елиминира различни по своята същност и характер източници на грешки при бъдещата обработка.

Дистанционните методи взаимодействат пряко или косвено с други методи, като например анализ на изображения и разпознаване на образи.

Анализът на изображенията или цифровата обработка на изображения предоставя на дистанционните методи теоретичния и числов инструментариум за цифровата обработка на дистанционно приемани изображения и за тяхното усъвършенстване по отношение на интерпретацията и класификацията. Изразът цифровата обработка на изображения се отнася до процеса, който се извършва за подобряване на изображенията, за да се улесни извличането на информацията относно обектите в тези изображения.

Разпознаването на образи, от друга страна, зависи до голяма степен от интерпретационните умения на специалиста, който освен това използва математически и статистически средства за интерпретация на изображенията, и е насочено главно към класификацията, като функция от някакво съответствие между самите обекти и числените стойности.

Като се има предвид огромното количество данни, които дистанционните сензори получават, е необходимо въвеждането на процедури за автоматична интерпретация на цифровата обработка на изображения с цел ограничаване на времето за обработка, при поддържане на висока точност на информацията, извлечена за наблюдаваните явления. Човешкият опит и интерпретационните умения, както и методите за фотоинтерпретация могат да бъдат заменени само частично с автоматични процедури, които да се използват от специалиста, за да анализира и разбере по-добре съдържанието на дадено изображение.

Предварителната обработка на изображенията може да бъде върху единичен канал или многоканална.

Едноканалната трансформация се базира на алгоритми (напр. алгебрични операции), независимо приложени към всеки от каналите, получен чрез сензор. Процедурата за корекция на радиометричните грешки е основната едноканална трансформация, при която причината се коригира за всеки канал. При геометричните корекции и регистрация на изображението, на всеки пиксел от изображението се задава радиометрична стойност, съответстваща на най-близкия пиксел в оригиналното изображение. Други едноканални трансформации са операциите, извършвани по методи на цифрова обработка на изображения, като например модификация на хистограмите, която подобрява контраста при визуализация на изображението, и цифровите оператори или филтри [7].

При многоканалните трансформации каналите може да се комбинират (напр. отношенията между два спектрални канала), за да се получат от оригиналите сборни канали, наречени също псевдо-канали. Формираното изображение е с по-висока разделителна способност и използва градиционните характеристики на пан-хроматичния канал. Тези трансформации генерират нови изображения с по-високо информационно съдържание, използвани във фазата на интерпретация или като обработка преди автоматична класификация.

Приетите за използване цифрови изображения от Ikonos-2 са с висока пространствена разделителна способност и представят повърхността по-детайлно [8 ÷ 10]. Информацията, извлечена чрез многоканални пикселно базирани класификации става сложна, вследствие на вътрешното изменение на характеристиките на елементите от земната покривка и понижената надеждност на спектралната разделителна способност. Допълнително подобряване на обработката може да се постигне чрез използване на регионално базирана класификация.

Когато стандартните процедури за подпикселна мултиспектрална класификация са отнесени към данни с много голямо разрешение, нарастването на пространственото разрешение, води до увеличение на неопределеността в статистическото определяне на класовете. Въпреки че радиометричното разрешение е увеличено, спектралната разделителна способност е ограничена [4].

2.1. Предварителна обработка

Данните, събрани чрез сензори върху различни платформи, преди да се използват за интерпретация, трябва да се обработят, за да се коригират грешките вследствие на шума и изкривяванията.

При работата с изображенията на територията на София е изготвено задълбочено изследване за наличието на различни по своя характер и причина грешки, след което среда на ERDAS е направена съответната предварителна обработка.

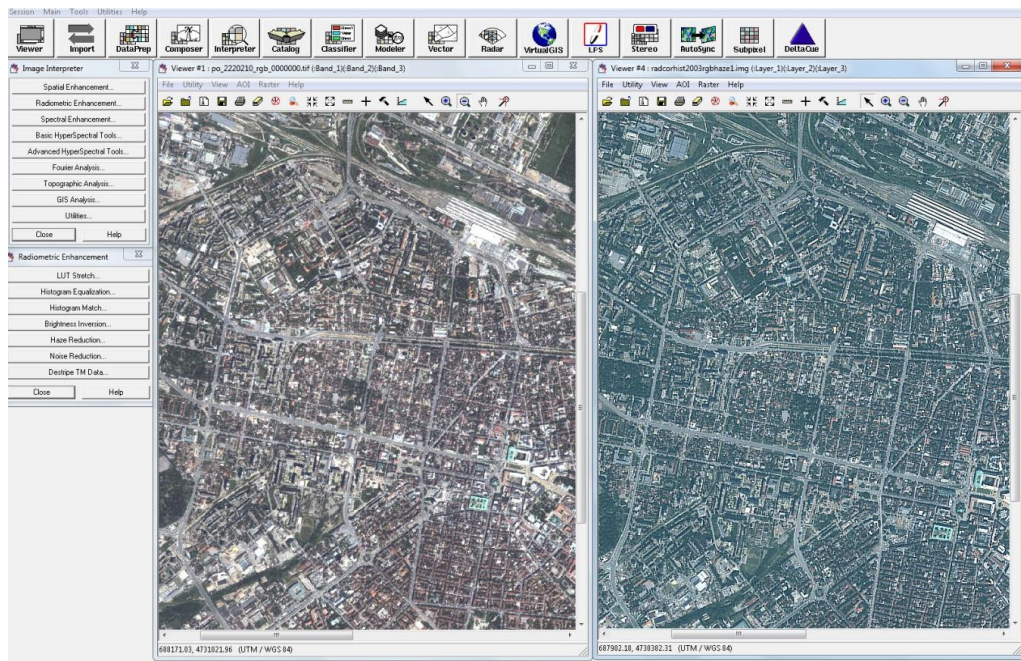
2.1.1. Радиометрична корекция – атмосферна корекция

При различни приложения (напр. определяне на наземните нива на отразителна способност, извличане на биофизични параметри; някои приложения на отчитане на промени), е необходимо да се коригират изображенията от атмосферните ефекти. Тази корекция, освен изчистване на сигнала от ефекти на атмосферната абсорбция и разсейване, включва също и радиометрично калибриране и нормализация на ефектите, дължащи се на системната геометрия. На практика, чрез атмосферната корекция основните радиометрични ефекти при дистанционно приеманите изображения се нормализират.

Няма универсален метод за корекция на атмосферния ефект, който е прост, точен и широко използван. Вследствие на това са разработени много методи за специфични видове проблеми и различни нива на точност. Базирани на количеството и на точността на атмосферните параметри, необходими за приложението им, методите за изследване на атмосферните ефекти могат да се разделят на две групи:

- модели, базирани на физиката на радиационния пренос;
- методи, базирани на изображенията [5].

Въз основа на методите за радиометрична корекция, базирани на изображенията и с помощта на инструментариума на ERDAS Imagine е редуцирано влиянието на смога [5].



Фиг. 1. Редуциране на влиянието на смога

2.1.2. Геометрична корекция – ресамплинг

Процесът на геометрична трансформация изисква като следствие да се зададе отново радиометричната стойност на всеки пиксел от новото изображение. При фазата на премоделиране на пикселите, оригиналните радиометрични стойности се променят.

Методите за премоделиране на пикселите се реализират чрез математически интерполационни процедури.

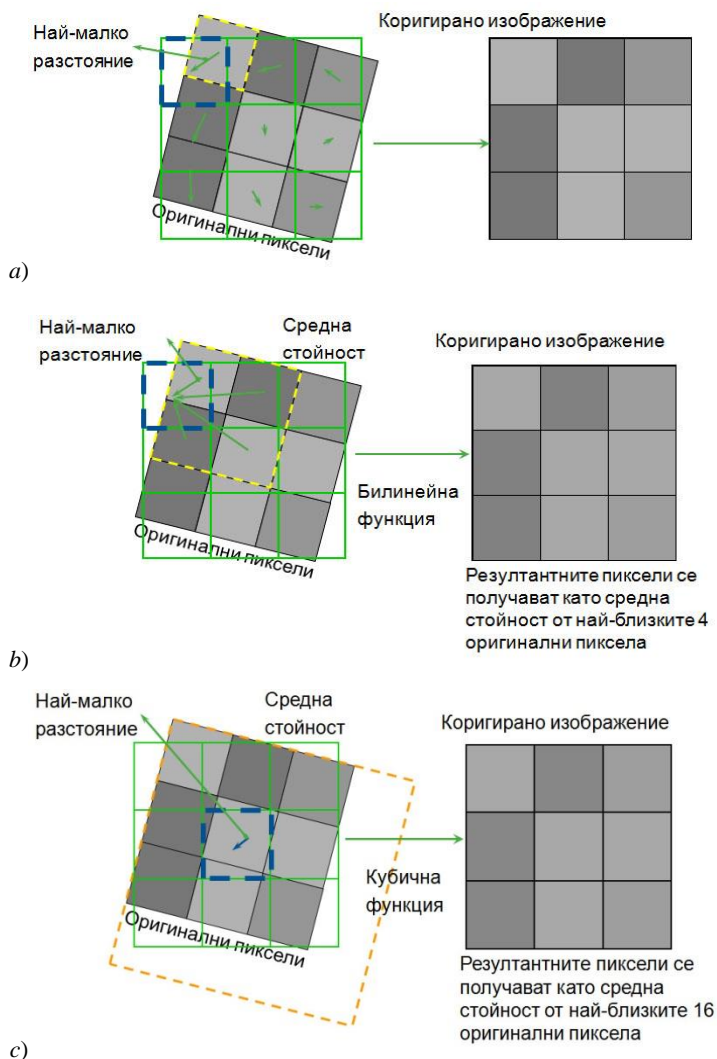
Има три често използвани алгоритъма за премоделиране на пикселите (фиг. 2) [3, 7]:

- най-близкият съсед, новата целочислена стойност, се дава от целочислената стойност на пиксела, имащ координати, най-близки до X , Y (реални) координатите, получени от геометричната трансформация. Подходящ е за използване в урбанизирани територии;
- билинеен, новата стойност се определя от претеглената средна стойност от стойности на заобикалящите четири най-близки пиксела, следователно модифицирайки оригиналната стойност на яркостта. Основно се използва при работа с изображения на естествената земна покривка;

- кубичен, новата целочислена стойност се задава на базата на оценка на 16 най-близки пиксела. Основно се използва за пре моделиране, когато има големи разлики в размерите на пикселите.

Най-близкият съсед има предимството да задава в новия пиксел на изображението стойности, които са действително наблюдавани в оригиналното изображение. Този метод се използва при процеса на класификация, след процеса на пре моделиране на пикселите. Този метод е използван при орторектификацията, тъй като не променя радиометричните стойности на пикселите.

Въпреки това, остава валидно основното правило при цифровата обработка на изображения, а именно, когато има възможност, да се извършва класификация преди каквато и да било трансформация на изображението.



Фиг. 2. Пре моделиране на пикселите с трите алгоритъма
a) най-близкия съсед; b) билинеен; c) бикубичен [6]

2.2. Формиране на композитно многоканално изображение

Дистанционно заснетите цифрови изображения могат да се изучават чрез качествени и количествени анализи за извличането на информация.

Тези две процедури за обработка на данни имат значителни разлики, свързани на първо място с логичните механизми на човешкия ум, и на второ място, с важния принос на компютърните системи.

Таблица 1. Подходи към качествения и количествения анализ [5]

Интерпретация (фотоинтерпретация)	Цифрова обработка
Оператор: човек	Оператор: компютър
Субективна, синтетична	Обективна, аналитична
Конкретна	Абстрактна
Процес на вземане на решения, частично зависим от спектралното поведение	Процес на вземане на решения, зависим от спектралното поведение
Мултиспектрален анализ, ограничен до триивична цветова композиция	Мултиспектрален анализ, приложим в многоизмерното пространство
Човешко ограничение при разделяне на сивите тонове и цветовете	Разширяване на всичките нива на сивото (динамичен диапазон)
Лесно използване на пространствената информация	Доста неподходяща пространствена информация
Ефективна предимно на малки площи	Ефективна върху големи площи
Ефективна върху група пиксели	Ефективна върху един пиксел или на полета
Ниска точност при изчисляване на площната повърхност	Изчисляване на площта въз основа на преброяване на пикселите
Продължително време на интерпретация на големи площи	Намалено време за интерпретация

Техниката, комбинираща панхроматичните данни с мултиспектралните, се нарича Pan-Sharpening (панхроматично подобряване на рязкостта) [7]. Тя се състои в съвместяване на предимствата на по-висока геометрична резолюция на панхроматичните изображения със спектралната резолюция на многоканалните изображения.

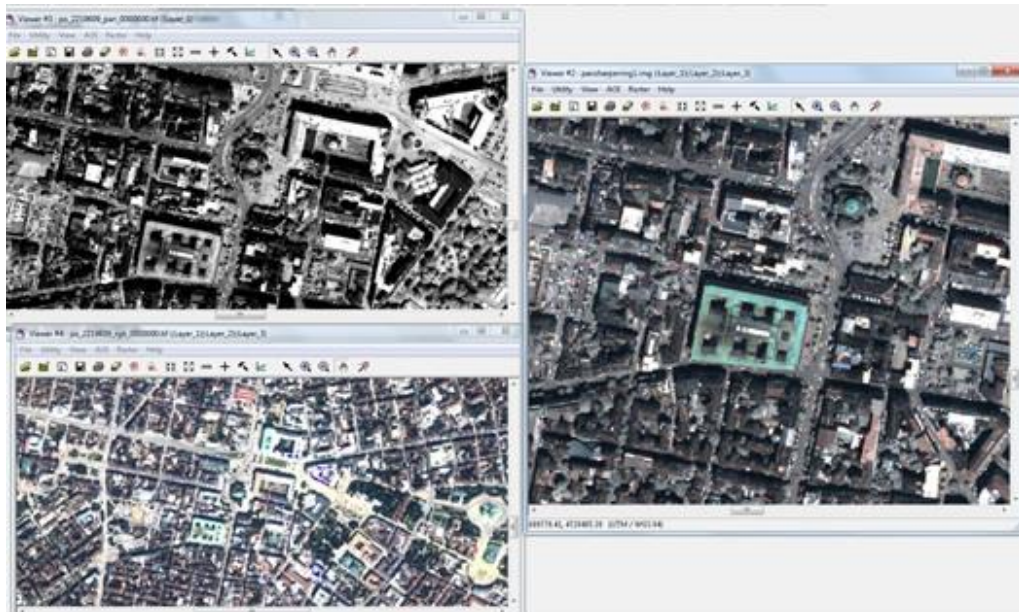
Генерира се мултиспектрално изображение с геометричната резолюция на панхроматичното изображение.

Техниките на трансформация могат да бъдат:

- пряка и обратна трансформация между различни колориметрични системи: от RGB (Червен, Зелен и Син), адитивен синтез, при който генеричният цвят се получава чрез смесване на първичните цветове червен (R), зелен (G) и син (B) до HSI (Оттенък, Насищане, Интензитет), система за цветова репрезентация, която използва характеристиките оттенък, насищане и интензитет;
- цветово нормализирана трансформация (трансформация на Броуви);
- алгоритъм на цветовата нормализация (ЦН спектрално подобряване на рязкостта);
- Анализ на Основните Компоненти (Principal Components Analysis).

Панхроматичните и многоканалните изображения, използвани в трансформацията се припокриват, отчитайки различния мащабен фактор, а многоканалното изображение първо се преоразмерява в съответствие с панхроматичната геометрична резолюция, за да се получи същият брой пиксели.

Трите резултантни нови канала имат оригиналната панхроматична геометрична резолюция и многоканална спектрална информация, ако има съответствие между оригиналните панхроматични спектрални интервали и интервалът между трите мултиспектрални канала, използвани в трансформацията.



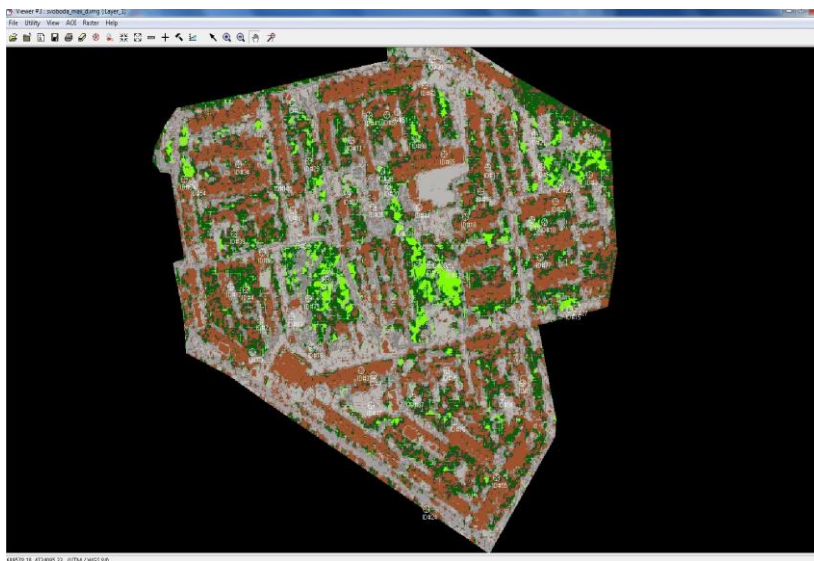
Фиг. 3. Съчетаване на панхроматично изображение с висока резолюция и RGB изображение с ниска резолюция

2.3. Класификация в предварително дефиниран регион

За по-добро използване на информацията, съдържаща се в спектралните зони, се прилагат процедури, които разпознават спектралната хомогенност, и които са базирани на добре разработени алгоритми.

Чрез класификацията се разпознават класове върху изображението, въз основа на спектрални характеристики. Класификаторите са софтуерни инструменти, които извършват тази операция и могат да бъдат:

- параметрични, базирани на разпределителните модели, определени от геометрично-статистическите параметри (разстояние, средна стойност, стандартно отклонение и т.н.);
- непараметрични, базирани на оперативни модели, чиито вътрешни параметри нямат геометрично-статистическа стойност; те се използват в случаите на представяне на несигурност на спектралното разпределение, както при класификацията на мулти-сензорни данни.



Фиг. 4. Класифицирано изображение по метода на максималното правдоподобие, в режим на обучение с учител

Класификаторът за максималното правдоподобие (МП) е най-използваният. Той работи като фиксира всеки пиксел към класа, за който условната вероятност, определена като вероятността, при която, избирайки един пиксел x от сцената, той принадлежи към определен клас C , е по-висока. Пикселът принадлежи към клас C , ако:

$$P(C | x) > P(C_k | x). \quad (1)$$

където $P(C | x)$ е условната вероятност за пиксела x по отношение на клас C ;

$P(C_k | x)$ е условната вероятност за пиксела x по отношение на класа C_k [7].

МП е твърд класификатор, базиран на статистически параметри.

При този метод всеки тематичен клас се определя чрез Гаусовото нормално разпределение, като дава характерната организация на многоспектърното пространство.

Ако има значителна променливост в рамките на класа, изборът на зони за обучение може да бъде труден, и не можем да сме напълно сигурни, че за всеки клас е уточнен подробен набор от обучаващи модели. В много случаи е невъзможно да се снабдим с еднородни зони. Един добър пример за това са градските зони, които съдържат смесица от типове покрития, като гола почва, бетон, сгради, растителност и висока степен на засенчване.

За всеки обучаващ клас, многоканалните стойности на пикселите се извличат и се използват за определяне на статистическия признак. Този признак е статистическо изобразяване на даден клас, което се използва от правилото за вземане на решения, за да се прикрепят етикети.

Вероятността априори може да се използва за определяне на теглото на всеки тематичен клас в класификацията.

Сложността на изчислението нараства до уравнение от втора степен с N увеличение (n_1 от спектралните елементи или класове) и изисква $(N_2 + N)$ умножения и $(N_2 + 2N + 1)$ събирания.

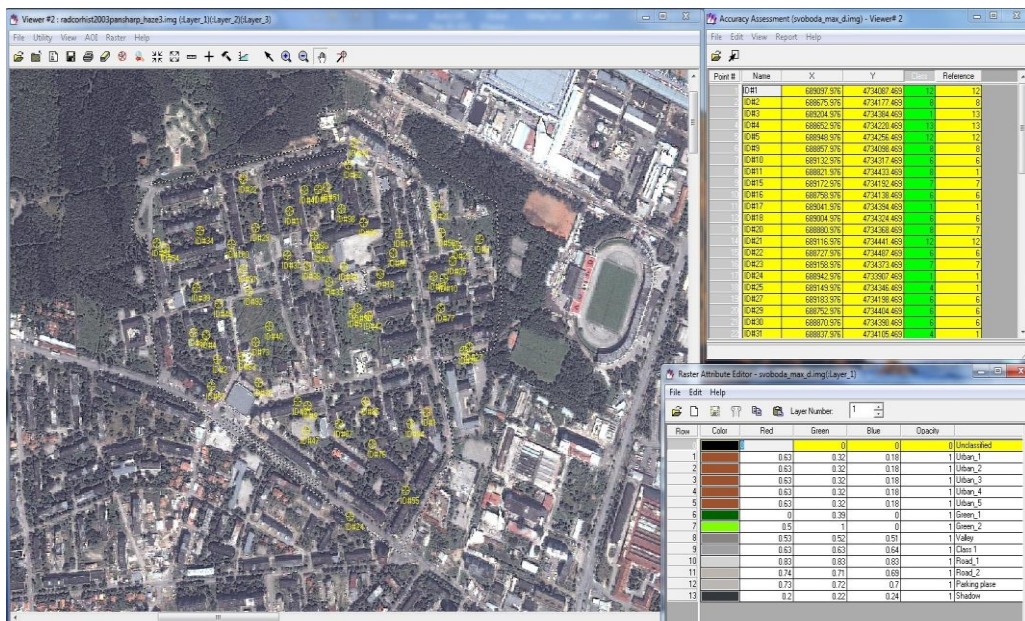
По отношение на броя на примерните елементи, МП изисква теоретичния минимум от $(N + 1)$ пиксела.

На практика минимумът е 10 N пиксела на спектрален клас за изпробването, докато 100 N или повече се очаква за добрата класификация.

Това е вероятностен модел и дава информация за разпределението на данните в N спектрални измерения. Пикселите са фиксирани към един или друг клас според критерия за максималната вероятност на принадлежността, освен това е възможно да се определи праг, за да се определят границите на вземане на решения.

2.4. Оценка на класификацията

Точността на класификацията може да бъде експериментално определена, като се преброят погрешно класифицираните и неклассифицирани пиксели. Реалният брой пиксели, върху който се изчислява класификационната точност, е ограничен и се извършва от техники, базирани на пробата. Традиционната процедура за проверка на точността на класификацията се получава от анализа на матрицата на смесване. Характерно е разделянето на данните в обучаващи поредици и тестове, така че да може обучаващите данни да се използват за оценка на точността. По този начин, оценката може да бъде оптимизирана без опасност от прекалено напасване. Но все пак, това работи само, когато обучаващата поредица и тестовата са разделени на случаен принцип.



Фиг. 5. Оценка на класификацията на базата на 100 случайно разпределени точки

При наличие на допълнителен финансов ресурс, много полезно би било да се използват и изображения от зимния период, за по-детайлно определяне на застроената част от територията, тъй като растителността в София е преобладаващо широколистна.

Таблица 2. Резултат от постигнатата точност на класификацията

----- End of Error Matrix -----

ACCURACY TOTALS

Class Name	Reference Totals	Classified Totals	Number Correct	Producers Accuracy	Users Accuracy
Unclassified	0	0	0	---	---
Urban_1	10	8	6	60.00%	75.00%
Urban_2	2	2	1	50.00%	50.00%
Urban_3	0	1	0	---	---
Urban_4	1	4	0	0.00%	0.00%
Urban_5	0	0	0	---	---
Green_1	15	13	13	86.67%	100.00%
Green_2	6	3	3	50.00%	100.00%
Valley	6	13	6	100.00%	46.15%
Class 1	3	4	3	100.00%	75.00%
Road_1	0	0	0	---	---
Road_2	3	2	1	33.33%	50.00%
Parking plase	7	5	4	57.14%	80.00%
Shadow	5	3	3	60.00%	100.00%
Totals	58	58	40		

Overall Classification Accuracy = 68.97%

3. Анализ на получените резултати

След направената обработка и анализ на сателитните изображения са обобщени резултатите, представящи типовете растителност в обхвата на територията – жк Свобода (табл. 3).

Таблица 3. Резултат от баланса на територията

Баланс на територията		
Жилищни зони	11,75 ha	33,45%
Озеленяване с ниска растителност	3,78 ha	10,76%
Озеленяване с висока растителност	2,75 ha	7,83%
Обществено обслужване	5,13 ha	14,60%
Инфраструктура и алейна мрежа	1,48 ha	4,21%
Улична мрежа	10,24 ha	29,15%
Общо в обхвата на разработката	35,13 ha	100,00%

При изследването са дефинирани класове според различния начин на ползване на територията. Определени са две групи класове за площите с озеленяване – ниска растителност и висока растителност. Специфичното при този начин на определяне на зеле-

ните площи е, че се определя нетната стойност на озеленяването, като са изключени площи, заети от алеи и площадки с бетонова, асфалтова или друг вид настилка. От резултатите е видно, че общата площ на територията реално заета от озеленяване е 18,59%, от които 7,83% с висока дървесна растителност. Ако се вземат предвид и площите, определени като озеленяване според нормативната уредба по устройство на територията, но без растителност, ще видим, че за да отговаря на съвременните изисквания за качествена жизнена среда, не трябва да се намалява озеленяването в жк Свобода. Проектните предложения и решения за реструктуриране трябва да съхранят озеленяването и да ограничат застрояването в озеленени площи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закон за устройство на територията. В сила от 31.03.2001 г., изм. и доп. ДВ бр. 13 от 7 февруари 2017 г.
2. Закон за устройството и застрояването на столичната община. В сила от 28.01.2007 г., изм. ДВ бр. 98 от 28 ноември 2014 г.
3. *Малджански, Пл.* Трансформиране на изображения и използване на цифрови филтри за целите на обучението по фотограметрия. International Conference UACEG 2009.
4. *Маринов, Б., Мондешка, М., Господинова, В.* Технологичен подход за оценка на нарушението на почвите и неговата промяна във времето. // Годишник на УАСГ, том XLIV, с. 103 – 112, София, 2009.
5. *Филипова, С.* Методика за използване на съвременни фотограметрични технологии за целите на устройственото планиране. УАСГ, София, 2014.
6. ERDAS IMAGINE & LPS Customer Education, 2010.
7. *Gomarasca, M. A.* Basics of Geomatics. Institute for the Electromagnetic Sensing of the Environment, Milano, Italy.
8. <http://uregina.ca/piwowarj/Satellites/IKONOS.html#Camera>.
9. http://gmesdata.esa.int/geonetwork_gsc/srv/en/resources.get?id=376&fname=IKONOS_Product_guide_v2.pdf&access=private.
10. <http://www.resac-bg.org/bg/imgdistr/home.html>.

MAPPING VEGETATION FROM SATELLITE IMAGES FOR THE NEEDS OF URBAN PLANNING

S. Filipova¹, D. Filipov², P. Raeva³

Keywords: remote sensing, satellite images, urban planning

ABSTRACT

For the aim of the study, data from IKONOS 2 is used – panchromatic images with spatial resolution of 1 m and multispectral images with resolution of 4 m. A combining method between the two types of images is applied – Pan-sharpening which excels the sharpness. It includes combining the advantages of the higher geometric resolution of the panchromatic images with the spectral resolution of the multiband images.

As a result, a multispectral image is generated with the geometric accuracy of the panchromatic image. A qualitative and quantitative analysis is applied for extracting information regarding the existing vegetation of the surveyed territory.

The summary of the results proves the ratio between the built-up and the landscape areas and the provision of the territory with the necessary high vegetation.

¹ Silvia Philipova, Chief Assist. Prof. Dr. Eng., Dept. “Photogrammetry and Cartography”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: filipova_fgs@uacg.bg

² Dobromir Philipov, Eng., “Geoland Design” EOOD, e-mail: dobrigf@abv.bg

³ Paulina Raeva, Eng., Dept. “Geomathematics”, Czech technical University – Prague, e-mail: paulina.raeva@fsv.cvut.cz