

Цветови модели, използвани при визуална интерпретация на спътниковите данни

Георги Желев

*Институт за космически изследвания и технологии –
Българска академия на науките, ул. „Акад. Георги Бончев“,
бл. 1, 1113 София, България
gjelev@space.bas.bg*

Color models used for the visual interpretation of satellite data

Georgi Jelev

*Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences,
Acad. Georgy Bonchev St., bl. 1, Sofia 1113, Bulgaria
gjelev@space.bas.bg*

Резюме: Настоящата работа представя възможността за ползване на различни цветови модели при визуална интерпретация на спътникови изображения. Използването на различни спектрални канали и тяхното представяне като изображения в условни цветове (лъжливи цветове) чрез RGB модел дава възможност да изпъкнат и да се видят отделни обекти от земната повърхност на базата на цветови различия. Показани са примери със спътникови изображения от платформи със свободен достъп. Earth Explorer на USGS, Copernicus Open Access Hub на ESA и др.

Ключови думи: дистанционни изследвания, RGB цветови модел, лъжливи цветове, спътникови изображения

Abstract: This study presents the possibilities for using different colour models for visual interpretation of satellite imagery. Using the RGB model to visualise different spectral bands as a false colour composite image make it possible for different types of objects and features on the Earth surface to be highlighted and easily discerned based on their specific colour. Examples are shown based on satellite imagery from several free sources, e.g. the USGS's Earth Explorer, the ESA's Copernicus Open Access Hub, etc.

Keywords: remote sensing, RGB color model, false colors, satellite images

Въведение

Спътниковите изображения представляват вид растерни данни, т.е. правоъгълна матрица от пиксели, като размерът им определя пространствената разделителна способност на изображението. Всеки пиксел има свой собствен цвят и различните начини на задаване на цвят на даден пиксел е цветовият модел.

Изборът на цветови модели е една от основните теми в областите на дизайна и печата поради спецификата на печатни материали – фотографии, дизайнери, предпечат и печат.

RGB моделът от абревиатура на Red (червено), Green (зелено), Blue (синьо) представлява адитивен цветови модел (абстрактен модел за количествено определяне на цветовете). Той се ползва основно в компютърните системи и телевизията, като са възможни 255 стойности за всеки от трите основни цвята.

Спътниковите системи измерват електромагнитната радиация в различни „области“ или канали от електромагнитния спектър (напр., във видимия или инфрачервения диапазон). Предимство при комбинирането на спектралните „области“ по различни начини е получаването на повече информация в сравнение с обикновените панхроматични изображения, заснети само в една честотна област [Shaw G. & H.Burke, 2003; Tsai V., 2006]. Тези комбинации са т.нар. „изображения с условни цветове“. Те показват типовете земно покритие и земни обекти в условен цвят, различен от реалния, който виждаме. По този начин може да се визуализират канали в спектрални области, които не можем да видим, като инфрачервена, топлинна и др.

Освен изображения с условни цветове, повече информация може да се получи чрез прилагането на математически операции върху суровите данни. Това са вегетационни индекси, показващи жизнеността и състоянието на растенията, напр. NDVI нормализирания разликов вегетационен индекс (Normalized Difference Vegetation Index) [Rouse et al., 1973; Tucker, 1979].

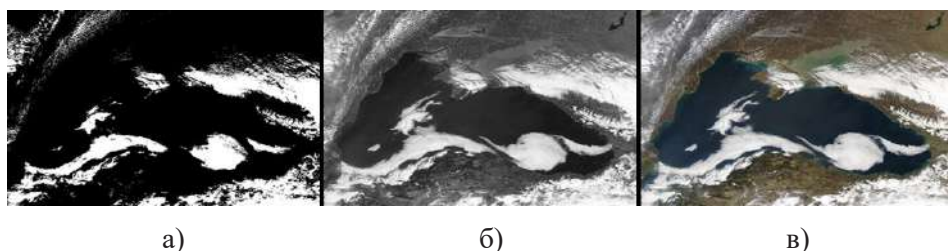
1. Видове цветови модели

Визуализирането на изображения се кодира с помощта на дискретен набор от цветове, всеки от които се описва с помощта на палитра с ограничен брой цветови комбинации (индексирани цветове и палитри) или чрез композитни многоканални изображения (Фиг. 1).

- **„1-битов цвят“**, бинарен цвят или черно-бяло – изображенията се представят само в два цвята, напр. черно и бяло – т.е. няма нюанси на сиво. Възможни цветове – черен и бял се записват в 1 бит заемана памет. Всеки бит е единица (1) или нула (0) и съответства на черно/бяло (може и обратно). Това прави изображенията много малки като обем. Най-често този модел се използваше за първите дисплеи.

- „8-битов цвят“, полутонови, в нюанси на сивото. Това е еквивалентът на познатите черно-бели изображения, в които има различни по брой степени на сивото. В „8-битов цвят“ се кодират 255 различни нюанса на сивото. За повечето употреби това е напълно достатъчно. С този модел най-често се представят отделните канали при спътниковите изображения и панхроматичните изображения.

- „24-битов“ истински цвят (True color), цветни композитни многоканални изображения. Обикновено всеки цвят има 3 компонента, цветовият модел RGB 24-битовият цвят използва по 8 бита (от 0 до 255) за представяне на червено, синьо и зелено.



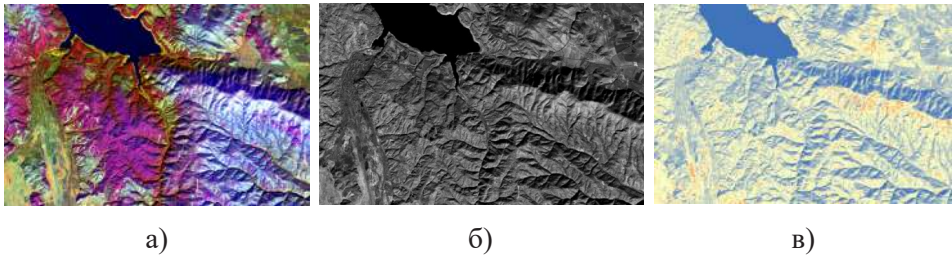
Фиг. 1. Спътниково изображение на Черно море, представено с различни цветови модели
а) черно-бяло; б) нюанси на сивото; в) истински цвят

За извличане на повече информация от спътниковите изображения се използват различни цветови модели RGB (червено, зелено и синьо), CMY (магента, циан и жълт), HSI (яркост, оттенък и насищане), HSL и HSV и др. Използват се и много комбинации от канали за подчертаване на различни особености на наблюдаваните обекти от земната повърхност [M. Chaumont & W. Puech, 2007; Xiang Y. et al, 2008; Reinhard E. et al, 2001; Tsai V., 2006; Viscarra Rossel R. et al, 2006; Mohy H. et al, 2017; Ganeva D. 2018; Sovdat, B. et al, 2019].

2. Мултиспектрални изображения в цветовото пространство на RGB модел

Силата на мултиспектралния сензор е в това, че той регистрира енергия (светлина) от Слънцето, отразена от обектите на земната повърхност обратно към сензора, в различна дължина на вълната в зависимост от състава и свойствата им. Мултиспектралните изображения съдържат спектрална информация, невидима за човешкото око. За решаването на този проблем съществуват два основни подхода: невидимите канали (или комбинация от тях) да се покажат като видими (червен, зелен или син) или да се изобрази с

цветът от палитрата, индексът на който се изчислява въз основа на интензитета на цветовете в невидимия спектър (Фиг. 2). Освен за показване каналите, невидими в оптичeskия диапазон, могат да се използват съвместно с цветовете канали при математическата обработка за решаване на задачи за дешифриране и анализ на изображенията. Това означава, че можем да вземем, например спектрални канали 5, 6, 7 (или 7-6-5) и да ги подредим в цветовото пространство на RGB така, че на компютърния екран да визуализират инфрачервена и близка инфрачервена светлина, която не можем да видим в реални условия (Табл. 1, Табл. 2). В [Мардиросян Г., 2015] са дадени някои от най-използваните дължини на вълните на спектрални диапазони, в които най-добре се изучават някои природни обекти и явления.




Фиг. 2. Мултиспектрално спътниково изображение от Landsat 8 на района на яз. Искър,

- а) комбинация от канали 5, 6, 11 (близък инфрачервен ($0.85-0.88 \mu\text{m}$), среден инфрачервен SWIR ($1.57-1.65 \mu\text{m}$) и термичен инфрачервен TIRS 2 ($11.5-12.51 \mu\text{m}$);
 б) близък инфрачервен канал ($0.85-0.88 \mu\text{m}$) в нюанси на сивото;
 в) близък инфрачервен канал ($0.85-0.88 \mu\text{m}$) в цветна палитра синьо-червено

Таблица 1. Спектрални канали на спътника Landsat 8

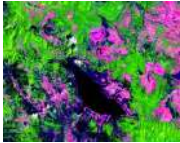
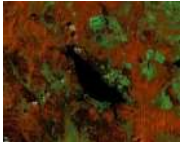

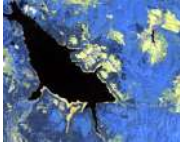



| Номер на спектралния канал | Дължини на вълната (μ) | Номер на спектралния канал | Дължини на вълната (μ) |
|----------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 1 | 0.433-0.453 | 6 | 1.560-1.660 |
| 2 | 0.450-0.515 | 7 | 2.100-2.300 |
| 3 | 0.525-0.600 | 8 | 0.500-0.680 |
| 4 | 0.630-0.680 | 9 | 1.360-1.390 |
| 5 | 0.845-0.885 | 10 | 10.06-11.02 |

Таблица 2. Визуализиране на изображения от спътника Landsat 8 в RGB модел и описание на някои от най-използваните комбинация при наблюдаване на параметри на природни обекти

| Визуализация / Описание на характерни наблюдавани параметри | RGB комбинация ¹ | Изображения ² от Landsat 8 |
|---|-----------------------------|--|
| Реални цветове – естествено цветно изображение, единствен недостатък при тази комбинация е, че тя е чувствителна към атмосферни смущения, така че понякога изображенията изглеждат мъгливи. | 4 3 2 |  <p style="text-align: right;">*</p> |
| Псевдоцветове за урбанизирани територии; много полезна комбинация за визуализиране на градска среда. | 7 6 4 |  <p style="text-align: right;">**</p> |
| Инфрачервени цветове за състоянието на растителността. Това е много често използвана комбинация при дистанционно проучване, когато се изследва растителност, селскостопански култури и влажни зони. | 5 4 3 |  <p style="text-align: right;">*</p> |
| Псевдоцветове за земеделие. Тази комбинация от канали е полезна за наблюдение на селскостопански култури, които се открояват с реални зелени цветове. Голата земя е в пурпурен цвят, а растителността, различна от културните растения, е в по-приглушени нюанси на зелено. | 6 5 2 |  <p style="text-align: right;">***</p> |
| Псевдоцветове за определяне на здравословен статус на растителността. | 5 6 2 |  <p style="text-align: right;">*</p> |

¹ <https://gisgeography.com/landsat-8-bands-combinations/>

² Изображенията са от територията на Р. България (*района на яз. Искър, **гр. София и ***Централна Северна България)

| | | |
|---|-------|--|
| <p>Псевдоцветове, използвани при изготвяне на вегетационен анализ и проследяване развитието на растителността.</p> | 6 5 4 |  |
| <p>Псевдоцветове за границата земя/вода. В тази комбинация земята се появява в нюанси на оранжево и зелено, ледът се откроява като силен магентен цвят, а водата се появява в сини нюанси.</p> | 5 6 4 |  |
| <p>Псевдоцветове за геология. Тази комбинация от канали е особено полезна за идентифициране на геоложки образувания, литоложки особености и разломи.</p> | 7 6 2 |  |
| <p>Псевдоцветове за наблюдение на замърсяване. Тази комбинация е от канали с добро атмосферно проникване.</p> | 7 6 5 |  |
| <p>Реални цветове, без влиянието на атмосферата; растителността се проявява в по-реални нюанси на зелено. Тази комбинация от канали е използвана за глобалната мозайка Landsat, създадена от НАСА.</p> | 7 5 3 |  |
| <p>Късовълнови инфрачервени псевдоцветове. Тази комбинация не включва видими канали, но осигурява най-доброто проникване в атмосферата. Бреговите линии и бреговете са добре дефинирани. Може да се използва за намиране на текстурни и влажни характеристики на почвите. Растителността изглежда синя.</p> | 7 4 5 |  |
| <p>Псевдоцветове за батиметрия; комбинацията от каналите се използва при крайбрежни, батиметрични и аерозолни проучвания, защото отразява синьото и теменуженото и се прави оценка на суспендираните утайки във вода.</p> | 4 3 1 |  |

Заклучение

Използването на различните комбинации от канали не е обвързано със сензора на спътника, както са примерните данни от Landsat 8 OLI (Operational Land Imager) или TIRS (Thermal Infrared Sensor) сензор, а е свързано с различните отражателни характеристики на природните обекти и каналите, в които поглъщат и отразяват слънчевата радиация [Мардиросян Г., 2015, Мишев Д., 1991]. Същите комбинации, съобразени със съответните канали на различните сензори, могат да се прилагат и при използване на изображения от различни спътници. Единствено трябва да се знае техните канали в кои спектрални диапазони са. Такива изображения могат да бъдат както от свободно разпространявани от серията спътници Landsat 4, 5, 7 и 8, Sentinel-2a и 2b, Sentinel-3, Terra и Aqua, Proba-V, така и от комерсиални спътници като RapidEye, Spot 1-7 и др.

ЛИТЕРАТУРА

- Мардиросян Г., Основи на дистанционните аерокосмически технологии, НБУ, 2015. ISBN: 978-954-535-882-1, 240 стр.
- Мишев Д., Дистанционни изследвания на Земята от Космоса, БАН, стр. 206. [Mishev D. 1991. Remote Sensing of the Earth, BAS, pp 206] After Effects / Color basics, 2013. Adobe Systems. Retrieved 07-14.
- Basic Photography in 180 Days. 2017. Book III – Color Editor: Ramon F. aeroramon.com, pp 203. http://aeroramon.com/Book_III_Color_aeroramon.pdf
- Chaumont M. and W. Puech, 2007. A Grey-Level Image Embedding its Color Palette, IEEE International Conference on Image Processing, San Antonio, TX, 2007, pp. I – 389-I – 392. doi: 10.1109/ICIP.2007.4378973, <https://ieeexplore.ieee.org/document/4378973/references#references>
- Ganeva D. 2018. Rapeseed crops flowering duration estimation by RGB images acquired by consumer drone: a tool for ground-truthing, Proc. SPIE 10773, Sixth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2018), 107730C, DOI:10.1117/12.2326149, <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/10773/2326149/Rapeseed-crops-flowering-duration-estimation-by-RGB-images-acquired-by/10.1117/12.2326149.short?tab=ArticleLink>
- Fiorella M., Ripple W., Analysis of Conifer Regeneration using Landsat Thematic Mapper Data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 59, 9, 1993, 1383 – 1388.
- Mohy H., F. Basta, Sh. Saber, A. Sobky, 2017. Using Landsat 8 and ASTER Data for lithological Discrimination and Mapping in Wadi Hamad area, North Eastern Desert, Egypt, J Am Sci; 13(7):1-13, ISSN 2375-7264. doi:10.7537/marsjas130717.01. http://www.jofamerican science.org/journals/am-sci/am130717/01_32472jas130717_1_13.pdf

- Reinhard E., M. Adhikhmin, B. Gooch and P. Shirley, 2001. Color transfer between images, in IEEE Computer Graphics and Applications, vol. 21, no. 5, pp. 34-41, July-Aug, doi: 10.1109/38.946629, <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=946629&isnumber=20481>
- Shaw G. & H. Burke, 2003. Spectral Imaging for Remote Sensing, volume 14, 1, 2003 lincoln laboratory journal, 3-28=
- Sovdat, B., M. Kadunc, M. Batič & G. Milčinski, 2019. Natural color representation of Sentinel-2 data. Remote Sensing of Environment, 225, 392–402. doi:10.1016/j.rse.2019.01.036
- Tsai V., 2006. A comparative study on shadow compensation of color aerial images in invariant color models, in IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 44, no. 6, pp. 1661-1671, June, doi: 10.1109/TGRS.2006.869980, <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1634729&isnumber=34280>
- Tucker C., 1979. Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation. Remote Sensing of Environment, 8, 127–150. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0034-4257\(79\)90013-0](http://dx.doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0).
- Viscarra Rossel R., B. Minasny, P. Roudier & A. McBratney, 2006. Colour space models for soil science. Geoderma, 133(3-4), 320–337. doi:10.1016/j.geoderma.2005.07.017
- Xiang Y., B. Zou, H. Wang, H. Li and Zh. Xie, 2008. Multi-source color transfer for natural images, 15th IEEE International Conference on Image Processing, San Diego, CA, 2008, pp. 469-472. doi: 10.1109/ICIP.2008.4711793 <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4711793&isnumber=4711669>

Исползвани интернет източници

- <https://bg.wikipedia.org/wiki/> – Уикипедия, свободната енциклопедия
- <https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/t/terra> – Terra Mission
- <https://earthexplorer.usgs.gov/> – EarthExplorer – Home page, – U.S. Geological Survey
- <https://landsat.gsfc.nasa.gov/> – Landsat Science
- <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home> – Copernicus Open Access Hub, ESA
- <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/overview> – ESA Sentinel on line
- <https://store.pantone.com/uk/en/> – Pantone, How we see color
- <https://www.harrisgeospatial.com/Support/Self-Help-Tools/Help-Articles/Help-Articles-Detail/ArtMID/10220/ArticleID/15691/The-Many-Band-Combinations-of-Landsat-8> – The Many Band Combinations of Landsat 8
- <https://www.marisanbg.com/bg/tsvetovi-modeli/page/1500#.Xf9i9Ef7RaQ> – Marisanbg