

## СРАВНЕНИЕ НА NDVI И NDWI ИНДЕКСИТЕ НА ШИРОКОЛИСТНА ГОРА ЗА ПЕРИОДА 1984-2016 Г., ПОЛУЧЕНИ ПО ДАННИ ОТ СПЕКТРОМЕТРИТЕ TM, ETM+ И OLI

**Мария Димитрова, Пламен Тренчев, Деян Гочев**

*Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките  
e-mail: maria@space.bas.bg; ptrenchev@space.bas.bg; dejan@space.bas.bg*

**Ключови думи:** дистанционни изследвания, спектрални отражателни характеристики, NDVI, NDWI

**Резюме:** В настоящата работа е направено сравнение между усреднените по години криви на отражението, NDVI и NDWI индекси на широколистна гора, получени по данни от Landsat 5, 7 и 8 за периода 1984 – 2016 година. Направен е анализ на различията в индексите, получени по данни от различните сензори и тяхното съвместно използване

## A COMPARISON OF THE BROAD-LEAVED FOREST NDVI AND NDWI INDEXES, OBTAINED FROM THE SPECTROMETERS TM, ETM+ AND OLI DATA FOR THE 1984-2016-PERIOD

**Maria Dimitrowa, Plamen Trenchev, Deyan Gochev**

*Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences  
e-mail: maria@space.bas.bg; ptrenchev@space.bas.bg; dejan@space.bas.bg*

**Key words:** remote sensing, spectral reflective characteristics, NDVI, NDWI

**Abstract:** Landsat-5, 7, 8 data from the 1984-2016-period are used to create for a broad-leaved forest the yearly averaged reflection graphics and the NDVI and NDWI indexes. A comparison between the latter is presented in the paper. An analysis for the differences in the indexes obtained from different sensors' data and their combined use are commented.

### **Въведение**

Спътниковите данни от пасивните сензори се базират на отразеното от обекта излъчване от Слънцето. Различните сензори, обаче имат различни спектрална и радиометрична разделителна способност. Макар и да имат подобни средни дължини на вълната за определени канали, ширината на самите канали е различна. Това води до разлики в регистрираните криви на отражение, получени по данни от различните сензори.

Регистрирането на наличието и границите на различните наземни обекти при еднаква пространствена разделителна способност по данни от различни сензори не следва да показва съществени различия. При количествени оценки, обаче, тези различия могат да се окажат съществени.

Най-често количествени оценки се правят за вегетационното състояние на различна по вид растителност, като за удължаване на периода на изследване се налага използването на данни от различни спътници [1, 2, 3]. При съвременното наличие на голям брой специализирани софтуерни възможности, както и свободни спътникови данни, индексите се пресмятат много лесно, получава се тяхното пространствено разпределение, което е близко по вид за данните от различните сензори. Конкретните стойности, обаче и времевите тенденции не са еднакви.

В настоящата работа е представено сравнение на отражателните характеристики, NDVI и NDWI индексите на широколистна гора в региона на Източна България за периода 1984 –

2016 година, получени по данни от спектрометри TM, ETM+ и OLI от спътниците от серията Landsat. Дискутирани са различията в получените от различните източници резултати и възможностите за съвместно използване на количествени данни от различните сензори.

Избран е този тип растителност, т.к. неговото развитие е бавно, сравнително постоянно и с добра точност може да се приеме за слабо изменчив обект. Конкретното място е избрано, понеже това е резерват, който не е подложен на неконтролируемо въздействие от човешкия фактор, което осигурява бавно и естествено развитие на растителността там.

### Методика

За получаване на отражателните характеристики на основни обекти по сателитни данни е избрана областта в Източна България около река Камчия, която се покрива от изображения 181-30 на спътниците от серията Landsat.

Използвани са изображения от месец юли за периода 1984 – 2016 година, както са представени в Таблица 1 [4, 5].

Таблица 1. Списък на използваните изображения

сензор	дати
TM	21.7.1984, 24.7.1985, 27.7.1986, 14.7.1987, 19.7.1992, 1.07.2000, 10.7.2003, 31.7.2005, 21.7.2007, 7.7.2008, 8.7.2009, 29.7.2010, 16.7.2011
ETM+	23.7.1999, 9.7.2000, 12.7.2001, 15.7.2002, 23.7.2005*, 29.7.2007, 18.7.2009*, 8.7.2011*, 26.7.2012*, 13.7.2013*, 19.7.2015*, 5.7.2016*
OLI	3.7.2013, 8.7.2014, 27.7.2015, 29.7.2016

\* Изображенията са частични поради повреда на сензора

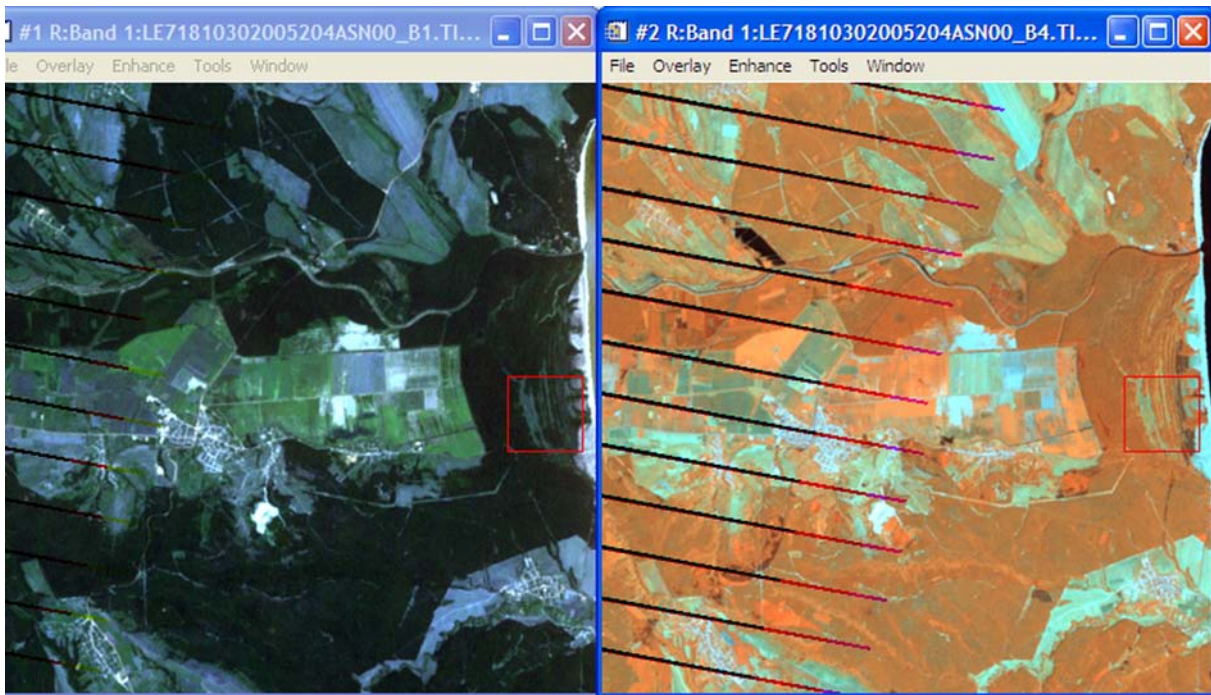
Този месец е избран от съображение растителността да е в еднакъв сезонен етап от вегетационното си развитие.



Фиг. 1. Илюстрация на избрания за изследването регион и контролни точки

Избрани са контролни точки, които са надеждно отъждествени с широколистни гори в региона. Избраните точки са показани на фигура 1. Измерени са стойностите на регистрираното излъчване във всеки един от спектралните канали [6] за всяка една от тях. Получените стойности са усреднени за всяко едно от изображенията, нормирани са на 1 съобразно радиометричната разделителна способност на сензора (256 за TN и ETM+ и 65 536 за OLI). Изображенията, получени от [4, 5] не са подлагани на никаква допълнителна обработка с цел да се избегне допълнителна промяна на стойностите на отразената и регистрирана енергия в съответните спектрални канали.

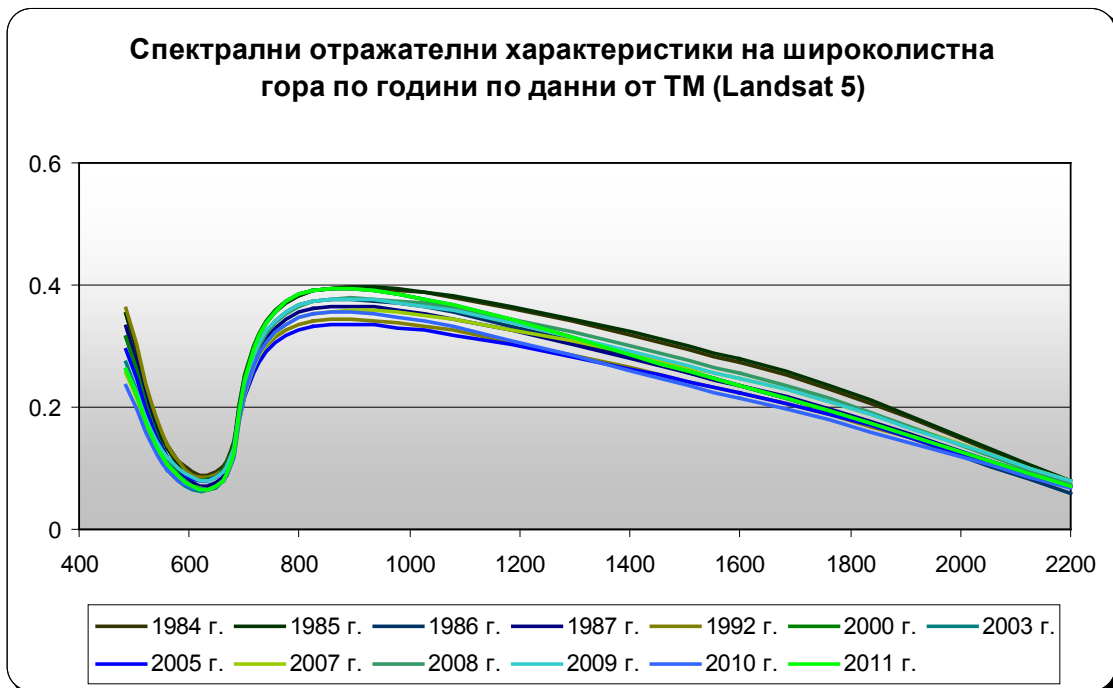
За периода 2003 – 2016 година данните от спектрометър ETM+ са непълни, изображенията са частично повредени. Избраният за разглеждане участък от гората, обаче, попада в неповредената част от изображенията, както е показано на фигура 2



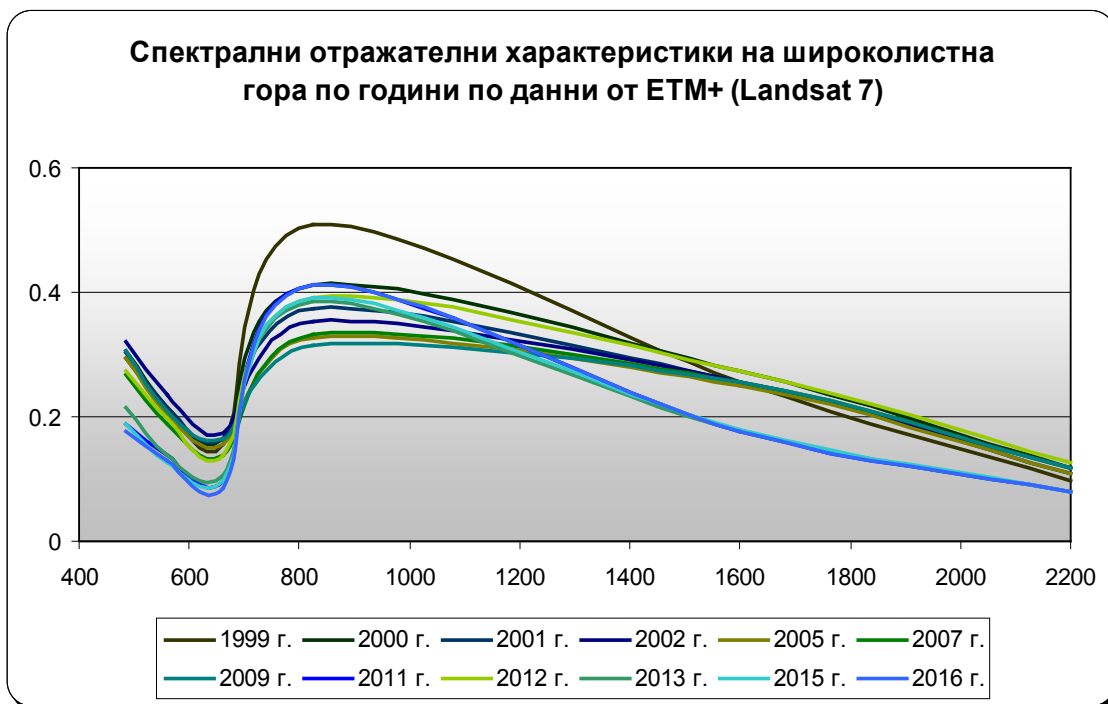
Фиг. 2. Изображения в канали 1, 2 и 3 и 4, 5 6 съответно от 23.7.2005 година от ETM+

### Резултати

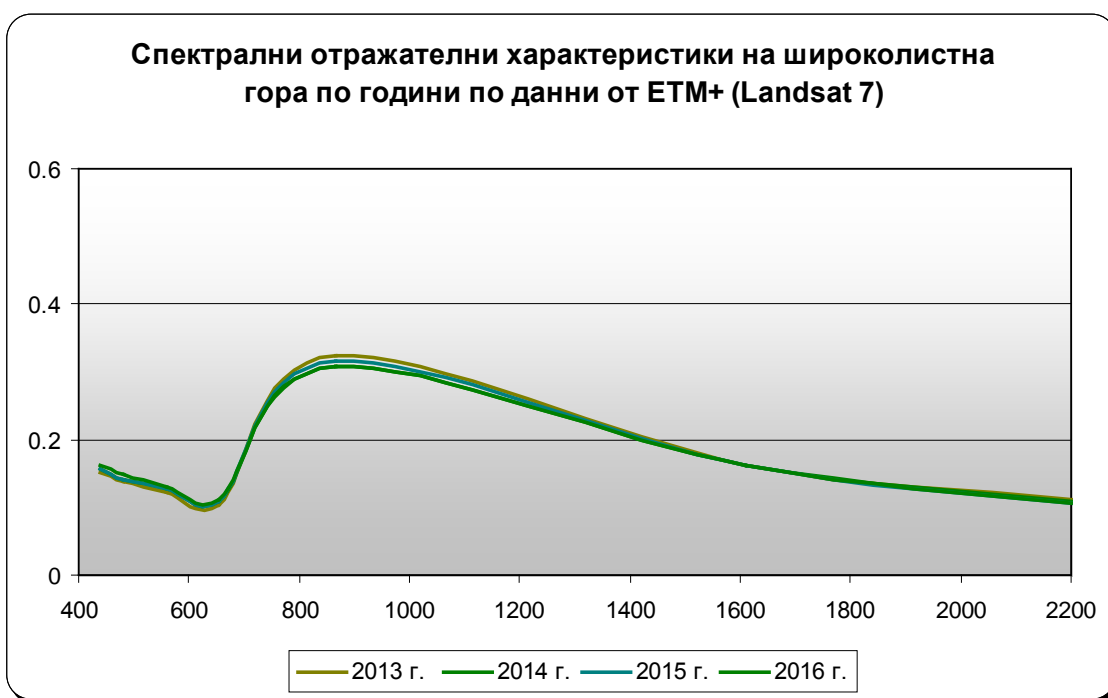
На фигури 3, 4 и 5 са представени получените спектрални отражателни характеристики на широколистната гора, получени при прилагането на изложената по-горе методика по данни от сензорите TM (Landsat 5), ETM+ (Landsat 7) и OLI (Landsat 8). Използвани са канали 1, 2, 3, 4, 5 и 7 за Landsat 5 и 7 и канали 1, 2, 3, 4, 5, 6 и 7 за Landsat 8 [6]. По осите  $x$  е нанесена дължината на вълната  $\lambda$ [nm], а по оста  $y$  – степента на отражение, нормирана на 1.



Фиг. 3. Криви на отражение на широколистна гора по години по данни от TM



Фиг. 4. Криви на отражение на широколистна гора по години по данни от TM



Фиг. 5. Криви на отражение на широколистна гора по години по данни от OLI

За всяка една от получените криви са пресметнати NDVI и NDWI индексите както следва:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

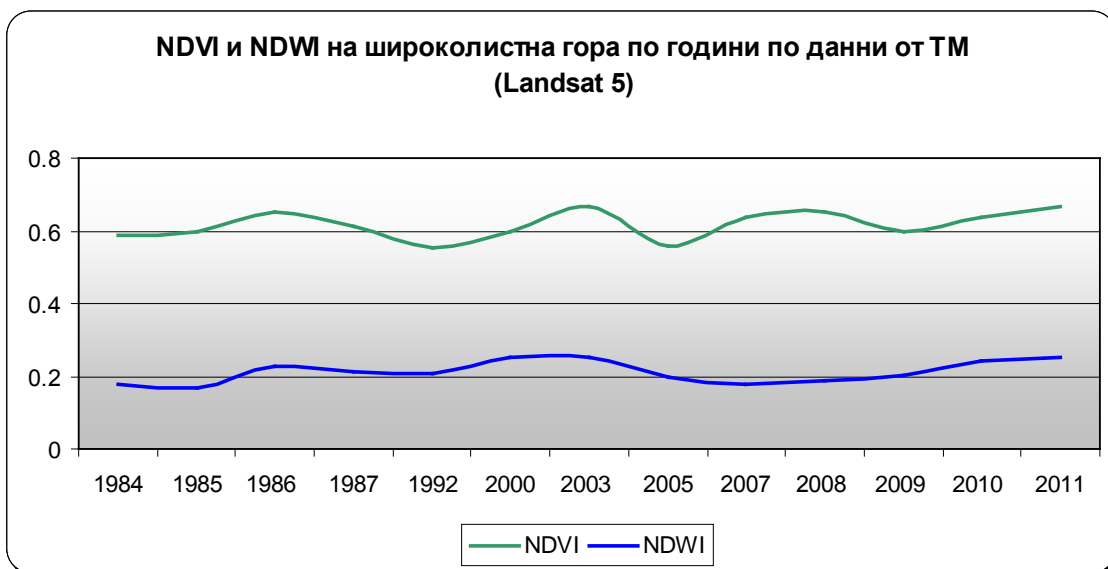
$$NDWI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$$

Използвани са канали 3, 4 и 5 за сензорите TM и ETM+ и канали 4, 5 и 6 за сензора OLI [6]. Получените резултати са представени съответно в таблица 2 и на графики 6, 7 и 8.

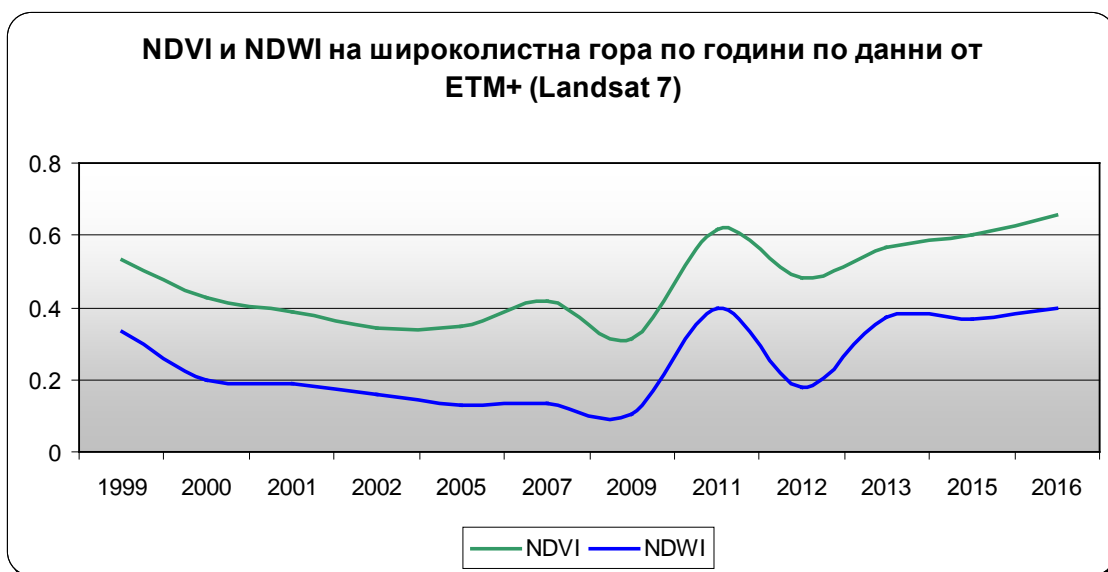
На фигура 9 е представен резултатът от съвместното използване на всички изображения от четирите сензора.

Таблица 2. Сравнение на NDVI и NDWI индексите, получени по данни от различни сензори по години

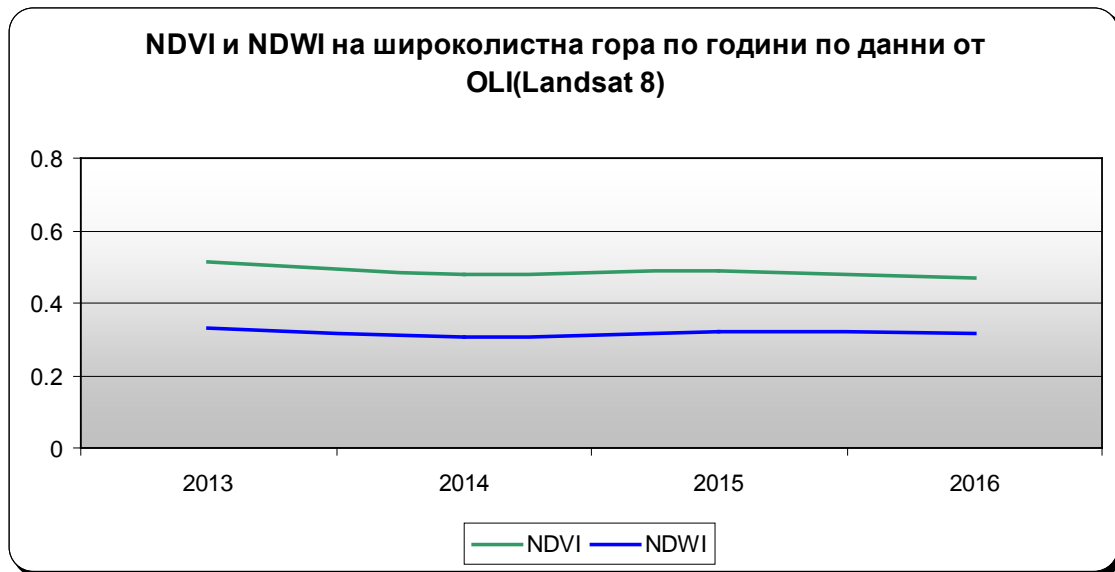
TM	NDVI	NDWI	ETM+	NDVI	NDWI	OLI	NDVI	NDWI
1984	0.587302	0.176471	1999	0.529412	0.333333	2013	0.513514	0.333333
1985	0.6	0.169591	2000	0.428571	0.2	2014	0.481481	0.30719
1986	0.652174	0.225806	2001	0.386861	0.1875	2015	0.488203	0.322581
1987	0.614035	0.210526	2002	0.343284	0.16129	2016	0.470588	0.313629
1992	0.553571	0.208333	2005	0.349593	0.129252			
2000	0.6	0.25	2007	0.416667	0.133333			
2003	0.666667	0.25	2009	0.311475	0.103448			
2005	0.559633	0.197183	2011	0.615385	0.4			
2007	0.636364	0.176471	2012	0.481481	0.176471			
2008	0.652174	0.1875	2013	0.568	0.370629			
2009	0.596639	0.202532	2015	0.6	0.369863			
2010	0.636364	0.241379	2016	0.653543	0.4			
2011	0.666667	0.25						



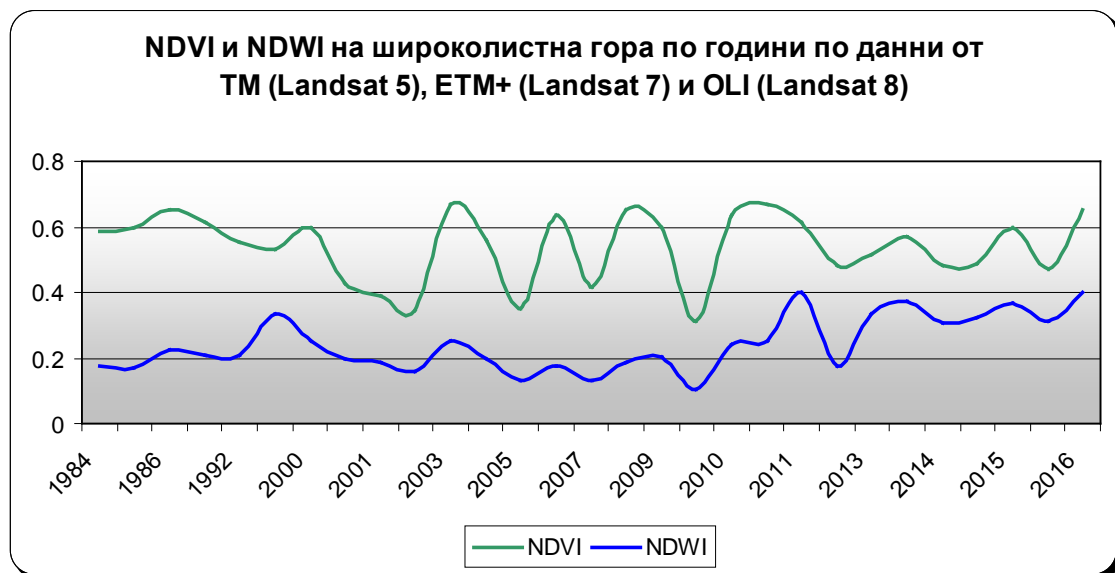
Фиг. 6. NDVI и NDWI индекси на широколистна гора по години по данни от TM



Фиг. 7. NDVI и NDWI индекси на широколистна гора по години по данни от ETM+



Фиг. 8. NDVI и NDWI индекси на широколистна гора по години по данни от OLI



Фиг. 9. NDVI и NDWI индекси на широколистна гора по години по данни едновременно от TM, ETM+ и OLI

### Анализ на резултатите

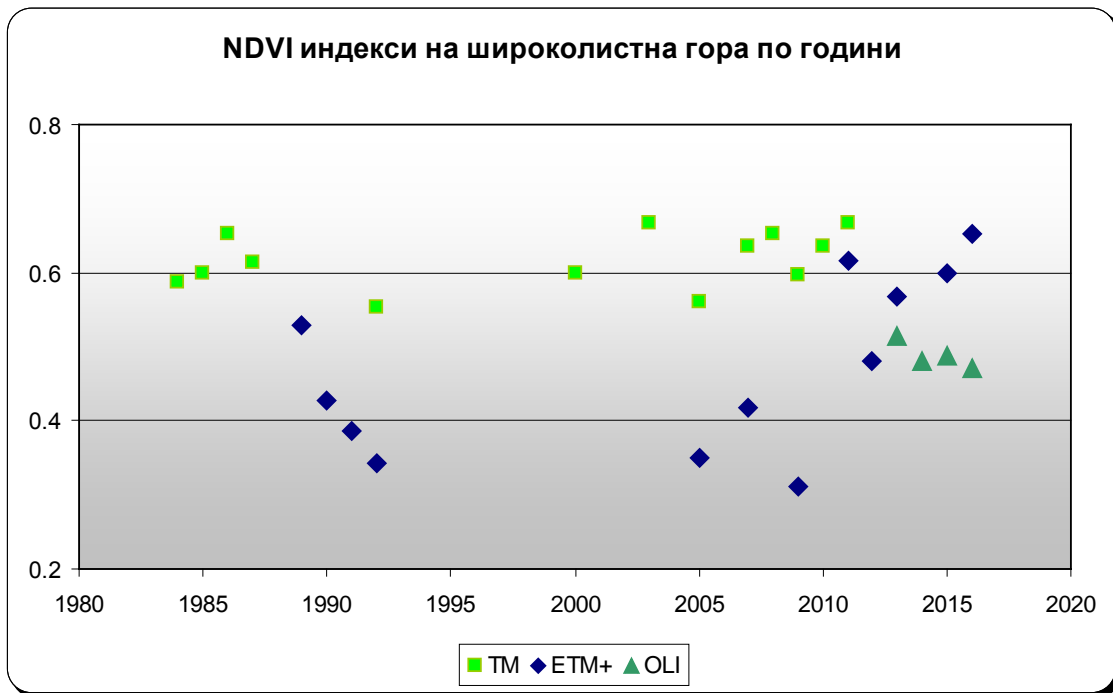
От резултатите, показани на всичките 4 фигури можем да заключим, че стойностите на NDVI и NDWI индексите показват изключително добра корелация помежду си.

Както се вижда от фигури 6, 7 и 8, поведението на вегетационния индекс на гората във времето показва различен характер при използване на данните от различните сензори. Докато данните от TM и OLI показват едно сравнително неизменно и добро във вегетационно отношение състояние на разглежданата гора, по данните от ETM+ може да се заключи, че след 2011 година се наблюдава значително покачване на индекса, а оттам и подобряване на състоянието на гората.

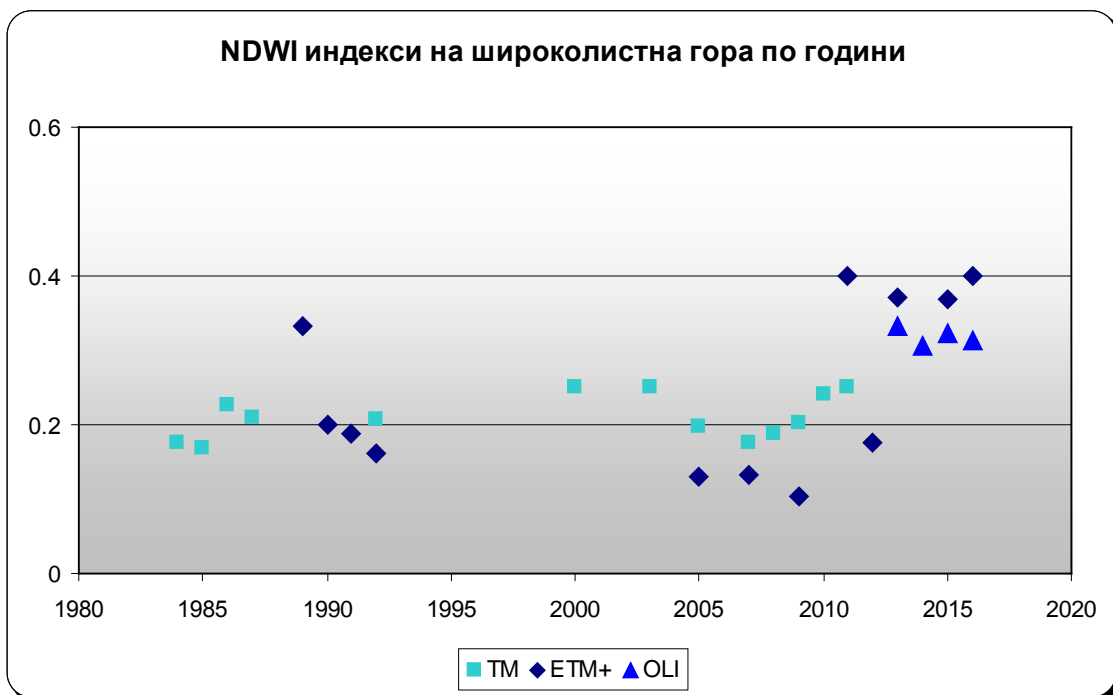
По фигура 9 бихме могли да заключим, че 2003 – 2013 година гората показва нестабилно поведение – вероятно подложена на периодично неблагоприятно въздействие, като за целия разглеждан период началното и крайното ѝ състояние е еднакво. Подобно поведение е получено и в други работи [1, 2], при използване на други методи на пресмятане на индексите.

В настоящата работа е обърнато особено внимание данните да бъдат от един и същи период на вегетационното развитие на растителността за всички години (в рамките единствено на месец юли) за да бъде сведено до минимум сезонното изменение на характеристиките на обекта.

За по-нагледно възприемане на резултатите по години, на фигури 10 и 11 са представени на една графика изчислените стойности на индексите поотделно за всеки сензор съответно на NDVI и NDWI индексите.



Фиг. 10. NDVI индекси на широколистна гора по години по данни от TM, ETM+ и OLI



Фиг. 11. NDWI индекси на широколистна гора по години по данни от TM, ETM+ и OLI

От двете графики се вижда добре се вижда отместването на средните стойности на двата индекса между данните от TM и OLI и силно променливото поведение на индексите по данни от ETM+. При това, докато NDVI индекса има значително по-високи стойности при TM, то NDWI индекса има по-високи стойности при OLI.

Подобни сравнения между NDVI и други индекси, получени по данни от различните сензори, са правени и от други автори [7, 8, 9].

## Заклучение

От представените резултати може да се заключи, че съвместното използване на данни от различни сензори за количествена оценка на вегетационното състояние на растителността води до неверни или в най-добрия случай несигурни резултати. Дори тенденциите в развитието могат да бъдат погрешно оценени.

Докато данните от сензорите TM и OLI показват сравнително слаби годишни разлики, то тези от ETM+ са доста променливи и оттук – неподходящи за подобни оценки.

Съвместното използване на данни от различните сензори силно разширява възможния период на проследяване на състоянието на обектите. Желателно е, обаче, те да бъдат използвани за качествени оценки, за определяне на границите на обектите, наличие на различни събития и др., но не и за пряка количествена оценка.

## Литература:

1. Димитрова, М., Св. Маркова, Р. Недков, М. Захарина, Влияние на водата като екологичен фактор върху състоянието на резерват Камчия, Единадесета научна конференция с международно участие SES 2015, 4 - 6.11.2015 София, 280, <http://www.space.bas.bg/SES%202015/E-4.pdf>
2. Masseli Fabio, Monitoring forest conditions in a protected Mediterranean coastal area by the analysis of multilayer NDVI data, *Remote Sensing of Environment* 89, 2004, pp. 423-433
3. Jeffrey G.Maseka, Chengquan Huangb, Robert Wolfea, Warren Cohenc, Forrest Halld, Jonathan Kutlera, PederNelsonc, North American forest disturbance mapped from a decadal Landsat record, *Remote Sensing of Environment* 112, 2008, pp. 2014-2026
4. <http://earthexplorer.usgs.gov/>
5. база данни на секция Аерокосмическа информация към ИКИТ-БАН – <http://195.96.249.88/>
6. NASA - Landsat home page - [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/landsat/main/index.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/landsat/main/index.html)
7. Sensors Peng Li, Luguang Jiang and Zhiming Feng Cross-Comparison of Vegetation Indices Derived from Landsat-7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) and Landsat-8 Operational Land Imager (OLI), *Remote Sens.* 2014, 6, 310-329; doi:10.3390/rs6010310, ISSN 2072-4292
8. Dandan, Xu , Xulin Guo, Compare NDVI extracted from Landsat 8 imagery with that from Landsat 7 imagery, *American Journal of Remote Sensing* 2014; 2(2): 10-14, ISSN: 2328-5788 (Print); ISSN: 2328-580X (Online)
9. Yinghai Ke, Jungho Im, Junghee Lee, Huili Gong, Youngryel Ryu, Characteristics of Landsat 8 OLI-derived NDVI by comparison with multiple satellite sensors and in-situ observations, *Remote Sensing of Environment* 164 (2015) 298–313