

## ПРИЛОЖЕНИЕ НА TASSELED CAP TRANSFORMATION НА ДАННИ ОТ SENTINEL 2 – MSI ЗА МОНИТОРИНГ НА ГОРСКАТА РАСТИТЕЛНОСТ ОТ ТЕРИТОРИЯТА НА ПП „СИНИТЕ КАМЪНИ“

**Андрей Стоянов**

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

**Ключови думи:** горска растителност, Ортогонална трансформация, TCT- greenness, NDGI

**Резюме:** Целта на проведеното изследване е извършването на мониторинг на горската вегетация, в чиито територии преобладава защитеният подвид на Обикновения бук (*Fagus sylvatica* L.) - Източен Мизийски бук (*Fagus orientalis* Lipsky.), чрез приложение методите на Аерокосмическите изследвания и използването на различни вегетационни индекси (NDVI, NDGI). Приложена е Ортогонална Трансформация за избрани сателитни изображения, генерираща 3 основни компонента на TCT - "brightness", "wetness" и "greenness". В настоящето изследване е използван TCT- компонента "greenness", който дава по-прецизна информация за моментното състояние на горската растителност. Направен е сравнителен анализ на получените обработени данни от използваните методи и вегетационни индекси, с оглед подбора на по-представителни и прецизни данни нужни за анализ и оценка на състоянието на горската растителност от територията на ПП „Сините камъни“ за годините 2020 и 2021.

## APPLICATION OF TASSELED CAP TRANSFORMATION OF SENTINEL 2 – MSI DATA FOR FOREST MONITORING ON TERRITORY OF NATURAL PARK “BLUE STONES”

**Andrey Stoyanov**

*Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences  
Technical University – Sofia  
e-mail: AndreilKIT@space.bas.bg;*

**Keywords:** forest vegetation, Tasseled Cap Transformation, TCT- greenness, NDGI

**Abstract:** The aim of the study is to monitor the vegetation's condition of the forest areas in which territories the predominantly forest species of the plantations is Eastern Mysian beech (*Fagus orientalis*), by combinative approach of Remote Sensing's methods and generation of different vegetation indices (NDVI, NDGI). Tasseled Cap Orthogonal Transformation is applied to the selected images, resulting in three components - TCT component of the "brightness", TCT component of the "wetness" and the TCT component of the "greenness". In the present research, the TCT component of the "greenness" was used, which is giving more accurate and precise data on the current state of the forest vegetation. A comparative analysis of the processed data obtained from the applied different methods and vegetation indices has been made, in order to select the higher quality and more precise results with purpose the analysis and assessment of the state of forest vegetation on the territory of the Natural Park for the years 2020 and 2021.

### **Въведение**

Изследваният обект в настоящото изследване е горската растителност разположена на територията на Природен парк „Сините камъни“. Той се намира в югоизточната част на България в Сливенска планина, Стидовска планина и възвишението Гребенец, които са част от южното било на Източна Стара планина. Намира се между географските координати: 26°10' и 26°60' източна дължина по Гринуич и 42°30' и 42°50' северна ширина [1].

В територията на парка, горските съобщества са представени от широколистна и иглолистна горска растителност, и такива заети от смесен тип горска растителност. Мониторингът на горската растителност и контролирането на състоянието на горите е от първостепенно значение за изпълнението на горското планиране, управление и съхранение. Данните, които се използват от ДИ, допринася за подобриенето на информацията за териториалното разпределение на горската растителност и нейните граници. Ежегодно нарастващата пространствена, спектрална и радиометрична способност на сателитните сензори са от особено значение в някои области на изучаване на околната среда, съответно и при горския мониторинг.

### Методика за мониторинг и анализ динамиката на горската растителност

За да се проследи и оцени разпространението на горската растителност, от територията на ПП „Сините Камъни“ на база моментните ѝ състояния от избран времеви период е приложена следната разработена методика:

- Избор на аерокосмически данни съобразени със задачите на изследването от избрани времеви рамки
- Обработка на данни - геореферирание и калибриране на спътниковите данни;
- Генериране на композитни растерни изображения в оптичен диапазон;
- Генериране на Normalized Differential Vegetation Index (NDVI) вегетационни индекс от оптични сателитни изображения от инструмента MSI, Sentinel 2
- прилагането на *Orthogonal Tasseled Cap Transformation (TCT)* на оптични сателитни изображения от инструмента MSI, Sentinel 2
- генерирането на нормиран разликов индекс Normalized Differential Greenness Index (NDGI) на базата на компонента „зеленост“,
- Визуална интерпретация, верификация и анализ на резултатите получени от приложената методика;

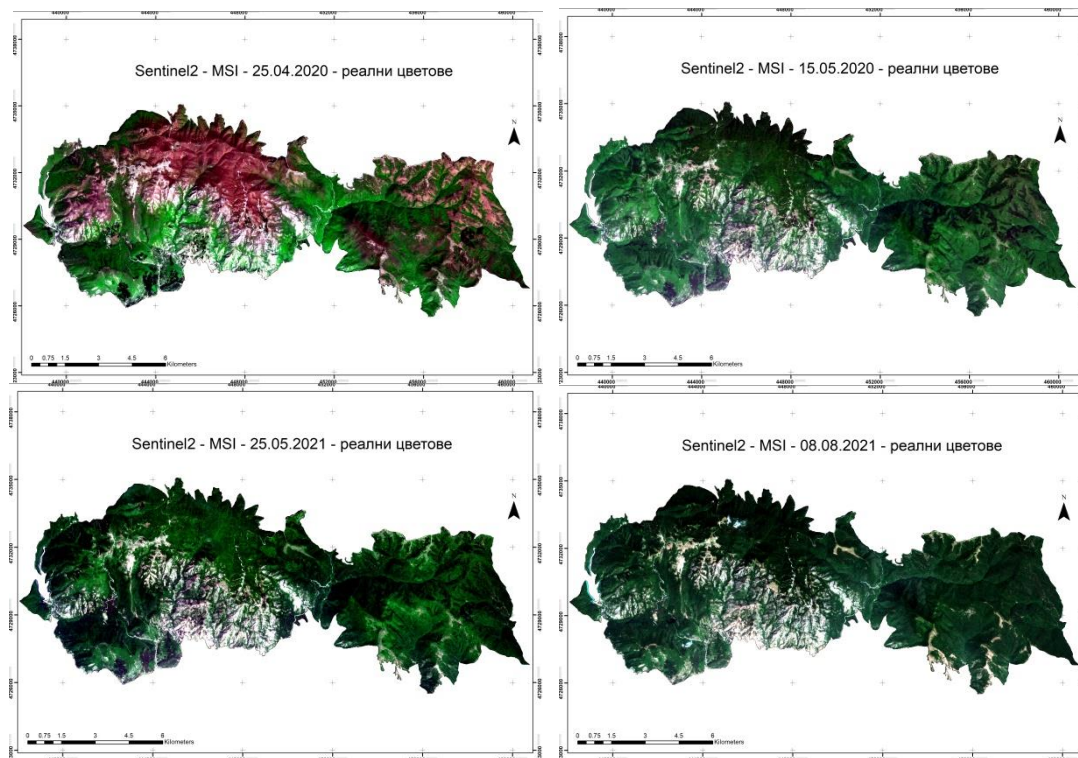
### Избор на данни. Вегетационни индекси. ТСТ

В настоящото изследване са използвани сателитни изображения от Sentinel-2 MSI (ЕКА)(табл.1). Мултиспектралният инструмент (MSI), се състои от 13 спектрални канала и регистрира данните в оптичния диапазон с различни пространствена и спектрална разделителна способност от видимия диапазон, БИЧ и КВИЧ на ЕМС.

Таблица 1. Използвани сателитни данни

Сателит, сензор	Дата на заснемане	Спектрални канали	GSD (m)
Sentinel-2 MSI	25.04.2020	Всички спектрални канали	10x10
	15.05.2020		20x20
	25.05.2021		60x60
	08.08.2021		

На Фиг. 1 са визуализирани в реални цветове използваните като входни данни сателитни изображения от 25.04.2020, 15.05.2020, 25.05.2021 и 08.08.2021, служещи като референтна рамка за: визуализация на горската покривка; нейното териториално разпространение; извършването на анализ и верификация точността на получените резултати. Данните от 2020 г., обхващат краткосрочен период от 20 дни от пролетния сезон, през който ясно проличава прорасналата нова листна маса при надморска височина над 600-700м. Данните от 2021 г., обхващат дългосрочна времева рамка, включваща активния период от фенофазата на горската растителност.



Фиг. 1

Най-често използваният вегетационен индекс за оценка и анализ на вегетация е Normalized Differential Vegetative Index (NDVI)(1), разработен от Deering [2]. При генерирането му се използват отражателните характеристики от получените сателитни данни, и отнасящите се към тях съответно представени данни за биомасата от дадена територия като се прилага следното уравнение:

$$(1) \quad NDVI = (\rho_{NIR} - \rho_{red}) / (\rho_{NIR} + \rho_{red})$$

където:  $\rho_{NIR}$  е спектралното отражение от БИЧ диапазон от EMC  
 $\rho_{red}$  е спектралното отражение от диапазона на червеното от EMC

Получените резултати от NDVI са реални стойности вариращи между -1 и +1, където позитивните стойности показват нарастването на биомасата или растителността.

Използваният, от Kauth and Thomas [3] модел на TCT за ортогонализация на сателитни изображения е ефикасен метод за интерпретация, класификация и анализ на събития и процеси, свързани с динамиката и изменението на основните компоненти от земната повърхност: почва, вегетация и вода.

Приложеният модел за ортогонална трансформация на сателитни изображения от сензора MSI, в настоящото изследване е синтезиран в софтуерът на ERDAS Imagine, разработен от Hexagon, чрез използването на Spatial Model Editor.

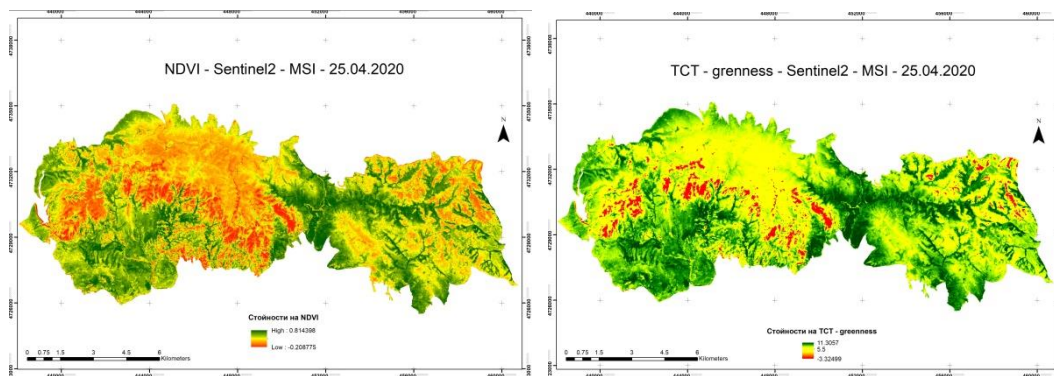
Нормираният разликов индекс на зелеността (NDGI)(2), е формиран на основата на компонента *зеленост* (*greenness*), получен чрез сегментацията (декомпозирането) от приложената Ортогонална Трансформация (TCT), за избраните оптични изображения от инструмента MSI. Този индекс отразява настъпилите промени в динамиката на растителността за избрания времеви период. Получените стойности варират между -1 и +1, като те съответстват и съвпадат с негативните и позитивни промени настъпили във вегетацията [4]. Методът за определянето на NDGI се базира на приложената ортогонализация на сателитни изображения, използвайки компонента *зеленост*, и спектралните отражателни характеристики на растителността.

$$(2) \quad NDGI = \frac{GR_n(t_2) - GR_n(t_1)}{|GR_n(t_2)| + |GR_n(t_1)|}$$

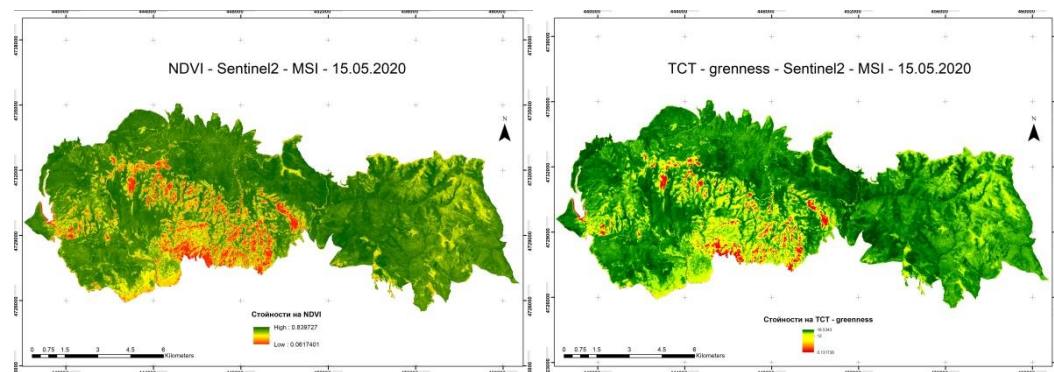
където:  $GR_n(t_1)$  и  $GR_n(t_2)$  представляват нормираните стойности на компонента *зеленост* (*greenness*) във времеви точки  $t_1$  и  $t_2$ , а  $|GR_n(t_1)|$  and  $|GR_n(t_2)|$  представят абсолютните стойности на същия компонент.

## Резултати

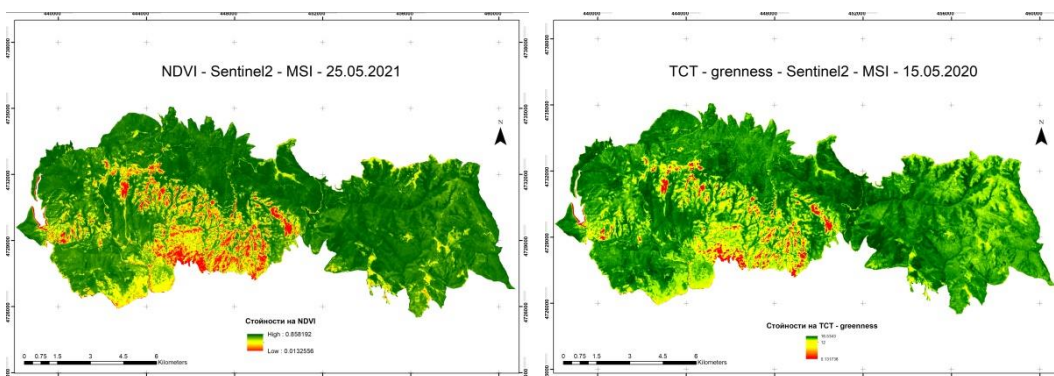
За да се извлече информацията, нужна за интерпретация и анализ, изображенията са декомпозирани (brightness, wetness, greenness), след приложението на TCT, и компонента *зеленост* (*greenness*), е отделен, изолиран и визуализиран. На Фиг. 2 и Фиг. 3 са съпоставени и визуализирани количествените стойности на NDVI и TCT-*greenness*, за първия времеви период (20 дни), които силно си корелират с пространственото разпределение на горската растителност. Областите изобразени със зелен цвят съвпадат с тези заети от растителността, която към 25.04.2020 още не е била развита при надм.в. над около 700 m, и съответно към 15.05.2020 новата листна маса вече е прораснала. На Фиг. 3 и Фиг. 4 са представени количествените стойности на NDVI и TCT-*greenness* от втория времеви период (75 дни). Получените стойности са представени и визуализирани в една цвятна гама, но след извършването на интерпретация и сравнителен анализ, се вижда, че стойностите на NDVI не показват такава голяма детайлност на териториалния обхват на горската вегетация.



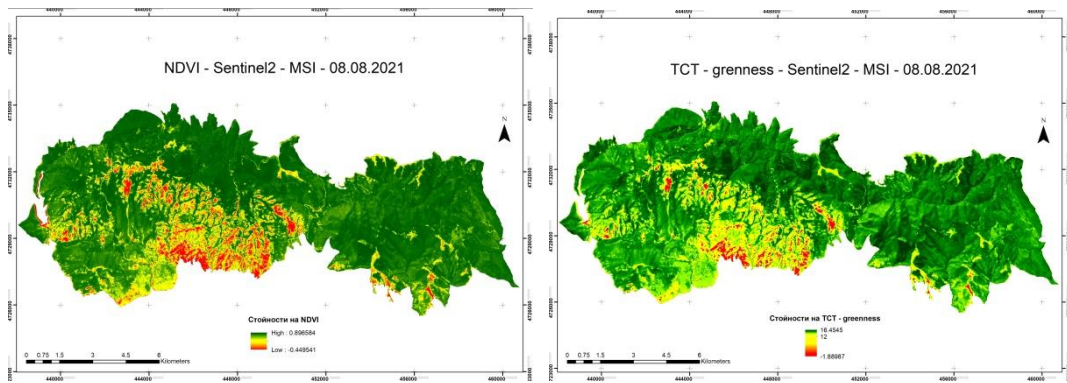
Фиг. 2



Фиг. 3

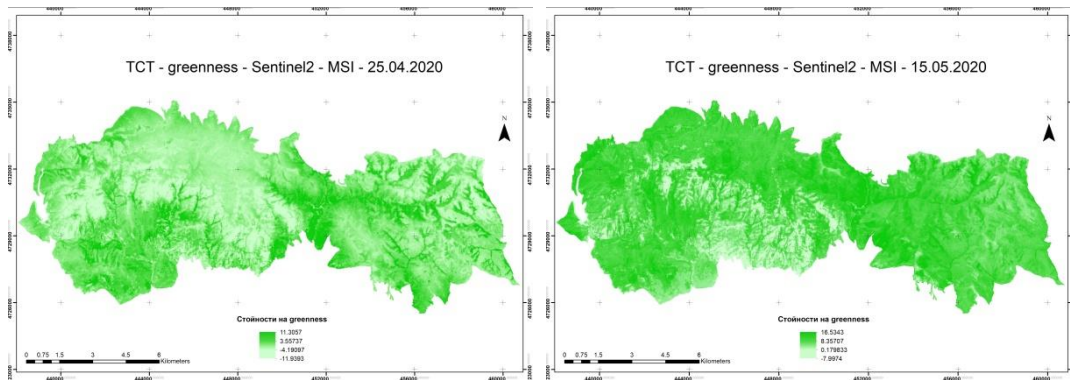


Фиг. 4

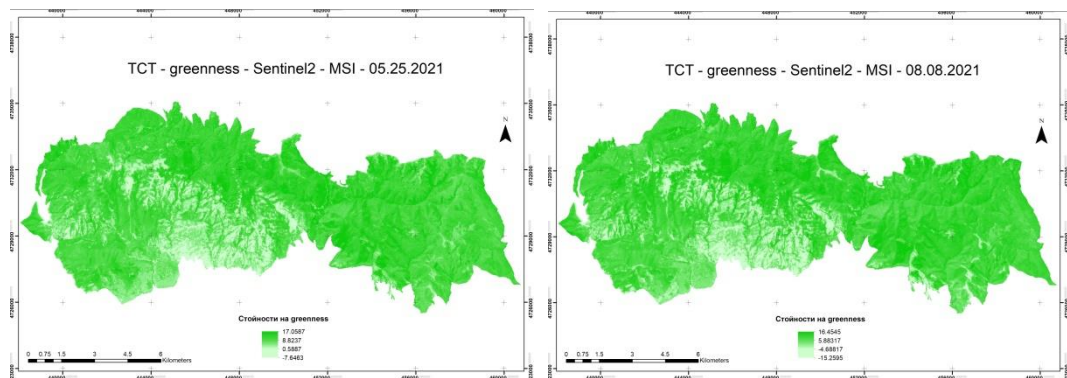


Фиг. 5

На Фиг. 6 и Фиг. 7 са визуализирани количествените стойности на TCT-*greenness* в зелена цвятна гама, от двата времеви периода, които при сравнителен анализ с изображенията от Фиг. 1 (в реални цветове), съвпадат с пространственото разпределение на елементите от земното покритие, и съответно с горската растителност, което позволява TCT-*greenness*, след допълнителна преработка, да се използва като маска, разграничаваща растителността от земната повърхност, и да се проследява развитието на нейната динамика във времето.



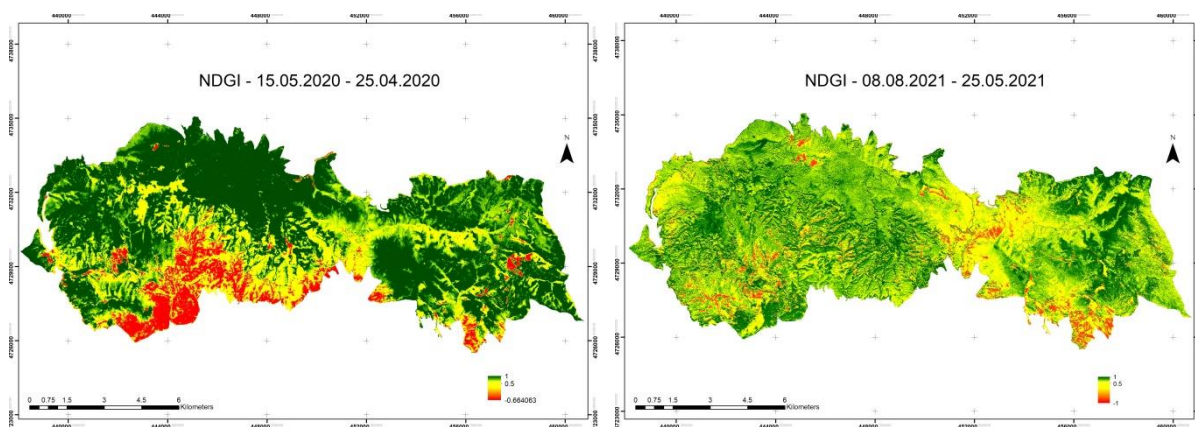
Фиг. 6



Фиг. 7

Когато стойностите на NDGI са по-малко от 0 показват, че са настъпили негативни промени в състоянието на вегетацията, когато те са над 0 са налице позитивни промени, като степента на промените кореспондира с получените стойности на индекса. Крайните стойности –  $NDGI = -1$ , отразяват пълната деградация на растителността или липсата на такава, докато  $NDGI = +1$ , показва съответно висока степен на развитие, и появата на нова растителност [5,6]. На Фиг. 8 са визуализирани стойностите на NDGI, на които териториите в зелен цвят показват ясно новата прораснала растителност за съответните изследвани времеви периоди. При допълнителна обработка включваща: манипулация на хистограмите от изображенията, определяне и задаване на прагови стойности от индекса е възможно генерирането на още по-детайлни и по-точни резултати. Това показва, че позитивните и негативни стойности на индекса,

представяват една количествена скала, която може да бъде използвана за оценка на настъпилите промени във вегетацията от даден район за изследване.



Фиг. 8

### Заклучение

Приложената методика дава възможност за точното и прецизно определяне на пространственото разпределение, и моментно състояние на горската покривка от дадена територия, за избрани времеви периоди. Използваната методика представлява един метод за горски мониторинг, който може да се интегрира, (в управлението на горите, горското стопанство, при инвентаризация на горските ресурси) и на чиято основа, може се направи точна и прецизна количествена оценка за състоянието на горската покривка, нейното здравословно състояние, и нейното развитие във времето.

### Литература:

1. <http://dppsk.org>
2. Deering, D. W., Rouse, J. W., Haas, R. H., & Schell, J. A. (1975). Measuring forage production of grazing units from Landsat MSS data. In, 10th International Symposium on Remote Sensing of Environment (pp. 1169–1178). Ann Arbor, Michigan, USA.
3. Kauth, R. J., & Thomas, G. S. (1976). Tasseled Cap--A graphic description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen by Landsat. In, *Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data* (pp. 41–51). West Lafayette, IN, USA: NTC Conference Record - National Telecommunications Conference.
4. Nedkov, R. Orthogonal Transformation of Segmented Images from the Satellite Sentinel-2. *Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences*, 70, 5, Prof. Marin Drinov Publishing House of Bulgarian Academy of Sciences, 2017, ISSN:1310–1331, 687-692. Douglas, C. Giancoli General physics. Prentis hall Inc. 1984.
5. Nedkov, R.. Normalized Differential Greenness Index for Vegetation Dynamics Assessment. *Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences*, 70, 8, Prof. Marin Drinov Publishing House of Bulgarian Academy of Sciences, 2017, ISSN:1310–1331, 1143–1146.
6. Avetisyan, D., R. Nedkov, (2018) "Modification in landscape horizontal structure, induced by changing environmental conditions: a case study of Haskovo region (Southeastern Bulgaria)," *Proc. SPIE 10790, Earth Resources and Environmental Remote Sensing/GIS Applications IX*, 107901K (9 October 2018); doi: 10.1117/12.2325398.