

# КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 528.85:633

МРНТИ

89.57.35

## ОБРАБОТКА КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ И АНАЛИЗ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ

А. А. Зейнуллина

АО «Национальная компания «Казахстан Гарыш Сапары»

TERRA/MODIS жерсерітк жүйеанщ непзде жасалган космостыц туарме арцылы Аадлола облысының есіMfliriHiH 2007 жылгы вегетайиялык кезецж мониторинг жасау тэж1рибес1 баяндалган. Ка3ipri заман жерсер1кшжүйелер1 жене олардыц техникалы\* сипаттамалары жэне цашыкгыктан зондтау мэл1меттерш ецдеуде колданылатын Herieri тэсшдер келт^ршген. MODIS космостыц суреттерд! алдынала еидеу жэне вегетация индекстер1 **ecenTeri** жасалган.Тамыз айында жасыл биомасса асты^ты дацылдардыц максималды дамуы басталып, сэйкесжше фенологияльц кезеи масартана бастайды деген ^орытынды жасалды. Туйжд! сездер: космостыц^ мониторинг, кашыцтыцтан зондтау, астык дакылдары, вегатация индекстер^1.

The experience of carrying out of space monitoring of Akmola area vegetative cover during a vegetative season of 2007 based on data of space survey of TERRA/MODIS satellite system is described. The main methods used at processing of remote probing data are cited. The primary processing of space pictures MODIS and calculations of vegetation indices are carried out. The conclusion is made that in August occurs the maximum development of green biomass of cereal crops corresponding to the approach of phenological phase of ear formation.

Key words: space monitoring, remote probing, cereal crops, vegetation indices.

Рациональное использование природных ресурсов, интегральная оценка различных мероприятий по охране природы и в сельскохозяйственной отрасли, в том числе и мониторинг культурной растительности, являются важнейшими задачами современности, внимание к которым постоянно возрастает. Наиболее эффективными для оперативного и систематического их мониторинга представляются методы дистанционного зондирования Земли.

Казахстан - один из крупных экспортеров зерна в Центрально-азиатском регионе. Яровые зерновые культуры занимают более 90 %

всех пахотных земель. В этой связи оценка состояния яровых посевов и определение фенологических фаз культурной растительности, по данным дистанционного зондирования Земли, являются актуальными задачами.

После приема и первичной обработки данных со спутника MODIS осуществляется дальнейшая обработка цифровых изображений, т. е. распаковка данных, геолокация и калибровка с помощью специализированных программных продуктов.

Программа `unprack.exe` предназначена для распаковки данных уровня LevelO в файлы уровня LeveMa в формате HDF. Файл данных MODIS уровня LevelO содержит последовательность CCSDS пакетов, восстановленных из сигнала, принятого с борта спутника. По терминологии EOSDIS такой файл называется Production Data Set (PDS). Файл данных MODIS уровня Levella представляет собой стандартный продукт EOSDIS с кодовым названием MOD01. Он имеет формат HDF и содержит массивы данных, полученных детекторами, и данные бортовой телеметрии.

Программа геолокации (`geolocate.exe`) осуществляет географическую привязку файла данных MODIS и создает файл формата HDF, содержащий массивы значений широты и долготы, а также углы сканирования для каждого пикселя с разрешением 1 км. Выходной файл является продуктом MOD03 по номенклатуре EOS. IMAPP может вычислить поля геолокации, используя эфемериды спутника и дополнительную информацию, передаваемую непосредственно в потоке бортовой телеметрии. Наличие этой информации позволяет проводить привязку сразу после получения данных. К сожалению, информация, передаваемая в режиме прямого вещания (DB), может содержать погрешности, которые не позволяют гарантировать точность привязки лучше, чем -10 км. Пакет IMAPP позволяет также использовать точные эфемериды и данные об ориентации, получаемые и предоставляемые службами управления орбитальным сегментом. Благодаря использованию этих данных точность привязки может быть повышена до -1 км. Недостаток использования точных данных заключается в том, что они имеют значительный объем и доступны только через несколько дней после приема.

Последняя из трех основных программ пакета IMAPP предназначена для калибровки (`calibrate.exe`) данных MODIS в абсолютные значения спектральной плотности энергетической яркости. В результате создается стандартный продукт MOD02.

Выходной продукт содержит четыре отдельных файла:

- MOD02QKM - калиброванные данные 1-го-2-го каналов с разрешением 250 м;

- MOD02HKM - калиброванные данные 3-7-го каналов с разрешением 500 м и 1-2-го каналов, приведенные к разрешению 500 м;
- MOD021 KM - калиброванные данные каналов с разрешением 1 км, разделенные на две категории: видимые и БИК (8-19, 26) и тепловые ИК (20-36 за исключением 26). Также содержит данные каналов с разрешением 250 и 500 м, приведенные к разрешению 1 км;
- MOD020BC - данные бортовой калибровки, содержащиеся в информации уровня Level 1A.

В качестве входных данных для программы калибровки используются файлы уровня Level 1A и файлы геолокации, созданные на предыдущих этапах обработки.

В настоящей работе использованы космические снимки MODIS для территории Акмолинской области за каждый месяц вегетационного сезона 2007 г.

Последовательность работ по обработке космических снимков включала следующие шаги:

1. Загружаем из списка спектральные каналы для расчета вегетационного индекса (рис. 1).

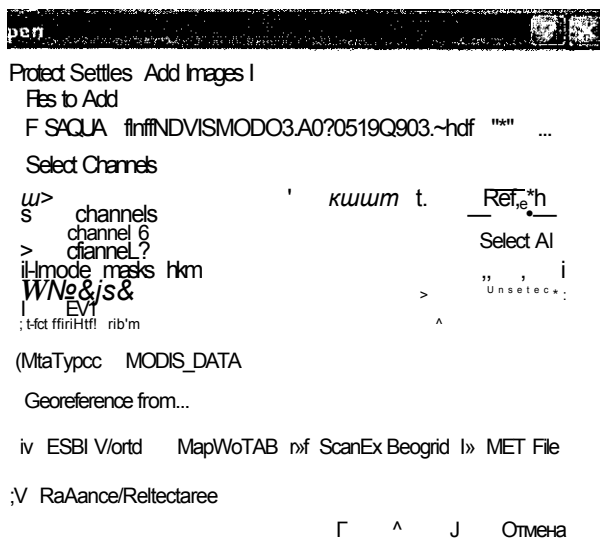


Рис. 1. Выбор каналов для расчета индексов

2. Вызвав диалог View Settings, который отвечает за настройку параметров отображения растровых каналов, необходимо в полях Channels задать наши загруженные каналы (рис. 2).

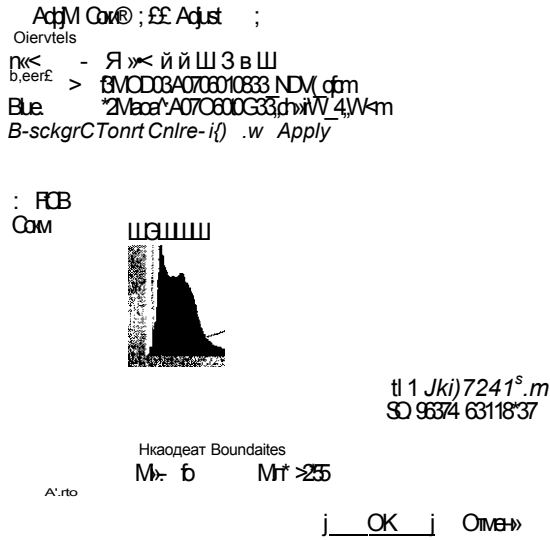


Рис. 2. Настройка параметров отображения растровых каналов

3. Затем рассчитываем согласно математической формуле вегетационные индексы. На рис. 3 приведен пример изображения рассчитанных индексов.

4. Значения в красном VIS и ближнем инфракрасном NIR диапазонах для расчета индекса вегетации по выбранным участкам мы берем из строки состояния, одновременно наводя курсор на нужную нам местность (территорию). Это необходимо выполнить для всех объектов в нашей таблице.

Таким образом, проводим расчеты на каждый месяц вегетационного сезона 2007 г. Заполняем таблицу для расчета вегетационных индексов. Полученные результаты для двух тестовых участков с густой и разреженной растительностью приведены в табл. 1, 2.

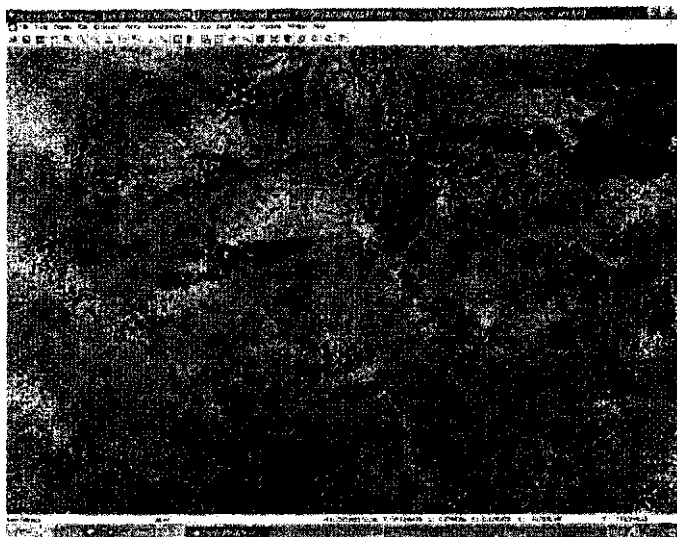


Рис. 3. Цифровое изображение вегетационного индекса

Настоящая работа позволила нам получить данные значения индексов вегетации NDVI, IPVI, DVI, RVI (SR) и GEMI. На рис. 4-9 приведены сравнения сезонных кривых различных вегетационных индексов для участков с густой (участок 1) и разреженной растительностью (участок 2).

Таблица 1

**Канальные значения MODIS и рассчитанные индексы для двух тестовых участков в апреле, мае и июне**

	01.04.2007		03.05.2007		01.06.2007	
	снег/обл.	раст.	снег/обл.	раст.	густ. раст.	раст.
VIS	-0,05	0,132	-0,031	0,422	0,133	0,338
NIR	-0,04	0,1435	-0,025	0,4506	0,175	0,402
NDVI	0,00	0,04	0,00	0,03	0,14	0,09
SR	0,80	1,09	0,81	1,07	1,32	1,19
GEMI	0,00	0,33	0,03	0,05	0,38	0,26
DVI	0,01	0,01	0,01	0,03	0,04	0,06
IPVI	0,44	0,52	0,45	0,52	0,57	0,54

**Канальные значения MODIS и рассчитанные индексы  
для двух тестовых участков в июле и августе**

	07.07.2007		02.08.2007	
	густ. раст.	раст.	густ. раст.	раст.
VIS	0,2115	0,2631	0,2245	0,2993
MR	0,2895	0,2997	0,3099	0,3077
NDVi	0,16	0,07	0,16	0,01
SR	1,37	1,14	1,38	1,03
GEM	0,41	0,31	0,41	0,23
DVI	0,08	0,04	0,09	0,01
IPVI	0,58	0,53	0,58	0,51

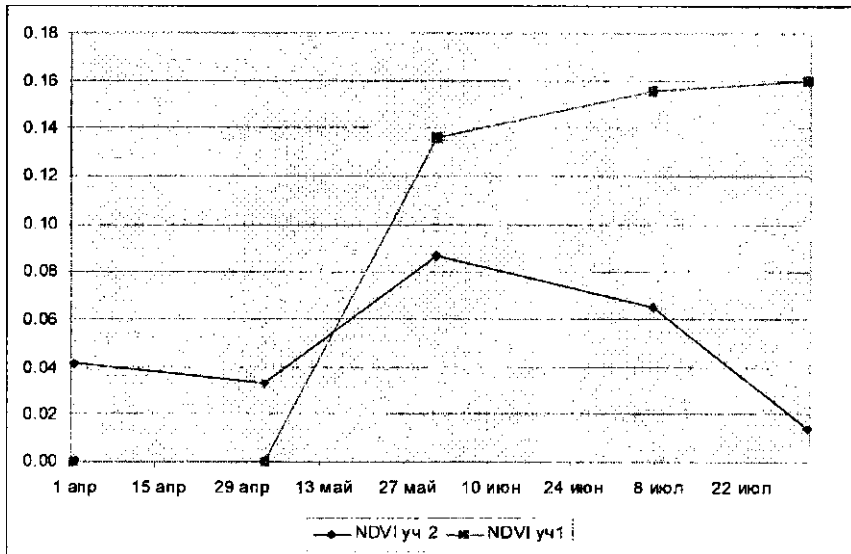


Рис. 4. Сезонные кривые индекса NDVI для участков (уч1) с густой и (уч2) разреженной растительностью

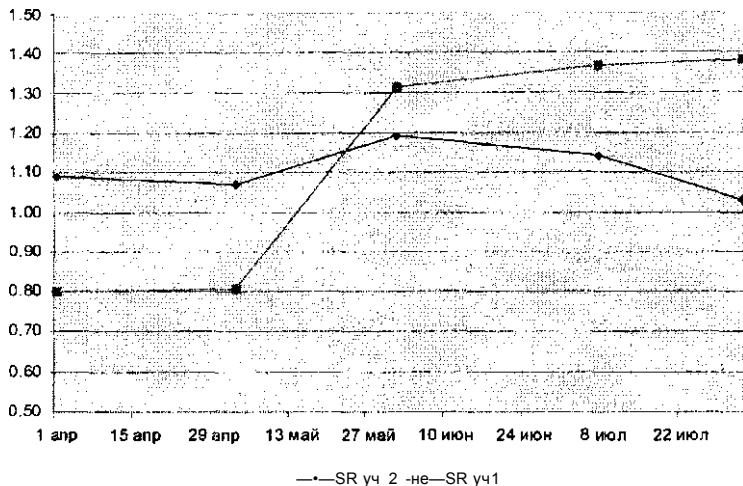


Рис. 5. Сезонные кривые индекса SR для участков (уч1) с густой и (уч2) разреженной растительностью

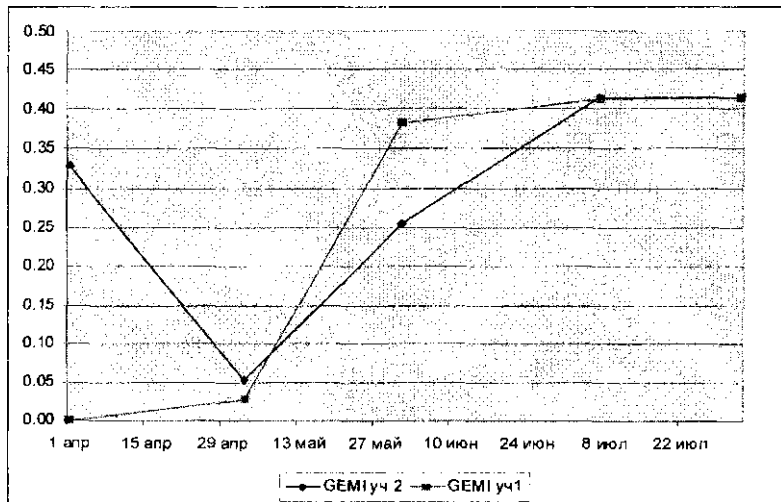


Рис. 6. Сезонные кривые индекса GEMI для участков (уч1) с густой и (уч2) разреженной растительностью

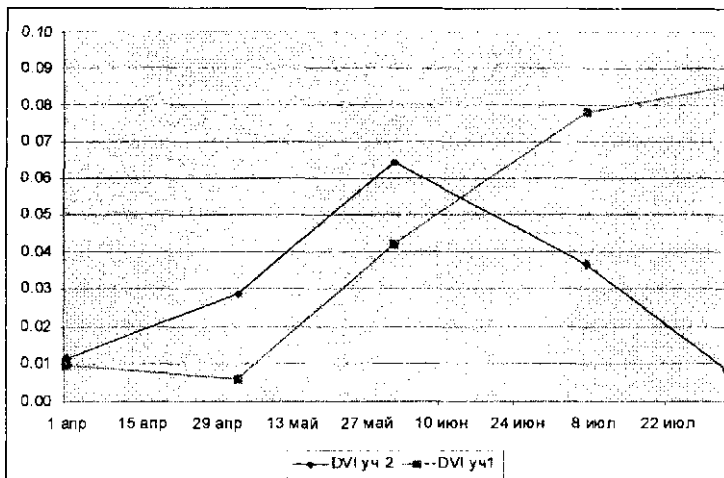


Рис. 7. Сезонные кривые индекса DVI для участков (уч1) с густой и (уч2) разреженной растительностью

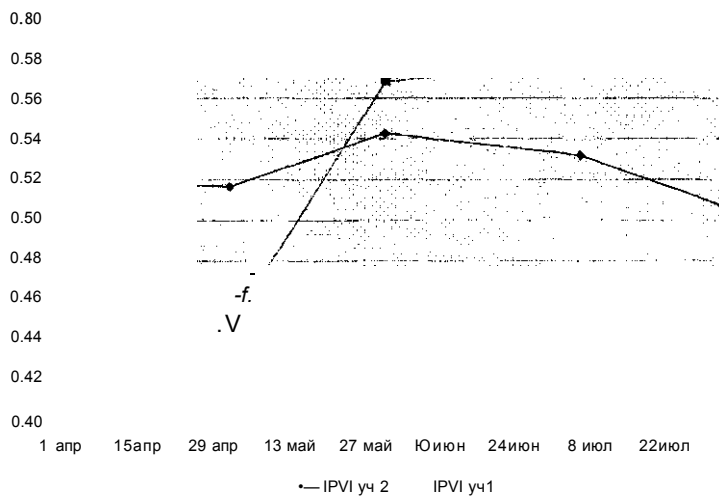


Рис. 8 . Сезонные кривые индекса IPVI для участков (уч1) с густой и (уч2) разреженной растительностью



Поскольку спектральная кривая участка 2 является характерной для оголенной почвы с изреженной растительностью, то для анализа фенологических фаз взят участок 1 (рис. 9).

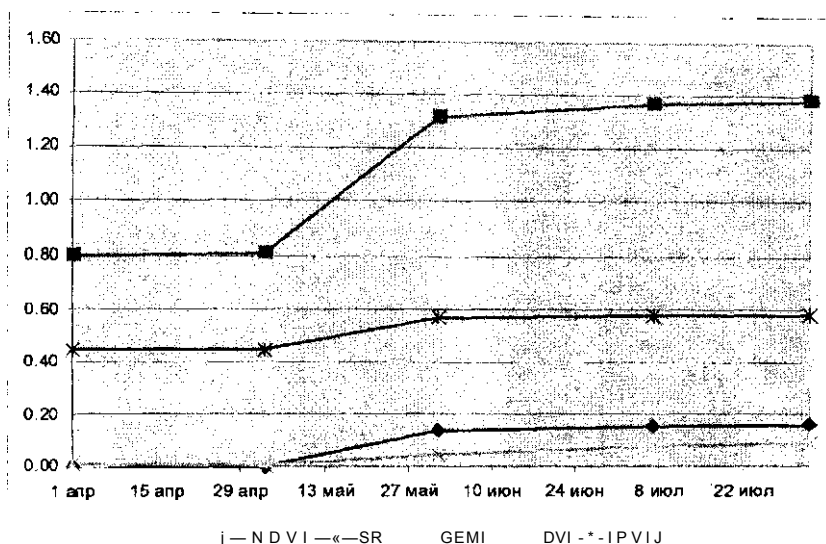


Рис. 9. Сезонные кривые вегетационных индексов для участка 1

По значениям всех индексов самый высокий коэффициент приходится на август месяц. В нашем случае  $NDVI = 0,159805$ ,  $RVI (SR) = 1,380401$ ,  $DVI = 0,0854$ ,  $IPVI = 0,579903$  и  $GEMI = 0,413467$ . Это означает, что в августе наступает максимальное развитие зеленой биомассы зерновых культур, что соответствует фазе колошения и началу фазу молочной спелости.

Таким образом для участков с густой (участок 1) и разреженной растительностью (участок 2) получены сезонные кривые различных вегетационных индексов таких, как нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI), относительный вегетационный индекс (RVI или SR), разностный вегетационный индекс (DVI), инфракрасный вегетационный индекс (IPVI) и индекс глобального мониторинга окружающей среды (GEMI). Определено, что по спутниковым данным MODIS среди значений всех индексов самый высокий коэффициент приходится на август месяц. Это  $NDVI = 0,159805$ ,  $RVI (SR) = 1,380401$ ,  $DVI =$

= 0,0854, IPVI = 0,579903 и GEMI = 0,413467. Сделан вывод, что в августе наступает максимальное развитие зеленой биомассы зерновых культур, соответствующее наступлению фенологической фазы колошения.

Перспектива этих исследований при наличии соответствующих наземных данных об урожайности состоит в развитии методики прогноза продуктивности зерновых культур.

## Литература

1. <http://modis.gsfc.nasa.gov/MODIS/>,
2. Космические исследования в Казахстане / Ред. У.М. Султангазин. - Алматы, 2002.
3. Закарин Э. А., Спивак Л. Ф., Архипкин О. П. и др. Методы дистанционного зондирования в сельском хозяйстве Казахстана. - Алматы: Гылым, 1999.
4. Baret F., Guyot G., Major D. TSAVI: A vegetation index which minimizes soil brightness effects on LAI or APAR estimation, in 12th Canadian Symposium on Remote Sensing and IGARSS 1990, Vancouver, Canada, July 10-14.
5. Baret F., Guyot G. Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment // Remote Sensing of Environment. - 1981. - Vol. 35. - P. 161-173.
6. Clevers J. G. P. W. The derivation of a simplified reflectance model for the estimation of leaf area index // Remote Sensing of Environment. - 1988. - Vol. 35. - P. 53-70.
7. Crippen R. E. Calculating the Vegetation Index Faster // Remote Sensing of Environment. - 1990. - Vol. 34. - P. 71-73.
8. Crist E. P., Ciccone R. C. Application of the tasseled cap concept to simulated thematic mapper data // Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. - 1984. - Vol. 50. - P. 343-352.
9. Elvidge C. D., Lyon R. J. P. Influence of rock-soil spectral variation on the assessment of green biomass // Remote Sensing of Environment. - 1985. - Vol. 17. - P. 265-269.
10. Huete A. R., Jackson R. D., Post D. F. Spectral response of a plant canopy with different soil backgrounds // Remote Sensing of Environment. - 1985. - Vol. 17. - P. 37-53.
11. Huete A. R. A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI) // Remote Sensing of Environment. - 1988. - Vol. 25. - P. 295-309.
12. Jackson R. D. Spectral indices in n-space // Remote Sensing of Environment. - 1983. - Vol. 13. - P. 409-421.
13. <http://GIS-Lab.ru>
14. <http://gisa.ru>