Изучение многолетней динамики влажности почвы района Бак Бинь (провинция Бинь Тхуан, Вьетнам) по данным многозональной спутниковой съёмки Landsat

Л. Х. Чинь¹, В. Р. Заблоцкий², К. Х. Дао¹

¹ *Технический университет им. Ле Куй Дон, Ханой, 11355, Вьетнам
E-mail: trinklehung125@gmail.com*

² *Московский государственный университет геодезии и картографии
Москва, 105064, Россия
E-mail: v-r-zablotskii@ya.ru*

Засуха и опустынивание территории во Вьетнаме являются опасными природными явлениями, оказывающими негативное воздействие на экономику страны, природную среду, благосостояние человека и угрожают продовольственной безопасности. В статье представлены результаты оценки влажности почвы, полученные на основе мультивременных многозональных изображений Landsat территории района Бак Бинь провинции Бинь Тхуан. Оценка влажности почвы проведена с использованием температурно-вегетационного индекса (TVDI), вычисляемого на основе яркостной температуры поверхности и вегетационного индекса NDVI. Получены линейные зависимости со значительными коэффициентами корреляции между влажностью почвы, определённой по результатам метеорологических наблюдений, индексами TVDI, NDVI и поверхностной температурой почвы. Показано, что методы дистанционного зондирования, имеющие ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами, могут эффективно использоваться для мониторинга влажности почв сельскохозяйственных территорий Вьетнама. Анализ результатов, полученных за период 2002–2017 гг., свидетельствует о наличии прогрессивного опустынивания исследуемой территории, которое является следствием глобальных климатических изменений и увеличения антропогенного воздействия.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, влажность почвы, засуха, опустынивание, тепловая инфракрасная съёмка, Landsat, TVDI

Одобрена к печати: 12.10.2018

DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-7-89-101

Введение

Засуха и опустынивание территорий напрямую связаны с таким элементом гидрологических процессов земной поверхности, как влажность почвы. Мониторинг влажности почвы позволяет оценивать негативное воздействие засухи и опустынивания и вовремя принимать необходимые управленческие решения. По причине того, что засуха и опустынивание являются крупномасштабными явлениями, применение традиционных методов определения влажности почвы потребует много времени и сил для обследования территории. Аэрокосмические методы дают возможность мониторинга процессов засухи и опустынивания на разных пространственных масштабах и могут быть использованы для исследования их динамики в различных временных интервалах (Бондур и др., 2013). В настоящее время разработаны методы мониторинга влажности почв, основанные на применении спутниковой информации, использующие различные спектральные диапазоны (Савин и др., 2011).

Важным параметром при определении влажности почвы по данным дистанционного зондирования является температурно-вегетационный индекс TVDI, который первоначально использовался для оценки состояния влажности и температуры почвенно-растительного покрова (Sandholt et al., 2002). Данный индекс вычисляется на основе поверхностной яркостной температуры и вегетационного индекса NDVI. Пространственное распределение этого показателя отражает взаимосвязь температуры поверхности и индекса NDVI в широком диапазоне условий увлажнения почвы (Karnieli et al., 2009; Mira et al., 2007).

Использование индекса TVDI для мониторинга влажности почвы показано в ряде исследований (Бондур и др., 2013; Зверев, Чинь, 2015; Bao et al., 2013; Haas, 2010; Yuan et al., 2007; Wan et al., 2004). В работе (Rahimzadeh-Bajgiran et al., 2012) авторы использовали индекс TVDI, полученный с изображений Landsat-5 TM, для мониторинга влажности почвы и растительности в полусухих регионах Ирана. В исследованиях (Bao et al., 2013; Yuan et al., 2007; Wan et al., 2004) также использован индекс TVDI для наблюдения за процессами опустынивания в различных районах Китая и США. Авторы работ (Зверев, Чинь, 2015; Trinh, 2014) использовали индекс TVDI для мониторинга влажности почвы Ханоя и окружающей территории.

Настоящая работа посвящена изучению применения мультивременных данных многозональной съёмки Landsat, полученных за период 2002–2017 гг., для расчёта индекса TVDI, изучения его временной динамики на примере территории юго-восточного региона Вьетнама и возможности оценки влажности поверхностного слоя почв, используемых в сельскохозяйственном производстве.

Методы исследования

Исследования (Goward, Hope, 1989; Lambin, Ehrlich, 1996) показали сильную обратную пропорциональную зависимость между температурой поверхности и вегетационным индексом NDVI. Для определения индекса TVDI применяется «метод треугольника», разработанный в исследовании (Sandholt et al., 2002). В методе используется пространство T_s /NDVI, на основе которого и оценивается в конечном итоге влажность почвы (рис. 1). В рассматриваемом треугольнике верхний угол характеризуется отсутствием испарения, правый нижний угол соответствует максимальной транспирации. Максимальная сухость почвы соответствует значениям $TVDI = 1$, минимальная («влажный» край) — $TVDI = 0$.

Температурно-вегетационный индекс TVDI вычисляется следующим образом:

$$TVDI = \frac{T_s - T_{smin}}{T_{smax} - T_{smin}}, \quad (1)$$

где T_s — температура поверхности; T_{smin} , T_{smax} — минимальная и максимальная температура поверхности в треугольнике T_s /NDVI.

Рис. 1. Пространство T_s /NDVI (Sandholt et al., 2002)

Для определения $T_{s\min}$ может быть использовано минимальное значение поверхностной температуры, а $T_{s\max}$ вычисляется на основе линейного уравнения, использующего параметры поверхностной температуры в треугольнике Ts/NDVI:

$$T_{s\max} = a + b \cdot \text{NDVI}, \quad (2)$$

где a, b — параметры линейного уравнения сухого края (см. *рис. 1*); NDVI — нормализованный разностный вегетационный индекс, который определяется следующим образом:

$$\text{NDVI} = \frac{\delta_{\text{NIR}} - \delta_{\text{RED}}}{\delta_{\text{NIR}} + \delta_{\text{RED}}}, \quad (3)$$

где $\delta_{\text{RED}}, \delta_{\text{NIR}}$ — коэффициенты отражения в красном и ближнем инфракрасном (БИК) диапазонах. В многозональной съёмке Landsat TM, ETM+ $\delta_{\text{RED}}, \delta_{\text{NIR}}$ соответствуют 3-му и 4-му каналам, а в Landsat-8 OLI TIRS — 4-му и 5-му. Индекс NDVI является безразмерной величиной и может принимать значения в пределах от -1 до 1 .

Результаты и обсуждение

Исследование проводилось на одной из самых засушливых территорий Вьетнама — в сельском районе Бак Бинь провинции Бинь Тхуан, расположенной в юго-восточном регионе Вьетнама (*рис. 2*). Бак Бинь занимает площадь 1079 км^2 с населением более 100 тыс. жителей. Рельеф района — низкие холмы и узкие прибрежные равнины, основными типами земель являются песчаные, аллювиальные, холмистые и горные почвы. Среднегодовое количество осадков очень незначительно. В последние годы вследствие изменения климата, а также негативного воздействия от деятельности человека, засухи в Бинь Тхуан происходят всё более часто и не только в сухой сезон, но даже во время сезона дождей, оказывая негативное влияние на производственную деятельность и повседневную жизнь людей.

Исходными данными дистанционного зондирования являлись многозональные изображения со спутника LANDSAT 7 ETM+ за даты 05.01.2002, 13.01.2005, 12.02.2010 и Landsat-8 OLI за 27.02.2017 (*рис. 3*). Снимки получены в течение сухого сезона в безоблачную погоду (необходимое условие выполнения съёмок). В этот период различные виды растительности характеризуются некоторым постоянством значений коэффициентов спектральной яркости.

Рис. 2. Географическое положение исследуемой территории

Рис. 3. Многозональное изображение Landsat района Бак Бинь, полученное 05.01.2002, 13.01.2005, 12.02.2010 и 27.02.2017, RGB (Red, Green, Blue)

На первом шаге обработки данных выполнено преобразование яркости значений пикселей (целое число) в спектральную плотность энергетической яркости (Грищенко, 2012; Зверев, Чинь, 2015). Величины спектральной плотности энергетической яркости для изображения Landsat-7 ETM+ рассчитаны с использованием модели, разработанной NASA (Landsat Science data user's Handbook, <https://landsat.usgs.gov/landsat-8-data-users-handbook>):

$$L_{\lambda} = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{DN_{\max} - DN_{\min}}(DN - DN_{\min}) + L_{\min}, \quad (4)$$

где L_{λ} — спектральная плотность энергетической яркости, Вт/(м²·ср·мкм); DN — яркостное значение пикселя; $DN_{\max}$, $DN_{\min}$ — максимальное и минимальное калиброванные яркостные значения пикселя; $L_{\max}$, $L_{\min}$ — максимальное и минимальное значения спектральной плотности энергетической яркости используемых сенсоров (представлены в табл. 1).

Таблица 1. Значения $L_{\max}$, $L_{\min}$, Вт/(м²·ср·мкм), для тепловой ИК-съемки Landsat-7 ETM+

Канал	$L_{\max}$	$L_{\min}$
61	17,040	0,000
62	12,650	3,200

Для изображения Landsat-8 OLI величина L_{λ} определена по следующей формуле:

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L, \quad (5)$$

где M_L , A_L — мультипликативная и аддитивная калибровочные константы, зависящие от типа сенсора (RADIANCE_MIUL_BAND_x и RADIANCE_ADD_BAND_x соответственно); Q_{cal} — яркостное значение пикселя (целое число).

На втором шаге обработки данных вычислялась яркостная температура поверхности по следующей формуле:

$$T_B = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)}, \quad (6)$$

здесь T_B — поверхностная яркостная температура, К; K_1 — первая калибровочная константа, Вт/(м²·ср·мкм); K_2 — вторая калибровочная константа, К. Значения констант представлены в табл. 2.

Таблица 2. Калибровочные константы для изображений Landsat TM, Landsat OLI

Сенсор	Спектральный канал	K_1	K_2
Landsat-7 ETM+	6	607,76	1260,56
Landsat-8 OLI	10	774,89	1321,08
	11	480,89	1201,14

На последнем шаге обработки вычислялась поверхностная температура LST (Land Surface Temperature) по формуле:

$$LST = \frac{T_B}{1 + \frac{\lambda T_B}{\rho} \ln \varepsilon}, \quad (7)$$

где T_B — поверхностная яркостная температура; λ — длина волны; ε — коэффициент излучения, который рассчитан на основе индекса NDVI (Valor, Caselles, 1996; Van de Griend, Owen, 1993); ρ — константа ($1,438 \cdot 10^{-2}$ м·К).

В методе, разработанном авторами статьи (Valor, Caselles, 1996), коэффициент излучения ε определяется на основе нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI) и может применяться для неоднородных областей и различных типов поверхности. В этом методе значения спектрального коэффициента излучения поверхности вычисляются как сумма коэффициентов излучательной способности почвы и растительности:

$$\varepsilon = \varepsilon_v P_v + \varepsilon_s (1 - P_v), \quad (8)$$

где ε_v , ε_s — коэффициенты излучения растительности и почвы; P_v — параметр, характеризующий растительность в конкретном пикселе. Параметр P_v принимает значение 0 для почвы и 1 для сплошной растительности (Марчуков, Чинь, 2013; Carlson, Ripley, 1997):

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_{\text{почвы}}}{NDVI_{\text{раст}} - NDVI_{\text{почвы}}} \right)^2, \quad (9)$$

где $NDVI_{\text{почвы}}$, $NDVI_{\text{раст}}$ — значения индекса NDVI для почвы и растительности соответственно.

Обработка данных дистанционного зондирования была выполнена в программных пакетах ERDAS Imagine 2014 и ArcGIS 10.

Результаты вычисления поверхностной температуры по данным многозональной съёмки Landsat показаны на *рис. 4*. Анализируя полученные результаты, можно отметить, что области с высокой поверхностной температурой соответствуют городской застройке и территории, не имеющей растительного покрова, что особенно заметно в центральной части района Бак Бинь. При этом разность между максимальной и минимальной температурой (26,6 K), определённая с помощью спутниковых снимков от 27.02.2017, являлась самой большой среди наблюдений, например за даты 05.01.2002 (24,2 K), 13.01.2005 (26,5 K) и 12.02.2010 (24,3 K).

Рис. 4. Картограмма значений поверхностной температуры, полученная на основе снимка Landsat 05.01.2002, 13.01.2005, 12.02.2010 и 27.02.20017

После вычисления поверхностной температуры и индекса NDVI определялась максимальная (сухой край) и минимальная (влажный край) поверхностная температура по методу треугольника (Sandholt et al., 2002). В расчётах было получено минимальное значение поверхностной температуры $T_{s\min}$. Так, для изображений от 05.01.2002, 13.01.2005, 12.02.2010 и 27.02.2017 $T_{s\min}$ была равна 292,032; 292,479; 296,62 и 293,001 К соответственно.

Чтобы определить максимальную поверхностную температуру (сухой край) использован метод линейной регрессии максимальных поверхностных температур. Были получены следующие уравнения регрессии:

$$T_{s\max}(2002) = -21,64 \text{ NDVI} + 313,7;$$

$$T_{s\max}(2005) = -24,94 \text{ NDVI} + 314,8;$$

$$T_{s\max}(2010) = -16,39 \text{ NDVI} + 317,2;$$

$$T_{s\max}(2017) = -13,98 \text{ NDVI} + 318,3.$$

Результаты определения максимальной поверхностной температуры в треугольнике Ts/NDVI по методу линейной регрессии для изображений от 05.01.2002, 13.01.2005, 12.02.2010 и 27.02.2017 показаны на *рис. 5*.

Вычисление индекса TVDI для земной поверхности позволило охарактеризовать категории её влажности как: «чрезвычайно сухая» ($0,8 < \text{TVDI}$), «очень сухая» ($0,6 < \text{TVDI} < 0,8$), «сухая» ($0,4 < \text{TVDI} < 0,6$), «увлажнённая» ($0,2 < \text{TVDI} < 0,4$), «влажная» ($\text{TVDI} < 0,2$) (Haas, 2010; Yuan et al., 2007) (*табл. 3*). Результаты определения температурно-вегетационного индекса TVDI для изображений территории района Бак Бинь за 2002, 2005, 2010 и 2017 гг. показаны на *рис. 6*.

Рис. 5. Линейная регрессия для определения $T_{s\max}$ в съёмке 05.01.2002, 13.01.2005, 12.02.2010 и 27.02.2017 на основе метода, разработанного в работе (Sandholt et al., 2002)

Рис. 6. Результат определения влажности почвы района Бак Бинь 05.01.2002, 13.01.2005, 12.02.2010 и 27.02.2017 на основе индекса TVDI. Легенда представлена в табл. 3

Таблица 3. Классификация степени засушливости на основе индекса TVDI

Значение TVDI	Степень влажности	Обозначение
0–0,2	Влажная	
0,2–0,4	Увлажнённая	
0,4–0,6	Сухая	
0,6–0,8	Очень сухая	
0,8–1,0	Чрезвычайно сухая	

Анализ полученных результатов (табл. 4) показал, что территория, характеризующаяся категориями «влажная» и «увлажнённая», в 2002 г. занимала значительную часть района Бак Бинь (17,39 % общей площади) и постепенно уменьшалась в период 2005–2017 гг.: 12,72 % общей площади она занимала в 2005 г., 11,91 % — в 2010 г. и 10,84 % — в 2017 г.

Таблица 4. Результаты оценки степени влажности почвы в районе Бак Бинь

Степень влажности	Площадь							
	05.01.2002		13.01.2005		12.02.2010		27.02.2017	
	га	%	га	%	га	%	га	%
Влажная	334,49	0,31	356,07	0,33	53,95	0,05	97,11	0,09
Увлажнённая	18 429,32	17,08	13 368,81	12,39	12 796,94	11,86	11 599,25	10,75
Сухая	50 648,26	46,94	52 137,28	48,32	35 412,78	32,82	32 628,96	30,24
Очень сухая	38 315,29	35,51	41 973,10	38,90	46 105,67	42,73	50 011,65	46,35
Чрезвычайно сухая	172,64	0,16	172,64	0,06	13 530,66	12,54	13 563,03	12,57

Площадь территории категории «сухая» значительно уменьшилась в 2010 и 2017 гг. по сравнению с 2002 и 2005 гг. (46,94 % общей площади — 05.01.2002, 48,32 % — 13.01.2005, 32,82 % — 12.02.2010 и 30,24 % — 27.02.2017). Территория со степенью влажности «очень сухая» и особенно «чрезвычайно сухая» в 2010 и 2017 гг. сильно выросла по сравнению с 2002 и 2005 гг. Территория категории «чрезвычайно сухая» занимала незначительные площади в 2002 и 2005 гг. (0,16 и 0,06 % общей площади) и резко выросла в 2010 и 2017 гг. (до 12,54 и 12,57 % от общей площади). В основном территории со степенью «очень сухая» и «чрезвычайно сухая» расположены в центральной части района, особенно в местах, характеризующихся отсутствием растительного покрова (см. рис. 6). Важно отметить, что участок, относящийся к категории «чрезвычайно сухая», появился в 2017 г. в районе сельскохозяйственного производства к югу от исследуемой территории.

Таким образом, можно отметить, что по данным дистанционного зондирования из космоса обнаружено значительное увеличение площади территорий, страдающих от *засухи и опустынивания*. Полученные материалы свидетельствуют, что процесс опустынивания территории имеет тенденцию к ускорению в ближайшие годы. Этот результат согласуется с другими исследованиями, которые показывают, что район Бак Бинь — это область с самыми засушливыми условиями в провинции Бинь Тхуан (Sam, Vuong, 2008; Vinh, Huong, 2012). Согласно данным наблюдений метеорологических станций за период 1960–2010 гг. район Бак Бинь характеризуется на основе метеорологического индекса MI (Meteorology Index) как территория с экстремальной (уровень 4) интенсивностью засухи (Vinh, Huong, 2012).

Данные влажности почвы с 10 точек измерения (рис. 7, см. с. 98) на 23 февраля 2017 г. использовались для сравнения со значениями индексов TVDI, NDVI и поверхностной температуры, рассчитанных по снимку Landsat-8 за ту же дату (табл. 5).

Таблица 5. Сравнение значений индексов NDVI, TVDI, поверхностной температуры и наземных данных о влажности почв

Координаты, м		Поверхностная температура, К	Индекс NDVI	Индекс TVDI	Влажность почвы W, %
X	Y				
869 931	1 237 474	314,3	0,16	0,82	3,1
877 403	1 237 824	313,9	0,17	0,81	3,6
876 936	1 229 069	310,2	0,21	0,64	4,6
876 469	1 224 166	308,6	0,22	0,58	5,8
890 010	1 243 894	315,8	0,15	0,80	3,4
890 504	1 243 387	311,4	0,22	0,77	4,3
868 531	1 247 280	305,0	0,24	0,52	3,5
861 526	1 236 423	313,2	0,18	0,79	6,6
851 837	1 240 859	315,9	0,15	0,80	4,2
866 226	1 224 538	312,0	0,21	0,73	3,4

Наземные данные были получены в рамках проекта № 2015.08.10 Министерства природных ресурсов и окружающей среды Вьетнама. Координаты точек отбора образцов почвы на влажность фиксировались с помощью GPS-приёмника. Можно видеть, что влажность почвы тесно связана с индексами TVDI, NDVI и поверхностной температурой (см. табл. 5). Как следует из рис. 8, коэффициент линейной регрессии R^2 между влажностью почвы и индексом TVDI составлял 0,931. Данная линейная зависимость имеет максимальный коэффициент корреляции, что подтверждает правильность выбора индекса TVDI среди других индексов при оценке влажности почв.

Рис. 7. Схема расположения точек отбора проб на влажность почвы

Рис. 8. Линейная регрессия между наземными данными о влажности почвы и значениями индексов TVDI, NDVI, поверхностной температуры для съёмки 23.02.2017

Выводы

Полученные результаты показывают, что индекс TVDI можно использовать при оценке влажности поверхности почвы сельскохозяйственных территорий засушливых районов Вьетнама. С помощью индекса TVDI установлено, что в последние годы произошло увеличение площадей, подвергшихся засухе и опустыниванию в сельскохозяйственном районе Бак Бинь провинции Бинь Тхуан, Вьетнам. Площади территории, относящейся к категориям «очень сухая» и «чрезвычайно сухая», резко возросли в 2010 и 2017 гг. по сравнению с предыдущими годами. Территории с высоким риском опустынивания расположены в непосредственной близости от районов сельскохозяйственного производства, а также в местах, характеризующихся отсутствием растительного покрова.

Методика обработки данных дистанционного зондирования, тестируемая в данном исследовании, может использоваться для оперативного картографирования влажности почвы в масштабе 1:100 000 с целью планирования мероприятий по смягчению последствий воздействия засухи и опустынивания на окружающую среду.

Литература

1. Бондур В. Г., Гороховский К. Ю., Игнатъев В. Ю., Мурынин А. Б., Гапонова Е. В. Метод прогнозирования урожайности по космическим наблюдениям за динамикой развития вегетации // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2013. № 6. С. 61–68.
2. Грищенко М. Ю. Применение тепловых снимков системы ETM+ для изучения теплового острова Москвы // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 4. С. 95–101.
3. Зверев А. Т., Чинь Л. Х. Мониторинг влажности почвы по данным многозональной съемки Landsat // Исследование Земли из космоса. 2015. № 6. С. 62–67.
4. Марчуков В. С., Чинь Л. Х. Мониторинг поверхностной температуры во Вьетнаме по данным многозональной съемки КА LANDSAT // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2013. № 6. С. 41–43.
5. Савин И. Ю., Барталев С. А., Лупян Е. А., Толпин В. А., Медведева М. А., Плотников Д. Е. Спутниковый мониторинг воздействия засухи на растительность (на примере засухи 2010 года в России) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 1. С. 150–162.
6. Bao Y., Gama G., Gang B., Alatengtuya Y., Husiletu Y. Monitoring of drought disaster in Xilin Guole grassland using TVDI model // Intelligent Systems and Decision Making for Risk Analysis and Crisis Response: Proc. 4th Intern. Conf. Risk Analysis and Crisis Response. Istanbul, Turkey, 27–29 Aug. 2013. 2013. P. 299–310.
7. Carlson T. N., Ripley D. A. On the relation between NDVI, fractional vegetation covers and leaf area index // Remote Sensing of Environment. 1997. V. 62. P. 241–252.
8. Goward S., Hope A. Evapotranspiration from combined reflected solar and emitted terrestrial radiation: preliminary FIFE results from AVHRR data // Advance in Space Research. 1989. V. 9. P. 239–249.
9. Haas J. Soil moisture modeling using TWI and satellite imagery in the Stockholm region // Master's of Science Thesis in Geoinformatics. Stockholm, Sweden, 2010. P. 103.
10. Karnieli A., Agam N., Pinker R. T., Anderson M., Imhoff M. L., Gutman G. G., Panov N., Goldberg A. Use of NDVI and land surface temperature for drought assessment: merits and limitations // J. Climate. 2009. V. 23. P. 618–633.
11. Lambin T. R., Ehrlich D. The surface temperature-vegetation index space for land cover and land cover change analysis // Intern. J. Remote Sensing. 1996. V. 17(3). P. 163–187.
12. Mira M., Valor E., Boluda R., Caselles V., Coll C. Influence of the soil moisture effect on the thermal infrared emissivity // Tethys. 2007. V. 4. P. 2–9.
13. Rahimzadeh-Bajgiran P., Omasa K., Shimizu Y. Comparative evaluation of the vegetation dryness index (VDI), the temperature vegetation dryness index (TVDI) and the improve TVDI (iTVDI) for water stress detection in semi-arid regions of Iran // ISPRS J. Photogrammetric and Remote Sensing. 2012. V. 68. P. 1–12.
14. Sandholt I., Rasmussen K., Anderson J. A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of the surface moisture status // Remote Sensing of Environment. 2002. V. 79. P. 213–224.

15. Sam L., Vuong N. D. The selection to research formula of drought index and applying to calculate drought frequency in Ninh Thuan province // Science and Technology Collection of The Vietnam Southern Institute of Water Resources Research. 2008. P. 186–195.
16. Trinh L. H. Application of LANDSAT thermal infrared data to study soil moisture using temperature vegetation dryness index // Vietnam J. Earth Sciences. 2014. V. 36(03). P. 262–270.
17. Valor E., Caselles V. Mapping land surface emissivity from NDVI. Application to European African and South American areas // Remote Sensing of Environment. 1996. V. 57. P. 167–184.
18. Van de Griend A. A., Owen M. On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surface // Intern. J. Remote Sensing. 1993. V. 14. P. 1119–1131.
19. Vinh P. Q., Huong P. T. T. Assessing agricultural drought for Binh Thuan province under climate change scenario // Vietnam J. Earth Sciences. 2012. V. 34(4). P. 513–523.
20. Yuan L., Heping T., Hua W. Dynamic drought monitoring in Guangxi using revised temperature vegetation dryness index // Wuhan University J. Natural Sciences. 2007. V. 12(4). P. 663–668.
21. Wan Z., Wang P., Li X. Using MODIS land surface temperature and normalized difference vegetation index products for monitoring drought in the southern Great Plains, USA // Intern. J. Remote Sensing. 2004. V. 25(1). P. 61–72.

A study of the long-term dynamics of soil moisture in the Bac Binh district (Binh Thuan province, Vietnam) using Landsat multispectral images

L. H. Trinh¹, V. R. Zablotskii², K. H. Dao¹

¹ Le Quy Don Technical University, Hanoi 11355, Vietnam
E-mail: tringlehung125@gmail.com

² Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow 105064, Russia
E-mail: v-r-zablotskii@ya.ru

Drought and desertification are considered one of the most damaging natural disasters in Vietnam, which affects the economy, environment, human well-being and threatens food security. The paper presents results of soil moisture evaluation from LANDSAT multi-temporal and multispectral images of Bac Binh district, Binh Thuan province, Vietnam. Soil moisture assessment was carried out by using temperature vegetation dryness index (TVDI) calculated basing on land surface temperature and normalized difference vegetation index NDVI. The linear relationships between soil moisture determined from the results of meteorological observations and TVDI, NDVI indices and land surface temperature have significant correlation coefficients. It is shown that remote sensing techniques which have advantages over traditional methods can be effectively applied for soil moisture in the agricultural territories of Vietnam. Finally, an analysis of the results obtained for the period 2002–2017 indicates the presence of progressive desertification, which is the consequence of global climate change and anthropogenic impact.

Keywords: remote sensing, soil moisture, drought, desertification, thermal infrared image, Landsat, TVDI

Accepted: 12.10.2018

DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-7-89-101

References

1. Bondur V. G., Gorokhovskii K. Yu., Ignatiev V. Yu., Murynin A. B., Gaponova E. V., Metod prognozirovaniya urozhainosti po kosmicheskim nablyudeniyam za dinamikoi razvitiya vegetatsii (Method of yield forecasting based on space observations over vegetation dynamics), *Izvestiya Vuzov. Geodeziya i aerofotos"emka*, 2013, No. 6, pp. 61–68.

2. Grishchenko M. Yu., *Primenenie teplovykh snimkov sistemy ETM+ dlya izucheniya teplovogo ostrova Moskvy (ETM+ thermal infrared imagery application for Moscow urban heat island study)*, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2012, Vol. 9, No. 4, pp. 95–101.
3. Zverev A. T., Trinh L. H., *Monitoring vlazhnosti pochvy po dannym mnogozonol'noi s'emki Landsat (Monitoring soil moisture using multispectral image Landsat)*, *Issledovanie Zemli iz kosmosa*, 2015, No. 6, pp. 62–67.
4. Marchukov V. S., Trinh L. H., *Monitoring poverkhnostnoi temperatury vo V'etname po dannym mnogozonol'noi s'emki KA LANDSAT (Monitoring land surface temperature in Vietnam using LANDSAT thermal infrared image)*, *Izvestiya Vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka*, 2013, Vol. 6, pp. 41–43.
5. Savin I. Yu., Bartalev S. A., Loupian E. A., Tolpin V. A., Medvedeva M. A., Plotnikov D. E., *Sputnikovy monitoring vozdeistviya zasukhi na rastitel'nost' (na primere zasukhi 2010 goda v Rossii) (Satellite monitoring of vegetation affected by drought (using drought 2010 in Russia as an example))*, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2011, Vol. 8, No. 1, pp. 150–162.
6. Bao Y., Gama G., Gang B., Alatengtuya Y., Husiletu Y., *Monitoring of drought disaster in Xilin Guole grassland using TVDI model*, *Intelligent Systems and Decision Making for Risk Analysis and Crisis Response: Proc. 4th Intern. Conf. Risk Analysis and Crisis Response*, Istanbul, Turkey, 27–29 Aug. 2013, 2013, pp. 299–310.
7. Carlson T. N., Ripley D. A., *On the relation between NDVI, fractional vegetation covers and leaf area index*, *Remote Sensing of Environment*, 1997, Vol. 62, pp. 241–252.
8. Goward S., Hope A., *Evapotranspiration from combined reflected solar and emitted terrestrial radiation: preliminary FIFE results from AVHRR data*, *Advance in Space Research*, 1989, Vol. 9, pp. 239–249.
9. Haas J., *Soil moisture modeling using TWI and satellite imagery in the Stockholm region*, *Master's of Science Thesis in Geoinformatics*, Stockholm, Sweden, 2010, 103 p.
10. Karnieli A., Agam N., Pinker R. T., Anderson M., Imhoff M. L., Gutman G. G., Panov N., Goldberg A., *Use of NDVI and land surface temperature for drought assessment: merits and limitations*, *J. Climate*, 2009, Vol. 23, pp. 618–633.
11. Lambin T. R., Ehrlich D., *The surface temperature-vegetation index space for land cover and land cover change analysis*, *Intern. J. Remote Sensing*, 1996, Vol. 17(3), pp. 163–187.
12. Mira M., Valor E., Boluda R., Caselles V., Coll C., *Influence of the soil moisture effect on the thermal infrared emissivity*, *Tethys*, 2007, Vol. 4, pp. 2–9.
13. Rahimzadeh-Bajgiran P., Omasa K., Shimizu Y., *Comparative evaluation of the vegetation dryness index (VDI), the temperature vegetation dryness index (TVDI) and the improve TVDI (iTVDI) for water stress detection in semi-arid regions of Iran*, *ISPRS J. Photogrammetric and Remote Sensing*, 2012, Vol. 68, pp. 1–12.
14. Sandholt I., Rasmussen K., Anderson J., *A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of the surface moisture status*, *Remote Sensing of Environment*, 2002, Vol. 79, pp. 213–224.
15. Sam L., Vuong N. D., *The selection to research formula of drought index and applying to calculate droughty frequency in Ninh Thuan province*, *Science and Technology Collection of The Vietnam Southern Institute of Water Resources Research*, 2008, pp. 186–195.
16. Trinh L. H., *Application of LANDSAT thermal infrared data to study soil moisture using temperature vegetation dryness index*, *Vietnam J. Earth Sciences*, 2014, Vol. 36(03), pp. 262–270.
17. Valor E., Caselles V., *Mapping land surface emissivity from NDVI. Application to European African and South American areas*, *Remote Sensing of Environment*, 1996, Vol. 57, pp. 167–184.
18. Van de Griend A. A., Owen M., *On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surface*, *Intern. J. Remote Sensing*, 1993, Vol. 14, pp. 1119–1131.
19. Vinh P. Q., Huong P. T. T., *Assessing agricultural drought for Binh Thuan province under climate change scenario*, *Vietnam J. Earth Sciences*, 2012, Vol. 34(4), pp. 513–523.
20. Yuan L., Heping T., Hua W., *Dynamic drought monitoring in Guangxi using revised temperature vegetation dryness index*, *Wuhan University J. Natural Sciences*, 2007, Vol. 12(4), pp. 663–668.
21. Wan Z., Wang P., Li X., *Using MODIS land surface temperature and normalized difference vegetation index products for monitoring drought in the southern Great Plains, USA*, *Intern. J. Remote Sensing*, 2004, Vol. 25(1), pp. 61–72.