

Природно-ресурсное районирование провинции Хузестан Ирана с применением термического дистанционного зондирования Земли и геоинформационного картографирования

С. Зареи¹, В.М. Щербаков²

Санкт-Петербургский государственный университет, 199034, Санкт-Петербург, Россия

¹E-mail: zareie_sajad@yahoo.com, ²E-mail: vs1570@yandex.ru

В статье приведена оценка природно-ресурсного потенциала административных районов провинции Ирана Хузестан. Выполнено ранжирование районов и их классификация с выделением шести типов. Тип I соответствует максимальным значениям потенциала (близким к 1), тип VI означает нулевое его значение, то есть означает преобладание на данной территории безжизненной пустыни (район Ховейзех). Природно-ресурсный потенциал служит показателем, указывающим на перспективность инженерного обустройства районов с высоким уровнем развития земледелия и пастбищного животноводства. Оценка выполнена по материалам космической съемки, выполненной за период 2011–2016 гг. Приводятся алгоритмы обработки изображений с применением современных программных средств ArcGIS, ERDAS, ENVI, Признак. Цель описанного исследования заключалась в разработке оценочного картографирования ресурсного потенциала административных районов провинции Хузестан, основанного на расчете интегрального показателя, который учитывает сезонную динамику радиационной температуры земной поверхности t° и изменения вегетационного индекса $NDVI$ за статистически представительный ряд лет. Изменчивость t° и $NDVI$ фиксировалась в течение 10 сезонов теплого времени года с апреля по сентябрь с интервалом в 16 дней. Роль динамики радиационной температуры земной поверхности и $NDVI$ в оценке ресурсного потенциала территории продемонстрирована на примере оценки изменчивости геофизических полей земной поверхности провинции Хузестан.

Ключевые слова: ресурсный потенциал, многокритериальный анализ, температура земной поверхности, $NDVI$

Одобрена к печати: 29.03.2017

DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-2-110-121

Постановка задачи

Представляя совокупность явлений некоторой интегральной характеристикой, моделирование динамики изменения свойств компонентов ландшафта дает нам возможность использовать одну из особенностей геоинформационного картографирования. В данной работе основная цель исследования заключается в расчете и картографическом представлении многокритериального балльного показателя потенциальной продуктивности ландшафтных ресурсов (ресурсного потенциала). Индикатором потенциальной продуктивности ландшафтных ресурсов послужили меняющиеся значения: а) полуденной радиационной температуры земной поверхности t° и б) состояние растительных сообществ (вегетационного индекса $NDVI$ (Normalized Difference Vegetation Index)) поверхности районов провинции. Фиксирование рассматриваемых показателей предусмотрено по 10 датам с 16-суточным интервалом времени (с апреля по сентябрь), в течение которых спутник возвращается на орбиту зондирования картографируемой территории в 2011–2016 годах. Данные t° и $NDVI$ получены по материалам съемки радиометрическими сканерами спутников Landsat 7 (2011 и 2012 годы) и Landsat 8 (2013–2016 годы). Время регистрации полуденной t° и $NDVI$ по рядам наблюдений в 2011–2016 годах представлены в номерах дней невисокосных лет: 106; 122; 138; 154; 170; 186; 202; 218; 234; 250 или в датах: 16.04; 02.05; 18.05; 03.06; 19.06; 05.07; 21.07; 06.08; 22.08; 07.09. Для високосных 2012 и 2016 годов

номер дня увеличен на единицу. В основе анализа всех геофизических полей лежит векторная полигональная карта районов провинции Хузестан (см. табл. 1 и рис. 5).

Таблица 1. Характеристики районов провинции Хузестан Ирана.

<i>№ района</i>	<i>Название района</i>	<i>Площадь (км²)</i>	<i>Площадь (%)</i>	<i>№ района</i>	<i>Название района</i>	<i>Площадь (км²)</i>	<i>Площадь (%)</i>
1	Альвар-е-Гармсири	2408,26	3,76	21	Багмалек	1806,57	2,82
2	Сардашт	3838	5,99	22	Бави	1173,28	1,83
3	Эндимешк	672,75	1,05	23	Ховейзех	2751,80	4,31
4	Андика	2366,03	3,71	24	Сейдун	453,78	0,71
5	Лали	755,26	1,18	25	Рамхормоз	2170,51	3,39
6	Шуш	1748,65	2,73	26	Рамшир	1318,01	2,06
7	Дизфуль	462,27	0,72	27	Джайзан	963,18	1,51
8	Лали	645,80	1,09	28	Хорремшехр	2274,28	3,55
9	Гетвенд	1338,60	2,09	29	Шадеган	3595,29	5,61
10	Изе	2507,85	3,92	30	Бендер-Махшехр	1460,39	2,28
11	Чогамиш	290,07	0,45	31	Бехбехан	1883,73	2,94
12	Масджед-Солейман	2172,70	3,39	32	Омидийех	1319,79	2,06
13	Шавур	1722,07	2,69	33	Агаджари	157,29	0,25
14	Бостан	1283,69	2,01	34	Бендер-Имам Хомейни	449,65	0,71
15	Шуштер	2064,62	3,22	35	Чам-Халаф Иса	1176,92	1,84
16	Дехдез	1278,18	2,01	36	Абадан	1610,03	2,51
17	Сусенгерд	840,24	1,31	37	Зейдун	966,12	1,51
18	Ахваз	6199,49	9,68	38	Хендиджан	2607,03	4,07
19	Хамидиех	830,52	1,31	39	Мину	24,49	0,04
20	Хафтгель	1435,03	2,24	40	Арванд-Кенар	929,89	1,45
Сумма						64031,10	100

Обработка данных космического зондирования

Материалы спутниковой съемки требуют определенной калибровки с помощью наземной аппаратуры. Эта калибровка выражается в ряде коррекций, на основании которых выполняются обработки материалов, получаемых с космических аппаратов и используемых в качестве исходных картографических данных. Правила выполнения таких коррекций зависят от съемочной аппаратуры и реализуются разными программными средствами. В данной работе использована следующая последовательность коррекций материалов зондирования земной поверхности спутником Landsat 7 за период 2011 и 2012 годов.

Сначала в программе ENVI (Ярыгтна, 2011) выполнена радиометрическая коррекция сигналов по каналам красного (*RED*) и ближнего инфракрасного (*NIR*) диапазонов электромагнитных волн (пункт меню «Radiometric Calibration»), затем – теплового диапазона (пункт меню «Radiometric Calibration»). Атмосферная коррекция произведена по пунктам меню «FLAASH Atmospheric Correction» для каналов *RED* и *NIR* диапазонов и «Thermal Atmospheric Correction» для канала теплового диапазона. Далее, в программе ERDAS (пункт меню «Focal Analysis») использовалась функция заполнения пропусков в растровых изображениях и по пункту меню «Mosaic Pro» собраны мозаики. В заключение в программе ArcGIS, использован калькулятор растров (пункт меню «Raster Calculator») для получения изображения вегетативного индекса *NDVI* по формуле (Zareie et al., 2016):

$$NDIV = (NIR - RED) / (NIR + RED). \quad (1)$$

Изображения радиационной температуры строились в ArcGIS согласно ниже приведенной формуле расчета излучательной способности земной поверхности ε (Zareie et al., 2016):

$$\varepsilon = \varepsilon v \times Pv + \varepsilon s \times (1 - Pv) + d\varepsilon, \quad (2)$$

где εv – излучательная способность растительности, равная 0,99; Pv – доля покрытия земной поверхности растительностью; εs – излучательная способность открытой почвы, равная 0,97; $d\varepsilon$ – коэффициент «внутреннего отражения» склоновых поверхностей, пренебрежимо малый для равнинных территорий и возрастающий пропорционально увеличению угла падения склоновых поверхностей (Zareie et al., 2016).

Растровое изображение параметра Pv создается калькулятором растров в ArcGIS по формуле (Zareie et al., 2016):

$$Pv = \left(\frac{NDVI - NDVI_{MIN}}{NDVI_{MAX} - NDVI_{MIN}} \right)^2, \quad (3)$$

где $NDVI_{MIN}$ и $NDVI_{MAX}$ – наблюдаемые минимальное и максимальное значение вегетационного индекса растительности.

Радиометрическая коррекция сигнала 6-го канала выполнена по следующей формуле (Zareie et al., 2016):

$$L_{\lambda} = \left(\frac{L_{MAX} - L_{MIN}}{QCAL_{MAX} - QCAL_{MIN}} \right) \times (QCAL - QCAL_{MIN}) + L_{MIN}, \quad (4)$$

где L_{λ} – растровое представление мощности теплового потока, передаваемого электромагнитной волной длиной λ , излучаемой с единицы площади в пределах сканируемого телесного угла (L_{λ}) размерностью $Вт / (м^2 \times стер \times мкм)$; $QCAL$ – растр 6-го канала, фиксируемый бортовой съемочной аппаратурой; $QCAL_{MAX} = 255$, $QCAL_{MIN} = 1$.

Для периода 2011 и 2012 годов использованы данные, фиксируемые многоспектральным оптико-механическим сканирующим радиометром ETM+ (Enhanced Thematic Mapper) спутника Landsat 7 с характеристиками, приведенными в табл. 2.

Таблица 2. Характеристики спектральных диапазонов съемочной аппаратуры спутника Landsat 7 (L – Мощность теплового потока, передаваемого электромагнитной волной длиной λ , излучаемой с единицы площади в пределах сканируемого телесного угла)

Номер канала	Спектральный диапазон, мкм	Центральная волна, мкм	L_{MIN} (Вт/(м ² ×стер×мкм))	L_{MAX} (Вт/(м ² ×стер×мкм))
Каналы 6–1 низкого коэффициента усиления (Low gain)				
3 RED	0,631–0,692	0,662	-5	234,4
4 NIR	0,772–0,898	0,835	-5,1	241,1
6	10,31–12,36	11,335	0	17,04
Каналы 6–2 высокого коэффициента усиления (High gain)				
3 RED	0,631–0,692	0,662	-0,5	152,9
4 NIR	0,772–0,898	0,835	-5,1	157,4
6	10,31–12,36	11,335	3,2	12,65

Переход от скорректированного сигнала к эффективной яркостной температуре производится с использованием следующего уравнения (Jinqu et al., 2006; Rajeshwari, Mani, 2014):

$$T_B = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{K_\lambda} + 1\right)}, \quad (5)$$

где T_B – изображение, отражающее яркостную температуру Кельвина; K_1 – константа калибровки 1, равная значению $666,09 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{стер} \times \text{мкм})$; K_2 – константа калибровки 2, равная значению $1282,71 \text{ °K}$; K_λ – растровое представление мощности теплового потока, передаваемого электромагнитной волной длиной λ , излучаемой с единицы площади в пределах сканируемого телесного угла размерностью $\text{Вт}/(\text{м}^2 \times \text{стер} \times \text{мкм})$.

На следующем этапе представление яркостной температуры T_B преобразовывается в растр температуры поверхности земли ST следующим образом (Qihao et al., 2004; Weng et al., 2004):

$$ST = \frac{T_B}{1 + \left(\lambda \times \frac{T_B}{\rho}\right) \times \ln \varepsilon}, \quad (6)$$

где λ – длина волны излучаемой радиации (11,5 мкм), $\rho = h \times (c/\sigma) = 1,438 \times 10^{-2} \text{ мK}$, h – константа Планка $6,626 \times 10^{-34} \text{ Дж} \times \text{с}$, c – скорость света ($2,998 \times 10^8 \text{ м/с}$), σ – константа Больцмана ($1,38 \times 10^{23} \text{ Дж} \times \text{K}$).

Последовательность коррекций материалов зондирования земной поверхности за период 2013, 2014, 2015 и 2016 годов выполнена для съемочной аппаратуры спутника

Landsat 8. Сначала в программе ENVI выполнена радиометрическая коррекция сигналов *RED*, *NIR* и тепловых каналов, затем выполнена атмосферная коррекция сигналов *RED* и *NIR* каналов, а так же сигналов тепловых каналов. По скорректированным изображениям собраны соответствующие мозаики в программе ERDAS. В дальнейшем обработка растров выполнялась в программе ArcGIS.

Изображения вегетационного индекса *NDVI* получены в соответствие с формулой (1).

Растровые представления доли покрытия земной поверхности растительностью P_V получены по формуле (Johnson et al., 2012):

$$P_V = (NDVI - NDVI_s) / (NDVI_v - NDVI_s), \quad (7)$$

где для открытой почвы $NDVI_s = 0,2$, для земной поверхности, покрытой растительностью полностью $NDVI_v = 0,8$.

Изображения общей излучательной способности земной поверхности ε строились по формуле (2). Следует заметить, что для съемочной аппаратуры спутника Landsat 8 использованы $\varepsilon_v = 0,987$ для канала 10 и $0,989$ для канала 11, $\varepsilon_s = 0,971$ для канала 10 и $0,977$ для канала 11.

Для представления спектральной яркости L_λ по исходным растрам *QCAL* (полученным по 10 или 11 каналам) использовалась формула (Rajeshwari, Mani, 2014):

$$L_\lambda = M_L \times QCAL + A_L, \quad (8)$$

где $M_L = 0,000342$ для 10 и 11 каналов, $A_L = 0,1$ для 10 и 11 каналов.

Растры яркостной температуры T_B создавались согласно формуле (Zhang et al., 2006; Rajeshwari, Mani, 2014):

$$T_B = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{K_\lambda} + 1\right)}, \quad (9)$$

где $K_1 = 774,89$ для канала 10 и $K_1 = 480,89$ для канала 11, $K_2 = 1321,08$ для канала 10 и $K_2 = 1201,14$ для канала 11.

На основании произведенных преобразований были получены изображения температуры земной поверхности *ST* в градусах Кельвина (Ulivieri et al., 1994):

$$ST = 38,6 \times (1 - \varepsilon) + T_{B10} + 2,76 \times (T_{B10} - T_{B11}) - 96 \Delta\varepsilon, \quad (10)$$

где $\varepsilon = (\varepsilon_{10} + \varepsilon_{11}) / 2$, ε_{10} и ε_{11} – растры излучательной способности земной поверхности, полученные по каналам 10 и 11, T_{B10} и T_{B11} – изображения яркостных температур в градусах Кельвина, полученные по каналам 10 и 11, $\Delta\varepsilon = \varepsilon_{10} - \varepsilon_{11}$.

Анализ данных космического зондирования

Рассмотрим динамику температуры земной поверхности (рис. 1, 2) для четырех административных районов провинции Хузестан. Район Ховейзех характеризуется наименьшим ресурсным потенциалом, другие районы имеют значения ресурсного потенциала близкие к максимуму. Следует заметить, что динамика прогрева и изменчивость значения вегетационного индекса (рис. 3, 4) не синхронны, тем не менее, дифференцируют районы однозначно. Причем изменчивость термических характеристик земной поверхности и $NDVI$ от года к году разная. Если графики динамики t° говорят о микроклиматической значимости различий рельефа отдельных районов провинции, то графики динамики $NDVI$ говорят о значимости различий в фотосинтетической активности листового аппарата растительных сообществ. Кроме того, приведенные различия в динамике прогрева поверхностных отложений и вегетационного индекса свидетельствуют о необходимости накопления статистически представительного ряда лет космического мониторинга.

Так как показатель $NDVI$, включенный в ресурсный потенциал, отражает совокупность условий произрастания растений, то его весовой коэффициент принят равным 0,6 (см. табл. 3). Весовой коэффициент радиационной температуры земной поверхности t° установлен равным 0,4 (см. табл. 3). Согласно ниже приведенной табл. 3, свои коэффициенты значимости C_{r_n} и C_{N_n} получили слагаемые, характеризующие сезонные значения t° и $NDVI$. Расчет потенциальной продуктивности ландшафтных ресурсов как средневзвешенной величины носит субъективный характер, т.е. зависит от практического опыта специалиста в конкретной области географии. Объективизация многопризнаковой оценки ландшафтных ресурсов достигается привлечением к процессу оценочного картографирования ряда специалистов и расчетом статистических параметров сходства или различия результатов оценивания.

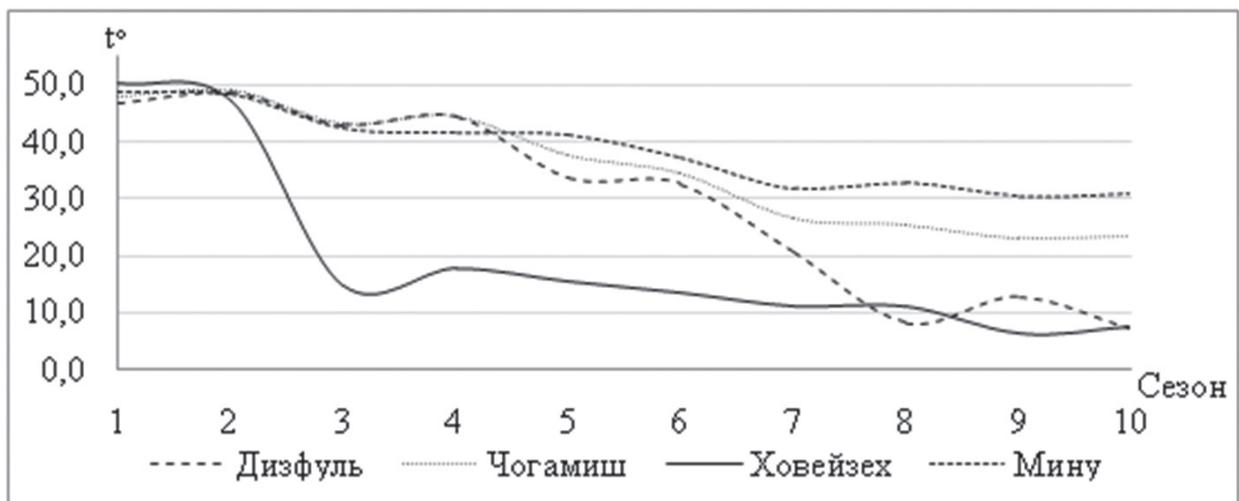


Рис. 1. Сезонная изменчивость радиационной температуры поверхностей районов, находящихся в I (.....) и VI (—) уровнях ресурсного потенциала в 2011 г.

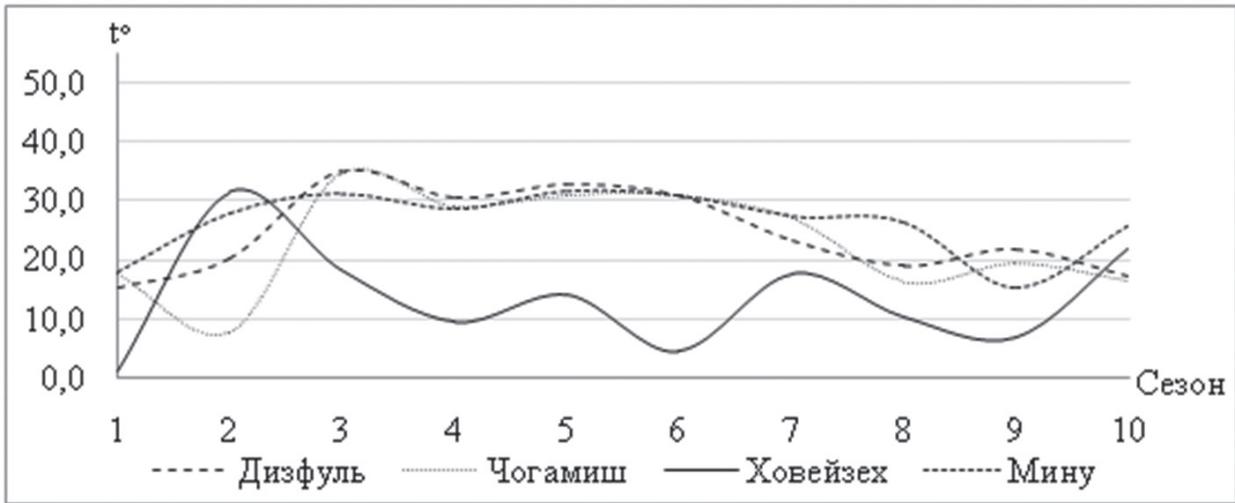


Рис. 2. Сезонная изменчивость радиационной температуры поверхностей районов, находящихся в I (.....) и VI (—) уровнях ресурсного потенциала в 2016 г.

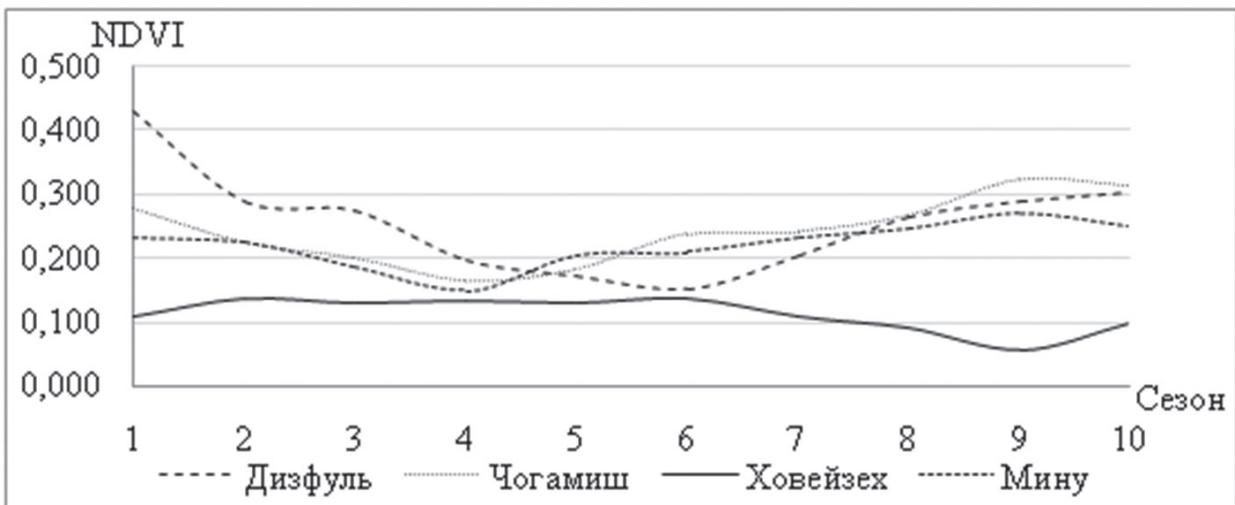


Рис. 3. Сезонная изменчивость NDVI в пределах поверхностей районов, находящихся в I (.....) и VI (—) уровнях ресурсного потенциала в 2011 г.

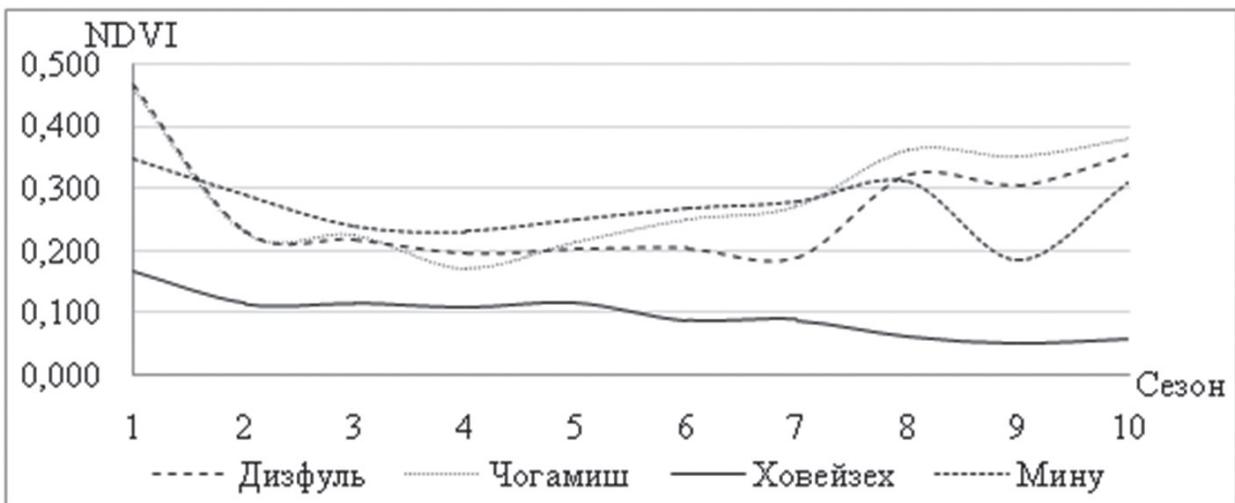


Рис. 4. Сезонная изменчивость NDVI в пределах поверхностей районов, находящихся в I (.....) и VI (—) уровнях ресурсного потенциала в 2016 г.

Методика оценочного картографирования

В основе оценочного картографирования ресурсного потенциала лежит учет изменчивости t° и $NDVI$ в течение положительных температур приземной атмосферы при статистически достаточной представительности сценариев (лет мониторинга) вегетативного развития растительных сообществ. Интегральная характеристика вычисляется как средневзвешенная величина потенциальной продуктивности ландшафтных ресурсов с управляемыми весовыми коэффициентами (коэффициентами значимости) слагаемых величин в программе Признак (Авере и др., 2005). В данной программе предусмотрено преобразование значений наблюдаемых исходных величин в балльные оценки по логарифмическим, экспоненциальным и сплайновым шкалам с указанием минимального и максимального результирующего балла. Принцип расчета линейной шкалы значений ресурсного потенциала тоже может быть разным. В данной работе максимальное значение интегрального показателя ресурсного потенциала принято за 1, минимальное значение – за 0. При переводе шкалы от 0 до 1 в шкалу от 1 до N следует воспользоваться формулой:

$$x'_i = \frac{N-1}{N}(x_i \times N) + 1, \quad (11)$$

где x_i и x'_i – текущее значение балла в исходной и новой шкале соответственно.

Таблица 3. Коэффициенты значимости температурных показателей (C_{t^n}) и показателей $NDVI$ (C_{Nn}) для расчета потенциала продуктивности ландшафтных ресурсов. (n – номер сезона космической съемки)

<i>Коэффициент значимости t°</i>	$C_{t^{\circ 1}}$	$C_{t^{\circ 2}}$	$C_{t^{\circ 3}}$	$C_{t^{\circ 4}}$	$C_{t^{\circ 5}}$	$C_{t^{\circ 6}}$	$C_{t^{\circ 7}}$	$C_{t^{\circ 8}}$	$C_{t^{\circ 9}}$	$C_{t^{\circ 10}}$
0,400	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036
<i>Коэффициент значимости $NDVI$</i>	C_{N1}	C_{N2}	C_{N3}	C_{N4}	C_{N5}	C_{N6}	C_{N7}	C_{N8}	C_{N9}	C_{N10}
0,600	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054

Распределение итоговых балльных оценок ресурсного потенциала для отдельных административных районов провинции Хузестан и распределение балльных оценок ресурсного потенциала по уровням, представлены в *табл. 4* и на карте (см. *рис. 5*). Уровень (или тип) выделены по статистическим показателям сходства значений балла ресурсного потенциала с учетом многолетней изменчивости при доверительной вероятности, равной 95%.

Таблица 4. Ранжирование и формализованная типизация районов провинции Хезестан по линейной шкале, закрытой снизу и сверху. Уровень ресурсного потенциала: I – максимальный, VI – минимальный

<i>Уровень ресурсного потенциала</i>	<i>№ района</i>	<i>Название района</i>	<i>Средневзвешенный балл ресурсного потенциала</i>
I	11	Чогамиш	0,905
	39	Мину	0,851
	7	Дизфуль	0,806

Таблица 4. Продолжение

<i>Уровень ресурсного потенциала</i>	<i>№ района</i>	<i>Название района</i>	<i>Средневзвешенный балл ресурсного потенциала</i>
II	9	Гетвенд	0,691
	4	Андика	0,638
III	13	Шавур	0,603
	10	Изе	0,602
	15	Шуштер	0,594
	5	Лали	0,550
	2	Сардашт	0,523
	16	Дехдез	0,507
	29	Шадеган	0,506
	24	Сейдун	0,455
IV	19	Хамидиех	0,424
	18	Ахваз	0,419
	21	Багмалек	0,387
	6	Шуш	0,386
	3	Эндимешк	0,377
	31	Бехбехан	0,352
	34	Бендер-Имам Хомейни	0,345
	14	Бостан	0,345
	40	Арванд-Кенар	0,344
	8	Лали	0,328
	37	Зейдун	0,319
	36	Абадан	0,312
	1	Альвар-е-Гармсири	0,307
	30	Бендер-Махшехр	0,305
V	22	Бави	0,300
	25	Рамхормоз	0,296
	17	Сусенгерд	0,280
	12	Масджед-Солейман	0,268
	26	Рамшир	0,262
	32	Омидийех	0,238
	27	Джайзан	0,235
	35	Чам-Халаф Иса	0,231
	28	Хорремшехр	0,219
	20	Хафтгель	0,203
	38	Хендиджан	0,198
	33	Агаджари	0,187
VI	23	Ховейзех	0,000

При статистическом анализе сходства или различия сценариев (лет наблюдений) обнаружилось, что при всей изменчивости значений ресурсного потенциала за весь период

мониторинга не оказалось такого года, который бы отличался на величину, превышающую критическое значение при критической вероятности, равной 5%.

Картографическое представление уровней потенциальной продуктивности ландшафтных ресурсов (I–VI) по диапазонам значений ресурсного потенциала основано на оценке статистического сходства между отдельными районами. Тем не менее, статистические расчеты показали, что типы административных районов провинции Хузестан оказались пересекающимися, т.е. четкие границы между ними не обнаруживаются и существуют переходные типы. Таим образом, диапазоны шкалы значений ресурсного потенциала, упорядоченной по убыванию, и их представительность административными районами является (строго говоря) мнением отдельной группы авторов карты. Свидетельством репрезентативности выполненных вычислительных процедур служит протокол расчетов, генерируемый программой Признак, а картографическая иллюстрация оценочного анализа является стандартной процедурой пользователя ГИС.

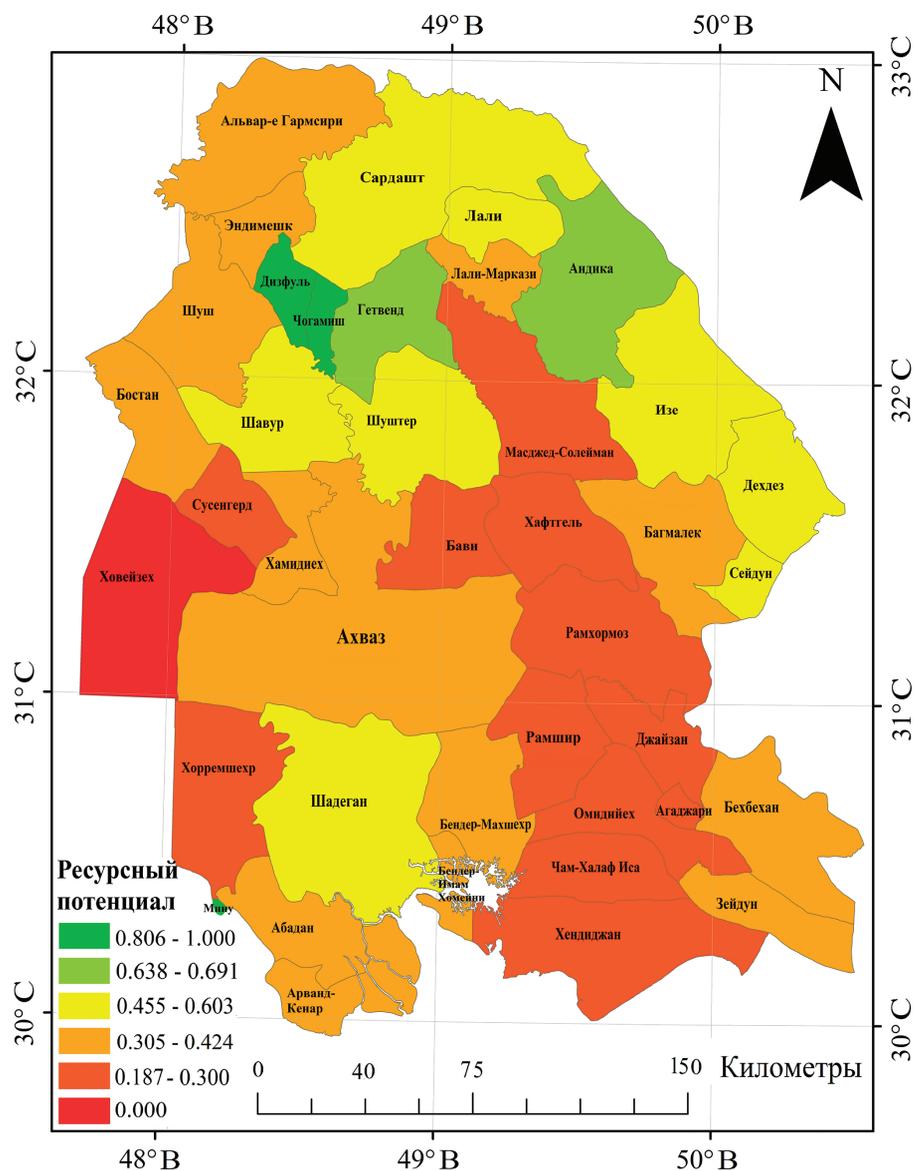


Рис. 5. Распределение потенциала продуктивности ландшафтных ресурсов административных районов провинции Хузестан Ирана

Заключение

Из приведенного оценочного геоинформационного картографирования провинции Хузестан с представлением потенциала продуктивности ландшафтных ресурсов следует что:

1. Сезонная изменчивость радиационной температуры земной поверхности t° и вегетативного индекса $NDVI$, лежащие в основе расчета ресурсного потенциала, обеспечивают использование потенциальной продуктивности ландшафтных ресурсов в качестве критерия оценки земель с точки зрения их пригодности для сельскохозяйственного использования.

2. Данные спутниковой регистрации t° и $NDVI$ являются высокоинформативными материалами, позволяющими производить картографическое сопровождение мониторинга состояния природной среды.

3. Геоинформационное картографирование ресурсного потенциала служит инструментом постоянного наращивания ландшафтно-ресурсной базы геоданных.

Литература

1. *Аверс Д., Афанасьев В.А., Васильев П.С., Паниди Е.А., Щербаков В.М.* Методика и вычислительные средства экспертно-оценочного картографирования результатов комплексной оценки городских почв // Сб. Статей: Теория и практика эколого-географических исследований. Ред. В.В. Дмитриев и др. СПб.: ТИН, 2005. С. 571–591.
2. *Ярыгтна Н.Б.* Использование программного комплекса ENVI для решения задач лесного хозяйства // Геомастика. 2011. № 3.
3. *Johnson B., Tateishi R., Kobayashi T.* Remote Sensing of Fractional Green Vegetation Cover Using Spatially-Interpolated Endmembers // Remote Sensing. 2012. No. 4. P. 2619–2634.
4. *Qihao W., Dengsheng L., Jacquelyn S.* Estimation of land surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies // Remote Sensing of Environment. 2004. No. 89. P. 467–483.
5. *Rajeshwari A., Mani N.D.* Estimation of land surface temperature of Dindigul district using Landsat 8 data / International Journal of Research in Engineering and Technology. 2014. Vol. 03. Issue 05. P. 122–126.
6. *Ulivieri C., Castronuovo M.M., Francioni R., Cardillo A.* A split window algorithm for estimating land surface temperature from satellites // Advances in Space Research. 1994. No. 14. P. 59–65.
7. *Weng Q., Lu D., Schubring J.* Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies // Remote Sensing of Environment. 2004. No. 89. P. 467–483.
8. *Zareie S., Khosravi H., Nasiri A., Dastorani M.* Using Landsat Thematic Mapper (TM) sensor to detect change in land surface temperature in relation to land use change in Yazd, Iran // Solid Earth. 2016. No. 7. P. 1551–1564.
9. *Zhang J., Wang Y., Li Y.* A C++ program for retrieving land surface temperature from the data of Landsat TM/ETM+ band 6 // Computers & Geosciences. 2006. No. 32. P. 1796–1805.

Natural resource zoning of Khuzestan Province of Iran using thermal remote sensing and geoinformation mapping

S. Zareie¹, V.M. Sherbakov²

Saint Petersburg State University, St. Petersburg 199034, Russia
¹*E-mail: zareie_sajad@yahoo.com,* ²*E-mail: vs1570@yandex.ru*

In this paper, natural resource potential of the administrative regions of Khuzestan Province in Iran is assessed. Six types ranking and classification of the regions are performed. Type I corresponds to the maximum potential values (close to 1), while the potential value of type VI is zero, meaning prevalence of lifeless desert in this territory (Hoveyzeh Region). Natural resource potential is an indicative index of engineering arrangement prospects of regions with a high level of farming and animal husbandry development. The assessment is performed with satellite imagery obtained in 2011–2016. Image processing algorithms using ArcGIS, ERDAS, ENVI, and Priznak modern software are discussed. The purpose of the study was to develop an assessment mapping of the resource potential of the administrative regions of Khuzestan Province using calculation of an integral index that allows for the seasonal dynamics of the radiation land surface temperature t° and vegetation index $NDVI$ over a statistically representative number of years. Variations of t° and $NDVI$ were registered during 10 warm seasons of the year from April to September, with an interval of 16 days. The role of the dynamics of radiative land surface temperature and $NDVI$ in the assessment of resource potential of the territory was demonstrated by variability evaluation of geophysical land surface fields of Khuzestan Province.

Keywords: resource potential, multi-criteria analysis, land surface temperature, $NDVI$

Accepted: 29.03.2017

DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-2-110-121

References

1. Avery D., Afanasiev V.A., Vasilyev P.S., Panidi E.A., Shcherbakov V.M., Metodika i vychislitel'nyye sredstva ekspertno-otsenochnogo kartografirovaniya rezul'tatov kompleksnoy otsenki gorodskikh pochv (Methodology and computing resources of expert and assessment mapping results of the complex assessment of urban soils), *Coll. Articles: Theory and practice of ecological and geographical researches*, eds. V.V. Dmitriev et al., St. Petersburg: TIN, 2005, pp. 571–591.
2. Yarygtna N.B., Ispol'zovaniye programmnoy kompleksa ENVI dlya resheniya zadach lesnogo khozyaystva (Using ENVI software complex to solve tasks of forestry), *Geomatics*, 2011, No. 3.
3. Johnson B., Tateishi R., Kobayashi T., Remote Sensing of Fractional Green Vegetation Cover Using Spatially-Interpolated Endmembers, *Remote Sensing*, 2012, No. 4, pp. 2619–2634.
4. Qihao W., Dengsheng L., Jacquelyn S., Estimation of land surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies, *Remote Sensing of Environment*, 2004, No. 89, pp. 467–483.
5. Rajeshwari A., Mani N.D., Estimation of land surface temperature of Dindigul district using Landsat 8 data, *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 2014, Vol. 03, Issue 05, pp. 122–126.
6. Ulivieri C., Castronuovo M.M., Francioni R., Cardillo A., A split window algorithm for estimating land surface temperature from satellites, *Advances in Space Research*, 1994, No. 14, pp. 59–65.
7. Weng Q., Lu D., Schubring J., Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies, *Remote Sensing of Environment*, 2004, No. 89, pp. 467–483.
8. Zareie S., Khosravi H., Nasiri A., Dastorani M., Using Landsat Thematic Mapper (TM) sensor to detect change in land surface temperature in relation to land use change in Yazd, Iran, *Solid Earth*, 2016, No. 7, pp. 1551–1564.
9. Zhang J., Wang Y., Li Y., A C++ program for retrieving land surface temperature from the data of Landsat TM/ETM+ band 6, *Computers & Geosciences*, 2006, No. 32, pp. 1796–1805.