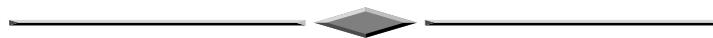


ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ, ФОТОГРАММЕТРИЯ



УДК 332.3:528.71 (635)

DOI 10.33764/2411-1759-2024-29-5-69-79

Анализ землепользования и температуры поверхности земли по спутниковым изображениям города Мендефера

Сереке Темесген Эйяссу^{1,2,3}, В. В. Братков¹, Тумузги Тесфай^{2,3}

¹ Московский государственный университет геодезии и картографии,
г. Москва, Российская Федерация

² Колледж бизнеса и социальных наук, г. Ади-Кейх, Государство Эритрея

³ Российский университет дружбы народов (РУДН), г. Москва, Российская Федерация

e-mail: temesghensereke@gmail.com

Аннотация. Урбанизация приводит к изменению землепользования (LULC), что также влияет на температуру поверхности земли (LST). В исследовании рассматриваются изменения LULC и их влияние на LST в городе Мендефера, Эритрея (1992–2022 гг.) с использованием полевых данных и данных Landsat. Классификация LULC на исследуемой территории была проведена для 1992, 2002, 2012 и 2022 гг. с использованием алгоритма опорных векторов (SVM). Исследуемая территория была классифицирована на четыре основных класса LULC, а именно: сельскохозяйственные земли, используемые для животноводства, древесная растительность, застройка и сельскохозяйственные земли, используемые для земледелия. В ходе исследования были отмечены значительные изменения LULC с 1992 по 2022 г. на исследуемой территории. Сельскохозяйственные земли, используемые для животноводства, и древесная растительные территории сократились на 35,64 и 73,41 % соответственно, в то время как застроенные и сельскохозяйственные земли, используемые для земледелия, увеличились на 487,30 и 71,57 % соответственно. Среднее значение LST для 1992 и 2022 г. составило 21,9 и 31,79 °С соответственно. Во все исследуемые годы наибольшее и наименьшее значение LST наблюдалось на застроенных и древесных растительных территориях. Наблюдалась отрицательная корреляция между NDVI и LST для всех лет. Таким образом, данное исследование поможет исследователям, градостроителям и менеджерам в изучении и внедрении соответствующих механизмов планирования для снижения влияния LST.

Ключевые слова: землепользование (LULC), температура поверхности земли (LST), машина опорных векторов (SVM)

Для цитирования:

Сереке Темесген Эйяссу, В. В. Братков, Тумузги Тесфай. Анализ землепользования и температуры поверхности земли по спутниковым изображениям города Мендефера // Вестник СГУГиТ. – 2024. – Т. 29, № 5. – С. 69–79. – DOI 10.33764/2411-1759-2024-29-5-69-79

Введение

Быстрая урбанизация приводит к значительному воздействию на LULC, экосистемы,

местный климат и окружающую среду. Исследования показывают, что урбанизация преобразует природные ландшафты в другие виды землепользования, что является основ-

ным фактором изменения LULC [1–3]. Эти динамические изменения LULC приводят к значительному увеличению площади застройки, сокращению растительности и соответствующему повышению LST в городских и пригородных районах [1, 4, 5]; непроницаемые поверхности, такие как дороги и здания, поглощают и повторно излучают больше тепла, повышая LST [1].

С. С. Шинкаренко и др. [6] определили и сравнили значения между LST и NDVI для территории Волгоградской агломерации, рассчитали коэффициент корреляции и сезонные варьирования и обнаружили, что сильные отрицательные связи наблюдаются на территории, которая покрыта зелеными деревьями. Таким образом, существует отрицательная корреляция между NDVI и LST в зеленой зоне. П. И. Константинов и др. [7] проанализировали результаты городского острова тепла (Urban Heat Island, UHI) и поверхностного городского острова тепла (Surface Urban Heat Island, SUHI) с использованием температуры воздуха и LST для полярного города Апатиты и обнаружили, что в зимнее время в Апатитах наблюдается более высокая LST. Одним из показателей SUHI является увеличение LST. Также было проведено исследование суточной и сезонной динамики LST в г. Волгограде за 2018 г. и выявлено, что значительная высокая изменчивость среднесуточных значений наблюдалась на территориях с высокой долей водоемов, заболоченных участков и низкой степенью почвенного покрова [8]. Таким образом, разные классы LULC имеют разные значения LST. В период 1992–2000 гг. температура поверхности земли в южной горной тайге Красноярского края снижается, а в Северной Евразии – повышается [9]. Это может быть следствием увеличения количества засух и недостатка влаги в целом.

Быстрый рост населения в развивающихся странах часто приводит к значительным изменениям в LULC [10, 11]. Фактически около 90 % мирового прироста населения сосредоточено в Азии и Африке [12]. Учитывая эти тенденции, исследования динамики LULC и их влияния на LST являются весьма актуальными и применимыми для городов и поселков Эритреи, где информация об этом весьма огра-

ничена. Эритрея входит в число стран с самыми быстрыми темпами урбанизации, где более 65 % населения проживает в сельской местности, но ежегодный рост городов происходит быстрыми темпами [10, 11, 13]. Таким образом, в данном исследовании рассматриваются изменения LULC и их влияние на LST в эритрейском городе Мендефера и его окрестностях с использованием данных полевого и дистанционного зондирования и инструментов ГИС.

Методика и объект исследований

Район исследования. Город Мендефера, расположенный в 54 км к югу от столицы Эритреи Асмары, находится в агроэкологической зоне влажных высокогорий Эритреи со среднемесячной температурой воздуха 17,35 °C и среднегодовым количеством осадков 549 мм. Город и его окрестности плотно заселены благодаря плодородным почвам. Поселенцы занимаются различными видами экономической деятельности, такими как сельское хозяйство, торговля, таможенные услуги и т. д. Район известен своей сельскохозяйственной деятельностью.

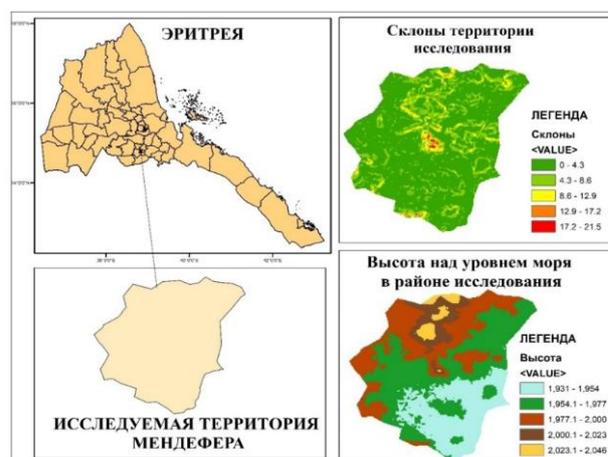


Рис. 1. Карта района исследования

Данные. Снимки Landsat Combination-2 Level-2 из Landsat 8 OLI_TRI за 2022 г., Landsat 7 ETM+ за 2002 и 2012 гг. и Landsat 5 TM за 1992 г. с WRS Path 169 и ROW 050 были загружены с сайта United State Geological Survey Earth Explorer (<https://earthexplorer.usgs.gov>) для анализа и мониторинга LULC на исследуемой

территории за 30 лет. Полная обработка, мониторинг и анализ спутниковых изображений проводились с использованием таких программных пакетов, как ENVI 5.3, ArcGIS 10.8.2 и QGIS 3.28. Метод опорных векторов (SVM) был применен для классификации исследуемой

территории на четыре основных класса LULC. LST была рассчитана с использованием тепловых полос. Также использовались данные ASTER-GDEM. Общая методология и процедуры данного исследования представлены в блок-схеме на рис. 2.

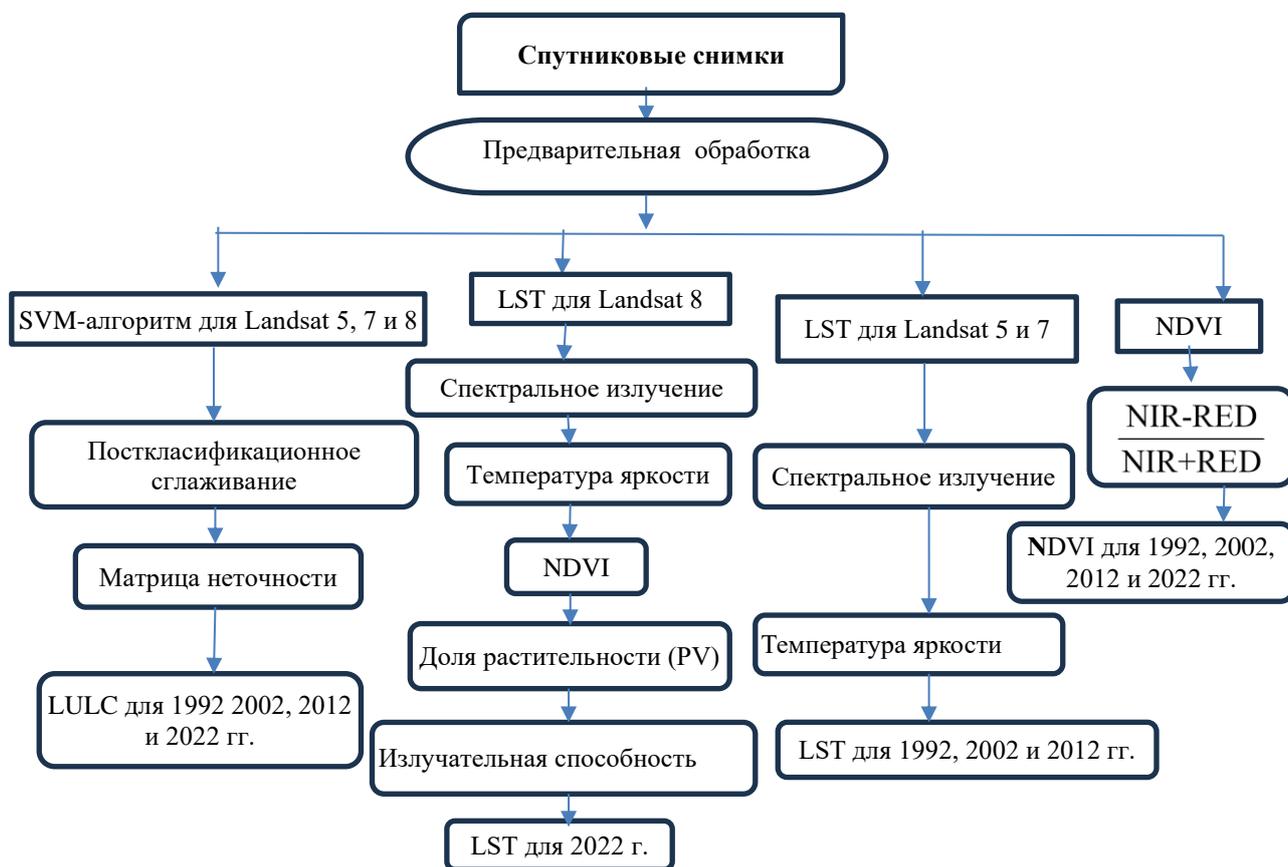


Рис. 2. Блок-схема перечня процедур для обработки снимков

Классификация землепользования и ландшафта. Принята схема классификации LULC, предложенная AfriCover [14], и с помощью SVM на исследуемой территории были получены четыре доминирующие категории LULC, как показано в табл. 1. Для оценки эффективности классификации были также рассчитаны общая точность и коэффициент Каппа.

Таблица 1

Базовая схема классификации для территории исследования

Номер	Классы LULC	Упрощенное объяснение на основе (Министерство труда и благосостояния человека Государства Эритрея – департамент труда)
0.	Сельскохозяйственные земли, используемые для животноводства	Территория, оставленная под пар, выпас скота и другие цели
1.	Древесная растительность	Сезонно-влажные леса, посадки деревьев и кустарников
2.	Застройка	Промышленная, коммерческая и общественная застройка; транспорт и другие застроенные территории
3.	Сельскохозяйственные земли, используемые для земледелия	Богарное земледелие и ирригация

Вычисление температуры поверхности земли. Снимки за 1992, 2002, 2012 и 2022 гг. были получены 09.09.1992, 29.09.2002, 24.09.2012 и 28.09.2022 соответственно. Расчеты LST для снимков Landsat 5, 7 и 8 были выполнены следующим образом.

$$L_{\lambda} = \left(\frac{L_{\max\lambda} - L_{\min\lambda}}{Q_{CAL\max} - Q_{CAL\min}} \right) \cdot (Q_{CAL} - Q_{CAL\min}) + L_{\min\lambda}, \quad (1)$$

где L_{λ} – спектральная яркость; Q_{CAL} – квантованное значение калиброванного пикселя в DN; $L_{\max\lambda}$ – спектральная яркость, масштабированная до $Q_{CAL\max}$ в (Ватт/(м²·sr·μm)); $L_{\min\lambda}$ – спектральная яркость, масштабированная до $Q_{CAL\min}$ в (Ватт/(м²·sr·μm)); $Q_{CAL\min}$ – минимальное квантованное калиброванное значение пикселя (соответствующее $L_{\min\lambda}$) в DN, а $Q_{CAL\max}$ – максимальное квантованное калиброванное значение (соответствующее $L_{\max\lambda}$) в DN.

Преобразование излучения в BT [16]:

$$BT = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} - 273,15, \quad (2)$$

где BT – температура яркости, действующая при температуре спутника в градусах Цельсия; K_2 – калибровочная постоянная 2; K_1 – калибровочная постоянная 1; L_{λ} – спектральная светимость в (Вт/(м²·sr·μm)) из (1).

LST для 2022 г. с использованием Landsat 8. Температура поверхности земли (LST) была оценена с помощью теплового диапазона 10 на Landsat 8. Для преобразования диапазона 10 Landsat 8 из DN в LST были сделаны следующие шаги.

1. Спектральная светимость TOA (верхней части атмосферы) была рассчитана с помощью уравнения [15]

$$TOA(L) = M_L \cdot Q_{cal} + A_L, \quad (3)$$

где M_L – коэффициент мультипликативного изменения масштаба для конкретного диапазона из метаданных (RADIANCE_MULT_BAND_x, где x – номер канала); Q_{cal} – квантованное калиброванное значение; A_L означает коэффициент аддитивного изменения масштаба для конкретного канала из метаданных

LST за 1992, 2002 и 2012 гг. по данным Landsat 5 и Landsat 7. Для Landsat 5 и 7 LST оценивалась по тепловому диапазону 6. Для преобразования диапазона 6 из DN в LST были использованы следующие шаги.

Преобразование DN в светимость [15]:

(RADIANCE_ADD_BAND_x, где x – номер канала).

2. Значения светимости были преобразованы в яркостную температуру. Она была рассчитана с помощью уравнения [17]

$$BT = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L} + 1\right)} - 273,15. \quad (4)$$

3. Нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI) был рассчитан с помощью уравнения [1, 3]

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}. \quad (5)$$

4. Доля растительности рассчитывалась по уравнению [1, 18]

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_{\min}}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}} \right)^2. \quad (6)$$

5. Излучательная способность поверхности земли была рассчитана с помощью уравнения [14]

$$\varepsilon = \{mP_v + n\}, \quad (7)$$

где ε – излучательная способность поверхности земли; m и n – функции излучательной способности почвы и излучательной способности растительности соответственно, для $m = 0,004$ и $n = 0,986$ [1]; P_v – количество растительности (6).

6. Температура поверхности суши рассчитывалась по уравнению [1, 18]

$$LST = TB/1 + (\lambda \times TB/p) \ln \varepsilon, \quad (8)$$

где T_B – яркостная температура в градусах Цельсия; λ – длина волны излучения в центральном диапазоне (10,895 мкм для ка-

нала 10 [1]; $p - h \cdot c/\sigma$ ($1,438 \cdot 10^{-2}$ м К), где σ – постоянная Больцмана ($1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К), h – постоянная Планка ($6,626 \cdot 10^{-34}$ Джс), c – скорость света ($3,0 \cdot 10^8$ м/с⁻¹) [18]; ε – излучательная способность поверхности земли, оцененная из (7) [1].

Результаты и обсуждения

Обнаружение изменений в LULC (1992, 2002, 2012 и 2022 гг.). Четыре класса LULC с их пространственным распределением между 1992 и 2022 гг. для исследуемой территории показаны на рис. 3. Общая площадь исследуемой территории составляет 2536 га. В ходе исследования были отмечены значительные изменения LULC в период с 1992 по 2022 г.

На всех картинках и таблицах цифрой 0 обозначены сельскохозяйственные земли, используемые для животноводства, 1 – древесная растительность; 2 – застройка; 3 – сельскохозяйственные земли, используемые для земледелия.

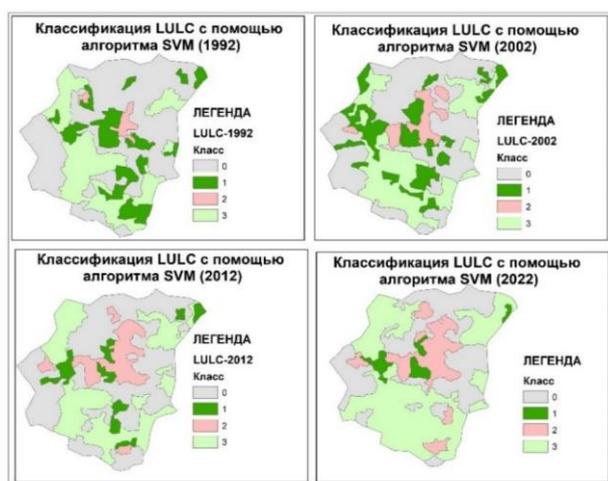


Рис. 3. Карты LULC исследуемой территории в 1992, 2002, 2012 и 2022 гг.

Если в 1992 г. площадь сельскохозяйственных земель, используемых для животноводства, сельскохозяйственных земель, используемых для земледелия, древесных растительных и застроенных территорий составляла 55,41, 27,01, 15,14 и 2,36 %, то в 2022 г. – 35,7, 46,5, 4,0 и 13,9 % соответственно (табл. 2). В период с 1992 по 2022 г.

сельскохозяйственные земли, используемые для животноводства, и древесные растительные территории сократились на 500,87 га (35,64 %) и 282,57 га (73,61 %), в то время как застроенные и сельскохозяйственные земли, используемые для земледелия, увеличились на 291,55 га (487,3 %) и 491,73 га (71,57 %) соответственно (табл. 3).

С 1992 по 2002 г. древесная растительность, застроенные и сельскохозяйственные земли, используемые для земледелия, увеличились на 67,24 га (17,54 %), 104,78 га (175,13 %) и 30,13 га (4,39 %) соответственно, а сельскохозяйственные земли, используемые для животноводства территории сократились на 202,3 га (14,4 %). В период с 2002 по 2012 г. площадь застроенных, сельскохозяйственных земель, используемых для земледелия, и сельскохозяйственных земель, используемых для животноводства, увеличилась на 128,5 га (78,1 %), 96,4 га (8 %) и 52,9 га (7,4 %) соответственно, а площадь древесной растительности сократилась на 277,8 га (61,6 %) (см. табл. 2, 3). Кроме того, с 2012 по 2022 г. площади сельскохозяйственной земли, используемые для животноводства, и древесной растительности сократились на 395,01 га (30,4 %) и 72,14 га (41,16 %), в то время как застроенные и сельскохозяйственные земли, используемые для земледелия площади увеличились на 52,28 га (19,88 %) и 408,85 га (53,09 %) соответственно.

Из созданной карты изменений LULC в период с 1992 по 2022 г. (рис. 4) видно, что четыре категории LULC претерпели значительные изменения, в результате которых застроенные и сельскохозяйственные земли, используемые для земледелия, расширились, в то время как сельскохозяйственные земли, используемые для животноводства, и древесные растительные территории сократились. Основными причинами изменения LULC являются преобразование древесной растительности и сельскохозяйственных земель на территориях, используемых для животноводства, в застроенные территории в связи с урбанизацией и ростом населения.

Полученные результаты подтверждаются данными о том, что площадь застройки быстро

увеличивается, а площадь растительности сокращается [1, 4]; застроенные и сельскохозяйственные территории, используемые для земледелия, развивались, в то время как растительность сокращалась [19].

Точность классификаций LULC для 1992, 2002, 2012 и 2022 гг. можно оценить по рассчитанным общим показателям 92, 89, 91 и 89 % и коэффициентам Каппа 0,87; 0,84; 0,85 и 0,85 (табл. 4) соответственно.

Таблица 2

Сравнение ареалов покрытия классов LULC

Класс LULC	Площадь в 1992 г.		Площадь в 2002 г.		Площадь в 2012 г.		Площадь в 2022 г.	
	га	%	га	%	га	%	га	%
0	1 405,21	55,41	1 202,95	47,43	1 299,35	51,23	904,34	35,66
1	383,85	15,14	451,2	17,81	173,42	6,84	101,28	3,99
2	59,83	2,36	164,61	6,49	293,1	11,56	351,38	13,85
3	687,1	27,01	717,23	28,28	769,98	30,36	1 178,83	46,49
Общая площадь	2 536	–	2 536	–	2 536	–	2 536	–

Таблица 3

Количественные изменения LULC

Класс LULC	1992–2002 гг.		2002–2012 гг.		2012–2022 гг.		2002–2022 гг.		1992–2022 гг.	
	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
0	–202,3	–14,4	96,4	8,01	–395,0	–30,4	–298,6	–24,82	–500,9	–35,64
1	67,24	17,54	–277,6	61,52	–72,14	–41,2	–349,9	77,76	–282,6	–73,62
2	104,78	175,13	128,49	78,06	58,28	19,88	186,77	113,46	291,55	487,30
3	30,13	4,39	52,75	7,35	408,85	53,09	461,6	64,36	491,73	71,57

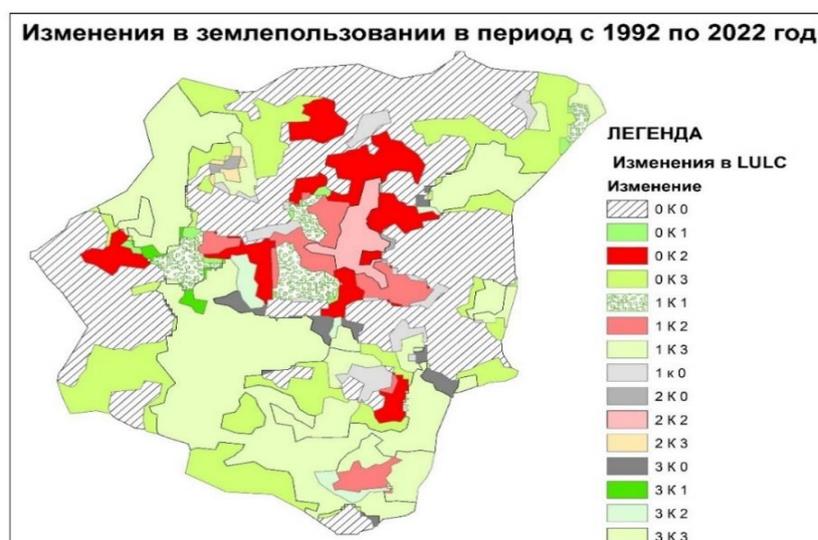


Рис. 4. Карта изменений LULC (1992–2022 гг.)

Таблица 4

Оценка точности классификации LULC для 1992, 2002, 2012 и 2022 гг.

Параметры	LULC 1992	LULC 2002	LULC 2012	LULC 2022
Общая точность, %	92	89	91	89
Коэффициент Каппа	0,87	0,84	0,85	0,85

Температура поверхности суши. Средние значения LST в 1992, 2002, 2012 и 2022 гг. составили 21,9; 35,1; 30,2 и 31,8 °С соответственно (рис. 5), а минимальные и максимальные значения 18,4–29,6; 25,9–40; 2,2–39,6 и 23,7–38 °С соответственно. Среднее значение LST значительно увеличилось с 1992 по 2002 г. Самым высоким среднее значение LST было на застроенной территории, в то время как на территории с древесной растительностью оно было самым низким за все исследуемые годы. Это указывает на эффект городского острова, создаваемый застроен-

ными территориями, и охлаждающий эффект растительности (рис. 6).

Охлаждающий эффект растительности подтверждается отрицательными корреляциями между LST и NDVI во все исследуемые годы. Значения R^2 составили 0,5766; 0,3041; 0,1038 и 0,4978 для 1992, 2002, 2012 и 2022 гг. соответственно.

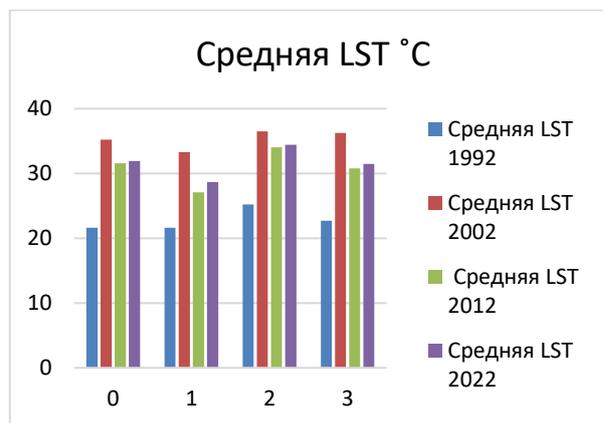


Рис. 5. Среднее значение LST для различных классов LULC в 1992, 2002, 2012 и 2022 гг.

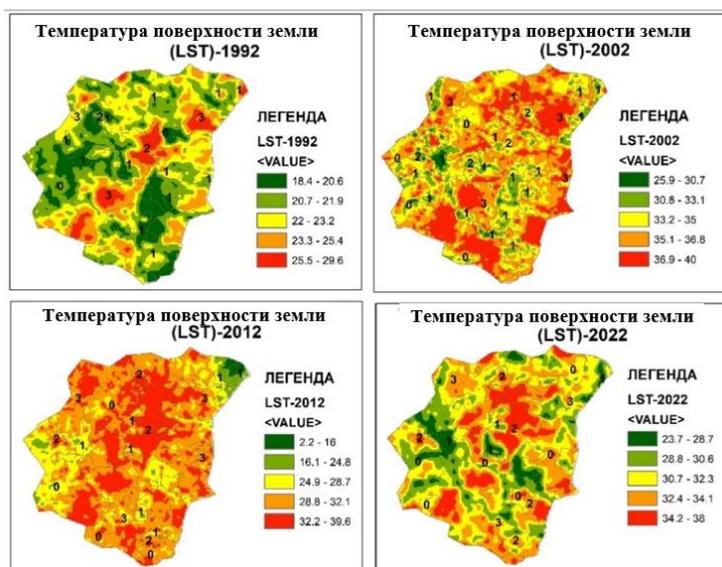


Рис. 6. Пространственные распределения LST с LULC с 1992 по 2022 г.

Выводы

Исследование выявило значительные изменения LULC на исследуемой территории. С 1992 по 2022 г. площадь застроенных и сельскохозяйственных земель, используемых для земледелия, увеличилась на 487,3 и 71,57 %, а

древесной растительности и сельскохозяйственных земель, используемых для животноводства, наоборот, сократилась на 73,6 и 35,6 % соответственно. На застроенной территории зафиксирован самый высокий средний показатель LST, в то время как на древесной растительности – самый низкий за все исследуемые

годы, что свидетельствует об эффекте теплового острова, создаваемого застройкой, и охлаждающем эффекте растительности. Общее среднее значение LST увеличилось на 9,89 °С с 1992 по 2022 г. в исследуемом районе, что

объясняется уничтожением растительности в связи с ростом населения и урбанизацией. Исследование может помочь в планировании устойчивого развития городов в целях минимизации эффекта городского острова тепла.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Dissanayake D. Land Use Change and its Impacts on Land Surface Temperature in Galle city, Sri Lanka // *Climate*. – 2020. – Vol. 8 (5). – DOI 10.3390/CL18050065.
2. Dissanayake D., Morimoto T., Murayama Y., Ranagalage M. Impact of Landscape Structure on the Variation of Land Surface Temperature in Sub-Saharan Region: A case study of Addis Ababa using Landsat Data (1986-2016) // *Sustainability (Switzerland)*. – 2019. – Vol. 11. – DOI 10.3390/su11082257.
3. Arsiso B., Mengistu T., Stoffberg G. H., Tadesse T. Influence of Urbanization-Driven Land Use/Cover change on Climate: The case of Addis Ababa, Ethiopia // *Physics and Chemistry of the Earth*. 2018. – Vol. 105. – P. 212–223. – DOI 10.1016/j.pce.2018.02.009.
4. Roustai I., Sarif M. O., Gupta R. D., Olafsson H., Ranagalage M., Murayama Y., Zhang H., Mushore T. D. Spatiotemporal Analysis of Land use/Land cover and its Effects on Surface Urban Heat Island using Landsat Data: A case study of Metropolitan City Tehran (1988-2018) // *Sustainability (Switzerland)*. – 2018. – Vol. 10. – DOI 10.3390/su10124433.
5. Кондратьева А. Ю., Федоров С. И., Глебова И. А., Шатохин М. А., Климов В. А. Исследование мирового опыта воздействия изменения технологий землепользования на глобальный климат // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2019. – № 5. – С. 27–33.
6. Шинкаренко С. С., Кошелева О. Ю., Гордиенко О. А., Дубачева А. А., Омарова Р. С. Связь сезонной динамики температуры поверхности и NDVI урбанизированных территорий засушливой зоны (на примере Волгоградской агломерации) // *Исследование Земли из космоса*. – 2021. – № 4. – С. 72–83. – DOI 10.31857/S0205961421040084.
7. Константинов П. И., Грищенко М. Ю., Варенцов М. И. Картографирование островов тепла городов Заполярья по совмещенным данным полевых измерений и космических снимков на примере г. Апатиты (Мурманская область) // *Исследование Земли из космоса*. – 2015. – № 3. – С. 27–33. – DOI 10.7868/S0205961415030069.
8. Кошелева О. Ю., Шинкаренко С. С., Гордиенко О. А., Дубачева А. А., Омаров Р. С. Суточная и сезонная динамика температуры поверхности города Волгограда // *Вестник Воронежского государственного университета. Сер.: География. Геоэкология*. – 2021. – № 1. – С. 14–24. DOI:10.17308/geo.2021.1/3252.
9. Шевырногов А. П., Чернецкий М. Ю., Высоцкая Г. С. Многолетние тренды NDVI и температуры на юге Красноярского края // *Исследование Земли из космоса*. – 2012. – № 6. – С. 77–87.
10. Tewolde G., Cabral P. Urban sprawl analysis and modeling in Asmara, Eritrea // *Remote Sens (Basel)*. – 2011. – Vol. 3. – P. 2148–2165. – DOI 10.3390/rs3102148.
11. Measho S., Chen B., Pellikka P., Trisurat Y., Guo L., Sun S., Zhang H. Land Use/Land Cover Changes and Associated Impacts on Water Yield Availability and Variations in the Mereb-Gash River Basin in the Horn of Africa // *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*. – 2020. – Vol. 125 (7). – DOI:10.1029/2020JG005632.
12. Priyankara P., Ranagalage M., Dissanayake D., Morimoto T., Murayama Y. Spatial process of Surface Urban Heat Island in Rapidly Growing Seoul Metropolitan Area for Sustainable Urban Planning Using Landsat data (1996-2017) // *Climate*. – 2019. – Vol. 7. – DOI 10.3390/cli7090110.
13. United Nations. World Urbanization Prospects. Department of Economic and Social Affairs. New York, NY, USA, 2018 [Electronic resource]. – URL: <https://population.un.org/wup/>.

14. Сереке Т. Э., Братков В. В., Аристархова А. В. Выделение категорий земель с использованием алгоритма Maximum Likelihood по снимкам Landsat 8 (на примере подзоны Мендефера, Эритрея) // Мониторинг. Наука и технологии. – 2023. – Т. 56, № 2. – С. 6–69. – DOI 10.25714/MNT.2023.56.008.
15. M. B., Suresh Babu S. Estimation of Land Surface Temperature using LANDSAT 8 Data // International Journal of Advance Research in Technology. – 2018. – Vol. 4(2) [Electronic resource]. – URL: www.ijariit.com/manuscripts/v4i2/V412-1195.pdf.
16. Sekertekin A., Bonafoni S. Land Surface Temperature Retrieval from Landsat 5, 7, and 8 over rural areas. Assessment of Different Retrieval Algorithms and Emissivity Models and Toolbox Implementation // Remote Sens (Basel). – 2020. – Vol. 12. – DOI N10.3390/rs12020294.
17. Ibrahim R. Urban Land Use Land Cover Changes and Their Effect on Land Surface Temperature: Case study using Dohuk City in the Kurdistan Region of Iraq // Climate. – 2017. – Vol. 5(13). – DOI 10.3390/cli5010013.
18. Opelele Omeno M., Yu Y., Fan W., Lubalega T., Chen C., Kachaka Sudi Kaiko C. Analysis of the Impact of Land-Use/Land-Cover Change on Land-Surface Temperature in the Villages within the Luki Biosphere Reserve // Sustainability (Switzerland). – 2012. – Vol. 13. – DOI 10.3390/su132011242.
19. How Jin A. D., Ismail M. H., Muharam F. M., Alias M. A. Evaluating the Impacts of Land use/Land cover Changes across Topography against Land Surface Temperature in Cameron Highlands // PLoS One. – 2021. – Vol.16(5). – DOI 10.1371/journal.pone.0252111.

Об авторах

Сереке Темесген Эйяссу – аспирант кафедры географии.

Виталий Викторович Братков – доктор географических наук, профессор, зав. кафедрой географии.

Тумузги Тесфай – аспирант кафедры природопользования.

Получено 07.05.2024

© *Сереке Темесген Эйяссу, В. В. Братков, Тумузги Тесфай, 2024*

Land Use Land Cover Changes and their impacts to Land Surface Temperature Using Satellite Imagery: Case Study-Mendefera Town-Eritrea (1992–2022)

Sereke Temesghen Eyassu^{1,2✉}, V. V Bratkov¹, Tumuzghi Tesfay^{2,3}

¹ Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russian Federation

² College of business and Social Sciences, Adi Keih, State of Eritrea

³ People's Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

e-mail: temesghensereke@gmail.com

Abstract. Urbanization leads to land use/land cover (LULC) changes that also affect the land surface temperature (LST). The study examines the LULC changes and their impacts on LST in Mendefera city, Eritrea (1992 – 2022) using field and Landsat data. LULC classifications of the study area were done for 1992, 2002, 2012 and 2022 using Supervised Support Vector Machine (SVM). The study area was classified in to four main LULC classes namely: Open, built-up, agricultural and natural vegetation areas. The study noted remarkable LULC changes from 1992 to 2022 in the study area. Open and natural vegetation areas were reduced by 35.64% and 73.41% whereas built-up and agricultural areas were increased by 487.30% and 71.57%, respectively. Mean LST for 1992 and 2022 were 21.9°C and 31.79°C, respectively. In all the referenced years, highest and lowest mean LST were observed in built-up and natural vegetation areas, respectively. There was a negative correlation

between NDVI and LST for all the years. Thus, the study will help researchers, urban planners and managers in studying, and implementing appropriate planning mechanisms to reduce the effect of LST.

Keywords: Land Use / Land Cover (LULC), Land Surface Temperature (LST), Support Vector Machine (SVM)

REFERENCES

1. Dissanayake, D. (2020). Land use change and its impacts on land surface temperature in Galle city, Sri Lanka. *Climate*, 8(5). DOI 10.3390/CLI8050065.
2. Dissanayake, D., Morimoto, T., Murayama, J., & Ranagalage, M. (2019). Impact of landscape structure on the variation of land surface temperature in Sub-Saharan Region: A case study of Addis Ababa using Landsat Data (1986-2016). *Sustainability (Switzerland)*, 11. DOI 10.3390/su11082257.
3. Arsiso, B. K., Mengistu, T., Stoffberg, G. H., & Tadesse, T. (2018). Influence of urbanization-driven land use/cover change on climate: The case of Addis Ababa, Ethiopia. *Physics and Chemistry of the Earth*, 105, 212–223. DOI 10.1016/j.pce.2018.02.009.
4. Rousta, I., Sarif, M. O., Gupta, R. D., Olafsson, H., Ranagalage, M., Murayama, Y., Zhang, H., & Mushore, T. D. (2018). Spatiotemporal Analysis of Land use/Land cover and its Effects on Surface Urban Heat Island using Landsat Data: A case study of Metropolitan City Tehran (1988-2018). *Sustainability (Switzerland)*, 10. DOI 10.3390/su10124433.
5. Kondratyeva, A. Yu., Fedorov, S. I., Glebova, I. A., Shatokhin, M. V., & Klimov V. A. (2019). Study of Global Experience of the Impact of Land Use Technology Change on the Global Climate. *Vestnik Kurskoy Gosudarstvennoy Selskokhozyaystvennoy Akademii [Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy]*, 5, 27–33. DOI 10.7868/s0205961415030069 [in Russian].
6. Shinkarenko, S. S., Kosheleva, O. Yu., Gordienko, O. A., Dubacheva, A. A., & Omarov, R. S. (2021). Relationship of Seasonal Dynamics of Surface Temperature and NDVI of Urbanized Territories of Arid Zone (on the Example of the Volgograd Agglomeration). *Issledovaniye Zemli Ease Cosmosa [Earth observation from Space]*, 4, 72–83. DOI 10.31857/S0205961421040084 [in Russian].
7. Konstantinov, P. I., Grishchenko, M. Y., & Varentsov, M. I. (2015). Mapping of Arctic Cities Urban Heat Island Based on the Composition of Field Meteorological Measurements and Satellite-Derived Imagery (Example of Apatity, Kola Peninsula). *Issledovaniye Zemli Ease Cosmosa [Earth observation from Space]*, 3, 27–33. DOI 10.7868/S0205961415030069 [in Russian].
8. Kosheleva, O. Yu., Shinkarenko, S. S., Gordienko, O. A., Dubacheva, A. A., & Omarov R. S. (2021). Daily and Seasonal Dynamics of Surface Temperature in the Volgograd City. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografia. Geoekologia [Bulletin of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology]*, 1, 14–24. DOI 10.17308/geo.2021.1/3252 [in Russian].
9. Shevyrnogov, A. P., Chernetskiy, M. Yu., & Vysotskaya, G. S. (2012). Interannual Trend of NDVI and Temperature in the South of Krasnoyrsky Kray). *Issledovaniye Zemli Ease Cosmosa [Earth observation from Space]*, 6, 77–87.
10. Tewolde, M. G., & Cabral, P. (2011). Urban sprawl analysis and modeling in Asmara, Eritrea. *Remote Sens (Basel)*, 3, 2148–2165. DOI: 10.3390/rs3102148/.
11. Measho, S., Chen, B., Pellikka, P., Trisurat, Y., Guo, L., Sun, S., & Zhang, H. (2020). Land Use/Land Cover Changes and Associated Impacts on Water Yield Availability and Variations in the Mereb-Gash River Basin in the Horn of Africa. *J Geophysical Research: Biogeosciences*, 125(7). DOI 10.1029/2020JG005632/.
12. Priyankara, P., Ranagalage, M., Dissanayake, D., Morimoto, T., & Murayama, Y. (2019). Spatial Process of Surface Urban Heat Island in rapidly growing Seoul Metropolitan Area for Sustainable Urban Planning using Landsat data (1996-2017). *Climate*, 7. DOI 10.3390/cli7090110.
13. United Nations (2018). World Urbanization Prospects. Department of Economic and Social Affairs. *New York, NY, USA*. Retrieved from <https://population.un.org.wup/>.

14. Sereke, T. E., Bratkov, V. V & Aristarkhova, A. V. (2023). Allocation of Land Categories Using the Maximum Likelihood Algorithm Based on Landsat 8 Images (using the Example of The Mendefera Subzone, Eritrea). *Monitoring Nauka i Tekhnologi [Monitoring science and technology]*, 2(56), 63-69. DOI 10.25714/MNT.2023.56.009 [in Russian].
15. M. B., & Suresh, B. S. (2018). Estimation of Land Surface Temperature using LANDSAT 8 Data. *International Journal of Advance Research in Technology*, 4(2). Retrieved from www.ijar-iit.com/manuscripts/v4i2/V412-1195.pdf.
16. Sekertekin, A., & Bonafoni, S. (2020). Land surface temperature retrieval from Landsat 5, 7, and 8 over Rural Areas: Assessment of Different Retrieval Algorithms and Emissivity Models and Toolbox Implementation. *Remote Sens (Basel)*, 12. DOI 10.3390/rs12020294.
17. Ibrahim, G. (2017). Urban land use land cover changes and their effect on land surface temperature: Case study using Dohuk City in the Kurdistan Region of Iraq. *Climate*, 5(13). DOI 10.3390/cli5010013.
18. Opelele Omeno, M., Yu, Y., Fan, W., Lubalega, T., Chen, C., & Kachaka Sudi Kaiko, C. (2021). Analysis of the Impact of Land-use/Land-cover change on Land-Surface Temperature in the Villages within the Luki Biosphere Reserve. *Sustainability (Switzerland)*, 13. DOI 10.3390/su132011242.
19. How Jin, A. D., Ismail, M. H., Muharam, F. M., & Alias, M. A. (2012). Evaluating the Impacts of Land use/Land Cover Changes across Topography against Land Surface Temperature in Cameron Highlands. *PLoS One*, 16(5). DOI 10.1371/journal.pone.0252111.

Authors details

Sereke Temesghen Eyassu – Ph. D. Student, Department of Geography.

Vitaly V. Bratkov – D. Sc., Professor, Head of Department of Geography.

Tumuzghi Tesfay – Ph. D. Student, Department of Environmental Management.

Received 07.05.2024

© *Sereke Temesghen Eyassu, V. V. Bratkov, Tumuzghi Tesfay, 2024*