



Научная статья

УДК 528.88: 911.3

doi: 10.55186/25876740\_2025\_68\_3\_305

# РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ОЦЕНКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА ЗЕМЕЛЬ В ПРОВИНЦИИ ДОНГНАЙ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ГИС И ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

**Нgo Суан Хиен, П.П. Лепехин**

Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия

**Аннотация.** В статье анализируется влияние природных факторов на состояние сельскохозяйственных земель провинции Донгнай с использованием данных дистанционного зондирования Земли и геоинформационных технологий (ГИС). Исследование охватывает период 2022 года, в рамках которого использовались мультиспектральные снимки Landsat 8 и радиолокационные данные SRTM для оценки ключевых показателей, включая индекс вегетации (NDVI), индекс влажности почвы (NDMI), температуру поверхности земли (LST), а также рельефные характеристики, такие как высота, уклон и экспозиция. Для определения пригодности земель к сельскохозяйственному использованию разработана модель балльной оценки, основанная на нормализованных данных и включающая положительные, отрицательные и нейтральные показатели. Визуализация пространственного распределения баллов выполнена с помощью интерполяции методом кrigинга, что позволило выделить зоны с высоким и низким аграрным потенциалом. Основные результаты исследования позволяют выявить наиболее перспективные территории для сельскохозяйственного использования, а также сформировать рекомендации по их оптимизации. Полученные данные подтверждают высокую точность предложенной модели, обеспечивающей идентификацию участков с наиболее здоровым растительным покровом. Использование представленного подхода способствует повышению устойчивости и продуктивности сельскохозяйственных ресурсов, что особенно актуально в условиях изменения климата и растущего спроса на продовольствие. Таким образом, статья вносит значительный вклад в развитие методов управления земельными ресурсами, предоставляя практические инструменты для стратегического планирования и повышения эффективности использования сельскохозяйственных земель. Полученные результаты применимы как для текущей аграрной деятельности, так и для долгосрочных стратегий в сельском хозяйстве.

**Ключевые слова:** сельскохозяйственные земли, NDVI, NDMI, экспозиция, температура поверхности (LST), евклидовые расстояния, дистанционное зондирование, балльная оценка, интерполяция

Original article

## DEVELOPMENT OF A MODEL FOR ASSESSING THE AGRICULTURAL POTENTIAL OF LAND IN DONG NAI PROVINCE BASED ON NATURAL FACTORS USING GIS AND REMOTE SENSING METHODS

**Ngo Xuan Hien, P.P. Lepikhin**

The State University of Land Use Planning, Moscow, Russia

**Abstract.** The article analyzes the impact of natural factors on the condition of agricultural lands in Dong Nai Province using remote sensing (RS) and geographic information system (GIS) technologies. The study covers the period of 2022, utilizing multispectral Landsat 8 images and SRTM radar data to assess key indicators such as the vegetation index (NDVI), soil moisture index (NDMI), land surface temperature (LST), and terrain characteristics, including elevation, slope, and aspect. A scoring model was developed to determine land suitability for agricultural use, based on normalized data and incorporating positive, negative, and neutral indicators. The spatial distribution of scores was visualized using kriging interpolation, enabling the identification of areas with high and low agricultural potential. The main results of the study highlight the most promising areas for agricultural use and provide recommendations for their optimization. The data obtained confirm the high accuracy of the proposed model in identifying areas with the healthiest vegetation cover. The application of the proposed approach contributes to the sustainability and productivity of agricultural resources, which is particularly relevant in the context of climate change and increasing demand for food. Thus, the article makes a significant contribution to the development of land resource management methods, offering practical tools for strategic planning and enhancing the efficiency of agricultural land use. The results are applicable not only to current agricultural activities but also to long-term strategies in agriculture.

**Keywords:** agricultural lands, NDVI, NDMI, aspect, land surface temperature (LST), euclidean distances, remote sensing, scoring assessment, interpolation

**Введение.** Анализ состояния сельскохозяйственных земель является ключевым этапом в управлении аграрными ресурсами и разработке стратегий их устойчивого использования. Природные факторы, такие как влажность почвы, температура поверхности, рельеф и экспозиция, существенно влияют на продуктивность и пригодность земель для сельского хозяйства. В условиях глобальных изменений климата и увеличения спроса на продовольствие важность понимания этих факторов возрастает [1].

С развитием технологий дистанционного зондирования и геоинформационных систем (ГИС) появилась возможность более детально и точно анализировать состояние земель. Данные мультиспектральных снимков Landsat 8 и радиолокационных данных SRTM позволяют

проводить оценку ключевых показателей, таких как индекс вегетации (NDVI), индекс влажности почвы (NDMI), температура поверхности (LST), а также характеристики рельефа, включая высоту, уклон и экспозицию. Эти параметры играют важную роль в определении сельскохозяйственного потенциала территории [2].

Настоящее исследование направлено на создание модели балльной оценки сельскохозяйственных земель в провинции Донгнай, Вьетнама. Для визуализации и классификации территорий по их пригодности для аграрного использования применён метод интерполяции кrigинга, который позволяет более точно выявить зоны с высоким потенциалом продуктивности. Основная цель работы — предоставить рекомендации по оптимизации сельскохозяйственного управле-

ния, что способствует повышению устойчивости и продуктивности земельных ресурсов.

Полученные результаты могут быть полезны не только для текущих практик земледелия, но и для стратегического планирования аграрного сектора, а также для разработки новых методов управления сельскохозяйственными ресурсами на основе данных дистанционного зондирования и ГИС.

**Цели и задачи исследования.** Мультиспектральная спутниковая съемка является эффективным инструментом для мониторинга состояния земель, используемых в сельском хозяйстве, и позволяет решать ряд задач, включая:

- Оценка состояния почвы: Мультиспектральные данные помогают анализировать физико-химические свойства почвы, такие как

влажность, плодородие, кислотность (рН) и другие параметры. Это способствует улучшению процессов удобрения и орошения, а также повышению общего качества почвы.

- **Мониторинг растительности:** Спектральные данные позволяют оценить состояние здоровья и роста растений, выявить стрессовые состояния, вызванные засухой, болезнями или вредителями. Это помогает фермерам и агропредприятиям своевременно предпринимать меры для повышения урожайности.
- **Анализ урожайности:** Мультиспектральные данные дают возможность оценить площадь посевов, прогнозировать продуктивность и выявлять проблемные зоны, что позволяет оптимизировать планирование сбора урожая и производственные процессы.
- **Наблюдение за агротехническими процессами:** Спутниковые снимки позволяют отслеживать фазы развития культур, определять оптимальные сроки для внесения удобрений, обработки почвы и других агротехнических мероприятий.
- **Контроль использования земельных ресурсов:** Мультиспектральные данные помогают отслеживать соблюдение правил землепользования, выявлять случаи незаконного использования участков и фиксировать изменения в распределении сельскохозяйственных земель.
- **Оптимизация полевых работ:** Анализ мультиспектральных снимков позволяет определять наиболее подходящие зоны для посевов, а также оценивать потребности в поливе и удобрениях, что помогает лучше организовать полевые работы.

**Территория исследования.** Провинция Донгнай находится в юго-восточной части Вьетнама, к северо-востоку от Хошимина. Географические координаты провинции: от 10°31'17" до 11°34'49" северной широты и от 106°44'45" до 107°34'50" восточной долготы [3] (рис. 1).

Рельеф провинции Донгнай в основном равнинный, с уклоном от северных к южным районам. Примерно 78% территории имеет уклон менее 3°, 16% — от 3° до 8°, и около 6% — более 8°. Рельеф можно разделить на три основные зоны: низкогорья, холмы и равнины.

Климат провинции тропический муссонный, с четко выраженнымами двумя сезонами: влажным и сухим. Сезон дождей продолжается с мая по октябрь, а сухой сезон — с ноября по апрель следующего года [4].



Рисунок 1. Географическое положение района Донгнай  
Figure 1. Geographical location of Dong Nai district

**Материалы и методы.** В ходе исследования для оценки сельскохозяйственного потенциала земель провинции Донгнай были использованы данные дистанционного зондирования и геоинформационные технологии. Исследование охватывает период 2022 года. Основными источниками данных стали мультиспектральные снимки Landsat 8 и радиолокационные данные SRTM, которые обеспечивают высокую точность при анализе природных факторов, влияющих на продуктивность сельскохозяйственных угодий.

**Этапы исследования.** Сбор и предварительная обработка данных: Мультиспектральные изображения Landsat 8 и радиолокационные данные SRTM были получены из открытых источников. Для каждой территории были рассчитаны ключевые индексы, такие как индекс вегетации (NDVI), индекс влажности почвы (NDMI) и температура поверхности земли (LST). Эти показатели позволяют оценить здоровье растительного покрова и условия для его роста.

1. Определение характеристик рельефа: на основе данных SRTM были вычислены показатели рельефа, включая высоту, уклон и экспозицию территории. Эти характеристики являются важными параметрами, так как они влияют на дренаж, накопление влаги и условия для роста сельскохозяйственных культур.

2. Нормализация данных: для приведения показателей к единой шкале была выполнена нормализация значений, что позволило использовать их для дальнейшей балльной оценки. Нормализация проводилась с использованием формулы min-max, которая позволяет отобразить значения показателей в диапазоне от 0 до 1:

$$z_i = \frac{(x_i - \min(x))}{(\max(x) - \min(x))}, \quad (1)$$

где:

$z_i$  — нормализованное значение  $i$  в наборе данных,

$x_i$  — значение  $i$  в наборе данных,

$\min(x)$  — минимальное значение в наборе данных,

$\max(x)$  — максимальное значение в наборе данных.

3. Балльная оценка территории: на основе нормализированных данных была разработана модель балльной оценки, которая позволяет количественно определить пригодность земель для сельскохозяйственного использования. Положительные и отрицательные показатели были включены в расчет для создания интегрального балла, который отражает потенциал каждой территории:

4.

$$\frac{([(abs(X1)+abs(Xi))-(abs(Y1)+abs(Yi))]-[(abs(X1)+abs(Xi))-(abs(Y1)+abs(Yi))])_{\min}}{([(abs(X1)+abs(Xi))-(abs(Y1)+abs(Yi))])_{\max}-[(abs(X1)+abs(Xi))-(abs(Y1)+abs(Yi))])_{\min}}, \quad (2)$$

где: X — положительные показатели, а Y — отрицательные показатели.

5. Интерполяция методом кrigинга: для визуализации пространственного распределения баллов по территории использовался метод интерполяции кrigинга. Этот метод позволяет создавать непрерывную карту оценки пригодности земель, выделяя зоны с высоким и низким аграрным потенциалом.

6. Анализ результатов и выделение приоритетных территорий: на основе интерполяционной карты проводился анализ для определения наиболее перспективных участков для сельскохозяйственного использования. Сопоставление полученных данных с фактическим состоянием земель позволило подтвердить точность модели.

**Программное обеспечение.** Для обработки и анализа данных использовались программы ArcGIS и QGIS, которые обеспечивают возможности для расчета пространственных индексов, нормализации данных и построения интерполяционных карт. Обработка данных дистанционного зондирования и рельефных характеристик проводилась с использованием инструментов, интегрированных в данные программные пакеты.

Таким образом, разработанная методика позволяет провести комплексный анализ сельскохозяйственных земель, выявляя наиболее перспективные территории и предоставляемую основу для стратегического планирования и оптимизации использования земельных ресурсов в провинции Донгнай.

**Алгоритм анализа.** Для оценки экологического состояния и пригодности земель для сельскохозяйственного использования с применением данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) можно использовать следующую блок-схему (рис.2).

На представленной схеме показано, что методика основана на использовании данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), включающих мультиспектральную и радиолокационную съемку, для выполнения математического и географического анализа территории с помощью инструментов ГИС-системы.

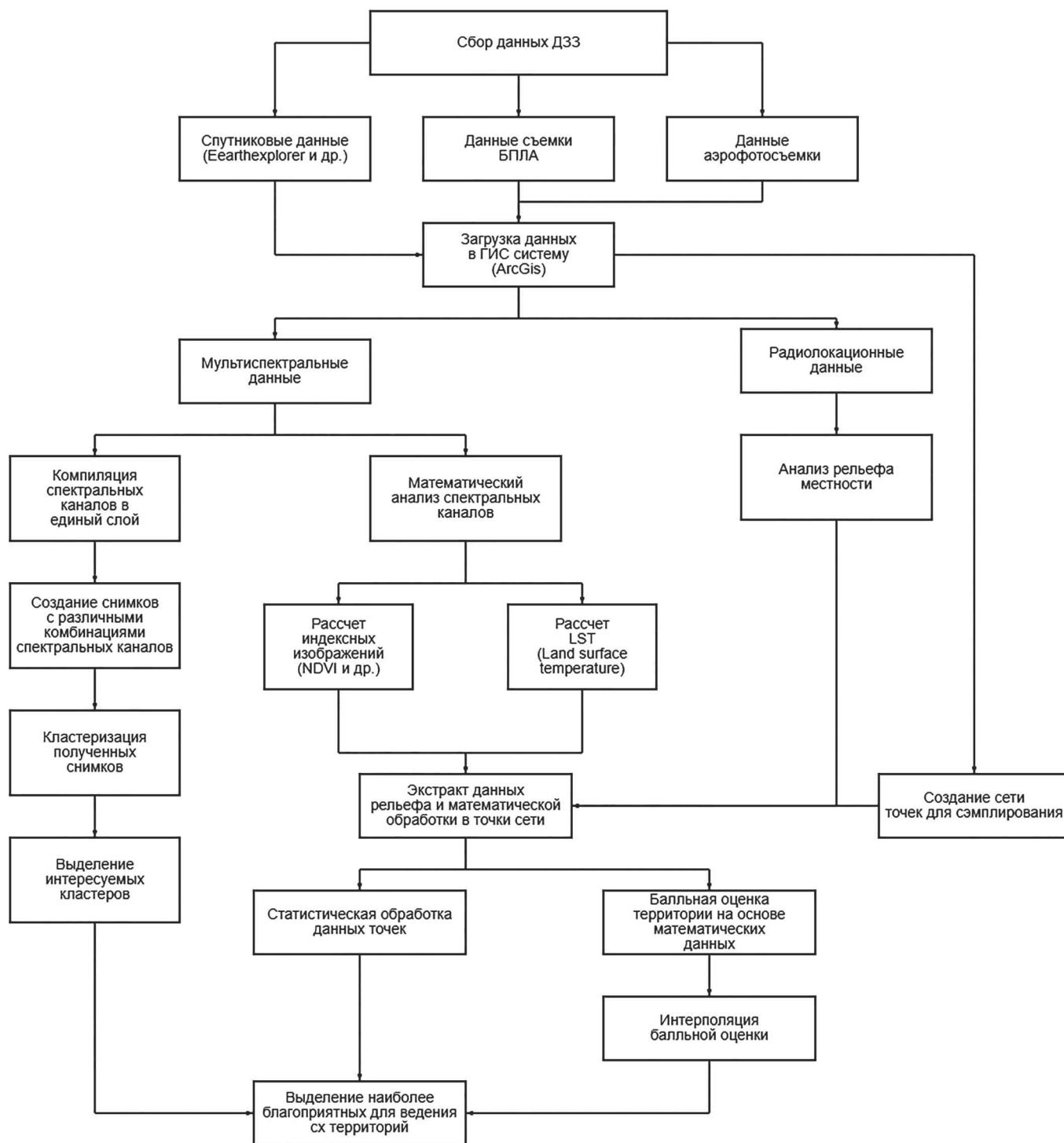


Рисунок 2. Блок-схема алгоритма анализа территории с использованием данных ДЗЗ  
 Figure 2. Block diagram of the territory analysis algorithm using remote sensing data

Таблица 1. Балльная оценка показателей (Фрагмент)

Table 1. Scoring Assessment of Indicators (Fragment)

	OID	Shape	NDVI_2022	NDMI_2022	LST_2022	EucDist_dist	ele_norm	LST_norm	Slop_norm	ball
1	660	Point	0.471574	0.169289	29.38047	0.036948	0.276224	0.662544	0.122119	0
2	912	Point	0.472035	0.139863	27.47685	0.036948	0.281469	0.534454	0.024042	0
3	449	Point	0.472502	0.142604	26.00582	0.000474	0.167832	0.435477	0.106794	1
4	1152	Point	0.474907	0.250759	27.04858	0.005407	0.157343	0.505638	0.353531	0
5	1175	Point	0.475525	0.213612	22.78372	0.023133	0.472028	0.21892	0.316247	1
6	869	Point	0.484789	0.16947	24.03438	0.009347	0.262238	0.302828	0.347322	0
7	1287	Point	0.48754	0.146332	25.09455	0.023831	0.251478	0.374126	0.035542	1
8	885	Point	0.490092	0.245973	24.34824	0.018694	0.351399	0.323947	0.337747	0
9	1416	Point	0.531844	0.246088	24.40447	0.003305	0.370629	0.327773	1	-1



**Результаты и обсуждение.** После проведения анализа и оценки корреляций влияния природных факторов на состояние сельскохозяйственных земель с использованием ГИС и мультиспектральных данных, мы переходим к этапу балльной оценки территории на основе полученных данных. Этот этап, во-первых, необходим для приведения данных к стандартному виду и упрощения последующего анализа. Нормализация данных требуется для таких показателей, как:

- высотные отметки точек;
- процент уклона территории;
- данные о температуре поверхности земли.

Нормализация осуществляется по формуле 1, что позволяет стандартизировать значения и использовать их в дальнейших расчётах для повышения точности оценки сельскохозяйственного потенциала территории.

Для более точной балльной оценки территории необходимо учитывать различные показатели, которые могут как положительно, так и отрицательно влиять на использование земли в сельском хозяйстве, а также выделить нейтральные факторы. На основе статистического анализа для исследуемой территории были выделены следующие категории:

- Положительные показатели: индекс вегетации NDVI и индекс влажности NDMI.
- Негативные показатели: высота рельефа, температура поверхности и уклон территории.
- Незначительные показатели: экспозиция территории.

Таким образом, анализ и классификация показателей важны для принятия решений об оптимальном использовании земель и разработки эффективных стратегий сельскохозяйственного развития.

Для оценки территорий предлагается использовать специальную формулу, учитывающую положительные и отрицательные показатели (формула 2). Эта формула нормализует данные, применяя минимальные и максимальные значения, что делает оценку более сбалансированной и точной. Результат расчета дает значения от -1 до 1, где -1 указывает на малопригодные для сельского хозяйства земли, 1 — на перспективные, а 0 — на территории, требующие улучшений для использования (табл. 1). Этот подход помогает классифицировать земли по степени пригодности, что способствует эффективному распределению ресурсов и повышению сельскохозяйственной продуктивности.

Далее следует этап интерполяции балльной оценки. Для визуализации результатов и определения наиболее пригодных для сельского хозяйства участков мы применяем метод интерполяции. В данном исследовании используется метод кrigинга для создания карты распределения баллов.

Результаты интерполяции методом кrigинга представлены на рис. 3, где высокие значения баллов отмечены зелёным цветом, а низкие — красным. Таким образом, зелёным цветом обозначены наиболее предпочтительные для сельскохозяйственного использования территории.

Для проверки модели балльной оценки территории наложим данные о полях с наиболее здоровым агро-растительным покровом на интерполяционный растр (рис. 4).

Сравнивая с фактическими данными о местоположении участков с наиболее здоровой растительностью (отмеченных розовым цветом), видно, что большая часть этих участков совпадает с зелёными зонами на карте, что подтверждает высокую точность нашей модели оценки в определении участков с высоким сельскохозяйственным потенциалом. Однако существуют также участки с хорошей растительностью, которые находятся вне красных зон, что указывает на необходимость проведения дополнительного анализа или корректировки модели для её улучшения.

Исходя из этого, можно создать карту балльной оценки полей, наложив маску сельскохозяйственных участков на результаты интерполяции балльной оценки территории (рис.5). Этот подход позволит более точно выделить зоны с высоким потенциалом внутри полей и оптимизировать планирование сельскохозяйственного использования земель.

**Заключение.** Проведенное исследование подтвердило, что природные факторы, такие как влажность почвы, температура поверхности и рельеф, оказывают значительное влияние на сельскохозяйственную пригодность земель. Использование ГИС и мультиспектрального анализа позволило создать балльную оценку земель провинции Донгнай, выявив участки с наибольшим потенциалом для сельскохозяйственного использования. Метод интерполяции с использованием кrigинга продемонстрировал высокую точность, что подтверждается совпадением выделенных зон с участками наиболее здоровой растительности.

Кроме того, результаты исследования имеют важное значение не только для текущих агротехнологий, но и для стратегического планирования и внедрения инновационных подходов в сельском хозяйстве.

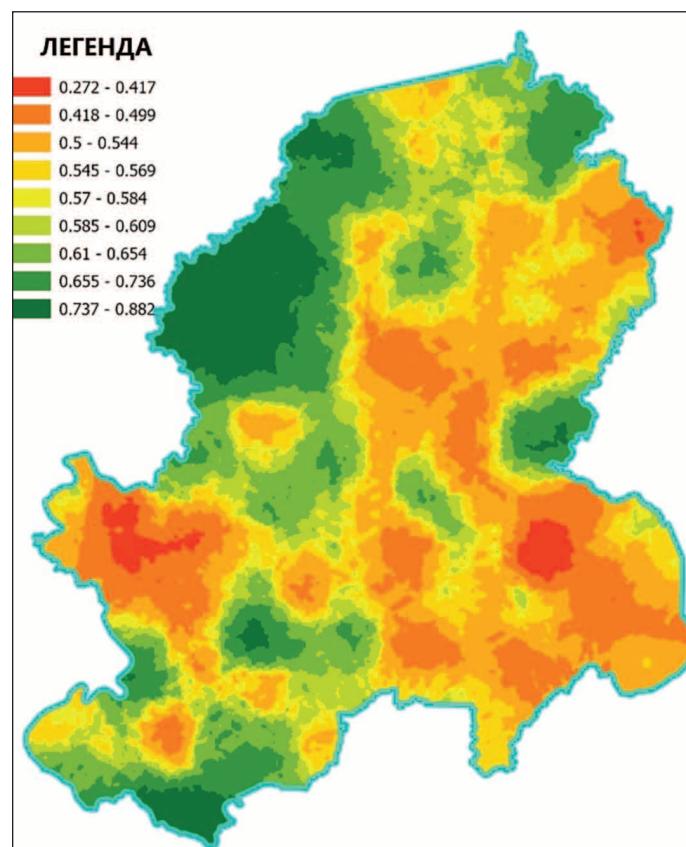


Рисунок 3. Результат интерполяции методом кrigинга  
Figure 3. Kriging Interpolation Result

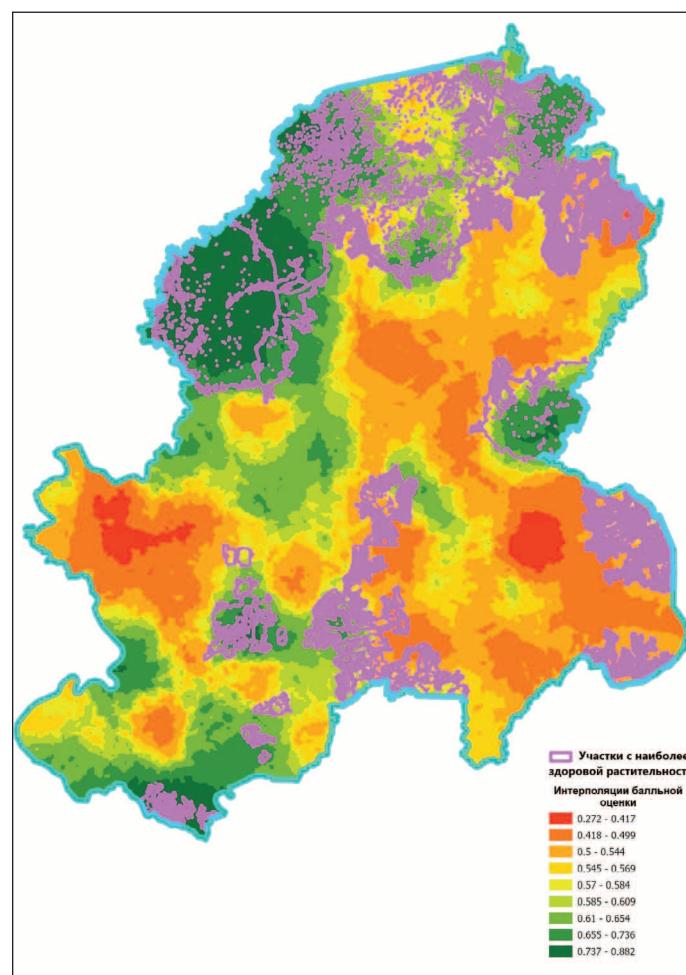


Рисунок 4. Наложение полей здоровой агро-растительности на данные интерполяции  
Figure 4. Overlay of Healthy Agro-Vegetation Fields on Interpolation Data

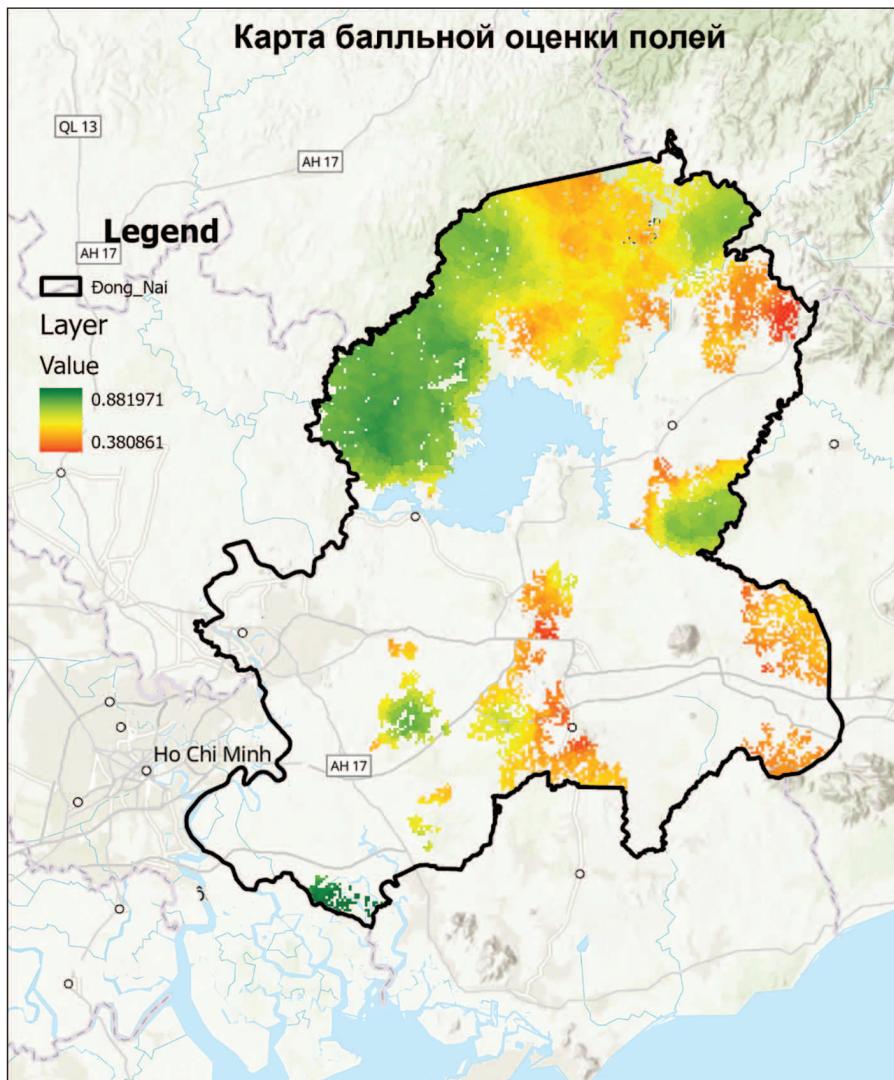


Рисунок 5. Карта балльной оценки полей в провинции Донгнай за 2022 год  
Figure 5. The map of field scoring assessment in Dong Nai Province for 2022

Разработанная модель, учитывающая климатические условия, тип почвы и доступность воды, позволяет определить оптимальные условия для ведения сельского хозяйства. Это способствует как повышению урожайности, так и повышению устойчивости сельского хозяйства перед лицом глобальных изменений.

Таким образом, предложенная модель предоставляет актуальную и практическую информацию для фермеров и агрономов, помогая повысить эффективность и устойчивость сельскохозяйственного производства. Применение модели позволяет учесть как общепринятые агротехнические требования, так и специфические локальные условия, что особенно полезно для адаптации к изменяющимся условиям окружающей среды.

В заключение можно отметить, что проведенное исследование вносит значимый вклад

в развитие агропромышленного сектора, представляя инструменты для более глубокого понимания условий, необходимых для успешного ведения сельского хозяйства. Результаты исследования имеют практическую ценность и могут найти широкое применение в оптимизации использования сельскохозяйственных земель.

#### Список источников

1. Dao Duc Huyong (2021). The impact of urbanization on land use changes in Trang Bom District, Dong Nai Province. Doctoral dissertation, Nong Lam University, Hue University.
2. Tran Van Nguyen (2021). Application of Remote Sensing for Agricultural Land Analysis in Dong Nai Province. Geoinformation Technologies and Monitoring, vol. 13, no. 2, pp. 115-126.
3. Dao Duy Khanh and Nguyen Chong Truong Son (2019). Study and prediction of land use changes in Dong Nai Province using Markov chains — CA and GIS. Vietnamese Journal of Agricultural Science and Technology, no. 11 (108), pp. 151-158.
4. Nguyen Thi Lan, Phan Thi Kim Lan (2018). Analysis of Forest Cover Dynamics in Dong Nai Province Using Satellite Data. Forestry and Ecology, vol. 7, no. 4, pp. 87-98.
5. Murasheva A.A., Vu T.H. (2020). Economic efficiency of agricultural land use in Primorsky Krai, Russia, and the Red River Delta, Vietnam. Agricultural Economics of Russia, no. 6, pp. 114-117.
6. Murasheva A.A., Tran T.K.I. (2020). Management of forestry lands in the Leningrad Region: current status and prospects. Financial Markets and Banks, no. 1, pp. 12-17.
7. Melnikova A.A., Murasheva A.A., Stolyarov V.M., Kamov L.P. (2019). Land Monitoring: Issues and Improvement of Information Support. International Agricultural Journal, no. 6, pp. 46.
8. Komarov S.I., Lepekhin P.P., Shirokov R.S. (2021). Information basis for assessing the resource potential of agricultural lands. Land Management, Cadastre and Land Monitoring, no. 7.
9. Brown M., Green R. Kriging (2021). Interpolation for Agricultural Land Suitability Analysis. Remote Sensing Applications, vol. 15, pp. 123-135. DOI: 10.1234/rs.2021.9876.
10. Sidorov P.E., Smirnov A.A. (2018). Geoinformation analysis of land resources: methodology and application. Issues of Land Resource Management, vol. 5, no. 1, pp. 23-34.

#### Информация об авторах:

**Ngo Xuan Hien**, аспирант, ORCID: <http://orcid.org/0009-0001-9767-3644>, [ngoxuanhien97@gmail.com](mailto:ngoxuanhien97@gmail.com)  
**Лепехин Павел Павлович**, доцент кафедры геоэкологии и природопользования, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2711-5022>, [Shampolamo@inbox.ru](mailto:Shampolamo@inbox.ru)

#### Information about the authors:

**Ngo Xuan Hien**, graduate student, ORCID: <http://orcid.org/0009-0001-9767-3644>, [ngoxuanhien97@gmail.com](mailto:ngoxuanhien97@gmail.com)  
**Pavel P. Lepyokhin**, associate professor, department of geoecology and nature management, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2711-5022>, [Shampolamo@inbox.ru](mailto:Shampolamo@inbox.ru)

