

КАРТИРОВАНИЕ ЗОН, ПОДВЕРЖЕННЫХ ОПОЛЗНЯМ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА МАКСИМАЛЬНОЙ ЭНТРОПИИ В РАЙОНЕ ЛЕЙТИМУР ЮЖНЫЙ, ИНДОНЕЗИЯ

Ракуаса Хеинрич, магистрант 2 курса, Кафедра географии, Томский Государственный Университет, Российская Федерация, heinrich.rakuasa@yandex.ru

Рифаи Ахмат, аспирант 1 курса, Кафедра наук об окружающей среде, Университет Индонезии, Индонезия, rifaiahmad237@gmail.com

Халим, магистрант 1 курса, Кафедра управления прибрежными и морскими ресурсами, Университет ИПБ, Индонезия, halimsyaari@gmail.com

Аннотация: Цель исследования — картографирование оползнеопасных районов Лейтимур Селатан (остров Амбон) методом максимальной энтропии с использованием высоты, уклона, почвы, осадков, землепользования и расстояния до разломов. Растительный покров вносит 82,4% вклада. Уязвимость разделена на низкий, средний и высокий классы площадью 2.306,18 га, 1.116,94 га и 1.209,76 га. Точность модели 0,872 подтверждает её высокую эффективность для смягчения риска.

Ключевые слова: Лейтимур Южный, Максимальной Энтропии, Оползень

Метод максимальной энтропии является эффективной моделью машинного обучения для картирования природных опасностей, включая оползни, поскольку он способен обрабатывать пространственные данные и экологические переменные, такие как крутизна склонов, высота, тип почвы, расстояние до дорог и землепользование, а также создавать карты вероятности оползней с высокой точностью ($> 0,85$) [1]. Применение принципа максимальной энтропии очень актуально в городских районах, таких как район Лейтимур Селатан, Амбон, который сталкивается со сложными экологическими факторами и давлением развития, что требует точной идентификации риска оползней для поддержки смягчения последствий стихийных бедствий, пространственного планирования и принятия решений правительством и соответствующими заинтересованными сторонами [2].

Это исследование было проведено в районе Лейтимур Селатан, город Амбон, провинция Малуку, Индонезия (Рис. 1), с целью анализа уязвимости к наводнениям и оползням на основе пространственных экологических переменных, таких как высота, уклон, тип почвы, количество осадков, землепользование и расстояние до активных разломов (Рис. 2). Данные были получены из различных источников, таких как цифровая модель рельефа Геологической службы США, Министерство сельского хозяйства, Агентство метеорологии, климатологии и геофизики, а также спутниковые снимки Sentinel-2. Дополнительный пространственный анализ включал речную сеть и расстояние до активных разломов для определения плотности речной сети и

источников геологического риска. Картирование оползневой уязвимости с использованием подхода максимальной энтропии с данными оползней только о наличии и пространственных переменных окружающей среды, которое затем проверяется по значению площади под кривой рабочей характеристики для обеспечения точности модели [3]. Ожидается, что результаты этой карты вероятности оползней станут стратегическим инструментом для поддержки принятия решений по смягчению последствий стихийных бедствий и более точного и устойчивого пространственного планирования в районе Лейтимур Селатан города Амбон.

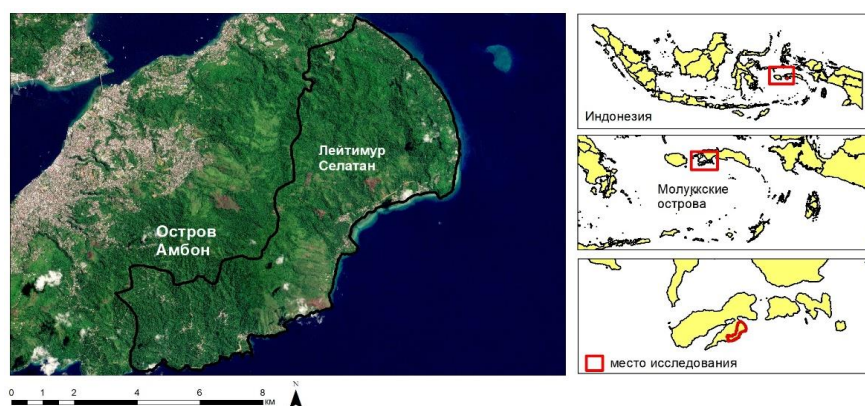


Рис 1. Место проведения исследования

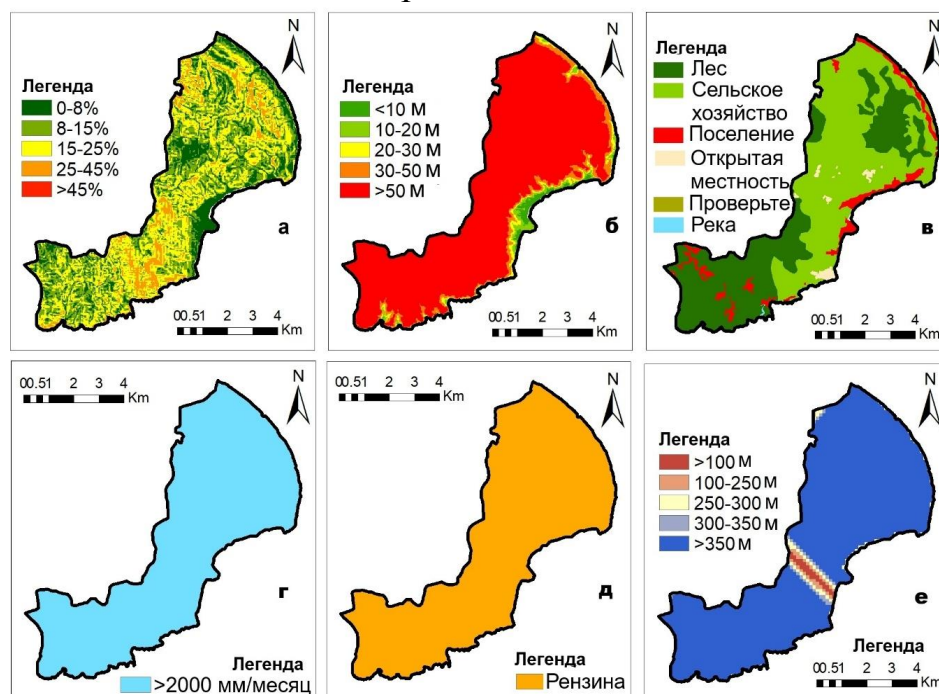


Рис 2. Экологические переменные: а) уклон, б) высота над уровнем моря, в) землепользование, г) количество осадков, д) тип почвы, е) расстояние от разлома

Вклад переменных окружающей среды в картирование оползнеопасных районов в районе Лейтимур Селатан, город Амбон, методом MaxEnt показал, что растительный покров доминирует с долей 82,4%, что указывает на важную роль землепользования в стабильности склонов посредством изменения растительности и инфильтрации воды. Крутизна склонов составляет 10,2%, поскольку крутые склоны более подвержены оползням. Высота и тип почвы вносят вклад в размере 2,9% и 2,7% соответственно, что важно для текстуры почвы и режима осадков. Расстояние до активных разломов и количество осадков вносят наименьший вклад, 0,8% и 1% соответственно, но остаются решающими факторами, вызывающими оползни. Сочетание этих переменных дает всестороннее понимание взаимодействия факторов окружающей среды в оползнеопасных районах [4].

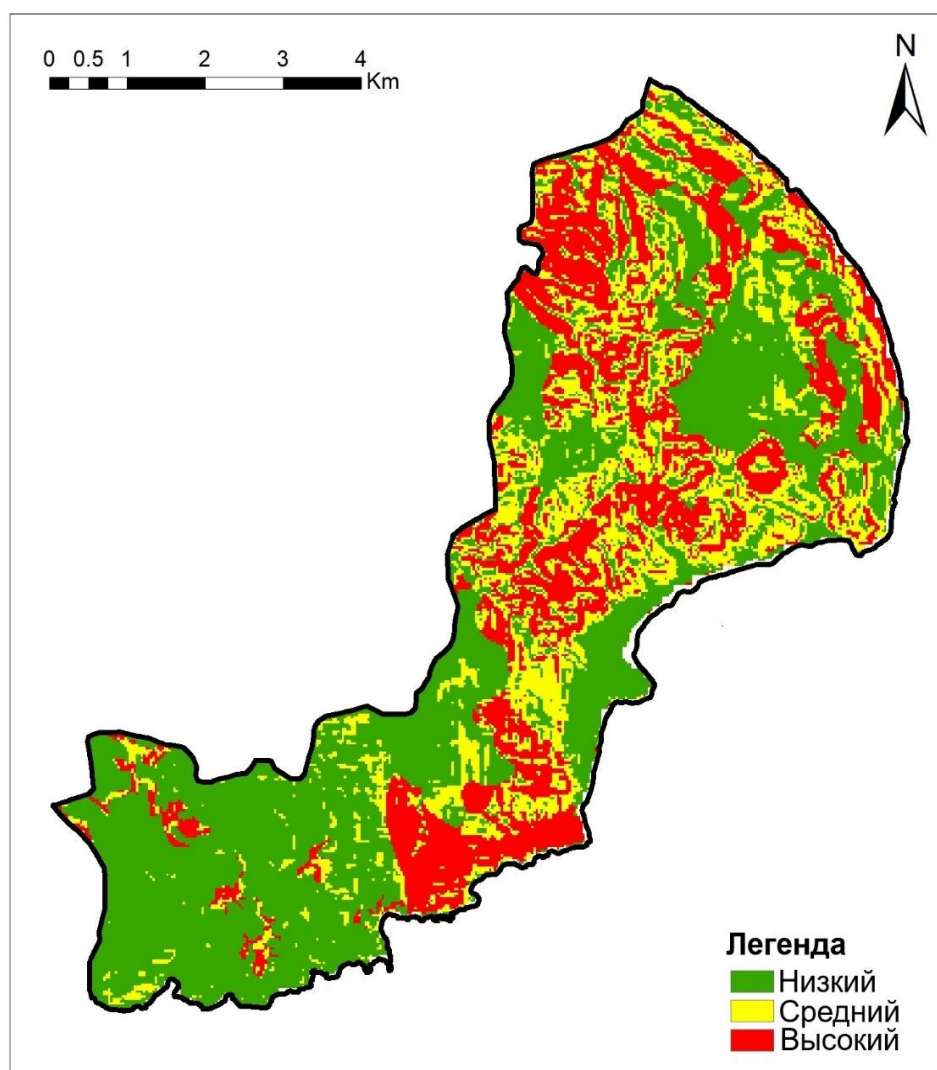


Рис 3. Уровень уязвимости к оползням

Уровень уязвимости к оползням в районе Нусаниве города Амбон делится на три основных класса по площади: низкий класс 2306,18 га, средний 1116,94

га и высокий 1209,76 га (Рис 3). Эта классификация показывает различное распределение риска оползней, при этом наиболее обширны области с низкой уязвимостью, за ними следуют области с высокой и средней уязвимостью. Эта классификация важна для определения приоритетов смягчения последствий и пространственного планирования, которые различаются в зависимости от уровня риска каждой зоны. Классификация обычно включает параметры окружающей среды, такие как уклон склона, тип почвы, количество осадков, землепользование, а также геологические факторы, например, наличие активных разломов. Метод максимальной энтропии использовался для создания карт вероятности оползневого риска, которые затем были классифицированы на низкий, средний и высокий уровни уязвимости для выявления критических зон, требующих интенсивных мер по смягчению последствий и тщательного мониторинга [2].

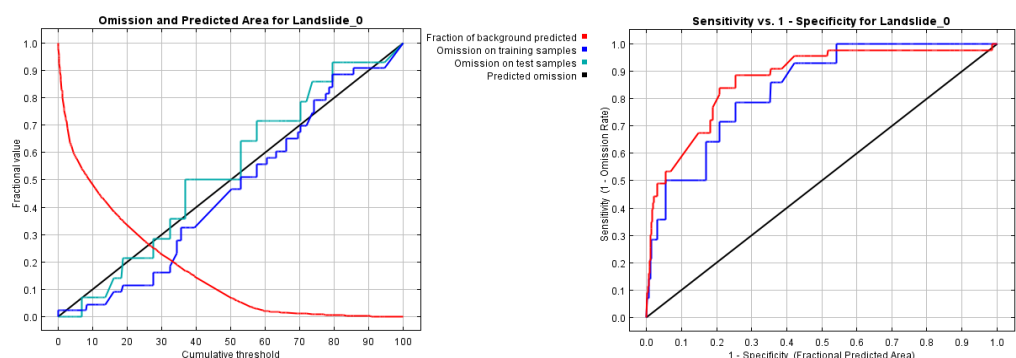


Рис 4. Результаты теста валидации модели оползня

Валидация модели оползней в районе Южный Лейтимур с использованием кривой рабочей характеристики приемника и расчета площади под кривой дала значение 0,872, что относится к категории очень хороших (0,8 < площадь под кривой < 0,9). Значение площади под кривой указывает на то, что использованная модель максимальной энтропии обладает хорошей способностью различать подверженные оползням и неподверженные им территории. Это значение согласуется с результатами других исследований по картографированию оползневой восприимчивости, которые показывают, что площадь под кривой выше 0,8 свидетельствует о точной и надежной прогностической модели для применения в целях смягчения последствий стихийных бедствий [1]. Результаты валидационного теста можно увидеть на рисунке 4.

Результаты этого исследования показывают, что изменение землепользования оказывает значительное влияние на возникновение оползней в Южном Лейтимуре. Классификация уязвимости к оползням служит научной основой для определения приоритетов смягчения последствий и устойчивой пространственной политики [5]. Это исследование вносит важный вклад в

разработку валидной карты уязвимости к оползням для поддержки принятия решений по управлению рисками стихийных бедствий в регионе.

Список литературы

1. Ramos-Bernal R., Vázquez-Jiménez R., Rojas W.R. Landslide potential mapping applying maximum entropy to continuous change maps // Appl. Geomatics. 2024. Vol. 16, № 4. P. 951–971.
2. Shi J. Engineering Application of Landslide Susceptibility Mapping in Linear Engineering Optimization // Front. Earth Sci. 2022. Vol. 10.
3. Kalmar T.M. et al. Geospatial technologies for landslide monitoring: a case study of Sighetu Marmăției, Romania // Environ. Earth Sci. 2024. Vol. 83, № 10. P. 341.
4. Sugandhi, N., Supriatna, S., & Rakuasa H. Identification of Landslide Prone Areas Using Slope Morphology Method in South Leitimur District, Ambon City. // Jambura Geosci. Rev. 2023. Vol. 5, № 1. P. 12–21.
5. Bai Z., Liu Q., Liu Y. Landslide susceptibility mapping using GIS-based machine learning algorithms for the Northeast Chongqing Area, China // Arab. J. Geosci. 2021. Vol. 14, № 24. P. 2831.

APPLICATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES TO OPTIMIZING AGRICULTURAL PRODUCTION PROCESSES IN UZBEKISTAN

Muhayo Haydarova, 2nd year doctoral student, Bukhara State Technical University, khaydarovamuhayyo30@gmail.com

Azim Oltiev, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Agricultural Products at Bukhara State Technical University

Abstract. This article examines the implementation of digital technologies in Uzbekistan's agro-industrial complex. It presents current digitalization trends and their impact on increasing crop yields, rational use of water and land resources, and the efficiency of production processes. Particular attention is paid to the use of geographic information systems (GIS), Earth remote sensing (ERS), the Internet of Things (IoT), and big data analytics to manage agricultural operations.

Keywords: digital agriculture, GIS, Big Data, IoT, drones, land reclamation, fertility, sustainable development.

The development of digital technologies has become an integral part of modern agriculture. In the context of global climate change and the need for food security, optimizing agricultural processes using digital solutions is becoming increasingly important.