



ВЛИЯНИЕ РАЗРЕШЕНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА НА ОЦЕНКУ ОПОЛЗНЕВОЙ ОПАСНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ РАЙОНА ШАПА ПРОВИНЦИИ ЛАОКАЙ, ВЬЕТНАМ)

Оригинальная статья

Поступила в редакцию 16.01.2022. Принята к публикации 03.02.2023. Дата публикации 06.02.2023

© Независимый электронный журнал «ГеоИнфо», 2022

ФОМЕНКО И.К.

Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе (МГРИ), г. Москва, Россия, ifolga@gmail.com
Адрес: ул. Миклухо-Маклая, д. 23, Россия, 117997, г. Москва

ЗЫОНГ В.Б.

Ханойский горно-геологический университет, г. Ханой, Вьетнам, duongvanbinh@humg.edu.vn
Адрес: ул. Вьен, д. 18, г. Ханой, 100000, Вьетнам
Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе (МГРИ), г. Москва, Россия
Адрес: ул. Миклухо-Маклая, д. 23, г. Москва, 117997, Россия

НГУЕН Ч.К.

Институт геологических наук Вьетнамской академии наук и технологий, г. Ханой, Вьетнам, kien.mgri@gmail.com
Адрес: ул. Чуаланг, д. 84, г. Ханой, 100000, Вьетнам

СИРОТКИНА О.Н.

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия, onsirotkina@gmail.com
Адрес: Ленинские горы, д. 1, г. Москва, 119991, Россия

ГОРОБЦОВ Д.Н.

Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе (МГРИ), г. Москва, Россия, dngorobtsov@mail.ru
Адрес: ул. Миклухо-Маклая, д. 23, г. Москва, 117997, Россия

АННОТАЦИЯ

В настоящем исследовании изучалось влияние пространственного разрешения цифровой модели рельефа (ЦМР) на достоверность оценки оползневой опасности в Шапе провинции Лаокай (Вьетнам). Для решения поставленной задачи был использован модифицированный метод анализа иерархий (МАНР) при двух разных разрешениях ЦМР – 30 м (модель МАНР30) и 10 м (модель МАНР10). Обе модели учитывали следующие факторы оползнеобразования: крутизну склонов; состав грунтов; расстояние от активных разломов; вертикальное расчленение рельефа; горизонтальное расчленение рельефа; обводненность массивов; количество осадков; тип растительности. В результате район исследования был разделен на пять зон по оползневой опасности: очень низкой, низкой, средней, высокой и очень высокой. Достоверность карт определялась с использованием обучающей выборки (91 оползень – обучающая выборка; 39 оползней – данные для проверки). Выполненные исследования показали, что модель МАНР10 является более достоверной по сравнению с моделью МАНР30. Таким образом, качество оценки оползневой опасности имеет прямую корреляцию с пространственным разрешением цифровой модели рельефа.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

оползневая опасность; цифровая модель рельефа (ЦМР); модифицированный метод анализа иерархий; факторы оползнеобразования; пространственное разрешение ЦМР; район Шапа; Вьетнам.

ССЫЛКА ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Фоменко И.К., Зыонг В.Б., Нгуен Ч.К., Сироткина О.Н., Горобцов Д.Н. Влияние разрешения цифровой модели рельефа на оценку оползневой опасности (на примере района Шапа провинции Лаокай, Вьетнам) // Геоинфо. 2022. № 12. С. 38–44
doi: 10.58339/2949-0677-2022-4-12-38-44

INFLUENCE OF DEM RESOLUTION ON LANDSLIDE HAZARD ASSESSMENT (A CASE STUDY IN SAPA DISTRICT, LAOCAI PROVINCE, VIETNAM)

Original paper

Received 16.01.2022. Accepted 03.02.2023. Published 06.02.2023.

© Independent electronic journal "GeoInfo", 2022

IGOR K. FOMENKO*

Ordzhonikidze Russian State Geological Prospecting University (MGRI), Moscow, Russia, ifolga@gmail.com
Address: 23 Miklukho-Maklay st., 117997, Moscow, Russia

VAN B. DUONG

Hanoi University of Mining and Geology; Hanoi, Vietnam, duongvanbinh@humg.edu.vn
Address: 18 Vien st., Hanoi, 100000, Vietnam
Ordzhonikidze Russian State Geological Prospecting University (MGRI), Moscow, Russia
Address: 23 Miklukho-Maklay st., 117997, Moscow, Russia

TRUNG K. NGUYEN

Institute of Geological Sciences, Vietnam Academy of Science and Technology, Hanoi, Vietnam, kien.mgri@gmail.com
Address: 84 Chua Lang st., Hanoi, 10000, Vietnam

OLGA N. SIROTKINA

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, onsirotkina@gmail.com
Address: 1 Leninskie Gory, 119991, Moscow, Russia

DENIS N. GOROBTSOV

Ordzhonikidze Russian State Geological Prospecting University (MGRI), Moscow, Russia, dngorobtsov@mail.ru
Address: 23, Miklukho-Maklay st., 117997, Moscow, Russia

ABSTRACT

This study was carried out in the Sapa district of the Lao Cai province to examine how the accuracy of the landslide hazard assessment is affected by the resolution of the digital elevation model (DEM). Therefore, two different DEM resolutions (30 meters – MAHP30 model; 10 meters – MAHP10 model) were used in this study to address this issue. Simultaneously, we employed a GIS-based modified analytic hierarchy process approach (AHP) for building landslide assessment models. Based on data availability, the following landslide conditioning factors were considered for each of the models: slope; soil composition; distance from active faults; relative relief; horizontal relief; the degree of soil mass waterlogging; precipitation; type of vegetation. As a result, the study area was divided into five landslide hazard zones: of very low, low, moderate, high, and very high landslide hazard. Afterward, the accuracy of the landslide hazard maps were evaluated using training data (91 landslides) and testing data (39 landslides). The model validation results indicated that the MAHP10 model is more reliable than the MAHP30 model in assessing landslide hazards in this study. Therefore, the spatial resolution of the digital elevation model has a direct relationship with the quality of the landslide hazard assessment that was performed.

KEYWORDS:

landslide hazard; digital elevation model (DEM); modified analytic hierarchy process; landslide conditioning factors; spatial resolution of DEM; Sapa district, Vietnam.

FOR CITATION:

Fomenko I.K., Duong V.B., Nguyen T.K., Sirotkina O.N., Gorobtsov D.N. Vliyaniye razresheniya cifrovoy modeli rel'yefa na otsenku opolznevoy opasnosti (na primere rayona Shapa provintsii Laokay, V'yetnam) [Influence of DEM resolution on landslide hazard assessment (a case study in Sapa district, Laocai province, Vietnam)]. *GeoInfo*. 2022. 12: 38–44 doi: 10.58339/2949-0677-2022-4-12-38-44 (in Russian).

Введение ►

Качество имеющихся исходных данных играет важную роль в достоверности результатов моделирования оползневой опасности. Одним из наиболее значимых параметров для выполнения анализа является информация о рельефе местности [1].

Цифровая модель рельефа (ЦМР) может быть создана с использованием различных методов, включая наземную съемку, аэрофотограмметрию, дистанционное лазерное зондирование с помощью лидара (LiDAR – Light Detection and Ranging) и дистанционное радиолокационное зондирование с помощью интерферометрического радара с син-

тезированной апертурой (InSAR – Interferometric Synthetic Aperture Radar).

Качество ЦМР может быть оценено на основе ее пространственного разрешения – величины, определяющей количество точек (элементов растрового изображения) на единицу площади (или единицу длины). Разрешение растровой структуры данных может быть охарактеризовано в терминах размера ячеек сетки. Выбор оптимального размера зависит от целей исследований и масштаба анализа [2].

Объект исследований ►

Лаокай – одна из северных провинций Вьетнама, наиболее подверженная

оползневым процессам [3]. Расположенный на ее северо-западе район Шапа (рис. 1) находится примерно в 38 км от города Лаокай и в 376 км от Ханоя. Он имеет площадь 675,8 км² и высоту над уровнем моря от 150 м до более чем 3000 м.

Район Шапа столкнулся с проблемой активизации оползневых и эрозионных процессов вследствие сельскохозяйственного освоения и развития туризма [4].

Оценка оползневой опасности является важнейшим компонентом национальной стратегии предотвращения и уменьшения последствий стихийных бедствий. Главной задачей при прове-

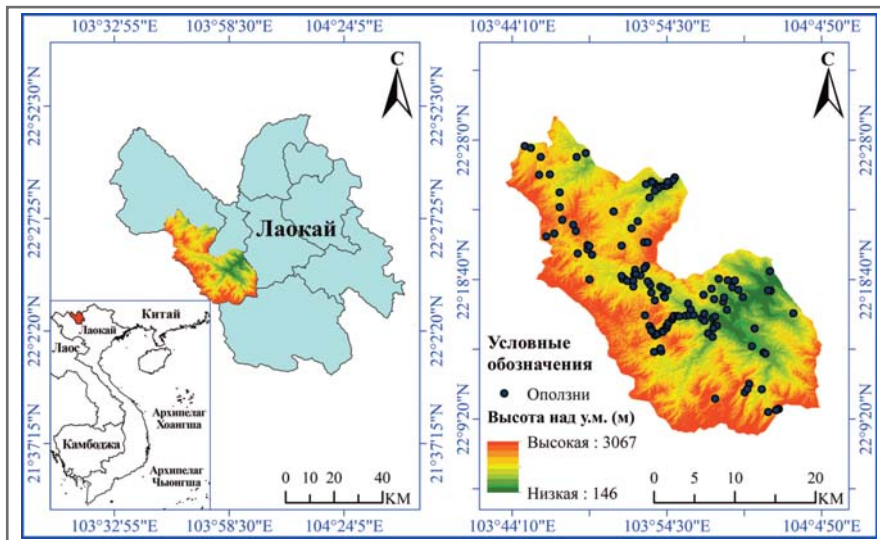


Рис. 1. Расположение района исследований

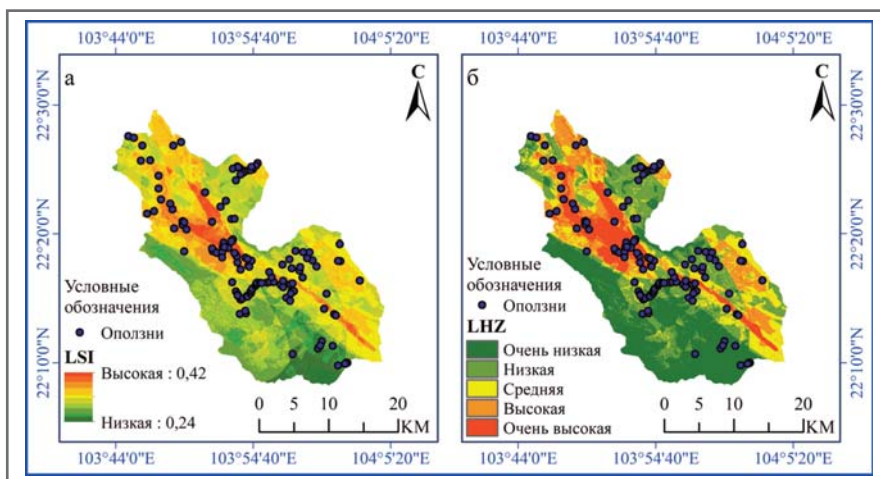


Рис. 2. Карты оползневой восприимчивости (а), и оползневой опасности (б) с применением модели МАНР30

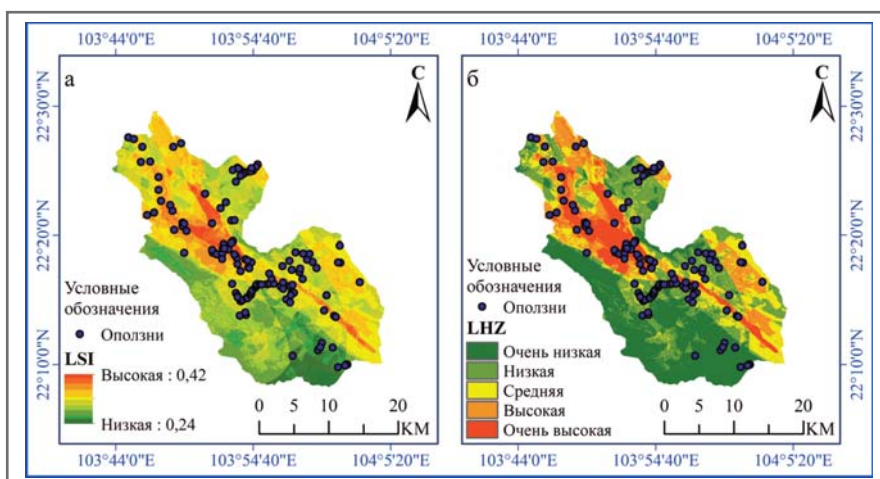


Рис. 3. Карты оползневой восприимчивости (а) и оползневой опасности (б) с применением модели МАНР10

дении анализа оползневой опасности является определение условий оползнеобразования, под которыми следует понимать всю совокупность природных и

антропогенных факторов, нарушающих равновесие грунтовых масс [5]. Для каждой территории набор таких условий может существенно отличаться.

Разработка карты оползневой опасности зависит от сложной взаимосвязи между проявлениями оползней и оползневыми факторами. Переменные, которые способствовали составлению карт, были выбраны на основе обзора литературы и подробных полевых исследований [6]. Обе модели учитывали следующие факторы оползнеобразования:

- 1) крутизну склонов;
- 2) состав грунтов;
- 3) расстояние от активных разломов;
- 4) вертикальное расчленение рельефа;
- 5) горизонтальное расчленение рельефа;
- 6) обводненность массивов;
- 7) количество осадков;
- 8) тип растительности.

Важнейшим элементом, необходимым для определения достоверности выполненной оценки оползневой опасности, является информация о фактическом распределении существующих проявлений оползневых процессов, которая отображается на карте инвентаризации оползней (LIM) [7]. При составлении таких карт фокусируется внимание на определении границ оползней и игнорируются особенности оползневых деформаций. Наряду с отображением пространственного распределения оползней карта инвентаризации может включать другие виды информации, такие как: геометрические характеристики оползня (размеры, площадь, глубина захвата склонового массива оползневыми деформациями), особенности геологического строения (литология, структура, свойства грунтов) и особенности гидрогеологических условий [8].

В районе исследования было выявлено в общей сложности 130 оползней, при этом наименьшая площадь оползня составила 395,6 м², а самая большая – 70447,4 м². Большинство оползней было зафиксировано в коммуне Чунгчай, в центре района Шапа, в коммунах Лаочай, Таван и Банхо (см. рис. 1).

Методы исследования ►

Метод анализа иерархий (Analytic Hierarchy Process – АНП), предложенный Т.Л. Саати [9, 10], предоставляет экспертам относительно простой и эффективный способ измерения объективных и субъективных факторов посредством попарных относительных сравнений и вычисления соответствующих приоритетов шкалы отношений. Он является примером полуквантитативного подхода – многокритериального анализа [11].

Ранее выполненные исследования [12–14] показали, что основным недостатком классической формулировки АНР является необходимость использования экспертных оценок, что вносит определенный субъективизм в результат оценки региональной оползневой опасности.

В настоящем исследовании был использован модифицированный метод анализа иерархий (МАНР) [12, 15, 16] при двух разных разрешениях ЦМР – 30 м (модель МАНР30) и 10 м (модель МАНР10). В исследовании Ч.К. Нгуена [5] модель МАНР30 использовалась для оценки оползневой опасности в северо-западной регионе провинции Лаокай, который включал район Батсат, район Шапа и город Лаокай. Модель МАНР10 была использована авторами для оценки оползневой опасности в районе Шапа [15]. Основным критерием для определения значимости фактора в МАНР является форма функции распределения выявленных оползней по информационным классам рассматриваемого фактора [16].

Результаты и обсуждение ►

В результате были получены карты, на которых район исследования был разделен на пять зон по оползневой опасности – очень низкой, низкой, средней, высокой и очень высокой.

Достоверность карт определялась с использованием обучающей выборки (91 оползень – обучающая выборка; 39 оползней – данные для проверки).

Зоны очень высокой и очень низкой оползневой опасности вызывают наибольший интерес для анализа, поскольку категории неустойчивости/устойчивости для них выражены наиболее контрастно. Уровень достоверности, полу-

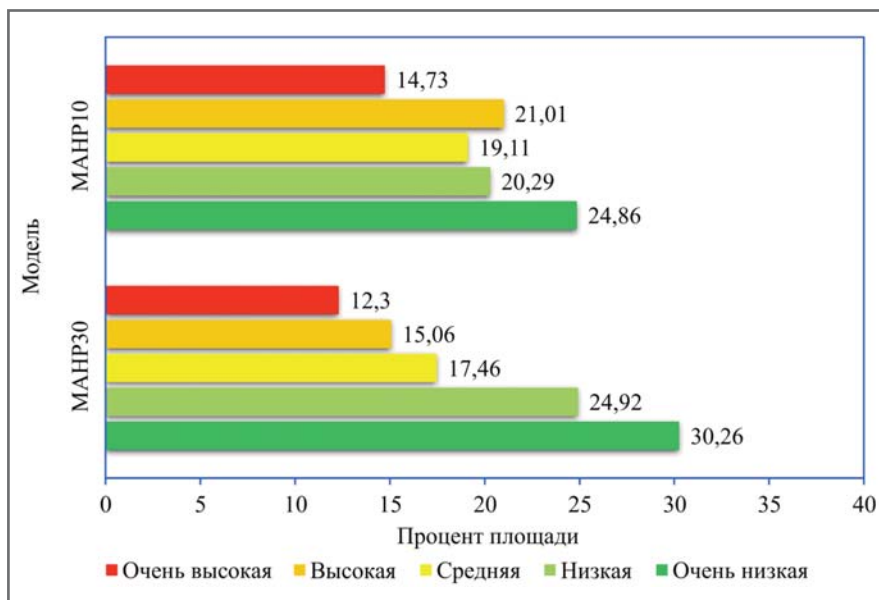


Рис. 4. Распределение зон оползневой опасности по площади (%) с использованием моделей МАНР30 и МАНР10

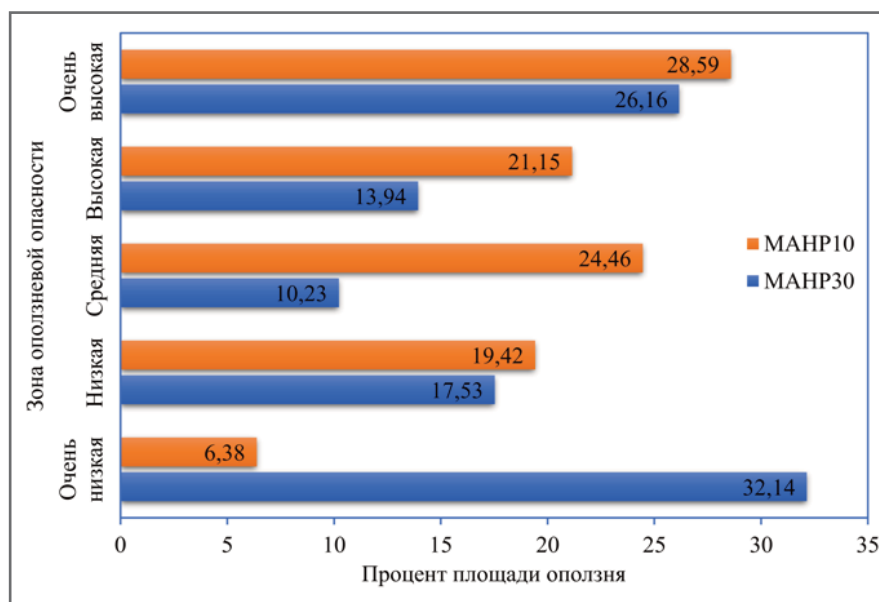


Рис. 5. Сравнение распределения процентов площадей оползней с использованием обучающей выборки

Таблица 1. Распределение оползней по классам оползневой опасности

Модель	Процент площади (%)		Оползневая опасность				
			очень низкая	низкая	средняя	высокая	очень высокая
МАНР30	класса		30,26	24,92	17,46	15,06	12,30
	оползняя	обучение	32,14	17,53	10,23	13,94	26,16
		проверка	8,60	37,66	25,26	17,21	11,27
МАНР10	класса		24,86	20,29	19,11	21,01	14,73
	оползняя	обучение	6,38	19,42	24,46	21,15	28,59
		проверка	3,76	13,63	19,80	41,85	20,96

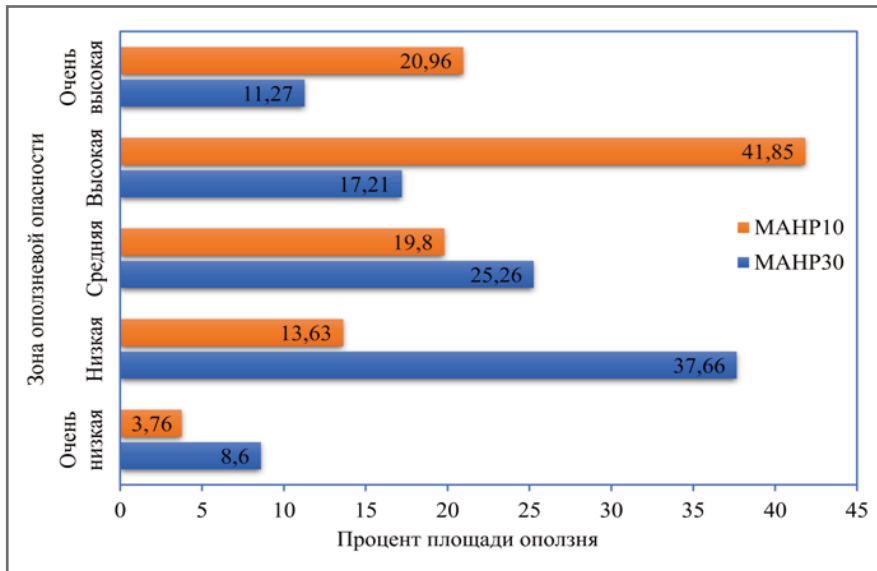


Рис. 6. Сравнение распределения процентов площадей оползней с использованием данных проверки

ченный для этих двух зон имеет определяющее значение для оценки точности карт оползневой восприимчивости и опасности (рис. 2, 3).

Распределение зон оползневой опасности по площади приведено на рисунке 4 и в таблице 1. Площадь зоны очень низкой оползневой опасности составляет 30,26% на карте, построенной на основе ЦМР с разрешением 30 м

(МАНР30), и 24,86% на карте, построенной на основе ЦМР с разрешением 10 м (МАНР10). Зона очень высокой оползневой опасности занимает 12,3 и 14,73% соответственно.

Чтобы оценить, какая модель является более достоверной, было изучено распределение оползней в пределах зон, выделенных по степени опасности, с использованием результатов по обучаю-

щей выборке и данных проверки (рис. 5, 6).

Анализ по площади под кривой ошибок (AUC ROC) также показал, что при использовании ЦМР более высокого разрешения достоверность модели увеличивается (рис. 7). Таким образом, можно сделать вывод, что качество оценки оползневой опасности имеет прямую корреляцию с пространственным разрешением цифровой модели рельефа.

Заключение ►

Выполненный анализ показал, что модель МАНР10 является более достоверной (площадь оползней в зоне очень высокой опасности, полученная с использованием обучающей выборки, составила 28,59%; площадь оползней, полученная в зоне очень высокой опасности с использованием данных проверки, составила 20,96%), по сравнению с моделью МАНР30 (площади оползней составили соответственно 26,16 и 11,27%). Аналогичные результаты получены и для зоны с очень низкой опасностью. В модели МАНР10 ее площадь составила 6,38% (для обучающей выборки) и 3,76% (для данных проверки), в модели МАНР30 – 32,14% и 8,6% соответственно. ■

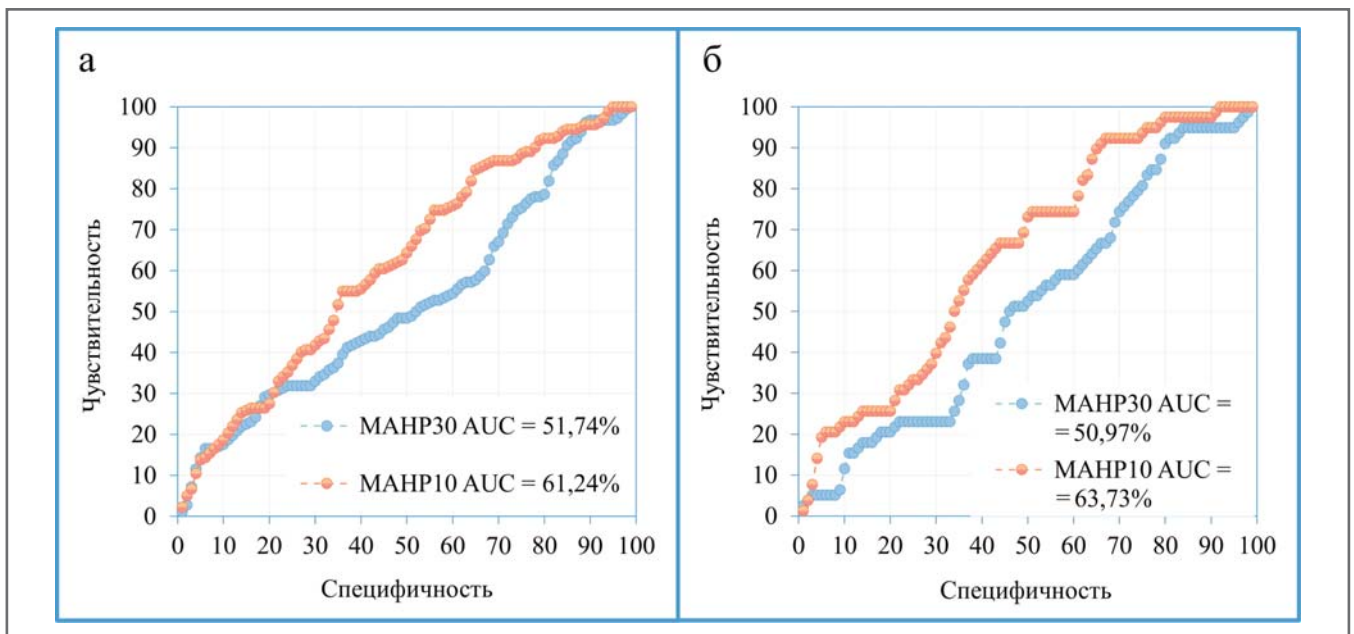


Рис. 7. Кривые успеха (а) и прогнозирования (б) для моделей МАНР30 и МАНР10 по результатам анализа по площади под кривой ошибок (AUC ROC)

Список литературы ►

1. Tran T.V., Lee G., An H., Kim M. Comparing the performance of TRIGRS and TiVaSS in spatial and temporal prediction of rainfall-induced shallow landslides // Environmental Earth Sciences. 2017. Vol. 76. № 8. P. 1–16. URL: doi.org/10.1007/s12665-017-6635-4.

2. Chang K.-T., Merghadi A., Yunus A.P., et al. Evaluating scale effects of topographic variables in landslide susceptibility models using GIS-based machine learning techniques // *Scientific Reports*. 2019. Vol. 9. № 1. URL: doi.org/10.1038/s41598-019-48773-2.
3. Thanh N.K., Miyagi T., Isurugi S., et al. Developing recognition and simple mapping by UAV/SfM for local resident in mountainous area in Vietnam – a case study in Po Xi Ngai community, Laocai province // *Understanding and Reducing Landslide Disaster Risk*. Volume 2. From Mapping to Hazard and Risk Zonation: WLF 2020 (eds: Guzzetti F., Mihalić Arbanas S., et al.). Cham: Springer International Publishing, 2021. P. 103–109. URL: doi.org/10.1007/978-3-030-60227-7_10.
4. Dang K.B., Burkhard B., Muller F., Dang V.B. Modelling and mapping natural hazard regulating ecosystem services in Sapa, Lao Cai province, Vietnam // *Paddy and Water Environment*. 2018. Vol. 16. № 4. P. 767–781. URL: doi.org/10.1007/s10333-018-0667-6.
5. Нгуен Ч.К. Научно-методические основы региональной оценки риска от оползневых процессов (на примере района Северо-Западный Лаокай Вьетнама): дис ... к.г.-м. н. Москва: МГРИ-РГГРУ, 2008.
6. Getachew N., Meten M. Weights of evidence modeling for landslide susceptibility mapping of Kabi-Gebro locality, Gundomeskel area, Central Ethiopia // *Geoenvironmental Disasters*. 2021. Vol. 8. № 1. URL: doi.org/10.1186/s40677-021-00177-z.
7. Guzzetti F., Carrara A., Cardinali M., Reichenbach P. Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy // *Geomorphology*. 1999. Vol. 31. № 1. P. 181–216. URL: doi.org/10.1016/S0169-555X(99)00078-1.
8. Su Z., Chow J.K., Tan P.S., et al. Deep convolutional neural network-based pixel-wise landslide inventory mapping // *Landslides*. 2021. Vol. 18. № 4. P. 1421–1443. URL: doi.org/10.1007/s10346-020-01557-6.
9. Саати Т.Л. Принятие решений – метод анализа иерархий (пер. с англ.) // Радио и связь, М., 1993.
10. Saaty T.L. A scaling method for priorities in hierarchical structures // *Journal of Mathematical Psychology*. 1977. Vol. 15. № 3. P. 234–281. URL: doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5.
11. Saaty T.L., Vargas L. Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process // *International Series in Operations Research & Management Science*. US, New York: Springer, 2001.
12. Нгуен Ч.К., Фоменко И.К., Пендин В.В., Нгуен К.Т. Применение метода анализа иерархий при региональной оценке оползневой опасности (на примере района Северо-Западный Лаокай, Вьетнам) // *Геоинформатика*. 2017. № 2. С. 53–66.
13. Hasekiogullari G.D., Ercanoglu M. A new approach to use AHP in landslide susceptibility mapping: a case study at Yenice (Karabuk, NW Turkey) // *Natural Hazards*. 2012. Vol. 63. № 2. P. 1157–1179. URL: doi.org/10.1007/s11069-012-0218-1.
14. Kayastha P., Dhital M.R., De Smedt F. Application of the analytical hierarchy process (AHP) for landslide susceptibility mapping: a case study from the Tinau watershed, West Nepal // *Computers & Geosciences*. 2013. Vol. 52. P. 398–408. URL: doi.org/10.1016/j.cageo.2012.11.003.
15. Зьонг В.Б., Фоменко И.К., Ву Х.Д., et al. Региональная оценка оползневой опасности модифицированным методом анализа иерархий в геоинформационной системе (на примере района Шапа провинции Лаокай Вьетнама) // *Инженерная геология*. 2021. Т. 16. № 2. С. 6–20. URL: doi.org/10.25296/1993-5056-2021-16-2-6-20.
16. Зьонг М.Х., Фоменко И.К., Пендин В.В. Региональный прогноз оползневой опасности для района Ха Лонг-Кам Фа на северо-востоке Вьетнама // *Инженерная геология*. 2013. № 1. С. 46–54.

References ►

1. Tran T.V., Lee G., An H., Kim M. Comparing the performance of TRIGRS and TiVaSS in spatial and temporal prediction of rainfall-induced shallow landslides. *Environmental Earth Sciences*. 2017. 76 (8): 1–16. URL: doi.org/10.1007/s12665-017-6635-4.
2. Chang K.-T., Merghadi A., Yunus A.P., et al. Evaluating scale effects of topographic variables in landslide susceptibility models using GIS-based machine learning techniques. *Scientific Reports*. 2019. 9 (1). URL: doi.org/10.1038/s41598-019-48773-2.
3. Thanh N.K., Miyagi T., Isurugi S., et al. Developing recognition and simple mapping by UAV/SfM for local resident in mountainous area in Vietnam – a case study in Po Xi Ngai community, Laocai province. *Understanding and Reducing Landslide Disaster Risk*. Volume 2. From Mapping to Hazard and Risk Zonation: WLF 2020 (eds: Guzzetti F., Mihalić Arbanas S., et al.). Cham: Springer International Publishing, 2021, 103–109. URL: doi.org/10.1007/978-3-030-60227-7_10.
4. Dang K.B., Burkhard B., Muller F., Dang V.B. Modelling and mapping natural hazard regulating ecosystem services in Sapa, Lao Cai province, Vietnam. *Paddy and Water Environment*. 2018. 16 (4): 767–781. URL: doi.org/10.1007/s10333-018-0667-6.
5. Nguen Ch.K. Nauchno-metodicheskiye osnovy regional'noy otsenki riska ot opolznevyyh protsessov (na primere rayona Severo-Zapadnyi Laokai V'etnama): dis ... k.g.-m. n. [Scientific and methodological bases of the regional assessment of risks from landslide processes (by the example of the North-Western Lao Cai region of Vietnam): PhD thesis] MGRI-RGGRU, Moskva, 2008 (in Rus.).
6. Getachew N., Meten M. Weights of evidence modeling for landslide susceptibility mapping of Kabi-Gebro locality, Gundomeskel area, Central Ethiopia. *Geoenvironmental Disasters*. 2021. 8 (1). URL: doi.org/10.1186/s40677-021-00177-z.
7. Guzzetti F., Carrara A., Cardinali M., Reichenbach P. Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. *Geomorphology*. 1999. 31 (1): 181–216. URL: doi.org/10.1016/S0169-555X(99)00078-1.
8. Su Z., Chow J.K., Tan P.S., et al. Deep convolutional neural network-based pixel-wise landslide inventory mapping. *Landslides*. 2021. 18 (4): 1421–1443. URL: doi.org/10.1007/s10346-020-01557-6.

9. Saaty T.L. Prinyatie reshenii – metod analiza iyerarhii (per. s angl.) [Decision making – a method of analyzing hierarchies]. Radio i svyaz', Moskva, 1993 (in Rus.).
10. Saaty T.L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. Journal of Mathematical Psychology. 1977. 15 (3): 234–281. URL: doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5.
11. Saaty T.L., Vargas L. Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process. International Series in Operations Research & Management Science. Springer, New York, US, 2001.
12. Nguen Ch.K., Fomenko I.K., Pendin V.V., Nguen K.T. Primeneniye metoda analiza iyerarhii pri regional'noy otsenke opolznevoy opasnosti (na primere rayona Severo-Zapadnyi Laokay, V'yetnam) [Application of the hierarchy analysis method for the regional assessment of landslide hazards (by the example of the North-Western Lao Cai district, Vietnam)]. Geoinformatika. 2017. 2: 53–66 (in Rus.).
13. Hasekiogullari G.D., Ercanoglu M. A new approach to use AHP in landslide susceptibility mapping: a case study at Yenice (Karabuk, NW Turkey). Natural Hazards. 2012. 63 (2): 1157–1179. URL: doi.org/10.1007/s11069-012-0218-1.
14. Kayastha P., Dhital M.R., De Smedt F. Application of the analytical hierarchy process (AHP) for landslide susceptibility mapping: a case study from the Tinau watershed, West Nepal. Computers & Geosciences. 2013. 52: 398–408. URL: doi.org/10.1016/j.cageo.2012.11.003.
15. Zyong V.B., Fomenko I.K., Vu H.D., et al. Regional'naya otsenka opolznevoy opasnosti modifitsirovannyim metodom analiza iyerarhii v geoinformatsionnoy sisteme (na primere rayona Shapa provintsii Laokay V'yetnama) [Regional assessment of landslide hazards by a modified method of analyzing hierarchies in a geographic information system (by the example of the Shapa district of the Lao Cai province, Vietnam)]. Inzhenernaya Geologiya. 2021. 16. 2: 6–20. URL: doi.org/10.25296/1993-5056-2021-16-2-6-20 (in Rus.).
16. Zyong M.H., Fomenko I.K., Pendin V.V. Regional'nyi prognoz opolznevoy opasnosti dlya rayona Ha Long-Kam Fa na severo-vostoke V'yetnama [Regional landslide hazard forecast for the Ha Long Cam Pha area in the north-east of Vietnam]. Inzhenernaya Geologiya. 2013. 1: 46–54 (in Rus.).

Информация об авторах

ФОМЕНКО ИГОРЬ КОНСТАНТИНОВИЧ

Профессор кафедры инженерной геологии гидрогеологического факультета Российского государственного геологоразведочного университета им. Серго Орджоникидзе (МГРИ), д.г.-м.н., г. Москва, Россия

ЗЫОНГ ВАН БИНЬ

Преподаватель кафедры инженерной геологии факультета наук о Земле и геологической инженерии Ханойского горно-геологического университета, г. Ханой, Вьетнам; аспирант кафедры инженерной геологии гидрогеологического факультета Российского государственного геологоразведочного университета им. Серго Орджоникидзе (МГРИ), г. Москва, Россия

НГУЕН ЧУНГ КИЕН

Старший научный сотрудник отдела гидрогеологии и инженерной геологии института геологических наук Вьетнамской академии наук и технологий, г. Ханой, Вьетнам

СИРОТКИНА ОЛЬГА НИКОЛАЕВНА

Старший научный сотрудник кафедры динамической геологии геологического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, к.г.-м.н., г. Москва, Россия

ГОРОБЦОВ ДЕНИС НИКОЛАЕВИЧ

Заведующий кафедрой инженерной геологии гидрогеологического факультета Российского государственного геологоразведочного университета им. Серго Орджоникидзе (МГРИ), к.г.-м.н., г. Москва, Россия

Information about the authors

IGOR K. FOMENKO

DSc (Geology and Mineralogy); Professor in the Department of Engineering Geology, Faculty of Hydrogeology, Ordzhonikidze Russian State Geological Prospecting University (MGRI); Moscow, Russia

VAN B. DUONG

Lecturer of the Department of Engineering Geology, Faculty of Geosciences and GeoEngineering, Hanoi University of Mining and Geology; Hanoi, Vietnam; Postgraduate Student of the Department of Engineering Geology, Faculty of Hydrogeology, Ordzhonikidze Russian State Geological Prospecting University (MGRI), Moscow, Russia

TRUNG K. NGUYEN

Senior Research Scientist of the Department of Hydrogeology and Engineering Geology, Institute of Geological Sciences, Vietnam Academy of Science and Technology, Hanoi, Vietnam

OLGA N. SIROTKINA

PhD (Geology and Mineralogy); Senior Research Scientist of the Department of Dynamic Geology, Faculty of Geology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

DENIS N. GOROBTSOV

PhD (Geology and Mineralogy). Head of Department of Engineering Geology, Faculty of Hydrogeology, Ordzhonikidze Russian State Geological Prospecting University (MGRI); Moscow, Russia