

ТАДЖИКСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

На правах рукописи

УДК: 550.38:624.131.543:004.96 (575.3)

ББЛ 26.3 (Тадж.)

Ф - 12

ФАЙЗУЛЛОЕВ ШОХНАВАЗ АБДУКОДИРОВИЧ

**ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОПОЛЗНЕВЫХ ЯВЛЕНИЙ В РАЙОНЕ
КАСКАДА ГЭС НА РЕКЕ ВАХШ**

Специальность 25.00.08 - инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение

АВТОРЕФЕРАТ

диссертация на соискание ученой степени кандидата
геолого-минералогических наук

Душанбе-2023

Работа выполнена в кафедре гидрогеологий и инженерной геологий геологического факультета ТНУ.

Научный руководитель: **Оймухаммадзода Илхомджон Султон**
Научный руководитель кандидат геол.-мин. наук,
Начальник Главного управления геологии при
Правительстве Республики Таджикистан

Официальные оппоненты: **Исмаилов Ватихан Алиханович**, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заместитель директора по научной работе Института сейсмологии им. Г.А. Мавлянова Академии наук РУз

Каримов Алихон Ахмадович, кандидат геолого-минералогических наук, директор Научно-производственный ГУП «Табиат»

Ведущая организация: Министерство энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан

Защита диссертации состоится «19» января 2024 г. в 10⁰⁰ часов на заседании объединённого Диссертационного совета 6D.KOA-057 при Таджикском национальном университете и Института геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии Национальной Академии наук Таджикистана по адресу: 734025, г. Душанбе, пр. Рудаки 17, корп. ТНУ, E-mail: tnu@mail.tj; тел: (992-372) 21-77-11 факс: (992-372) 21-77-11.

С диссертацией можно ознакомиться на сайте www.tnu.tj и в центральной библиотеке Таджикского национального университета по адресу 734025, г. Душанбе, проспект Рудаки 17.

Автореферат разослан «___» _____ 2023 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент



Гайратов М.Т.

Введение

Актуальность темы исследования. Вахшский каскад ГЭС на реке Вахш включает в себе пять действующих, одну строящуюся и частично действующую и две спроектированных ГЭС. В районах строительства гидроэлектростанций экзогенные геологические процессы создают неблагоприятные условия для возведения сооружений. Среди них выделяются относительно большой распространённостью оползни, которые могут негативно повлиять на стабильность действующих и возводимых сооружений. Вопрос по обеспечению безопасности от стихийных бедствий, в особенности от оползней, района каскада ГЭС на реке Вахш является весьма актуальным. Для решения проблемы такого масштаба, прежде всего, необходимо выявить региональные закономерности оползневых явлений. В мировой практике для предотвращения негативных влияний от оползней используются современные методы решения задач, в частности, метод оценки восприимчивости к возникновению оползней с помощью ГИС-технологии. Этот метод даёт возможность оценить роль практически всех факторов, таких, как крутизна, кривизна и экспозиция склонов, высотная зональность, количество атмосферных осадков, сейсмическое воздействие, на распространение оползней.

При проведении работ в этом районе ранее была построена карта вероятности возникновения оползней в рыхлых горных отложениях под воздействием сейсмичности, которая учитывала среднюю кривизну склонов с крутизной склонов от 5 до 30⁰. Однако на закономерности развития оползней района работ могут влиять и другие весьма важные процессообразующие факторы. В частности, при использовании количественных методов и данных дистанционного зондирования нами установлена зависимость оползневых явлений от самих элементов или показателей факторов, что позволяет прогнозировать оползни с большей вероятностью.

В связи с этим исследование оползневых явлений с использованием более современных методов является актуальной задачей, поэтому необходимо проводить качественную и количественную оценку влияния факторов оползнеобразования с использованием ГИС-технологии. Следует также учитывать данные дистанционного зондирования для построения и интерпретации процессообразующих факторов, прогнозирования вероятности возникновения оползней на основе выявленных весов показателей факторов. Целесообразно использовать и сравнить несколько методов для построения наиболее оптимальной карты восприимчивости.

Связь исследования с программами (проектами), научной тематики. Представленная работа проводилась в рамках научно-исследовательской работе по теме: «Создание новой карты сейсмической опасности территорий Таджикистана» в лаборатории

оценки сейсмической опасности Института геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии НАНТ (УДК 550.34:551.78(575.3), № ГР №0116ТJ00576).

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Этапы исследования. Достижения цели осуществлялся на трёх этапах. На первом этапе было созданы ГИС - геобазы данных и создано карта инвентаризации оползневых явлений. На втором этапе, в рамках полевых работ сотрудников Института геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии НАНТ было сделано верификация карты инвентаризации непосредственно на поле. В третьем, заключительном этапе были проведены аналитические работы. Выявлены пространственные закономерности оползневых явлений, созданы карты восприимчивости к возникновению оползней и проведено валидация результатов исследования.

Целью исследования является выявление пространственных закономерностей развития оползневых явлений и построение карт восприимчивости к возникновению оползней района каскада ГЭС на реке Вахш.

Объект исследования – верхнее и среднее течения реки Вахш.

Предмет исследования – оползневые явления района каскада ГЭС на реке Вахш.

Задачи исследования. Для достижения цели были поставлены следующие основные задачи:

1. Создать карту инвентаризации оползневых явлений на основе данных дистанционного зондирования и архивных ресурсов с верифицированием результатов дешифровки местности.
2. Создать ГИС-базы геологических, сейсмологических и всевозможных данных, связанных с оползневыми явлениями в районе каскада ГЭС на реке Вахш.
3. Выявить пространственные взаимоотношения процессо- образующих факторов с оползневыми явлениями района работ.
4. Провести оценку влияния пространственного разрешения цифровой модели рельефа на качество карт восприимчивости к возникновению оползней для выбора наиболее оптимальной цифровой модели рельефа.
5. Построить модели восприимчивости к возникновению оползней с использованием полуколичественных и количественных методов.
6. Сравнить модели восприимчивости к возникновению оползней с использованием ROC-кривой.

Методы исследования: Метод контролируемой классификации данных дистанционного зондирования, методы моделирования, включающие метод цифрового картирования и метод экспертной оценки.

Область исследования. Естествознание – науки о Земле.

Достоверность диссертационных результатов подтверждаются следующим: построенная карта инвентаризации оползневых явлений района работ, которая была создана с использованием программы Google Earth Pro и архивных данных, была затем верифицирована непосредственно в полевых условиях; результаты моделирования восприимчивости к возникновению оползней, проведённые при помощи ГИС-программы ArcGIS Desktop версии 10.6.1, были оценены с использованием ROC-анализа; публикациями основных результатов работы в рецензируемых изданиях ВАК РФ; обсуждением результатов диссертации на конференциях.

Научная новизна работы

1. Впервые проведена оценка влияния пространственного разрешения цифровой модели рельефа на качество карт восприимчивости к возникновению оползней с разрешениями 30 и 90 м.

2. Впервые были выявлены пространственные закономерности развития оползневых явлений в зависимости от основных факторов оползнеобразования (сейсмические воздействия, крутизна склонов, атмосферные осадки, высотная зональность, кривизна склонов, индекс NDVI, индекс мощности потока, топографический индекс влажности и экспозиции склонов).

3. Впервые построены модели восприимчивости к возникновению оползней с использованием четырёх разных количественных и полуколичественных методов.

4. Впервые проанализировано качество карт восприимчивости к возникновению оползней.

Практическая значимость полученных результатов состоит в их использовании при планировании строительства сооружений и самих методов оценки восприимчивости к возникновению оползней, что даёт возможность выявлять участки, предрасположенные к возникновению оползней.

Основные выносимые на защиту положения:

1. Разрешения цифровой модели рельефа влияют не только на качество карт восприимчивости к возникновению оползней, но и на качество постобработки цифровой модели рельефа.

2. Зависимость развития оползневых явлений района каскада ГЭС на реке Вахш от сейсмических воздействий, крутизны склонов, атмосферных осадков, высотной зональности, кривизны склонов, индекса NDVI, индекса мощности потока, топографического индекса влажности и экспозиции склонов может быть выявлена с помощью полуколичественных и количественных методов анализа факторов оползнеобразования.

3. Прогнозирование оползней, особенно в рыхлых отложениях, которыми богат район работ, становится более доступным с помощью создания моделей восприимчивости к возникновению оползней. Построенные нами карты восприимчивости к возникновению оползней статистическими методами показывают более высокую результативность по сравнению с картой, созданной на основе экспертной оценки.

Личный вклад соискателя ученой степени. Соискатель самостоятельно оцифровал необходимые материалы в ГИС-базах данных района каскада ГЭС на реке Вахш, подготовил данные для проведения расчетов, выбора наиболее оптимального пространственного разрешения цифровой модели рельефа при создании моделей восприимчивости к возникновению оползней, провёл сравнение и верификацию моделей.

Публикация результатов исследований. Основные положения диссертации опубликованы в 12 печатных работах, из них 6 в изданиях, рецензируемых ВАК при Президенте РТ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения и списка использованной литературы. Текст диссертации содержит 133 страницы компьютерного набора, 48 иллюстраций, 19 таблиц и включает 116 наименований библиографических источников.

ОСНОВНЫЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении работы отражены актуальность и связь исследования с программами (проектами), научной тематики. Общая характеристика исследования охватывает этапы исследования, цель и задачи исследования, объекты и предметы исследования, научную новизну, практическую значимость исследования, степень достоверности результатов, личный вклад соискателя в исследования, апробацию и реализацию результатов диссертации, публикации по теме диссертации, структуру и объем диссертации.

В первой главе диссертации анализируются ранее опубликованные литература по району каскада ГЭС на реке Вахш. Систематическое изучение оползней района исследования, которые наносят значительный ущерб народному хозяйству, началось в 1969г. В результате ранее проведённых работ по данной территории выявлены некоторые закономерности оползневых явлений, даны их классификации и выделены некоторые признаки оползней. Кроме того, отмечено, что стратиграфическом отношении геологическое строение исследуемой территории разнообразно. Чехол состоит главным образом из осадочных пород палеозойского, мезозойского и кайнозойского возрастов. Интрузивные образования представлены гранитами, гранодиоритами и кварцевыми диоритами верхне-каменноугольной системы ($\gamma_{C_{2-3}}$) и, возможно, протерозоя (Pt?). Тектоника района каскада ГЭС на реке Вахш интересна тем, что он расположен между двумя громадными структурами

Южного Тянь-Шаня и Таджикской депрессии, в пределах которых находится западная часть Южного Тянь-Шаня, включающая в себя южный склон Каратегинского хребта и небольшой участок южного склона горного узла, находящегося на стыке Зеравшанского и Алайского хребтов. Согласно действующей карты общего сейсмического районирования территории Таджикистана, сделанной в 1978 году, авторами которой являются Бабаев А.М., Кошлаков Г.В. и Мирзоев К.М., территория района каскада ГЭС на реке Вахш занимает 7-, 8- и 9-бальные зоны.

Вторая глава - «Материалы и методы исследования». В этой главе даётся краткая характеристика методов обработки данных дистанционного зондирования. Отмечено, что инвентаризация оползней является основой для оценки восприимчивости, опасности и риска оползней. Она необходима для построения моделей восприимчивости к возникновению оползней, которые прогнозируют оползни на основе прошлых условий их возникновения. Для создания моделей и выявления пространственных закономерностей оползневых явлений были использованы количественные и полуколичественные методы.

Третья глава посвящена описанием основных факторов оползневых явлений района каскада ГЭС на реке Вахш. В общем были описаны 10 факторов, таких, как крутизна и кривизна склонов, высотная зональность, экспозиция склонов, количество атмосферных осадков (мм/год), сейсмическое воздействие, индекс мощности потока, землепользования и топографический индекс влажности, влияющих на возникновение оползней.

ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА НА КАЧЕСТВО КАРТ ВОСПРИИМЧИВОСТИ К ВОЗНИКНОВЕНИЮ ОПОЛЗНЕЙ РАЙОНА КАСКАДА ГЭС НА РЕКЕ ВАХШ

В практике моделирования восприимчивости к возникновению оползней широкое применение получила ЦМР. Большую роль она играет при построении морфометрических факторов оползнеобразования, таких, как крутизна и кривизна склонов, высотная зональность, экспозиция склонов и др.

Точность и надежность выявления пространственных закономерностей оползневых явлений зависит от выбора разрешения ЦМР. Исходя из этого, одним из принципиальных и дискуссионных вопросов по моделированию восприимчивости к возникновению оползней является выбор оптимального пространственного разрешения ЦМР для построения модели. Как показал опыт некоторых зарубежных исследователей, существует разноречивость мнений в отношении выбора оптимального пространственного разрешения ЦМР.

На протяжении многих лет моделирование восприимчивости к оползням стало практическим подходом для получения более глубокого понимания пространственных

закономерностей оползневых явлений и выявления участков, наиболее предрасположенных к оползневым процессам. Накопленный опыт показывает, что ЦМР является частью основных базовых данных, которые используются для выявления различных существенных обуславливающих факторов, учитывающихся в любом анализе восприимчивости к природным опасностям.

В начале XXI впервые было затронут вопрос по выбору пространственного разрешения ЦМР. Выбор правильного пространственного разрешения ЦМР является важным шагом в составлении карт восприимчивости к возникновению оползней, так как оно имеет существенное влияние на зонирование восприимчивости к возникновению оползней.

Мировая практика показывает, что точное пространственное разрешение пикселей ЦМР при картировании восприимчивости к оползням не всегда приводит к высокой прогностической точности. Между тем, не существует идеального пространственного разрешения ЦМР, которое могло бы универсально и идеально представлять размеры всех оползней в пределах анализируемой области. В некоторых исследованиях при проведении моделирования стабильности местности для сравнений ЦМР с разрешением от 2 до 50 м указывают, что ЦМР с разрешением меньше 10 м из-за чрезмерной детализации особенностей рельефа не отражают физические процессы, ответственные за инициирование оползней. Аналогичные результаты были получены в работе, где обнаружили, что разрешение 90 м имеет самую высокую точность, и весьма примечательным событием является то, что средняя площадь оползней была очень близка к пространственному разрешению 90 м, что показывает положительную корреляцию между средней площадью оползней и лучшим разрешением.

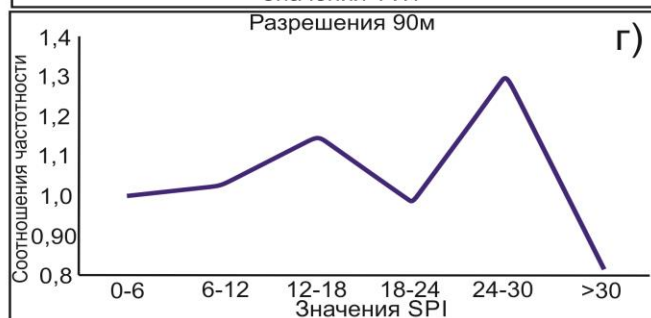
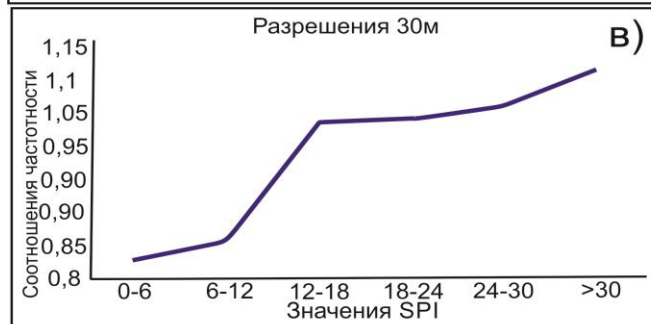
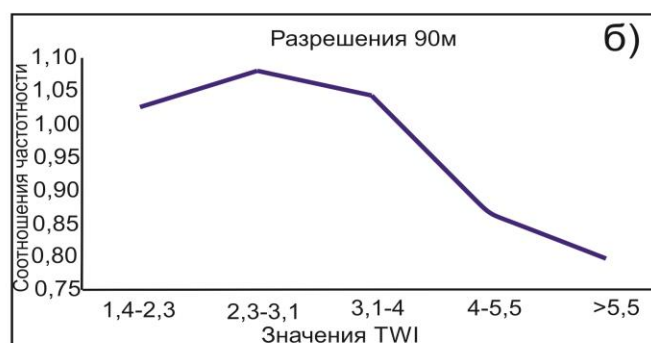
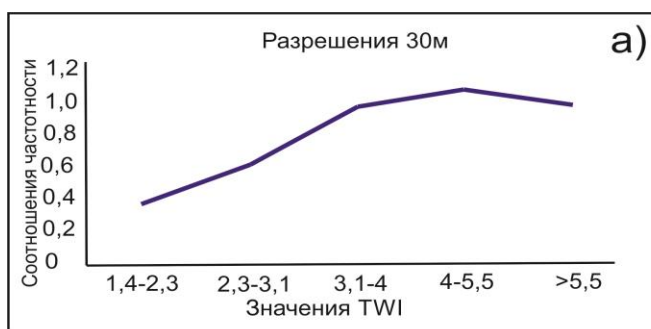


Рис.1. Графики зависимости соотношения частотности: а) TWI с разрешением 30м, б) TWI с разрешением 90м, в) SPI с разрешением 30м и г) SPI с разрешением 90м.

Вопрос по выбору пространственного разрешения ЦМР в Таджикистане до настоящего времени не было рассмотрено. Однако неоднозначное мнение по этому вопросу в мировой практике и первый опыт проведения столь детальных и комплексных научных исследований с использованием современных компьютерных программ, и методов привели нас к необходимости проведения оценки качества карт восприимчивости к возникновению оползней и корреляции всех оползнеобразующих факторов с оползневыми явлениями района исследования, которые были созданы двумя ЦМР, имеющими разные пространственные разрешения (30м и 90м). Надо иметь ввиду, что правильный выбор пространственного разрешения ЦМР окажет прямое влияние на качество моделей восприимчивости к возникновению оползней и выявления правильной корреляции между факторами оползнеобразования и оползневыми явлениями.

Модели, созданные с учётом перечисленных факторов, даны на рисунке 2.

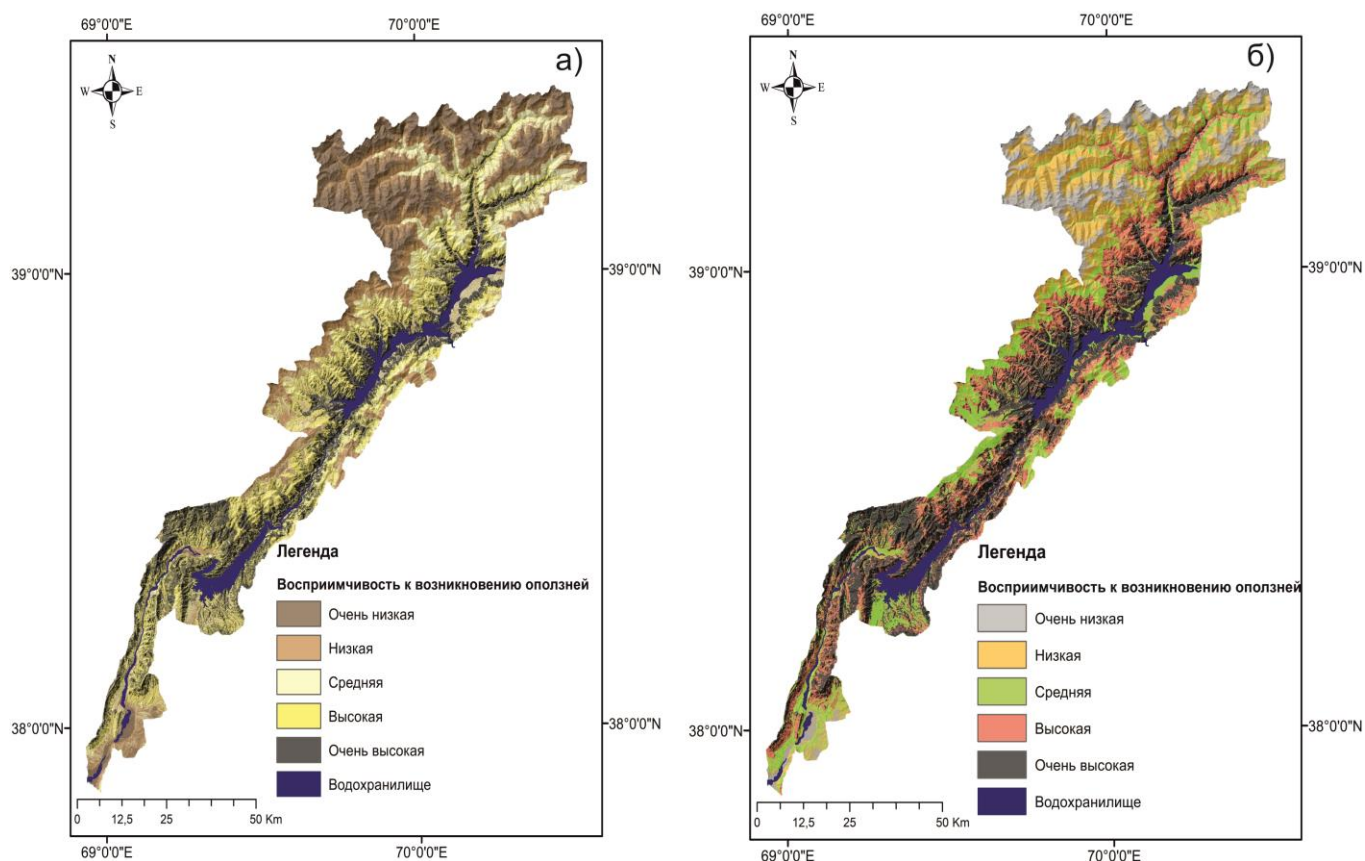


Рис.2. Модели восприимчивости к возникновению оползней: а) с разрешением 30м и б) с разрешением 90м

Для выявления пространственных корреляций был использован метод соотношения частотности. Результаты взвешивания топографических индексов влажности и индексов мощности потока (рис. 1) показывают разные результаты.

Анализ ранее проведенных работ по оценке влияния пространственного разрешения ЦМР на качество моделей восприимчивости свидетельствуют о том, что нет какой-либо универсальной ЦМР, соответствующей разрешениям, которые могли бы полностью удовлетворить потребность пользователей. Влияние этого показателя ЦМР проявляется по-разному, например, исходная карта в случае картирования восприимчивости к возникновению оползней с разрешением 90 для района Куллу (рис 3.1. г) имеет относительно низкую точность. Однако в других исследованиях по изучению влияния этого показателя было выявлено, что разрешение 90 м более или менее охватывает всю площадь оползня и рекомендуется использовать этот размер пикселей.

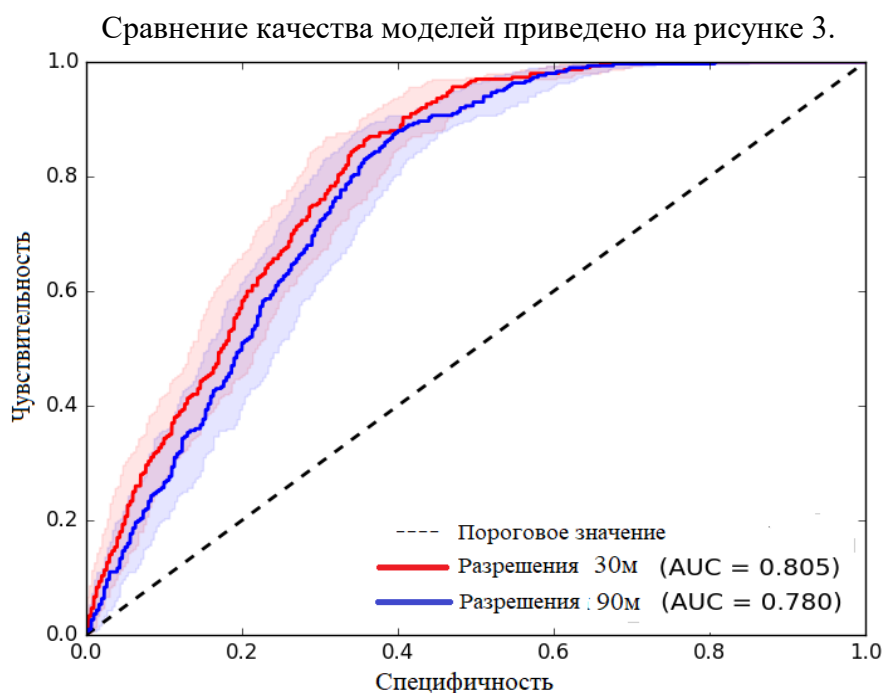


Рис.3. Сравненные качества моделей с разрешением 30м и 90м

Разные результаты работ по этой проблеме вынудили нас проводить собственное исследование в этом направлении. В наличии у нас были ЦМР с 30 и 90 м разрешений, с помощью которых в программе ArcGIS ArcMap были созданы некоторые факторы оползнеобразования и были выявлены закономерности оползневых явлений с использованием метода соотношения частотности. Результаты картирования восприимчивости к возникновению оползней с этими разрешениями пикселей были сравнены между собой с использованием ROC-кривой. Как видно из рисунка 3, исходные данные показали почти одинаковые результаты.

ГЛАВА 5. ОЦЕНКА ВОСПРИИМЧИВОСТИ К ВОЗНИКНОВЕНИЮ ОПОЛЗНЕЙ В РЕГИОНАЛЬНОМ МАСШТАБЕ

Автором была установлена, что развития оползневых явления района каскада ГЭС на реке Вахш зависит от всех анализируемых факторов. Вклад показательней факторов оползнеобразования на развития оползней на изучаемой территории представлен на таблице 1.

Взвешивания факторов оползнеобразования FR_i -соотношения частотности, $I(H, x_i)$ значения информативности, C_w -весомости признаков и МАИ методом анализа иерархии.

Таблица 1.

Факторы	Класс	Количественные методы			Класс	Полуколичественный метод
		FR_i	$I(H, x_i)$	C_w		МАИ
Круглизна склонов	0-5	0,14	-1,97	-2,046	30-40	0,35
	5-10	0,48	-0,73	-0,781	20-30	0,24
	10-20	1,08	0,08	0,103	10-20	0,16
	20-30	1,20	0,19	0,284	40-50	0,11
	30-40	1,08	0,08	0,117	5-10	0,07
	40-50	0,97	-0,03	-0,032	50-69	0,05
	>50	0,71	-0,34	-0,483	0-5	0,03
Экспозиция склонов	Ровная	0,00	-6,59	-6,633	-	-
	Северная	1,12	0,11	0,132	-	-
	Северо-восточная	0,98	-0,02	-0,019	-	-
	Восточная	1,26	0,23	0,277	-	-
	Юго-восточная	1,23	0,21	0,262	-	-
	Южная	1,00	0,00	0,004	-	-
	Юго-западная	0,67	-0,40	-0,451	-	-
	Западная	0,79	-0,24	-0,275	-	-
	Северо-западная	0,98	-0,02	-0,027	-	-
Высотная зональность	452-1000	1,01	0,01	0,017	1000-1500	0,31
	1000-1500	1,46	0,38	0,517	452-1000	0,22
	1500-2000	1,71	0,54	0,755	1500-2000	0,15
	2000-2500	1,28	0,25	0,31	2000-2500	0,11
	2500-3000	0,56	-0,58	-0,652	2500-3000	0,08
	300-3500	0,11	-2,19	-2,319	3000-3500	0,05

	3500-4000	0,02	-3,94	-4,073	3500-4000	0,04
	4000-4500	0,00	0,00	0	4000-4500	0,03
	4500-5196	0,00	0,00	0	4500-5196	0,02
Кривизна	Вогнутая	1,027	0,03	0,06	Выпуклая	0,54
	Ровная	0,713	-0,34	-0,36	Вогнутая	0,3
	Выпуклая	1,004	0,01	0,013	Плоская	0,16
Спектральное ускорение грунтов	0.90-0.96	0,62	-0,48	-0,573	1,084 - 1,114	0,35
	0.96-1.002	0,89	-0,12	-0,206	1,054- 1,084	0,24
	1.002-1.04	1,28	0,25	0,478	1,024 - 1,054	0,16
					0,994 - 1,024	0,11
					0,964 - 0,994	0,07
					0,934 - 0,964	0,05
					0,904 - 0,934	0,03
Атмосферные осадки мм/год	341-400	0,00	0,00	-0,008	351-400	0,02
	400-500	0,69	-0,37	-0,385	400-500	0,03
	500-600	1,60	0,47	0,53	500-600	0,05
	600-700	1,53	0,43	0,699	600-700	0,07
	700-800	1,25	0,23	0,348	700-800	0,11
	800-900	0,31	-1,18	-1,349	800-900	0,16
	900-1000	0,03	-3,42	-3,571	900-100	0,23
	1000-1100	0,00	0,00	0	1000-1100	0,33
Нормализованный вегетационный индекс	-0,39 - -0,27	0,06	-2,81	-2,839	-0.25-0	0,03
	-0,27 - -0,15	0,12	-2,12	-2,147	0-0.1	0,04
	-0,15 - -0,03	0,02	-4,18	-4,327	0.1-0.2	0,07
	-0,03- 0,08	0,75	-0,28	-0,313	0.5-0.68	0,12
	0,08 - 0,2	1,36	0,31	0,432	0.4-0.5	0,25
	0,2 - 0,31	1,19	0,18	0,246	0.3-0.4	0,27
	0,31 - 0,43	1,13	0,12	0,156	0.2-0.3	0,21
	0,43- 0,55	0,93	-0,07	-0,079		
	0,55 - 0,67	0,71	-0,34	-0,354		
0,67 - 0,79	0,35	-1,04	-1,061			
Топографический	1,4-2,3	0,35	-1,06	-1,08	>5,5	0,42
	2,3-3,1	0,59	-0,53	-0,54	4-5,5	0,26
	3,1-4	0,95	-0,05	-0,059	3,1-4	0,16
	4-5,5	1,06	0,06	0,104	2,3-3,1	0,1
	>5,5	0,96	-0,04	-0,077	1,4-2,3	0,06
Индекс	0-6	0,83	-0,19	-0,278	>30	0,38
	6-12	0,86	-0,16	-0,166	24-30	0,25
	12-18	1,04	0,03	0,038	18-24	0,16

18-24	1,04	0,04	0,044	12-18	0,1
24-30	1,06	0,06	0,062	6-12	0,07
>30	1,12	0,11	0,229	0-6	0,04

Прогноз и выявление зон, наиболее предрасположенных к возникновению оползней, напрямую зависят от отбора факторов оползнеобразования. Только после подбора всех факторов проводится процедура взвешивания показателей факторов и выявляется значимость каждого фактора. С применением всех вышеизложенных закономерностей были созданы модели восприимчивости к возникновению оползней.

Степень точности карт восприимчивости к возникновению оползней является самой первой мыслью, волнующей каждого научного деятеля, так как именно эта характеристика даёт информацию о доверии к прогностической способности модели. При оценке восприимчивости к возникновению оползней точность — это способность карты отличать свободные от оползней районы от районов, подверженных оползням.

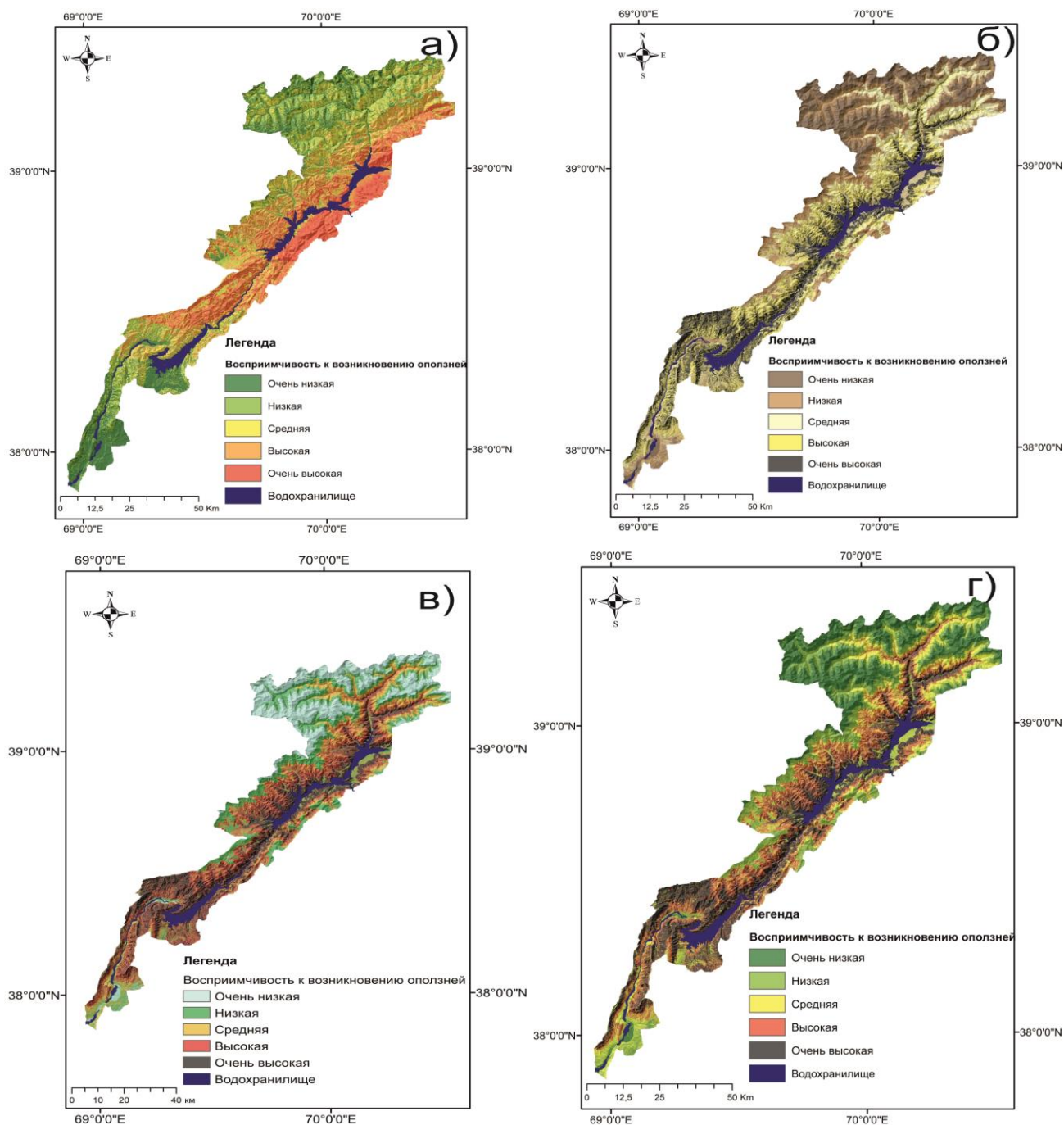


Рис.4. Модели восприимчивости к возникновению оползней: а) методом анализа иерархий б) методом соотношения частотности в) методом значения информативности г) методом весомости признаков

Валидация модели — это сравнение результатов с реальными данными для оценки точности модели. Валидация моделей восприимчивости к оползням дает информацию о доверии модели пользователю. Валидация также позволяет сравнивать различные модели или переменные параметры модели.

Оценка точности карты прогноза оползней, как правило, очень сложная задача. На самом деле предсказание оползневых процессов может быть проверено только наблюдением

за тем, имеет ли место (или имело место) сбой во времени ("подождите и посмотрите"), но это не очень удобный метод, так как она требует длительного времени. Одним из наиболее часто используемых методов проверки точности карт восприимчивости к возникновению оползней является сочетание окончательной карты опасностей с картиной существующих оползней. Частотное распределение производится из оценок восприимчивости существующих оползневых и не оползневых зон. Прогноз оползней, основанный на более старой карте распределения оползней, затем может быть проверен с менее поздним распределением оползней.

При оценке восприимчивости к оползням существуют два типа ошибок прогнозирования (табл. 2).

Первый тип ошибок является ложноположительным (ошибка типа I), а второй тип – ложноотрицательным (ошибка типа II).

Типы ошибок при прогнозированиях

Таблица 2

1	Оползни могут происходить в районах, которые прогнозируются как стабильные
2	Оползни могут фактически не происходить в районах, которые прогнозируются как нестабильные

Валидация карт восприимчивости к оползням обычно основывается на статистических данных из межрайонных таблиц, также известных как матрица путаницы или таблица непредвиденных обстоятельств. На основе порога непрерывные значения восприимчивости классифицируются в двоичной карте (классы восприимчивости и невосприимчивости), а затем сравниваются с двоичной картой распределения оползней (наличие или отсутствие оползней).

Кросс-табуляция заключается в вычислении областей перекрытия между двумя бинарными картами. Возможные комбинации следующие: оползневые районы классифицируются как восприимчивые районы (истинно положительные наблюдения); свободные от оползней районы классифицируются как не восприимчивые районы (истинно отрицательные наблюдения); оползневые районы классифицируются как не восприимчивые районы (ложно отрицательные наблюдения); и свободные от оползней районы классифицируются как восприимчивые районы (ложноположительные наблюдения).

Значения AUC варьируются в пределах от 0,5 до 1, однако касательно характеристики значений AUC в литературах нет единого мнения. Авторами работ показано, что значения AUC, близкие к 1, показывают высокую прогностическую способность модели, а значения, близкие к 0,5, - низкую точность. Кроме этого, в мировой практике больше всего используются следующие статистические характеристики AUC, приведённые в таблице 6.3.

Статистические характеристики значения AUC

Интервал AUC	Качество модели
0,9-1,0	Отличное
0,8-0,9	Очень хорошее
0,7-0,8	Хорошее
0,6-0,7	Среднее
0,5-0,6	Неудовлетворительное

Оценка точности и сравнение результатов моделирования четырьмя методами для района каскада ГЭС на реке Вахш были реализованы с использованием ROC-кривой (рис.5). Результаты показали, что модели весомости признаков и соотношения частотности имеют более высокую точность, однако и другие модели имеют высокую точность и к тому же у всех моделей близкие к друг другу значения AUC, таким образом, можно сказать, что они все очень хорошо работают.

Точность карт восприимчивости к возникновению оползней трудно оценить визуально. Поэтому данная процедура делается с использованием специальных методов. Самым широко используемым методом оценки точности модели восприимчивости к возникновению оползней является ROC-анализ. Оценка точности, или валидации результатов моделирования, пусть и не полностью, но частично решает вопрос по точности результатов моделирования и тем самым даёт законное право для дальнейшего использования карт восприимчивости к возникновению оползней. ROC-анализ был введён для оценки точности всех четырёх моделей восприимчивости к возникновению оползней. Результаты показывают, что модели соотношения частотности и весомость признаков имеют более высокую точность в отображении восприимчивости к возникновению оползней. Значения AUC у этих моделей равны (0,805). Модель значения информативности, занимая третье место среди моделей, имеет AUC=0,803. Карта, построенная методом анализа иерархий, показывает самые низкие значения AUC (0,692), которые, согласно таблицы статистической характеристики значения AUC, имеет среднюю прогностическую способность.

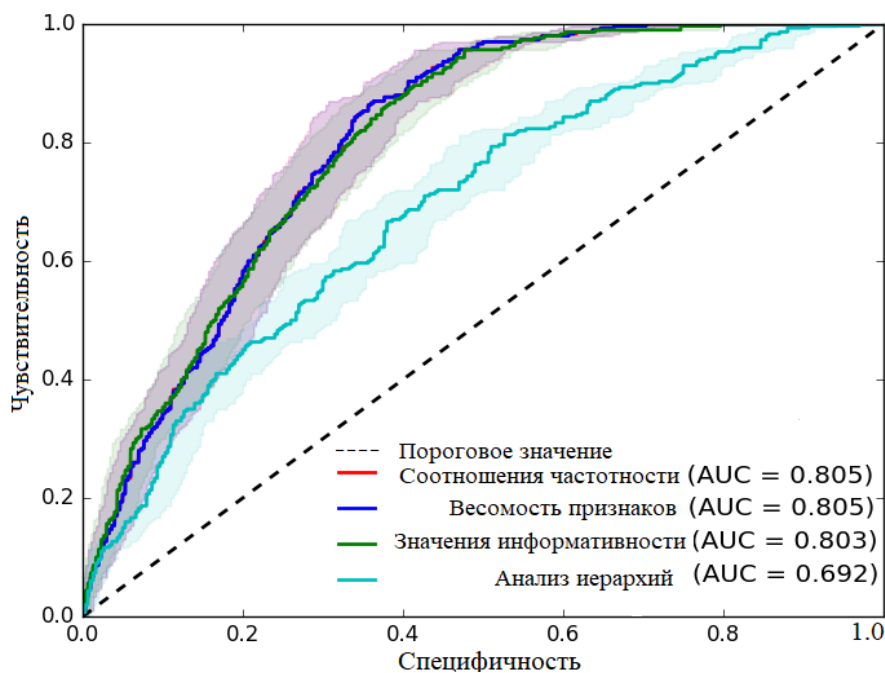


Рис. 5. Сравнение моделей восприимчивости к возникновению оползней

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Как показывает анализ международных данных, для разных регионов или разных участков местности оптимальный при использовании ЦМР являются разные разрешения это обусловлено целым рядом факторов: рельефом местности, наличием растительного покрова, обширных водных пространств и т.д. Поэтому напрашивается вывод, что для каждой конкретной местности выбор оптимального разрешения должен устанавливаться опытным путём. С этой целью нами были составлены модели с разными типами разрешения. В результате было установлено, что для территории, включающей часть долины реки Вахш с расположенными на ней ГЭС, оптимальным является разрешение, равное 30 м, а разрешение в 90м не может удовлетворять требованиям детальности [3-А].

2. В данной работе изучен вопрос о влиянии разрешения цифровой модели рельефа на постобработку самой цифровой модели рельефа. Неправильный выбор разрешения может привести к неправильной интерпретации данных, что и показывают результаты наших исследований в этом направлении. Таким образом, было выявлено, что разрешения цифровой модели рельефа влияют не только на качество карт восприимчивости к возникновению оползней, но и на постобработку самой цифровой модели рельефа. Установлено, что выбранные разрешения не оказывают негативное влияния на большинство факторов оползнеобразования, а исключительно на индекс мощности потока и топографический индекс влажности [3-А].

3. Использование количественных и полуколичественных методов выявления коррелятивов между факторами оползнеобразования и карты инвентаризации оползневых явлений даёт возможность анализировать вопрос логически и статистически и дать прогноз возникновения оползней, проведя моделирование восприимчивости к возникновению оползней. Преимущество проведенных работ заключается в том, что есть возможность добавления новых данных и тем самым усовершенствования построенных нами карт восприимчивости к возникновению оползней [1-А], [2-А], [4-А], [5-А], [6-А], [7-А], [8-А].

4. Несмотря на то, что в работе использованы девять факторов оползнеобразования, построенные нами модели имеют высокие результаты, что подтверждается фактическими данными при сравнении валидации карт восприимчивости к возникновению оползней и выявленных взаимоотношений между факторами оползнеобразования (крутизны склонов, экспозиции склонов, кривизны склонов, высотной зональности, индекса NDVI, атмосферных осадков, индекса мощности потока, сейсмического воздействия и топографического индекса влажности) и оползневыми явлениями. Интересно отметить, что при визуальной оценке карты, созданные с использованием количественных методов, имеют одинаковые результаты. Наиболее точная прогностическая способность модели и сравнение моделей между собой выявляется с сопоставлением конечной карты с картой инвентаризации оползней для валидации, с использованием ROC-анализа [9-А], [10-А], [11-А].

.Рекомендации по практическому использованию результатов

Основываясь на результатах проведенных исследований, можно дать следующие рекомендации:

1. Для моделирования восприимчивости к возникновению оползней из ЦМР открытого доступа (30 и 90 м) использовать ЦМР с разрешением 30 м. При этом с целью построения более точной ЦМР и карты земельного покрова района работ использовать снимки с более высоким пространственным разрешением, которые получают с использованием дронов, данные которых имеют 5см разрешение.

2. Из построенных нами моделей восприимчивости к возникновению оползней района каскада ГЭС на реке Вахш рекомендуется использовать модель, построенную методом соотношения частотности и весомости признаков, так как эти модели имеют относительно высокую прогностическую способность. Однако при моделировании других территорий, из-за высокой результативности и несложного алгоритма выполнения расчётов, рекомендуется использовать метод соотношения частотности. Кроме того, построенные нами модели имеют большое практическое значение при планировании строительства новых сооружений, к тому же, принимая во внимания тот факт, что в пределах изучаемого района планируются строительство двух новых ГЭС (Шуробская и Нурукская-2), где наблюдаются зоны с очень

высокой и высокой восприимчивостью к возникновению оползней, рекомендуется продолжать моделирования для территории каждой спроектированной ГЭС по отдельности с использованием высококачественных данных дистанционного зондирования и, следовательно, верификаций результатов непосредственно в полевых условиях. Такой масштаб работы даст возможность анализировать закономерности развития оползневых явлений по их типам и включать в модель дополнительные факторы.

3. Построенная нами карта инвентаризации оползневых явлений района каскада ГЭС на реке Вахш не включает в себя всю информацию об оползнях. Кроме локализаций оползней, большую ценность имеют частота и время проявления оползневых процессов, с помощью которых возможно сделать временную и частотную привязку к картам восприимчивости к возникновению оползней и тем самым создать модель оползневой опасности. Для усовершенствования исследований рекомендуется проводить мониторинг оползневых склонов и детализировать карту инвентаризации оползневых явлений района работ не только по времени и частотности, но и их типам.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОТРАЖЕНЫ В СЛЕДУЮЩИХ ПУБЛИКАЦИЯХ:

I. Статьи, опубликованные в рецензируемых и рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Президенте Республики Таджикистан журналах:

[1-А] Файзуллоев Ш.А. Исследования зон возможного развития экзогенных геологических процессов при сейсмических явлениях на территории Лахшского района в Таджикистане. [Текст] / Ёкубов Ш.А., Муродкулов Ш.Я., Олимов Б.К., Сафаров М.С., Файзуллоев Ш.А.// Наука и инновация, таджикский национальный университет серия геологических и технических наук. – 2020. - №1. - С. 101-107.

[2-А] Файзуллоев Ш.А. Оценка точности классификации данных дистанционного зондирования в ГИС-технологии на примере района каскада ГЭС на реке Вахш. [Текст] / Файзуллоев Ш.А.// Известия Академии наук Таджикистана. - 2020. - №1 (178). - С. 96-103.

[3-А] Файзуллоев Ш.А. Проблема выбора пространственного разрешения цифровой модели рельефа при моделированиях восприимчивости к возникновению оползням. [Текст] / Файзуллоев Ш.А.// Наука и инновация, таджикский национальный университет серия геологических и технических наук. – 2020. - №3. - С. 34-43.

[4-А] Файзуллоев Ш.А. Прогноз возникновения неглубоких оползней района каскада ГЭС на реке Вахш. [Текст]/ Файзуллоев Ш.А., Байгенов Д.Ф., Аламов Б.А., Олимов. Б.К., Ёкубов

Ш.А.// Наука и инновация, таджикский национальный университет серия геологических и технических наук. - 2020. - №2. - С. 38-43.

[5-А] Файзуллоев Ш.А. Моделирование восприимчивости к оползням района каскада ГЭС на реке Вахш с использованием метода анализа иерархий в ГИС-технологий. [Текст] /Файзуллоев Ш.А., Байгенов Д.Ф., Аламов Б.А., Олимов. Ш.А., Ёкубов Ш.А.// Известия Академии наук Таджикистана. – 2020. - №4 (181). - С. 121-128.

[6-А] Файзуллоев Ш.А. Роль инвентаризации оползневых явлений при моделированиях восприимчивости к оползням. [Текст] / Файзуллоев Ш.А., Нарзиев Дж. М., Байгенов Д.Ф., Рахимбекова М.Р., Окилшоев Х.С.// Наука и инновация, таджикский национальный университет серия геологических и технических наук. - 2020. - №4. - С. 30-35.

[7-А] Shohnavaz, F. Application of Frequency Ratio Method for Landslide Susceptibility Mapping in the Surkhob Valley, Tajikistan. / Mukhammadzoda S., Shohnavaz F., Ithomjon O., Zhang G.// Journal of Geoscience and Environment Protection, 9. – 2021. – P. 168-189. doi: [10.4236/gep.2021.912011](https://doi.org/10.4236/gep.2021.912011).

II. Научные статьи, опубликованные в сборниках и других научно-практических изданиях:

[8-А] Файзуллоев Ш.А. Влияния крутизны и экспозиции склонов на распространения оползневых явлений долины реки Зеравшан. [Текст] / Байгенов Д.Ф., Файзуллоев Ш.А., Рахимбекова М.Р.// Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы инженерной геологии, гидрогеологии, гидрологии и разработки месторождений полезных ископаемых Таджикистана и сопредельных территорий», посвящённой 80-летию со дня рождения заслуженного работника Таджикистана, доктора технических наук, профессора, академика инженерной академии республики Таджикистан Комилова Одины Комиловича 25-го февраля 2022г. – 2022. - С.214-219.

[9-А] Файзуллоев Ш.А. Неоднородности геологического строения мезо-кайнозойских межгорных прогибов Тяньшань-Памирского региона на примере Афгано-таджикской депрессии. [Текст] / Минаев В.Е., Гадоев М.Л., Оймухаммадзода И.С., Файзуллоев Ш.А., Каримов А.М., Сайдалиев И.М.// Труды института геологии сейсмостойкого строительства и сейсмологии. – 2019. -выпуск 2. - С. 12-17.

[10-А] Файзуллоев Ш.А. Моделирование восприимчивости к возникновению оползней методом соотношения частотности в Лахшском районе. [Текст] / Файзуллоев Ш.А.// Труды института геологии сейсмостойкого строительства и сейсмологии. – 2021. - выпуск 4. - С. 226-233.

[11-А] Файзуллоев Ш.А. Корреляционный анализ некоторых факторов оползнеобразования среднего и верхнего течения р.Вахш. [Текст] /Файзуллоев Ш.А.//Труды института геологии сейсмостойкого строительства и сейсмологии. – 2021. - выпуск 4. - С. 234-243.

**ВАЗОРАТИ МАОРИФ ВА ИЛМИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН ДОНИШГОҲИ
МИЛЛИИ ТОҶИКИСТОН**

Бо ҳукуқи дастнавис

УДК: 550.38:624.131.543:004.96 (575.3)

ББЛ 26.3 (Тадж.)

Ф - 12

ФАЙЗУЛЛОЕВ ШОҲНАВАЗ АБДУҚОДИРОВИЧ

**ҚОНУНИЯТҲОИ ФАЗОГИИ ЗУҲУРОТҲОИ ЯРЧӢ ДАР МИНТАҚАИ
СИЛСИЛАНЕРУҒОҲИ ДАРӢИ ВАХШ**

АВТОРЕФЕРАТИ

**диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмӣ
номзади илмҳои геология ва минирология 25.00.08**

Душанбе-2023

Диссертатсия дар кафедраи гидрогеология ва геологияи муҳандисии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон иҷро гардидааст.

Роҳбари илмӣ:

Оймуҳаммадзода Илҳомҷон Султон - Сардори саридораи геологияи назди Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон, номзади илмҳои геология ва минерология, дотсент

Муқарризони расмӣ:

Исмоилов Ватихон Алихонович, доктори илмҳои геолог-минеролог, профессор, муовини директор оид ба корҳои илмии Институти сейсмологияи ба номи Г.А. Мавлонови Академияи илмҳои ҶУз

Каримов Алихон Аҳмадович, номзади илмҳои геолог-минеролог, директори Илмӣ-тадқиқотии КВД “Табиат”

Муассисаи пешбари тақриздиханда:

Вазорати энергетика ва захираҳои оби Ҷумҳурии Тоҷикистон

Ҳимояи диссертатсия рӯзи «19» январи соли 2024 соати 10⁰⁰ дар ҷаласаи Шӯрои муштараки диссертатсионии 6D.KOA – 057 дар назди Донишгоҳи миллии Тоҷикистон ва Институти геология, соҳтмони ба заминчунбӣ тобовар ва сейсмалогияи АМИТ баргузор мегардад. Суроға: 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, шаҳри Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17 E-mail: tnu@mail.tj; тел: (992-372) 21-77-11 факс: (992-372) 21-77-11.

Бо диссертатсия дар сомонаи расмӣ (www.tnu.tj) ва дар китобхонаи илмии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон воқеъ дар суроғаи 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, шаҳри Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17 (e-mail: tnu@mail.tj) шинос шудан мумкин аст.

Автореферат санаи «__» _____ 2023 ирсол гардид.

Котиби илмии Шӯрои диссертатсионӣ,
номзади илмҳои техникаӣ, дотсент



Ғайратов М.Т.

Муқаддима

Муҳимияти мавзӯи таҳқиқот. Силсиланерӯгоҳи дарёи Вахш панҷ НОБ-ии амалкунанда, якто сохташаванда ва қисман амалкунанда ва ду нерӯгоҳи лоихавиро дарбар мегирад. Дар минтақаҳои сохтмони НОБ равандҳои геологӣ экзогенӣ барои сохтмони иншоотҳо шароити номусоидро фароҳам меоваранд. Аз ҳама зиёд дар байни онҳо ярҷҳо зиёдтар паҳн шудаанд, ки метавонанд ба иншоотҳои сохташаванда ва амалкунанда таъсири манфӣ расонанд. Масъалаи таъмини бехатарӣ аз офатҳои табиӣ, алаҳусус аз ярҷ дар минтақаи силсиланерӯгоҳи дарёи Вахш мавзӯи хело муҳим маҳсуб меёбад. Барои ҳалли чунин масъала, пеш аз ҳама, қонуниятҳои минтақавӣ ҳосилшавии зухуротҳои ярҷиро бояд маълум кард. Дар амалияи ҷаҳонӣ барои пешгирии таъсири манфӣи ярҷҳо усулҳои муосири ҳалли мушкилот, аз ҷумла, усули арзёбии таъсирпазирӣ аз ярҷҳо бо истифода аз технологияи ГИС истифода мешаванд. Ин усул ба мо имконият медиҳад, ки нақши тақрибан ҳамаи омилҳоро, ба мисли, кунҷи афтиши нишебӣ, шакли нишебӣ, самти хобиши нишебӣ, баландии мутлақ, миқдори боришотҳои атмосферӣ, таъсири сейсмикӣ, ки ба паҳншавии ярҷҳо мусоидат мекунанд, арзёби намоем.

Ҳангоми ба роҳ мондани таҳқиқот дар ин минтақа пештар харитаи эҳтимолияти бавучудоии ярҷҳо дар чинсҳои кӯҳии нарм дар зерӣ таъсири сейсмика, ки дар онҳо кунҷи нишебӣҳои аз 5 то 30⁰ ба назар гирифта шуда буданд, сохта шудааст. Аммо ба қонуниятҳои паҳншавии ярҷҳои минтақаи корӣ метавонанд, ки дигар омилҳои бисёр ҳам муҳими ярҷофаранда таъсир расонанд. Хусусан, ҳангоми истифодаи усулҳои миқдорӣ ва маълумоти тадқиқоти фосилавӣ аз тарафи мо вобастагии зухуротҳои ярҷӣ аз худӣ элементҳо ё нишондодҳои омилҳо муайян шудааст, ки ин ба мо имконияти пешгӯии ярҷоро бо эҳтимолияти зиёд фароҳам меорад.

Бо дарназардошти ин, омӯзиши зухуроти ярҷӣ бо истифода аз усулҳои замонавӣ масъалаи хеле ҳам муҳим буда, гузаронидани арзёбии миқдорӣ ва ниммиқдории таъсири омилҳои ярҷофаранда дар ГИС технология низ зарур мебошад. Инчунин ба назар гирифтани маводи тадқиқоти фосилавӣ барои сохтан ва шарҳу эзоҳи омилҳои ярҷофаранда ва пешгӯи кардани эҳтимолияти ба вучудоии ярҷҳо дар асоси вазнҳои муайян шудаи нишондодҳои омилҳоро низ бояд фаромӯш накард. Истифода ва муқоиса кардани якҷанд усулҳо барои сохтани харитаи муносиби осебпазирӣ аз ярҷҳо мувофиқи матлуб мебошад.

Робитаи таҳқиқот бо барномаҳо (лоихаҳо) ва мавзӯҳои илмӣ. Кори мазкур дар доираи кори илмӣ тадқиқотӣ дар мавзӯи “Тартиб додани харитаи навӣ хатари сейсмикии ҳудуди Тоҷикистон” дар лабораторияи арзёбии хатари сейсмикии Институти геология,

сохтмони ба заминчунбӣ тобовар ва сейсмологияи АМИТ (УДК 550.34:551.78(575.3), № ГР №0116ТJ00576) ба анҷом расонида шудааст.

ХУСУСИЯТҲОИ УМУМИИ ОМУӢЗИШ

Мақсади тадқиқот аз муаян намудани қонуниятҳои фазогии зухуротҳои ярҷӣ ва сохтани харитаҳои осебпазирӣ аз ярҷҳо барои минтақаи силсиланерӯгоҳи дарёи Вахш иборат буд.

Объекти тадқиқот қисмати болои ва мобайнии чараёни дарёи Вахш маҳсуб мешавад.

Мавзӯи таҳқиқот омӯзишу арзёбии пайдошавии зухуротҳои ярҷии минтақаи силсиланерӯгоҳи дарёи Вахш.

Масъалаҳои таҳқиқот. Барои расидан ба мақсад, ва ҳадаф илмӣ назди мо чунин масъалаҳои асосӣ воғузошта шуда буданд:

1. Тартиб додани харитаи паҳншавии зухуроти ярҷӣ дар асоси маълумоти тадқиқоти фосилавӣ ва мамбаҳои бойгонӣ бо аниққунии натиҷаҳои рамзкушоӣ бевосита дар саҳро.

2. Тартиб додани базаи маълумоти геологӣ, сейсмологӣ ва дигар маълумотҳои марбут ба зухуротҳои ярҷии минтақаи силсиланерӯгоҳи дарёи Вахш.

3. Муайян кардани муносибати фазогии омилҳои ярҷофаранда бо зухуроти ярҷии минтақаи корӣ.

4. Гузаронидани арзёбии таъсири андозаи фазогии модели сифрии маҳал ба сифати харитаҳои осебпазирӣ аз ярҷҳо барои интихоби модели сифрии муносиб.

5. Сохтани моделҳои осебпазирӣ аз ярҷҳо бо истифода аз усулҳои ниммикдорӣ ва микдорӣ.

6. Муқоиса кардани моделҳои осебпазирӣ аз ярҷҳо бо истифода аз ROC-таҳлил.

Усулҳои таҳқиқот. Усули таснифоти идорашавандаи маводи тадқиқоти фосилавӣ, усулҳои моделсозӣ, ки дар худ усулҳои харитасозии сифрӣ ва усули арзёбии экспертӣ.

Соҳаи таҳқиқот. Табиатшиносӣ – илмҳои оиди Замин.

Эътимоднокии натиҷаҳои диссертатсионӣ бо ин далелҳо тасдиқ мешаванд: харитаи тартибдодашудаи зухуротҳои ярҷии минтақаи корӣ, ки бо истифода аз барномаи Google Earth Pro ва маълумотҳои бойгонӣ тартиб дода шуда, баъдан бевосита дар саҳро аниқ шудаанд; натиҷаҳои моделсозии осебпазирӣ аз ярҷҳо, ки бо истифода аз барномаи ГИС ArcGIS Desktop версияи 10.6.1 сохта шуда буданд, бо истифода аз таҳлили ROC арзёбӣ шуданд; натиҷаҳои асосии кор дар нашрияҳои илмии рӯйхати КОА назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон нашр шудаанд; натиҷаҳои кор дар конференсияҳо муҳокима шудаанд.

Навгониҳои илмӣ таҳқиқот:

1. Бори аввал арзёбии таъсири андозаи фазогии модели сифрии маҳал ба сифати харитаҳои осебпазирӣ аз ярҷҳо бо андозаҳои 30 ва 90 м гузаронида шудааст.

2. Бори нахуст қонуниятҳои фазогии паҳншавии зухуротҳои ярҷӣ дар вобастагии бо омилҳои асосии ярҷофаранда (таъсири сейсмикӣ, кунҷи афтиши нишебӣ, шакли нишебӣ, самти хобоши нишебӣ, баландии мутлақ, миқдори боришотҳои атмосферӣ, индекси NDVI, индекси қудрати ҷараён, индекси намнокии топографӣ).

3. Нахустин маротиба моделҳои осебпазирӣ аз ярҷҳо бо истифода аз чор усули гуногуни миқдори ва ниммиқдори таҳия карда шудаанд.

4. Бори аввал сифати харитаҳои осебпазирӣ аз ярҷҳо таҳлил карда шудаанд.

Аҳамияти амалии таҳқиқот дар истифодабарии натиҷаҳои қор ҳангоми ба нақшагирии сохтмони иншоотҳои хаттӣ ва ҳуди усулҳои моделсозии осебпазирӣ аз ярҷҳо, ки ин имконият медиҳад то, минтақаҳои дар оянда бавучудоии ярҷҳоро муайян кунем.

Марҳилаҳои тадқиқот. Қор дар се марҳила ба анҷом расонида шудааст. Дар марҳилаи аввал базаи маълумотҳои ГИС ва харитаи паҳншавии ярҷҳо тартиб дода шудааст. Дар марҳилаи дуюми тадқиқот, дар доираи қорҳои саҳроии қормандони Институти геология, сохтмони ба заминчунбӣ тобовар ва сейсмологияи АМИТ верификатсияи харитаи паҳншавии ярҷҳо бевосита дар саҳро ба анҷом расонида шудааст. Дар марҳилаи хотимавӣ қорҳои аналитикӣ гузаронида шудаанд. Қонуниятҳои фазогии зухуротҳои ярҷӣ ошқор карда шуда харитаи осебпазирӣ аз ярҷҳо тартиб дода шудааст.

Нуқтаҳои асосии Ҳимояшаванда:

1. Андозаи модели сифрии маҳал натавон ба сифати харитаҳои осебпазирӣ аз ярҷҳо, балки ба қорқарди баъдинаи модели сифрии маҳал низ таъсир мерасонад.

2. Вобастагии паҳншавии зухуроти ярҷии минтақаи силсиланерӯгоҳи дарёи Вахш аз таъсири сейсмикӣ, кунҷи афтиши нишебӣ, шакли нишебӣ, самти хобиши нишебӣ, баландии мутлақ, миқдори боришотҳои атмосферӣ, индекси NDVI, индекси нерӯи ҷараён, индекси намнокии топографиро метавонем бо усули ниммиқдори ва миқдории таҳлилии омилҳои ярҷофаранда маълум қардан мумкин аст.

3. Пешгӯии ярҷҳои махсусан дар чинсҳои нарм, ки дар минтақаи қорӣ ба таври васеъ паҳн шудаанд бо воситаи сохтани моделҳои осебпазирӣ аз ярҷҳо дастрастар мегардад. Харитаҳои бо истифодаи усулҳои статистикӣ сохташудаи мо нисбат ба харитаи бо усули арзёбии экспертӣ дида натиҷаҳои баландтар нишон додаанд.

Саҳми шахсии унвонҷӯ. Унвонҷӯ мустақилона маълумоти заруриро дар базаи ГИС сифрӣ қунонида, маълумотҳоро барои ҳисоб ва интиҳоби муносиби андозаи модели сифрии маҳал барои сохтани модели осебпазирӣ аз ярҷҳо омода намуда, муқоисакунӣ ва верификатсияи моделҳоро гузаронидааст.

Нашри натиҷаҳои таҳқиқот. Натиҷаҳои асосии рисола дар ёздаҳ мақолаҳои чопӣ нашр шудааст, ки аз ин шаштояш дар нашрияҳои аз ҷониби ҚОА назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон онҳо эътироф гардида ва 1-то дар рӯйхати Scopus буда нашр шудаанд.

Структура ва ҳаҷми рисола. Диссертатсия аз сарсухан, 5 боб, хулоса ва рӯйхати адабиётҳои истифодашуда иборат мебошад. Тексти диссертатсия аз 133 саҳифаи чопӣ, 48 расм, 19 ҷадвал ва 116 адабиёт иборат аст.

МУНДАРИҶАИ АСОСИИ ДИССЕРТАТСИЯ

Дар муқаддима аҳамияти мавзуи тадқиқот ва робитаи тадқиқот бо барномаҳо (лоиҳаҳо), мавзӯҳои илмӣ оварда шудаанд. Хусусиятҳои умумии тадқиқотро марҳилаҳои тадқиқот, мақсад ва вазифаҳои тадқиқот, объект ва предмети омӯзиш, наоварии илмӣ, аҳамияти амалии тадқиқот, дараҷаи эътимоднокии натиҷаҳо, саҳми шахсии унвончӯ, нашри натиҷаҳои таҳқиқот ва структура ва ҳаҷми рисола дарбар мегирад.

Дар боби якуми диссертатсия адабиётҳои пештар нашршудаи минтақаи силсиланерӯгоҳи дарёи Вахш таҳлил карда таҳлил карда мешавад. Омӯзиши систематикӣ яրҷҳои минтақаи тадқиқот, ки ба хоҷагии халқ таъсири манфӣ мерасонад соли 1969 оғоз гардидааст. Асосан адар қорҳои пештар гузаронидашудаи минтақа якҷанд қонуниятҳои зухуроти яրҷиро иуаян қарда, таснифоти онҳо дода шуда якҷанд аломатҳои яրҷҳо низ чудо қарда мешаванд. Ғайр аз он, қайд қарда мешавад, ки аз ҷиҳати стратегияи минтақаи омӯзиш гуногун мебошад. Чехол асосан аз ҷинсҳои таҳшонии сину солашон палеозойи, мезазойи ва қайназойи иборат мебошад. Ҷинсҳои интрузивӣ аз гранитҳо, гранодиоритҳо ва диоритҳои квартсии қарбони болоӣ (γC_{2-3}) ва (Pt?) боэҳтимол аз пратерозойи ташкил медиҳанд. Тектоникаи минтақаи силсиланерӯгоҳи дарёи Вахш диққати худро бо он қалб мекунад, ки вай дар байни ду структураи бузург, Тён-Шони Қанубӣ ва депрессияи Тоҷик қойгир мебошад, ки дар таркиби худ қисмати қанубии қаторкӯҳи Қаротегин ва майдони хурди қойи васли қуҳии қойи бархурди қаторкӯҳҳои Зарафшон ва Олой мебошад, дарбар мегирад. Мувофиқи харитаи амалқунандаи ноҳиябандии умумии Тоҷикистон, ки соли 1978 сохта шудааст ва муаллифонаш Бабаев А.М., Қошлақов Г.В. ва Мирзоев Қ.М. мебошанд, худуди минтақаи силсиланерӯгоҳи дарёи Вахшро қойҳои 7-, 8- ва 9- балла ташкил мекунанд.

Боби сеюми диссертатсия ба «Материалҳо ва усулҳои тадқиқот» бахшида шудааст. Дар ин боб тавсифоти қутоҳи усулҳои қорқарди маводҳои тадқиқоти қосилавӣ шарҳ дода мешавад. Қайд қарда мешавад, ки харитаи паҳншавии яրҷҳо асос барои моделсозии осебқазирӣ, қатар ва ҳавфи аз яրҷҳо ба шумор меравад. Вай пеш аз ҳама барои сохтани харитаи осебқазирӣ аз яրҷҳо, ки вай дар асоси шароитҳои пешинаи бавучудоии онҳо пешгуи менамояд. Барои сохтани моделҳо ва муаян қардани қонуниятҳои фазоии зухуротҳои яրҷӣ усулҳои миқдорӣ ва ниммиқдорӣ истифода бурда шудаанд.

Боби сеюм ба тавсифи омилҳои асосии зухуроти ярҷии минтақаи силсиланерӯгоҳи дарёи Вахш бахшида шудааст. Дар умум даҳто омили барои бавучуд омадани ярҷҳо таъсиркунанда, ба монанди: кунҷ ва шакли нишебӣ, баландии мутлақ, самти хобиши нишебӣ, миқдори боришотҳои атмосферӣ (мм/сол), таъсири сеймикӣ, индекси нерӯи ҷараён, истифодаи замин ва индекси намнокии топографӣ шарҳ дода шудаанд.

БОБИ 4. АРЗЁБИИ ТАЪСИРИ АНДОЗАИ МОДЕЛИ СИФРИИ МАҲАЛ БА СИФАТИ ХАРИТАҲОИ ОСЕБПАЗИРИИ ЯРҶҲОИ МИНТАҚАИ СИЛСИЛАНЕРУҶОҶИ ДАРЁИ ВАХШ

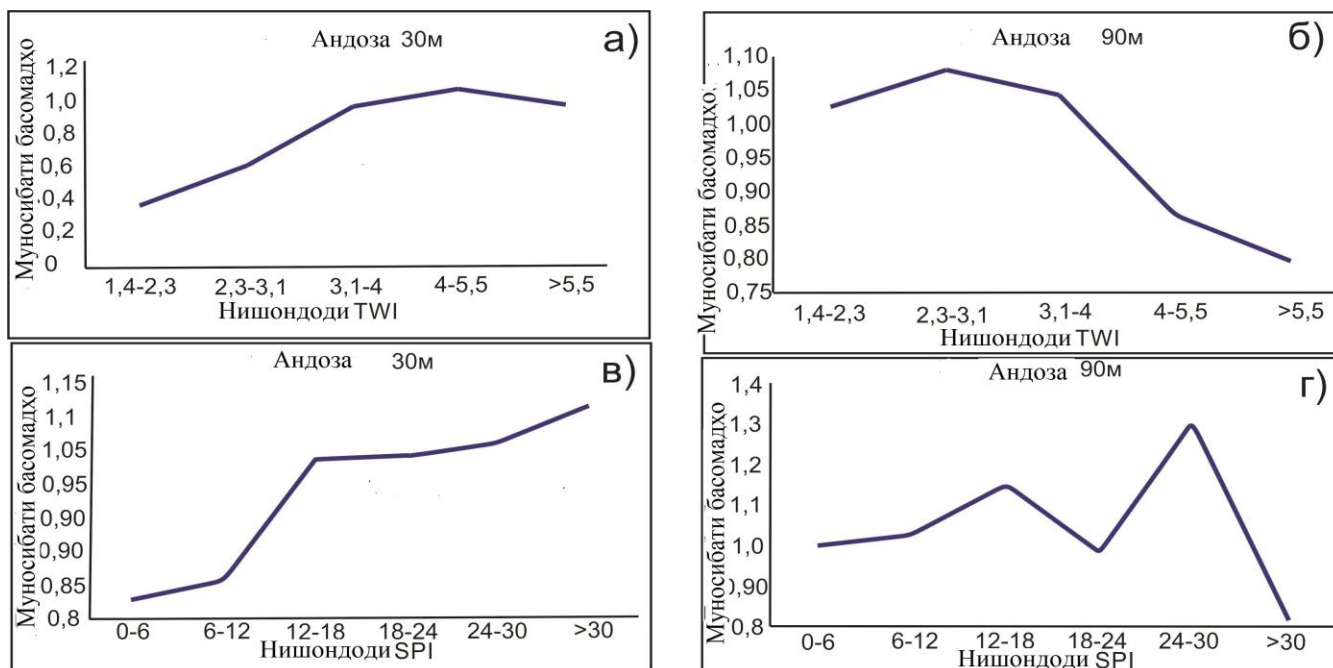
Дар таҷриба, ҳангоми моделсозии осебпазирӣ аз ярҷҳо модели сифрии маҳал ба таври васеъ истифода бурда мешавад. Нақши хеле ҳам калонро вай ҳангоми сохтани омилҳои морфометрии ярҷофоранда, ба монанди кунҷи нишебӣ, самти хобиши нишебӣ, баландии мутлақ, самти хобиши нишебӣ ва ғайраҳо, мебозад.

Дақиқият ва эътимоднокии муаянкунии қонуниятҳои фазогии зухуроти ярҷӣ аз интиҳоби дурусти андозаи модели сифрии маҳал вобастагӣ дорад. Вобаста ба ин, яке аз масъалаҳои принципиалӣ ва мувоҳисавӣ ҳангоми моделсозии осебпазирӣ аз ярҷҳо ин интиҳоби андозаи муносиби модели сифрии маҳал ба ҳисоб меравад. Чи тавре, ки таҷрибаи яқхел аз таҳқиқотчиёни хориҷӣ нишон медиҳад, вобаста ба интиҳоби андозаи фазогии модели сифрии маҳал ихтилоф мавҷуд аст.

Дар тӯли солҳо, моделсозии осебпазирӣ аз ярҷҳо, усули амалии дарки қонуниятҳои фазогии зухуроти ярҷӣ ва муайян кардани митақаҳои моил ба равандҳои ярҷӣ шудааст. Таҷрибаҳои андухташуда нишон медиҳанд, ки модели сифрии маҳал ба қисми асосии маълумотҳои дохил мешавад, ки барои муян кардани омилҳои гуногуни ярҷофарандаи муҳимӣ дар дилхоҳ таҳлилҳои моделсозии осебпазирӣ аз хатарҳои табиӣ, истифода мешавад.

Дар ибтидои асри 21 бори аввал масъалаи интиҳоби андозаи фазогии модели сифрии маҳал ба миён омада буд. Интиҳоби дурусти андозаи фазогии модели сифрии маҳал ҳангоми сохтани харитаи осебпазирӣ аз ярҷҳо ба қадами хеле ҳам муҳим ҳисоб меравад, чунки вай ба ноҳиябандии осебпазирӣ аз ярҷҳо таъсирӣ хеле бузург мерасонад.

Таҷрибаи ҷаҳони нишон медиҳад, ки андозаи дақиқи модели сифрии маҳал на ҳама вақт ба натиҷаҳои қобилияти баланди пешгӯикунандадошта оварда мерасонад. Дар айни замон андозаи универсалии модели сифрии маҳал вучуд надорад, то тавонад андозаи тамоми ярҷҳои минтақаи таҳқиқшавандаро фарогир бошад. Дар як қатор таҳқиқот ҳангоми гузаронидани моделсозии устувории маҳал барои муқоиса кардани моделҳои сифрии маҳал бо андозаҳои аз 2 то 50 м гуфта мешавад, ки модели сифрии маҳал бо андозаи 10 м аз сабаби муфассалии аз ҳад зиёди хусусиятҳои релеф, равандҳои физикии ярҷофарандаро инъикос карда наметавонад.



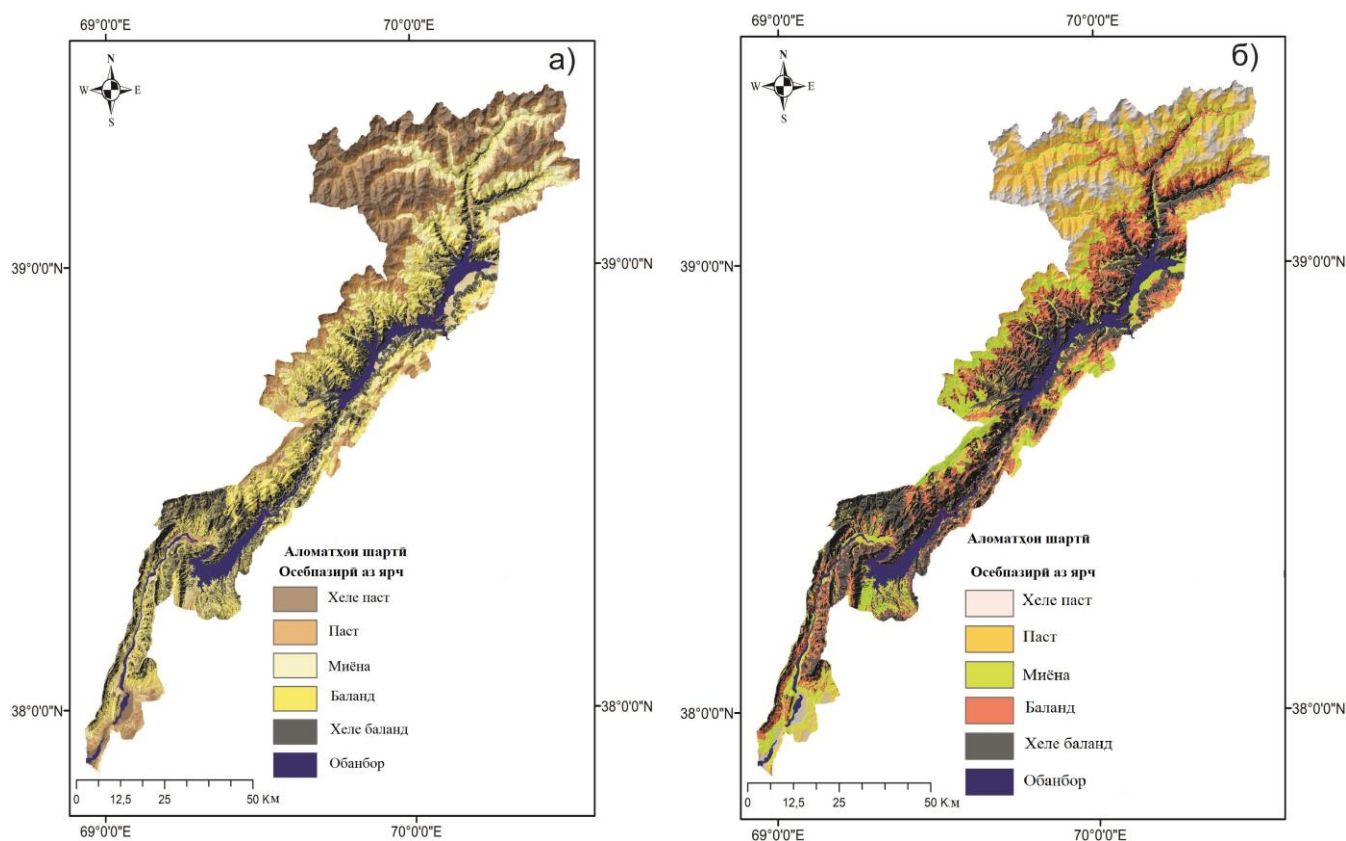
Расми 1. Графики вобастагии муносибати басомадҳо аз: а) TWI бо андозаи 30 м, б) TWI бо андозаи 90м, в) SPI бо андозаи 30 м ва г) SPI бо андозаи 30 м

Масъалаи интихоби андозаи фазогии модели сифрии маҳал дар Тоҷикистон то айни ҳол дида баромада нашуда буд. Аммо фикрҳои гуногуни таҷрибаи ҷаҳонӣ вобаста ба ин масъала ва таҷрибаи якуми гузаронидани чунин таҳқиқоти илмии комплексӣ бо истифода аз барномаҳо ва усулҳои муосир моро водор кард, ки сифати харитаҳои осебпазирӣ аз ярҷоро санҷем ва коррелятсияи ҳамаи омилҳои ярҷофарандаро бо зухротҳои ярҷии минтақаи корӣ, ки бо истифода аз моделҳои сифрии андозаашон гуногун (90 ва 30м) сохта шуда буданд, муаян кунем. Бояд қайд кард, ки интихоби дурусти андозаи фазогии модели сифрии маҳал ба сифати харитаҳои осебпазирӣ аз ярҷо ва муаян кардани коррелятсияи дурустро байни омилҳои ярҷофаранда ва зухуроти ярҷӣ, таъсири бевосита мерасонад.

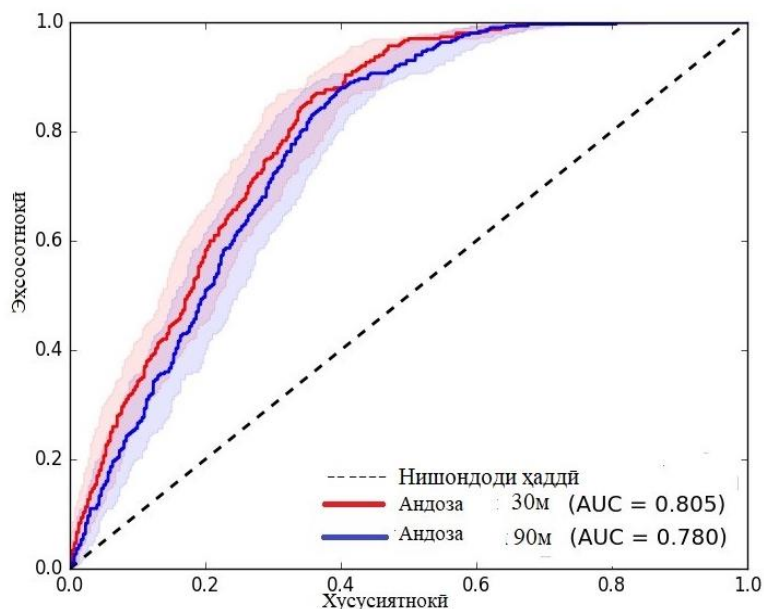
Барои муаян кардани коррелятсияҳои фазогӣ усули муносибати басомадҳо истифода бурда шудааст. Натиҷаҳои вазнкашии индекси намнокии топографӣ ва индекси иқтидори чараён (расм. 1) натиҷаҳои гуногунро нишон медиҳанд.

Таҳлили корҳои пештар гузаронидашуда оиди таъсири андозаи фазогии модели сифрии маҳал ба сифати моделҳои осебпазирӣ аз ярҷ аз он шаҳодат медиҳад, ки модели сифрии маҳалии универсалӣ, дорои андозаи мувофиқи талаботҳои истифодабарандагонро қонеъ кунанда мавҷуд нест. Таъсири ин нишондиҳандаи модели сифрии маҳал гуногун ба назар мерасад, мисол, харитаи осебпазирӣ аз ярҷҳои ноҳияи Куллуи Ҳиндустон бо андозаи 90 м, дорои дақиқияти хеле ҳам паст мебошад. Аммо дар таҳқиқотҳои дигари омӯзиши таъсири ин нишондиҳанда маълум карда шуд, ки андозаи 90 м қариб, ки тамоми масоҳати ярҷро дарбар мегирад ва тавсия дода мешавад, ки ҳамин андозаи пиксел истифода бурда шавад.

Моделҳои, созданные с учётом перечисленных факторов, даны на рисунке 2. Моделҳои бо назардошти омилҳои дар боло зикршуда сохташуда дар расми 2 оварда шудаанд.



Расми 2. Моделҳои осебпазирӣ аз ярҷ: а) бо андозаи 30 м и б) бо андозаи 90м



Расми 3. Муқоисаи моделҳои андозаашон. Сравненные качества 30 м ва 90 м

Натиҷаҳои гуногуни корҳо вобаста ба ин масъала моро водор сохт, ки таҳқиқоти шахсии худро дар ин самт гузаронем. Дар дасти мо моделҳои сифрии андозаашон 30 ва 90 м мавҷуд буданд, ки бо кумаки онҳо дар барномаи ArcGIS ArcMap якхел аз омилҳои ярҷофаранда

сохташуда бо истифода аз усули муносибати басомад қонуниятҳои фазогии зухуроти ярҷи муайян карда шуданд. Натиҷаҳои харитасозии осебпазирӣ аз ярҷҳо, ки бо истифода аз ин андозаи пикселҳо сохта шуда буданд, бовоситаи таҳлили ROC байни якдигар муқоиса карда шуданд. Чӣ тавре, ки аз расми 3 дида мешавад, натиҷаҳои ба даст омада қариб, ки якхелаанд.

БОБИ 5. АРЗЁБИИ ОСЕБПАЗИРИ АЗ ЯРЧҲО ДАР МИҚЁСИ НОҲИЯВӢ

Аз ҷониби муаллиф муайян карда шудааст, ки паҳншавии зухуроти ярҷии минтақаи силсиланерӯгоҳи дарёи Вахш аз ҳамаи омилҳои таҳлилшаванда вобастагӣ дорад. Саҳми нишондиҳандаҳои омилҳои ярҷофранда ба паҳншавии ярҷҳо дар минтақаи таҳқиқшаванда дар ҷадвали 1 нишон дода шудааст.

Ҷадвали 1.

Вазндихии омилҳои ярҷофранда бо усулҳои FR_i - муносибати басомадҳо, $I(H, x_i)$ – арзиши ахборотнокӣ, C_w - вазнокии аломатҳо ва МАИ –усули таҳлили иерархия

хо	Омил	Синф	Усулҳои миқдорӣ			Синф	Усули
			FR_i	$I(H, x_i)$	C_w		ниммиқдорӣ
							МАИ
Кунҷи нишебӣ	0-5		0,14	-1,97	-2,046	30-40	0,35
	5-10		0,48	-0,73	-0,781	20-30	0,24
	10-20		1,08	0,08	0,103	10-20	0,16
	20-30		1,20	0,19	0,284	40-50	0,11
	30-40		1,08	0,08	0,117	5-10	0,07
	40-50		0,97	-0,03	-0,032	50-69	0,05
	>50		0,71	-0,34	-0,483	0-5	0,03
Самтги хобиши нишебӣ	Ровная		0,00	-6,59	-6,633	-	-
	Северная		1,12	0,11	0,132	-	-
	Северо-восточная		0,98	-0,02	-0,019	-	-
	Восточная		1,26	0,23	0,277	-	-
	Юго-восточная		1,23	0,21	0,262	-	-
	Южная		1,00	0,00	0,004	-	-
	Юго-западная		0,67	-0,40	-0,451	-	-
	Западная		0,79	-0,24	-0,275	-	-
	Северо-западная		0,98	-0,02	-0,027	-	-
Бағалландии мутлақ	452-1000		1,01	0,01	0,017	1000-1500	0,31
	1000-1500		1,46	0,38	0,517	452-1000	0,22
	1500-2000		1,71	0,54	0,755	1500-2000	0,15
	2000-2500		1,28	0,25	0,31	2000-2500	0,11
	2500-3000		0,56	-0,58	-0,652	2500-3000	0,08
	300-3500		0,11	-2,19	-2,319	3000-3500	0,05

Шакли нишеб	3500-4000	0,02	-3,94	-4,073	3500-4000	0,04
	4000-4500	0,00	0,00	0	4000-4500	0,03
	4500-5196	0,00	0,00	0	4500-5196	0,02
	Вогнутая	1,027	0,03	0,06	Выпуклая	0,54
	Ровная	0,713	-0,34	-0,36	Вогнутая	0,3
	Выпуклая	1,004	0,01	0,013	Плоская	0,16
Таясирий сейсмикий	0.90-0.96	0,62	-0,48	-0,573	1,084 - 1,114	0,35
	0.96-1.002	0,89	-0,12	-0,206	1,054- 1,084	0,24
	1.002-1.04	1,28	0,25	0,478	1,024 - 1,054	0,16
					0,994 - 1,024	0,11
					0,964 - 0,994	0,07
					0,934 - 0,964	0,05
					0,904 - 0,934	0,03
Боришоти и атмосферий	341-400	0,00	0,00	-0,008	351-400	0,02
	400-500	0,69	-0,37	-0,385	400-500	0,03
	500-600	1,60	0,47	0,53	500-600	0,05
	600-700	1,53	0,43	0,699	600-700	0,07
	700-800	1,25	0,23	0,348	700-800	0,11
	800-900	0,31	-1,18	-1,349	800-900	0,16
	900-1000	0,03	-3,42	-3,571	900-100	0,23
	1000-1100	0,00	0,00	0	1000-1100	0,33
Индекси батартибдаровардашуудан	-0,39 - -0,27	0,06	-2,81	-2,839	-0.25-0	0,03
	-0,27 - -0,15	0,12	-2,12	-2,147	0-0.1	0,04
	-0,15 - -0,03	0,02	-4,18	-4,327	0.1-0.2	0,07
	-0,03- 0,08	0,75	-0,28	-0,313	0.5-0.68	0,12
	0,08 - 0,2	1,36	0,31	0,432	0.4-0.5	0,25
	0,2 - 0,31	1,19	0,18	0,246	0.3-0.4	0,27
	0,31 - 0,43	1,13	0,12	0,156	0.2-0.3	0,21
	0,43- 0,55	0,93	-0,07	-0,079		
	0,55 - 0,67	0,71	-0,34	-0,354		
	0,67 - 0,79	0,35	-1,04	-1,061		
Топографич еский	1,4-2,3	0,35	-1,06	-1,08	>5,5	0,42
	2,3-3,1	0,59	-0,53	-0,54	4-5,5	0,26
	3,1-4	0,95	-0,05	-0,059	3,1-4	0,16
	4-5,5	1,06	0,06	0,104	2,3-3,1	0,1
	>5,5	0,96	-0,04	-0,077	1,4-2,3	0,06
Индекс	0-6	0,83	-0,19	-0,278	>30	0,38
	6-12	0,86	-0,16	-0,166	24-30	0,25
	12-18	1,04	0,03	0,038	18-24	0,16

18-24	1,04	0,04	0,044	12-18	0,1
24-30	1,06	0,06	0,062	6-12	0,07
>30	1,12	0,11	0,229	0-6	0,04

Дараҷаи дақиқии харитаи осебпазирӣ аз ярҷҳо ин фикри якумине мебошад, ки ба фикри ҳар як арбоби илмӣ меояд, чунки маҳс ҳамин тавсифот далели асосии эътимоднокро вобаста ба қобилияти пешгӯикунандаи модел медиҳад. Ҳангоми арзёбии осебпазирӣ аз ярҷҳо дақиқият - ин қобилияти фарқ кардани минтақаҳои бе ярҷ аз минтақаҳои ярҷдори харита мебошад.

Валидатсияи модел – ин муқоиса кардани натиҷаҳо бо маълумотҳои ҳақиқӣ барои арзёбии дақиқияти модел мебошад. Валидатсияи моделҳои осебпазирӣ аз ярҷҳо ба истифодабарандагон маълумотро вобаста ба эътимоднокӣ медиҳад. Валидатсия инчунин имконият медиҳад, ки моделҳои гуногун ё тағирёбиҳои моделро муқоиса кунем.

Арзёбии дақиқияти харитаи пешгӯикунандаи ярҷҳо, ҳамчун қоида, масъалаи хеле ҳам мушкил мебошад. Дар ҳақиқат, пешгӯии равандҳои ярҷиро танҳо бо таври мушоҳида кардани он, ки вайронӣ дар гузашти вақт ҳаст (ё буд) (“интизор шавед ва бубинед”), вале ин усули мувофиқ нест, чунки, вақти хеле ҳам зиёдро талаб мекунад. Яке аз усулҳои бисёр истифодашавандаи арзёбии сифати харитаҳои осебпазирӣ аз ярҷ ин пайвастунии харитаи хатар бо тасвири ярҷҳои мавҷудбуда ба ҳисоб меравад. Тағироти такроршавандагӣ аз арзёбии осебпазирӣ аз ярҷҳои мавҷудбуда ва мавҷуднабуда ба роҳ монда мешавад. Пешгӯии ярҷҳо, ки дар паҳншавии ярҷҳои куҳнатар асос ёфтааст, метавон бо ярҷҳои навтар тафтиш карда шавад.

Ҳангоми арзёбии осебпазирӣ аз ярҷҳо ду намуди хатогӣ мавҷуд аст (ҷад.6.1).

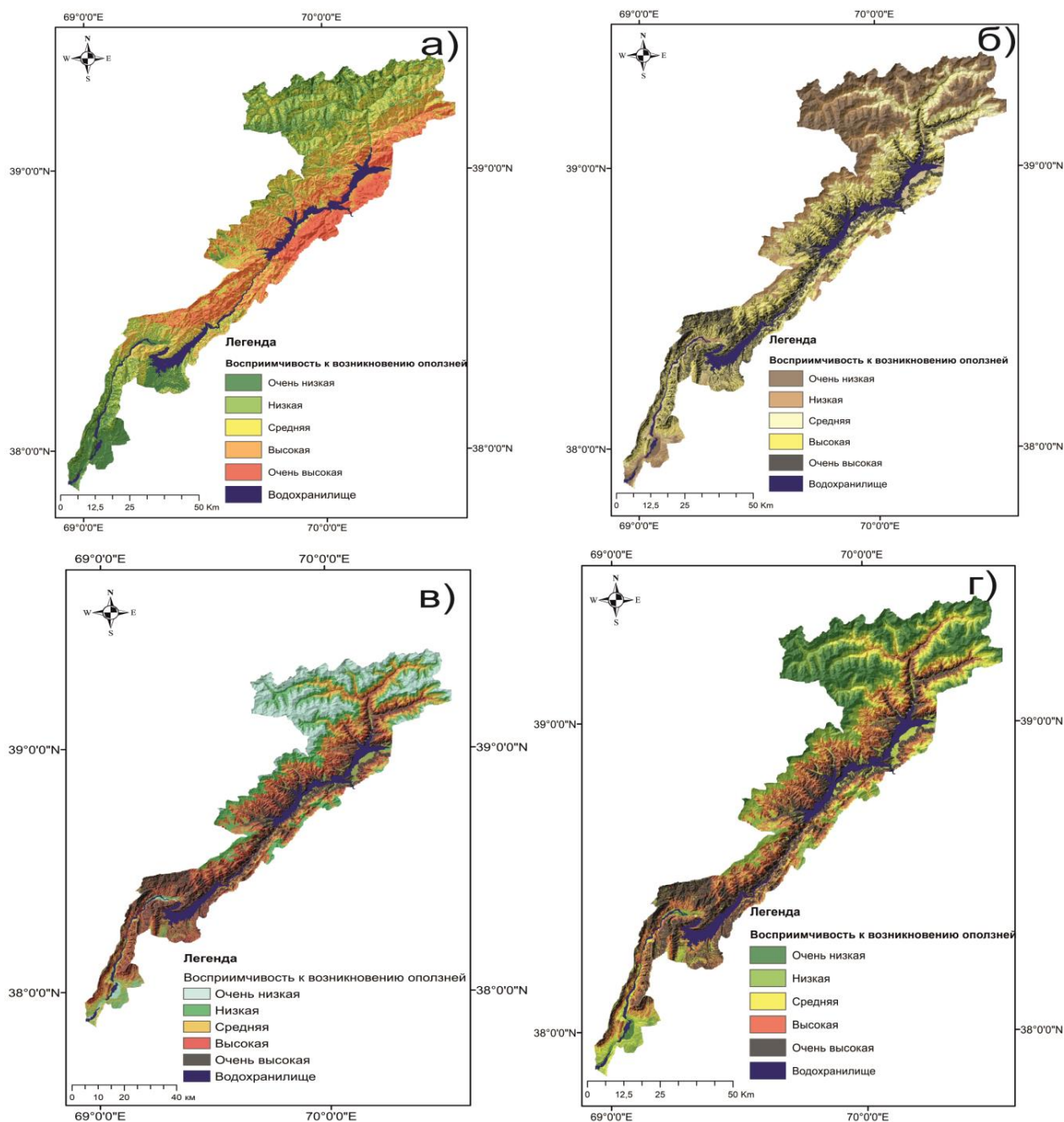
Намуди якуми хатогӣ ин мусбии дуруғ (хатогии намуди 1) ва дуомаш ин манфии дуруғ (хатогии намуди 2).

Ҷадвали 6.1

Намудҳои хатогӣ ҳангоми пешгӯӣ

1	Ярҷҳо метавонанд дар минтақаҳои ба вучуд оянд, ки он минтақаҳо ҳамчун минтақаҳои устувор пешгӯӣ шудаанд
2	Ярҷҳо метавонанд дар минтақаҳои, ки ҳамчун минтақаҳои ноустувор пешгӯӣ шудаанд ба вучуд наоянд

Валидатсияи харитаҳои осебпазирӣ аз ярҷҳо одатан дар асоси маълумоти омории ҷадвалҳои байниноҳиявӣ, инчунин ҳамчун матритсаи дарҳам-барҳамӣ ё матритсаи ҳолатҳои ғайриҷашмдоштӣ номида мешавад, роҳандозӣ мешавад. Дар асоси ҳаҷд нишондодҳои мунтазами осебпазирӣ ба харитаҳои ду синфа (синфҳои осебпазир ва осебнопазир) ҷудо шуда, баъдан бо харитаи ду синфӣ паҳншавии ярҷҳо (мавҷудият ё мавҷуд набудани ярҷҳо) муқоиса карда мешавад.



Расми 4. Моделҳои осебпазирӣ аз ярч: а) усули таҳлили иерархия б) муносибати басомадҳо в) аҳамияти ахборотнокӣ г) вазнокии аломатҳо

Кросс табулятсия аз ҳисоб кардани ҷойҳои пушонидашудаи байни ду харитаҳои бинарӣ асос ёфтасст. Комбинатсияҳои эҳтимоли зерини ноҳиябанби вучуд доранд: ноҳияҳои ярҷӣ ҳамчун минтақаҳои осебпазир (мушоҳидаҳои ҳақиқатан мусбӣ); минтақаҳои аз ярҷ озод ҳамчун минтақаҳои осебнопазир (мушоҳидаҳои ҳақиқатан манфӣ); минтақаҳои ярҷӣ ҳамчун минтақаҳои осебнопазир (мушоҳидаҳои манфии бардуруғ); ва минтақаҳои аз ярҷҳо озод ҳамчун минтақаҳои осебпазир ноҳиябандӣ карда мешавнд (мушоҳидаҳои мусбии бардуруғ).

Нишондиҳандаи AUC дар ҳудуди 0,5 то 1 таъғир меёбад, аммо вобаста ба тавсифоти нишондоди AUC дар адабиётҳо нуқтаи назари ягона мавҷуд нест. Дар якҷел аз корҳои илмӣ

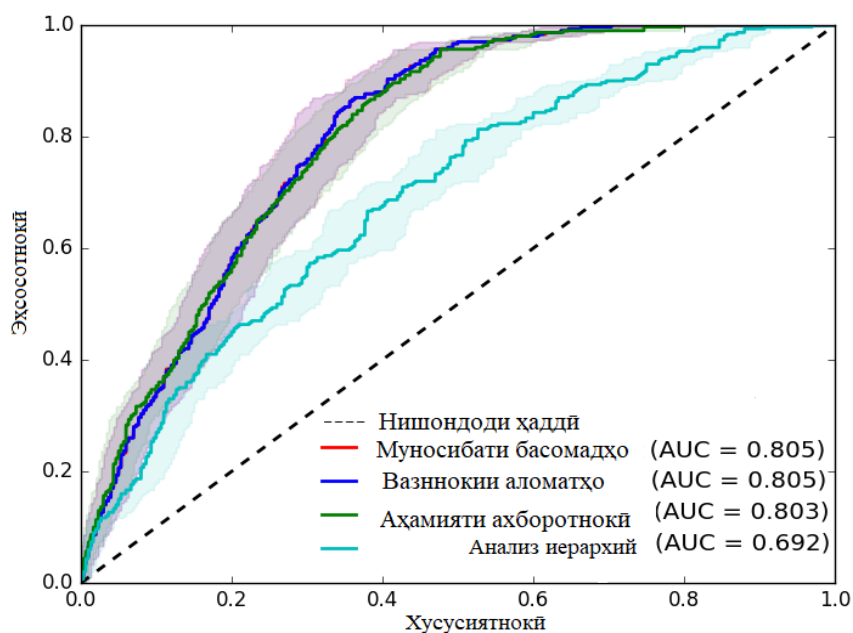
тадқиқотӣ нишон дода шудааст, ки нишондиҳандаи AUC наздик ба 1 қобилияти баланди пешгӯикунандаи моделро нишон медиҳад ва нишондиҳандаи наздик ба 0,5 дақиқии паст. Ғайр аз ин дар таҷрибаи ҷаҳонӣ аз ҳама дида бисёр чунин тавсифотҳои статистикуи дар ҷадвали 6.3 нишон дода шуда, истифода бурда мешавад.

Ҷадвали 6.3

Тавсифотҳои статистикуи нишондодҳои AUC

Фосилаи AUC	Сифати модел
0,9-1,0	Олӣ
0,8-0,9	Хеле хуб
0,7-0,8	Хуб
0,6-0,7	Миёна
0,5-0,6	Ғайриқаноатбахш

Арзёбии дақиқият ва муқоиса кардани натиҷаҳои моделсозии бо чор усули ба роҳ монда шуда, барои минтақаи силсиланерӯғи дарёи Вахш бо истифода аз таҳлили ROC татбиқ шуд (расми 5). Натиҷаҳо нишон медиҳанд, ки моделҳои вазнокии аломатҳо ва муносибати басомадҳо натиҷаҳои баландтарро ба худ соҳибанд, аммо дигар моделҳо низ дақиқияти баландро доро мебошанд ва ҳамаи моделҳо қариб нишондиҳандаи бо якдигар наздики AUC – ро гирифтанд, ҳамин тавр, гуфтан мумкин аст, ки ҳамаи онҳо дорои қобилияти кории хеле хуб мебошанд.



Расми 5. Муқоисаи моделҳои осебпазирӣ аз ярҷ

Дақиқияти харитаҳои осебпазирӣ аз ярҷоро бо таври визуали арзёбӣ кардан мушкил аст. Ба ҳамин хотир ин чараён бо истифода аз усулҳои махсус ба роҳ монда мешавад. Барои

арзёбии дақиқияти моделҳои осебпазирӣ аз ярҷҳо аз ҳама бештар усули таҳлили ROC васеъ истифода бурда мешавад. Арзёбии дақиқият ё валидатсияи натиҷаҳои моделсозӣ бигзор, ки ба пуррагӣ ҳам набошад аммо қисман масъалаи дақиқияти натиҷаи моделсозиро ҳал карда қонунан дар оянда истифода бурдани харитаи осебпазирӣ аз ярҷҳоро роҳандозӣ мекунад. Таҳлили ROC барои ҳамаи чор модели осебпазирӣ аз ярҷҳо гузаронида шуда буд. Натиҷаҳои нишон медиҳанд, ки моделҳои муносибати басомадҳо ва вазнокии аломатҳо дар нишон додани осебпазирӣ аз ярҷҳо дорои дақиқияти баландтарро доранд. Нишондиҳандаи AUC дар ин моделҳо баробар мебошанд ($AUC=0,805$). Модели нишондиҳандаи ахборотӣ, дар байни дигар моделҳо ҷойи сеюмро ишғол карда дорои қимати $AUC=0,803$ мебошад. Харитаи бо усули таҳлили иерархия сохтасуда дорои нишондиҳандаи аз ҳама пасти AUC ($0,692$) мебошад, ки мувофиқи чадвали тавсифоти омории AUC қобилияти пешгӯикунандаи миёна мебошад.

Хулоса

1. Ҷй тавре, ки таҳлили маълумоти байналмилалӣ нишон медиҳад, барои ноҳияҳои гуногун ё қитъаҳои гуногуни маҳал модели сифрии маҳали муносиб андозаҳои гуногун мебошанд, ки сабаби ин як қатор омилҳо маҳсуб мешаванд: релефи маҳал, мавҷудияти қабати растанигӣ, ҷазоҳои васеъи обӣ ва ғайраҳо. Барои ҳамин хулоса бармеояд, ки барои ҳар як маҳали муайян андозаи модели сифрии маҳал бо роҳи таҷрибавӣ муайян карда шавад. Аз ин ҷо хулосае бармеояд, ки тарафи моделҳои андозаашон гуногун тартиб дода шуданд. Дар натиҷа муайян карда шуд, ки барои минтақаи як қисми водии дарёи Вахш, ки дар онҷо НОБ ҷойгиранд, модели сифрии 30 м муносиб буда, модели сифрии андозааш 90 м талаботи муфассалро қонеъ карда наметавонад [3-А].

2. Дар рисолаи мазкур масъалаи таъсири андозаи модели сифрии маҳал ба коркарди баъдинаи худ модели сифрии маҳал омӯхта шудааст. Интихоби нодурусти модели сифрии маҳал ба шарҳу эзоҳи нодурусти маълумот оварда мерасонад, ки натиҷаҳои корҳои мо маҳз ҳаминро нишон медиҳанд. Ҳамин тариқ, муайян карда шуд, ки андозаи модели сифрии маҳал на танҳо ба сифати харитаҳои осебпазирӣ аз ярҷҳо, балки, ба коркарди баъдинаи худ модели сифрии маҳал низ таъсир мерасонад. Муайян карда шудааст, ки андозаҳои интихобшуда ба бисёри аз омилҳо, бо истиснои индекси иқтидори ҷараён ва индекси намнокии топографӣ таъсири манфӣ намарасонад [3-А].

3. Истифодаи усулҳои миқдорӣ ва ниммиқдории муайян кардани коррелятивҳои байни омилҳои ярҷофаранда ва харитаи паҳншавии ярҷҳо имконият медиҳад, ки масъаларо мантиқан ва тариқи оморий таҳлил карда бавучудоии ярҷҳоро бо сохтани модели осебпазирӣ аз ярҷҳо, пешгӯӣ кунем. Бартарияти корҳои гузаронидашуда ба он асос меёбад, ки имкони илова

кардани маълумот мавҷуд ҳаст ва ҳамин тавр, мо метавонем, харитаи осебпазирӣ аз ярҷо сохташудаи худро муқаммал кунем [1-A], [2-A], [4-A], [5-A], [6-A], [7-A], [8-A].

4. Новобаста аз он, ки дар қор нуҳ омили ярҷофаранда истифода бурда шудааст, моделҳои сохташудаи мо натиҷаҳои баланд доранд, ки ин бо маълумоти ҳангоми валидатсияи харитаҳои осебпазирӣ аз ярҷо асоснокшуда ва муносибатҳои байни омилҳои ярҷофаранда (кунҷи нишебӣ, самти хобиши нишебӣ, шакли нишебӣ, баландии мутлақ, индекси NDVI, боришоти атмосферӣ, индекси иқтидори ҷараён, индекси намнокии топографӣ ва таъсири сейсмикӣ) ва зуҳуроти ярҷӣ муайян шуда, тасдиқ мешавад. Қайд кардан зарур аст, ки ҳангоми арзёбии визуалӣ, харитаҳои бо усули миқдори сохта шуда, натиҷаҳои якхела доранд. Қобилияти пешгӯикунандаи дақиқтари моделҳо ва муқоисаи моделҳо байни якдигар бо муқоиса кардани харитаи охир бо харитаи паҳншавии ярҷоҳои барои валидатсия бо истифода аз таҳлили ROC, ба роҳ монда мешавад [9-A], [10-A], [11-A].

Тавсияҳо оид ба истифодаи амалии натиҷаҳои тадқиқот

Ба натиҷаҳои тадқиқоти гузаронида шуда асос карда чунин тавсияҳоро пешниҳод мекунем:

1. Барои моделсозии осебпазирӣ аз ярҷо аз моделҳои сифрии маҳалии дастрасӣ ройгон (30 ва 90 м) модели андозааш 30 м-ро истифода бояд бурд. Дар баробари ин, барои сохтани модели сифрии маҳали дақиқтар ва харитаи пустлохи замини минтақаи тадқиқот аксҳои дорои андозаи фазогиаш баландро, ки онҳо бо воситаи асбобҳои парвозкунанда (дронҳо), ки маълумоти онҳо дорои 5см андоза ҳастанд, сохта мешаванд, истифода бурда шавад.

2. Аз миёни он моделҳои осебпазирӣ аз ярҷоҳои минтақаи силсиланерӯгоҳи дарёи Вахш сохташудаи мо, тавсия дода мешавад, ки моделҳои бо усулҳои муносибати басомадҳо ва вазнокии аломатҳо сохта шудаанд, зеро ин моделҳо дорои қобилияти пешгӯикунандаи нисбатан баланд мебошанд. Аммо ҳангоми моделсозии дигар минтақаҳо ба хоҳири натиҷаҳои баланд ва алгаритми содаи ҳисобкунӣ, тавсия дода мешавад, ки усули муносибати басомадҳоро ба роҳ монем. Ғайр аз ин, моделҳои сохта шудаи мо ҳангоми банақшагирии сохтмони иншоотҳои хаттии нав дорои аҳмияти амалии зиёд мебошанд. Илова бар ин дар ҳудуди минтақаи тадқиқотшаванда сохтмони ду НОБ (Шӯроб ва Норақ 2) - ии нав банақшагирифташударо ба назар гирифта, ки дар онҳо минтақаҳои дорои осебпазирӣ баланд ва хеле баланд аз ярҷо мебошанд, тавсия дода мешавад, ки моделсозиро барои ҳар як минтақаи НОБ-и ба нақшагирифта шуда дар алоҳидагӣ бо истифода аз маълумоти дорои сифати баланди тадқиқоти фосилавӣ ва верификатсияи бевоситаи натиҷаҳо дар саҳро, гузаронида шавад. Қорҳои чунин миқёс имконият медиҳад, ки қонуниятҳои паҳншавии

зухуроти ярчиро аз руи намуди онҳо муайян карда, ба модел омилҳои иловагиро дохил кунем.

3. Харитаи паҳншавии зухуроти ярчии минтақаи силсиланерӯгоҳи дарёи Ваҳши сохташудаи мо ҳамаи маълумотҳоро вобаста ба ярч надорад. Арзиши хеле баландро басомад ва вақти бавучудоии равандҳои ярчӣ ғайр аз ҷойгиршавии ярҷҳо доро мебошанд, ки онҳо барои мо имконият медиҳанд, ки то ба харитаҳои осебпазирӣ аз ярҷҳо пайвасти басомадӣ ва вақтӣ карда, ҳамин тавр харитаи хатари ярчиро омода созем. Барои мукаммал кардани тадқиқот тавсия дода мешавад, ки мушоҳидаҳои доимиро дар пастхамиҳои ярчӣ роҳандози намоем ва харитаи паҳншавии зухуроти ярчии минтақаи кориро на танҳо аз рӯи басомад ва вақт, балки, аз руи намудҳои онҳо мукаммал намоем.

Феҳристи корҳои ҷопшуда аз руи мавзӯи диссертатсия

I. Мақолаҳои нашршуда дар маълумоти илмӣ пешбари тақризишаванда, ки аз ҷониби ҚОА назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон тавсия дода шудаанд:

- [1-А] Файзуллоев Ш.А. Исследования зон возможного развития экзогенных геологических процессов при сейсмических явлениях на территории Лахшского района в Таджикистане. [Текст] / Ёкубов Ш.А., Муродкулов Ш.Я., Олимов Б.К., Сафаров М.С., Файзуллоев Ш.А.// Наука и инновация, таджикский национальный университет серия геологических и технических наук. – 2020. - №1. - С. 101-107.
- [2-А] Файзуллоев Ш.А. Оценка точности классификации данных дистанционного зондирования в ГИС-технологии на примере района каскада ГЭС на реке Вахш. [Текст] / Файзуллоев Ш.А.// Известия Академии наук Таджикистана. - 2020. - №1 (178). - С. 96-103.
- [3-А] Файзуллоев Ш.А. Проблема выбора пространственного разрешения цифровой модели рельефа при моделировании восприимчивости к возникновению оползням. [Текст] / Файзуллоев Ш.А.// Наука и инновация, таджикский национальный университет серия геологических и технических наук. – 2020. - №3. - С. 34-43.
- [4-А] Файзуллоев Ш.А. Прогноз возникновения неглубоких оползней района каскада ГЭС на реке Вахш. [Текст]/ Файзуллоев Ш.А., Байгенов Д.Ф., Аламов Б.А., Олимов. Б.К., Ёкубов Ш.А.// Наука и инновация, таджикский национальный университет серия геологических и технических наук. - 2020. - №2. - С. 38-43.
- [5-А] Файзуллоев Ш.А. Моделирование восприимчивости к оползням района каскада ГЭС на реке Вахш с использованием метода анализа иерархий в ГИС-технологий. [Текст] /Файзуллоев

Ш.А., Байгенов Д.Ф., Аламов Б.А., Олимов Ш.А., Ёкубов Ш.А.// Известия Академии наук Таджикистана. – 2020. - №4 (181). - С. 121-128.

[6-А] Файзуллоев Ш.А. Роль инвентаризации оползневых явлений при моделированиях восприимчивости к оползням. [Текст] / Файзуллоев Ш.А., Нарзиев Дж. М., Байгенов Д.Ф., Рахимбекова М.Р., Окилшоев Х.С.// Наука и инновация, таджикский национальный университет серия геологических и технических наук. - 2020. - №4. - С. 30-35.

[7-А] Shohnavaz, F. Application of Frequency Ratio Method for Landslide Susceptibility Mapping in the Surkhob Valley, Tajikistan. / Mukhammadzoda S., Shohnavaz F., Ilhomjon O., Zhang G.// Journal of Geoscience and Environment Protection, 9. – 2021. – P. 168-189. doi: [10.4236/gep.2021.912011](https://doi.org/10.4236/gep.2021.912011).

II. Мақолаҳои нашршуда дар маълумоти илмӣ, маълумоти ва маводи конференсия:

[8-А] Файзуллоев Ш.А. Влияния крутизны и экспозиции склонов на распространения оползневых явлений долины реки Зеравшан. [Текст] / Байгенов Д.Ф., Файзуллоев Ш.А., Рахимбекова М.Р.// Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы инженерной геологии, гидрогеологии, гидрологии и разработки месторождений полезных ископаемых Таджикистана и сопредельных территорий», посвящённой 80-летию со дня рождения заслуженного работника Таджикистана, доктора технических наук, профессора, академика инженерной академии республики Таджикистан Комилова Одины Комиловича 25-го февраля 2022г. – 2022. - С.214-219.

[9-А] Файзуллоев Ш.А. Неоднородности геологического строения мезо-кайнозойских межгорных прогибов Тяньшань-Памирского региона на примере Афгано-таджикской депрессии. [Текст] / Минаев В.Е., Гадоев М.Л., Оймухаммадзода И.С., Файзуллоев Ш.А., Каримов А.М., Сайдалиев И.М.// Труды института геологии сейсмостойкого строительства и сейсмологии. – 2019. -выпуск 2. - С. 12-17.

[10-А] Файзуллоев Ш.А. Моделирование восприимчивости к возникновению оползней методом соотношения частотности в Лахшском районе. [Текст] / Файзуллоев Ш.А.// Труды института геологии сейсмостойкого строительства и сейсмологии. – 2021. - выпуск 4. - С. 226-233.

[11-А] Файзуллоев Ш.А. Корреляционный анализ некоторых факторов оползнеобразования среднего и верхнего течения р.Вахш. [Текст] /Файзуллоев Ш.А.//Труды института геологии сейсмостойкого строительства и сейсмологии. – 2021. - выпуск 4. - С. 234-243

АННОТАТСИЯ

**ба автореферати диссертатсияи Ш.А. Файзуллоев дар мавзӯи : “Қонуниятҳои фазогии
зухуроти ярҷӣ дар минтақаи силсиланерӯгоҳи дарёи Вахш” барои дарёфти дараҷаи
илмӣ номзади илмҳои геология ва минералогия аз рӯи ихтисоси 25.00.08 – Геологияи
муҳандисӣ, яхбандшиносӣ ва хокшиносӣ**

Авореферати мазкур ба маълум кардани қонуниятҳои фазогии зухуротҳои ярҷӣ дар минтақаи силсиланерӯгоҳи дарёи Вахш бахшида шудааст. Маълум карда шудааст, ки модели сифрии маҳал на танҳо ба сифати харитаҳои осебпазирӣ аз ярҷҳо, балки ба коркарди баъдинаи ҳуди модели сифрии маҳал низ таъсир мерасонад. Муайян шудааст, ки модели сифрии маҳалии дорои андозаи 30 м нисбат ба модели сифрии маҳалии дорои андозаи 90 м барои сохтани харитаҳои осебпазирӣ аз ярҷҳо ва барои маълум кардани ҷойгиршавии қонуниятҳои фазогии зухуроти ярҷӣ муносибтар мебошад.

Қонуниятҳои фазогии зухуроти ярҷӣ дар вобастагӣ бо омилҳои асосии ярҷофаранда (таъсири сейсмикӣ, кунҷи нишебӣ, боришоти атмосферӣ, баландии мутлақ, шакли нишебӣ, индекси NDVI, индекси нерӯи ҷараён, индекси намнокии топографӣ ва самти хобиши нишебӣ) муайян шудааст.

Бори аввал моделҳои осебпазирӣ аз ярҷҳо бо истифода аз ҷаҳор модели гуногуни миқдорӣ ва ниммиқдорӣ сохта шудаанд. Натиҷаҳои таҳлили харитаҳои осебпазирӣ аз ярҷҳо нишон медиҳанд, ки моделҳои бо усули муносибати басомадҳо ва вазнокии аломатҳо дорои натиҷаи баландтар мебошанд.

АННОТАЦИЯ

на автореферат диссертации Ш.А. Файзуллоева на тему: «Пространственные закономерности оползневых явлений в районе каскада ГЭС на реке Вахш» на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.08 - инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение

Представлены автореферат посвящён выявлению пространственных закономерностей оползневых явлений в районе каскада ГЭС на реке Вахш. Установлено, что цифровая модель рельефа влияет не только на качество карт восприимчивости к возникновению оползней, но и на постобработку самой цифровой модели рельефа. Выявлено, что цифровая модель рельефа с разрешением 30м относительно с цифровой модели с разрешением 90м является более приемлемой для создания карты восприимчивости к возникновению оползней и для выявления более точных пространственных закономерностей оползневых явлений.

Установлены пространственные закономерности оползневых явлений в зависимости от основных факторов оползнеобразования (сейсмические воздействия, крутизна склонов, атмосферные осадки, высотная зональность, кривизна склонов, индекс NDVI, индекс мощности потока, топографический индекс влажности и экспозиции склонов).

Впервые построены модели восприимчивости к возникновению оползней с использованием четырёх разных количественных и полуколичественных методов. Результаты анализа качество карт восприимчивости к возникновению оползней показывают, что модели, построенные методами соотношения частотности и весомости признаков, имеют более высокие результаты.

ANNOTATION

on the abstract of the dissertation of Sh.A. Fayzulloev on the topic: "Spatial patterns of landslide phenomena in the area of Vakhsh river HPS cascade " for the degree of candidate of geological and mineralogical sciences in the specialty 25.00.08 - engineering geology, permafrost and soil science

The author's abstract is devoted to the landslide phenomena spatial pattern disclosing in the area of Vakhsh river HPS cascade. It has been established that the digital elevation model impacts not only the landslide susceptibility map quality, but also the digital elevation model post-processing itself. It was found that the 30 m resolution digital elevation model in comparison with the 90 m resolution digital elevation model is more suitable for landslide susceptibility map creating and for identifying more accurate spatial patterns of landslides.

Spatial patterns of landslide phenomena have been established depending on the main factors of landslide formation (seismic effects, slope degree, precipitation, altitude, slope curvature, NDVI index, stream power index, topographic wetness index and slope aspect).

Landslide susceptibility models are built for the first time using four different quantitative and semi-quantitative methods. The results of landslide susceptibility map quality analysis show that the models built with using the frequency ratio methods and weight of evidence have better results.