

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОПОЛЗНЕВОГО ЯВЛЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИНТЕНСИВНОСТИ ДЕНУДАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ МЕТОДОМ АНАЛИЗА ФОТОИЗОБРАЖЕНИЙ НЕЙРОСЕТЬЮ

И.Е. Курулюк

*Научный руководитель профессор Л.А. Строкова*

*Научный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск, Россия*

Город Томск относится к территориям с активным протеканием оползневых процессов. В рамках предотвращения материального ущерба необходимо проводить исследования оползневых процессов, разрабатывать новые методики предупреждения оползней. Определение таких характеристик движения оползневых масс, как объем оползневого тела, площадь сдвига горных пород, скорости сползания масс являются ключевыми при анализе оползневой опасности какого-либо объекта, угрожающего инфраструктуре, природе, архитектурным объектам, жизни людей.

Цель работы – разработка методики оценки, прогноза и управления оползневой ситуацией на примере территории Томской области.

Основные задачи исследований:

1. Изучить имеющиеся способы оценки оползневых явлений.
2. Собрать информацию об изучаемых объектах.
3. Выявить закономерности формирования оползневой опасности.
4. Спроектировать и разработать систему оценки оползней и их развития в пространстве /времени на основе нейронных сетей.
5. Сравнить результаты работы системы с имеющимися практическими данными.

Изучению оползневых процессов в целом посвящены работы Золотарева Г.С., Емельяновой Е.П., Фоменко И.К. и других, на территории Томской области изучением оползневых процессов занимались Ольховатенко В.Е., Евсеева Н.С., Емельянова Т.Я., Леонова А.В. [1,2,8]. На территории города Томска выделяется 33 участка, опасных и потенциально опасных в оползневом отношении. Наиболее опасными является Лагерный Сад, микрорайоны "Солнечный" и "Каштак", левый борт р. М. Киргизка (район восточнее ж/д ветки на г.Северск). В настоящее время оползням подвержено 2,7 километра правого берега Томи с прилегающей территорией в 130 гектаров, на которой расположены объекты коммунальной инфраструктуры, социальной сферы (3-я горбольница, станция переливания крови, учебные корпуса Томского университета систем управления и радиоэлектроники), жилые микрорайоны.

В данный момент существует большое количество способов оценки опасности оползневых явлений, в том числе с использованием фотографирования оползневого участка и последующим компьютерным моделированием [8], фотограмметрическим методом. В связи с большими временными и вычислительными затратами метода, предлагается исключить построение компьютерной модели и проводить анализ ключевых характеристик оползневого процесса напрямую по изображениям оползневого участка. Наиболее популярным способом обработки изображений, в том числе анализа и поиска определенных зон или изменения определенного места изображения являются нейронные сети.

Для использования нейронных сетей для определения скорости оползневых процессов методом обработки изображений, необходимо определить, какие показатели оползней могут быть:

1. Выявлены на фотографиях оползневого участка,
2. Используются нейросетью в вычислениях.
3. Используются для определения показателей оползневого процесса.

Согласно ГОСТ Р 22.1.06-99 [3], к наблюдаемым или контролируемым показателям оползневого явления относятся: площадная пораженность территории, площадь проявления на одном участке, объем сместившейся массы, скорость смещения, частота проявления, уровни грунтовых и подземных вод, фильтрационное поле, физические свойства пород, анизотропия физических свойств, компоненты полей напряжений и деформаций, коэффициент устойчивости склона, интегральные показатели глинистости, увлажненности, трещиноватости, уплотненности, контрастности, вероятностная оценка сейсмогенного, геодинамического и техногенного воздействий.

Из представленных показателей на единичной фотографии оползневого участка нейросетью могут быть обнаружены: площадь проявления на одном участке, объем сместившейся массы, скорость смещения тела оползня. Используя вышеприведенные показатели, необходимо определить скорость оползневого процесса, дать оценку устойчивости и спрогнозировать дальнейшее поведение оползневого явления.

Для определения скорости смещения оползня устанавливают сеть опорных реперов, за положением которых ведутся наблюдения. Кроме того, наблюдение ведется за возможными изменениями рельефа оползневом участке, такими как бугры, валы, трещины, водопроявлениями. Анализируя по фотоматериалам точки смещения опорных реперов, нейросеть может определять скорость и направление смещения оползневого явления, а так же объем оползневого тела.

Согласно рекомендации по выбору методов расчета коэффициента устойчивости склона и оползневого давления [4], методы расчета устойчивости и оползневых давлений делятся на три основных группы:

1. Методы предельного (пластического) равновесия

2. Методы конечных элементов
3. Комбинированные методы, объединяющие предыдущие методы [5].

Произвести расчеты по указанным выше методам, основываясь исключительно на результатах обработки изображений невозможно в связи с неполнотой данных, получаемых нейросетью [6, 7]. Таким образом, для возможности расчета устойчивости оползневого участка, необходимо помимо изображений, отправленных на вход нейронной сети передать в суммирующий блок дополнительные данные о параметрах грунта исследуемого объекта, такие как:

1. Коэффициент сопротивления сдвигу
2. Сцепление грунта
3. Средний удельный вес грунта
4. Степень влажности грунта

В результате итоговая диаграмма информационных процессов системы оценки выглядит следующим образом:



Рисунок

Суммирующий блок, приведенный на рисунке выше, будет совмещать результаты обработки изображений нейросетью и данные о составе и параметрах грунта, обрабатывать полученную информацию с помощью методов расчета устойчивости и передавать пользователю полученный результат в виде таблиц или диаграмм. Использование подобной схемы обработки данных по оползневому явлению может ускорить получение практических результатов, а именно измерения показателей скорости, объема и площади оползневого тела, поскольку нет необходимости дополнительно строить компьютерную модель.

#### Литература

1. Леонова А.В. Типизация оползней города Томска // Гидрогеология, инженерная геология и гидрогеоэкология : материалы конференции, посвященной 75-летию кафедры ГИГЭ ТПУ, Томск, декабрь 2005 г. / Томский политехнический университет ; Гидрогеология, инженерная геология и гидрогеоэкология, материалы конференции ; под ред. С. Л. Шварцева. — Томск: Изд-во НТЛ, 2005. — С. 243-246
2. Leonova AV, Lomakina KM, Dmitrieva SA, Baranova AV 2016. Geotechnical properties of gullying in Tomsk Oblast // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. 43. 012037
3. ГОСТ Р 22.1.06-99. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование опасных геологических явлений и процессов [Текст] – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2000. – 16 с.
4. ОДМ 218.2.006-2010 Рекомендации по расчету устойчивости оползнеопасных склонов (откосов) [Текст] – Москва, 2010.
5. Тимофеев Д. А. Терминология денудации и склонов: Материалы по геоморфологической терминологии /Д. А. Тимофеев; АН СССР. Геоморфологическая комиссия. Институт географии. — М.: Наука, 1978. — 242
6. Язвенко П.А. Опасные экзогенные геологические процессы Северного Сихотэ-Алиня и прогноз их интенсивности при транспортном освоении территории (на примере жд линии Комсомольск – Советская Гавань): дис. ...канд. геол.-мин. наук. – Хабаровск, 2016. – 161 с.
7. Курулюк И.Е. Проектирование программного обеспечения для оценки интенсивности денудационных процессов фотограмметрическим методом // Материалы XX Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр». – Томск: Изд-во ТПУ, 2016. – Т. 1. – С. 565 – 566.
8. Пургина Д. В., Строкова Л. А., Кузеванов К. И. Моделирование гидрогеологических условий для обоснования противооползневых мероприятий на участке набережной реки Камы в городе Перми // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2016. Т. 327. № 1. С. 116-127.