

Рецензии

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЛЬЕФА В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ¹**

С таким подзаголовком в апреле 2016 г. в издательстве “Медиа-ПРЕСС” вышел очередной, шестой выпуск сборника “Геоморфологи”, подготовленный в лаборатории геоморфологии Института географии РАН по рекомендации Геоморфологической комиссии РАН. Сборник продолжил серию выпусков, первый из которых увидел свет в 2012 г. На этот раз он объединил работы в области цифрового моделирования рельефа – одного из направлений развития геоинформатики и автоматизированной картографии.

Цифровое моделирование рельефа принадлежит к числу самых ранних направлений становления и развития автоматизированной картографии и геоинформатики. Со временем технологические решения, разработанные в 60-х гг. прошлого века в недрах этих наук для нужд обороны, нашли применение в самых разнообразных областях науки и производства. Средства геоинформационных систем (ГИС), обеспечивающих процессы создания и использования цифровых моделей рельефа (ЦМР), стали привычными инструментами географических исследований.

Методы и технологии обработки ЦМР используют науки о Земле, в том числе геоморфология, география почв, эрозиоведение, гидрология, ландшафтоведение. Одно из традиционных приложений цифрового моделирования рельефа суши, дна морей, океанов и внутренних водоемов и водотоков – расчет и картографирование производных морфометрических показателей: углов наклона склонов, их экспозиции, глубины и густоты расчленения рельефа и других его морфологических свойств – далеко не все, что предлагает сегодня инструментарий ГИС.

Сборник открывает статья А. В. Кошкарева “Современные методы и технологии использования цифровых моделей рельефа в географии”, иллюстрирующая на примерах недавних публикаций возможности обработки ЦМР и разнообразие задач, решаемых с ее помощью. Показано, что для обработки ЦМР активно привлекаются открытые данные и программные средства ГИС с открытым исходным кодом. Несмотря на успехи, перспективы дальнейшего развития цифрового моделирования рельефа – в тесном взаимодействии традиционных и инновационных методов и технологий.

Опыт использования ЦМР в научных целях оказал влияние, как это следует из статьи И. Г. Черванёва “Структурализм как тренд флювиальной геоморфологии: от истоков до перспективы будущего”, и на теорию и методологию геоморфологической науки, в частности, теорию флювиальных геоморфологических систем. Именно на примерах флювиального рельефа автором статьи была предложена формализованная “структурно-лингвистическая” модель рельефа, основанная на формализмах структурной лингвистики и реализованная в 80–90-х гг. прошлого века в виде программ глубокой обработки и анализа ЦМР.

¹ Геоморфологи: Современные методы и технологии цифрового моделирования рельефа в науках о Земле. Вып. 6 / Отв. ред. А. В. Кошкарев. М.: Медиа-ПРЕСС, 2016. 80 с., 4 табл., 68 рис.

Существенно расширились и упростились возможности картографической визуализации данных о рельефе и результатов его моделирования и анализа в форме бумажных, цифровых и электронных карт, объемных (“трехмерных”) геоизображений. Об этом свидетельствуют результаты детального анализа картографических методов визуализации и генерализации ЦМР в статье Т. Е. Самсонова, охватывающего период с 2000 по 2015 г., когда появились новые подходы к генерализации ЦМР, обеспечивающие высокое картографическое качество результатов, автоматизированы сложные техники перспективного и нефотореалистичного изображения рельефа, заметно улучшены методы аналитической отмывки для обеспечения многоплановости отображения рельефа, разработаны и реализованы принципы мультимасштабного гипсометрического картографирования.

Умножаются, усложняются и совершенствуются и другие алгоритмы и методы обработки ЦМР, в частности, распределения поверхностного стока (статья С. М. Кошеля и А. Л. Энтина). Авторами детально проанализированы современные алгоритмы моделирования распределения поверхностного стока, на которых основывается гидрологический анализ рельефа, в том числе реализованные в коммерческих и открытых ГИС, и предложены новые. Рассмотрены методы устранения “паразитных” замкнутых локальных понижений, позволяющие привести ЦМР к гидрологически корректному виду. Результаты сравнительного анализа сведены в таблицу с описанием алгоритмов, реализованных в наиболее популярных ГИС, полезную для начинающих пользователей.

Оценка и прогнозирование зон затопления в результате катастрофических паводков и половодий – типовая прикладная задача, решаемая с привлечением ЦМР, – проиллюстрирована примером оценки опасности наводнений в бассейне р. Чарыш (статья И. Н. Ротановой и В. А. Обласова), особо актуальной в связи с серьезными проблемами обеспечения гидроэкологической безопасности в Алтайском крае (в Обь-Иртышском бассейне), еще более обострившимися в последние годы: ежегодно в зоне бедствия в крае оказываются 150 тыс. чел. Созданная ЦМР послужила основой для определения зон возможного затопления при паводковых ситуациях средствами ГИС. Разработанная методика оценки и картографирования может быть рекомендована для бассейнов, недостаточного обеспеченных данными стационарных гидрологических наблюдений.

В статье Г. Р. Байрак и Я. С. Кравчука “ГИС для изучения истории развития Гологоро-Кременецкой гряды” (часть Подольской возвышенности в пределах Львовской, Тернопольской и Ровенской областей Украины) рассматриваются методы построения карт порядков водотоков и водоразделов в среде ArcGIS 9.3 по правилу Хортон–Философова, и на их основе – базисных и вершинных поверхностей 2, 3 и 4 порядков. Для этого были использованы данные ЦМР SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission), а для более детальных исследований – модели, полученные путем векторизации крупномасштабных топографических карт. Показано, что чем выше ранг поверхности, тем более древний этап развития она отображает. Для Гологоро-Кременецкой гряды выделены три этапа ее развития в четвертичном периоде; построенные в итоге морфометрические карты дают возможность характеризовать морфологический облик рельефа на каждом этапе его развития.

Еще одно классическое приложение обработки ЦМР в геоморфологических исследованиях – оценка эрозионной опасности путем расчета эрозионного потенциала рельефа в моделях водной эрозии почв, в частности, на основе модифицированного универсального уравнения почвенных потерь RUSLE (тема статьи Ж. А. Буряк). Вслед за обзором современных подходов к моделированию водно-эрозионных процессов с помощью геоинформационных технологий автор дает пример расчета и приводит карту эрозионного потенциала рельефа на основе автоматизированного анализа ЦМР бассейна р. Халань (Белгородская область), что позволяет локализовать наиболее эрозионно-опасные условия, создающие предпосылки для интенсивной деградации почв.

Автоматизированное составление карты родов элементарных геохимических ландшафтов (статья Н. Е. Кошелевой, И. В. Тимофеева и Т. С. Хайбрахманова) тоже представляет не только методический, но и прикладной региональный интерес: разработанный метод был апробирован для территории г. Закаменска (Республика Бурятия). Карты, построенные на основе ЦМР SRTM, включая гипсометрическую, крутизны и кривизны склонов, затопляемых территорий и водоразделов, а также результирующую карту родов элементарных ландшафтов, позволили выполнить анализ условий миграции и аккумуляции загрязняющих веществ.

Как показывает опыт, в том числе работ, представленных в сборнике, карта – не единственный источник данных для создания высокодетальных ЦМР, и кроме общедоступных ЦМР типа SRTM с успехом могут использоваться другие материалы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), а также измерений с помощью приемников ГНСС (глобальных навигационных спутниковых систем), в том числе GPS. В статье В. Г. Гитиса, А. Б. Дерендяева и Е. Н. Петровой “ГИС-технология анализа геодинамических процессов”, опирающейся на разработанную авторами сетевую ГИС ГеоТайм 3 (<http://geo.iitr.ru/GT3/>), дан анализ временных рядов данных интерферометрической съемки радаром с синтезированной апертурой InSAR для мегаполисов Москвы и Праги, что позволило оценить интенсивность процесса деформаций и тип его динамики. Анализ временных рядов GPS-измерений на Бишкекском полигоне Научной станции РАН показал наличие взаимосвязи сейсмического процесса с динамикой полей горизонтальных деформаций поверхности Земли. На примере эпицентров землетрясений Калифорнии проиллюстрированы методы анализа прогностической силы пространственно-временных полей, используемых в качестве предвестников сейсмической опасности.

На основе данных ДЗЗ, в том числе аэрофотоснимков, космических изображений с высоким разрешением и материалов лазерного сканирования, выполнен мониторинг природно-антропогенной обстановки и исследовано состояние и динамика природно-технических объектов транспортной инфраструктуры Олимпиады-2014 (статья С. В. Шварева). Системный анализ позволил выявить как участки воздействия природных процессов на инженерные сооружения, так и инженерных сооружений на активизацию рельефообразующих процессов. Локализованы опасные участки по развитию экзогенных (эрозия, сели, обвалы) и эндогенно-стимулированных (блоковые сейсмооползны, обвалы) процессов. Исследования показали, что активное антропогенное освоение долины р. Мзымты изменило структуру морфолитосистемы, динамику ее элементов, распределение опасных по развитию эрозии мест. Результаты работы позволили определить уязвимые в настоящее время и в перспективе участки транспортных природно-техногенных систем.

Подводя итог новым исследованиям и экспериментам в области цифрового моделирования рельефа, представленным в сборнике, выразим надежду на то, что они достаточно полно отражают сегодняшнее состояние дел в этой области и будут и далее служить средством приумножения наших знаний о рельефе Земли и его роли в ее судьбе.

Сборник адресован студентам, аспирантам и молодым исследователям, осваивающим технологии обработки ЦМР средствами ГИС в научно-исследовательских целях.

Викторов А. С., Кошкарев А. В., Лихачёва Э. А.

doi:10.15356/0435-4281-2016-4-86-88