

Л.К. Трубина <sup>1</sup>, К.П. Куценогий <sup>2</sup>

## Использование цифровой стереофотограмметрии и ГИС-технологий для описания динамической неоднородности подстилающей поверхности

<sup>1</sup> Сибирская государственная геодезическая академия,

<sup>2</sup> Институт химической кинетики и горения СО РАН, г. Новосибирск

Поступила в редакцию 19.02.2002 г.

Для описания динамической неоднородности подстилающей поверхности при решении задач моделирования атмосферной диффузии аэрозолей в пограничном слое атмосферы предлагается использовать цифровую стереофотограмметрию и ГИС. Они обеспечивают сбор пространственных данных по изображениям разного масштаба с необходимой детальностью. Приводится укрупненная технологическая схема решения задачи, и рассматриваются параметры, определяющие точность.

### Введение

При численном моделировании атмосферной диффузии аэрозолей в пограничном слое атмосферы большие трудности возникают при задании граничных условий реальной неоднородности поверхности. Такие ситуации возникают при распространении аэрозольного облака над пересеченной местностью, в пределах которой находятся участки растительности различного типа (трава, кустарники, деревья), овраги, холмы, озера, реки, водоемы и т.п.

Другой случай – рассеяние примеси в условиях сложной городской застройки. Как правило, при проведении численного моделирования процесса распространения аэрозольного облака граничные условия задаются очень схематично, что приводит к значительным расхождениям полученных расчетных полей концентрации с результатами измерений.

Использование фотограмметрических методов в совокупности с современными достижениями в области информационных технологий способно обеспечить создание численных моделей территорий с требуемой детальностью.

Фотограмметрические методы являются специфическими с точки зрения имманентности объекту исследования, что выражается в том, что пространственные в своей сущности объекты изучаются по их пространственным моделям (а не по плоским изображениям). При этом возможность визуализации конечных результатов в виде совмещенных трехмерных моделей с сохранением их метрических характеристик делает фотограмметрические методы привлекательными для разных потребителей.

Качество таких моделей, с точки зрения точности и их адекватности объекту, напрямую связано с выбором параметров съемки, съемочного оборудования

и математических алгоритмов для обработки данных. В статье рассматриваются некоторые аспекты использования фотограмметрических технологий для моделирования неоднородных динамических поверхностей, а также примеры их реализации для конкретных территорий.

### Технология фотограмметрического метода сбора данных о местности

Цифровые фотограмметрические методы обеспечивают эффективное решение задачи моделирования земной поверхности по различным изображениям. Особую актуальность они приобретают на локальном масштабном уровне исследований природной среды, в частности для сформулированных выше задач. В зависимости от типа изучаемой территории и характеристик исходных снимков для фотограмметрической обработки можно применять разные программные и технические средства.

Типовые процедуры цифровой фотограмметрической обработки реализованы в составе программного обеспечения цифровых фотограмметрических станций, а также в некоторой степени в полнофункциональных растровых геоинформационных системах (ГИС). Что касается векторных ГИС, то возможности их ограничены в плане сбора данных по снимкам, хотя для определенного круга задач, при условии дополнения их необходимыми алгоритмами фотограмметрической обработки, векторные ГИС могут использоваться.

Так, для обработки снимков равнинной местности разработан способ цифровой плановой фототриангуляции с помощью прикладных средств ГИС, обеспечивающий каждый снимок необходимым количеством опорных точек, увязанных в общую сеть и совместно уравненных [1].

Оптимальным вариантом, позволяющим достичь максимальной точности, является технология, представленная на рис. 1, при этом сбор данных по снимкам реализуется на цифровой фотограмметрической станции (или аналитическом универсальном приборе), затем полученные данные экспортируются в ГИС для анализа и интерпретации.

При изучении всхолмленных и горных территорий существенным фактором является рельеф, поэтому формирование цифровой модели местности выполняется по стереопаре аэрофотоснимков. Такая процедура реализуется на цифровой фотограмметрической станции, при этом сбор данных осуществляется непо-

средственно по стереоскопической модели местности, что позволяет создавать цифровую модель заданной структуры, с детальным отображением любых форм рельефа.

Детальная технология зависит от задач исследований и ландшафтных особенностей изучаемой территории. Эффективность использования материалов аэрофотосъемки (или материалов других видов съемок) определяется параметрами съемки, из которых наиболее существенным является масштаб. Выбранный масштаб съемки должен обеспечивать достаточную для исследуемого набора объектов информативность и при необходимости сопряженный анализ природных

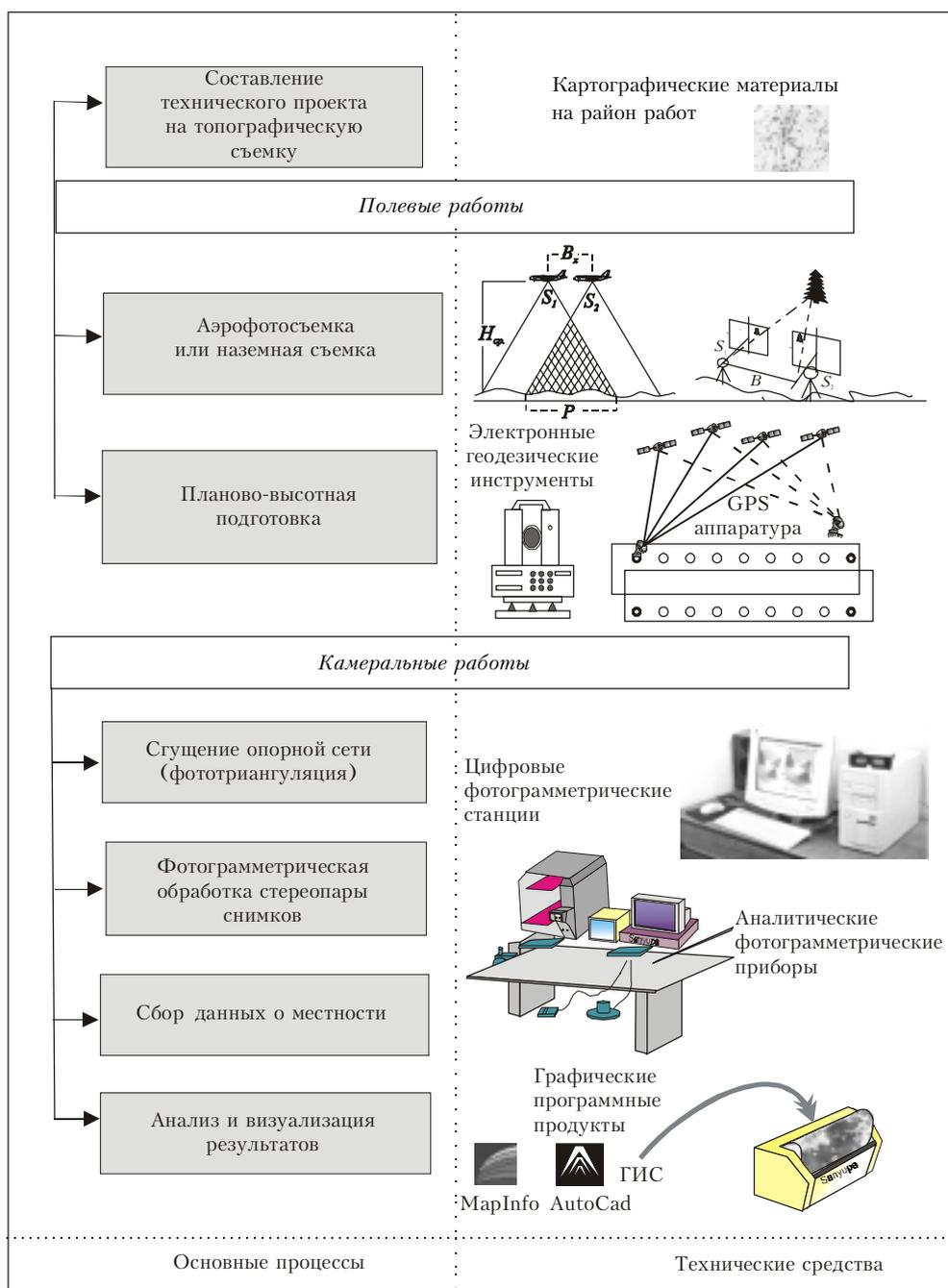


Рис. 1. Технологическая схема сбора пространственных данных о местности фотограмметрическим методом

объектов разного пространственного уровня по разномасштабным изображениям. Информативность снимков зависит от используемых технических средств для съемки, а также от оптических, метеорологических и других условий. Выбор минимального масштаба съемки целесообразно ограничивать исходя из минимального размера объектов или их деталей на снимке.

Для выбора масштаба можно воспользоваться следующей зависимостью:

$$m = (2LR/B) \sqrt{-\ln P_B \Delta D},$$

где  $m$  – знаменатель масштаба снимков;  $L$  – линейный размер объекта на местности;  $R$  – разрешающая способность фотографирующей системы;  $B$  – коэффициент распознавания формы объекта;  $P_B$  – вероятность распознавания по аэрофотоснимкам объектов местности;  $\Delta D$  – абсолютная величина разности оптических плотностей объекта и фона [2].

Значения параметров, входящих в формулу, в свою очередь регламентируются достаточно большим числом факторов. Так, величина  $\Delta D$  будет определяться характером границ объектов местности. Окончательная разрешающая способность определяется не только возможностями оптической системы, но и разрешением цифрового изображения, которое может быть сформировано при съемке с помощью цифровой камеры или путем сканирования. В конечном итоге предельные размеры элемента цифрового изображения ограничиваются возможностями этих технических средств.

Геометрические характеристики снимков зависят также от фокусного расстояния съёмочной камеры. В частности, применение короткофокусных аэрофотоаппаратов обеспечивает утрированность вертикального масштаба стереомодели и тем самым улучшает условия распознавания и измерения микрорельефа, низ-

коярусной растительности. При съемке горных территорий или застроенных многоэтажными зданиями необходимо использовать длиннофокусные объективы для уменьшения геометрических искажений снимков.

В качестве примера, выполнив расчеты по приведенной выше формуле, определим, что для идентификации растительного покрова, представленного деревьями и кустарниками, следует использовать снимки масштаба 1:10000, а при покрытии территории многолетними травами необходимы снимки более крупного масштаба в пределах 1:3000.

С учетом вышесказанного подготовлены детальные технологии сбора данных по снимкам для различного типа территорий. При отработке технологий использовалась цифровая фотограмметрическая станция SDS, разработанная на кафедре фотограмметрии и дистанционного зондирования Сибирской государственной геодезической академии [3].

## Практическая реализация

Разработанные технологии применяются для создания цифровых карт разных масштабов и тематической направленности. Например, на территории Здвинского района Новосибирской области созданы тематические карты масштаба 1:25000, отражающие современное состояние ландшафта по аэрофотоснимкам масштаба 1:20000 [4]. По аэрофотоснимкам масштаба 1:6000 составлены цифровые карты для инвентаризации земельных угодий с визуализацией результатов в виде трехмерных карт. По стереопарам аэрофотоснимков сформированы цифровые модели рельефа на разные территории, фрагмент цифровой модели рельефа на участке одного из кемеровских карьеров приведен на рис. 2.

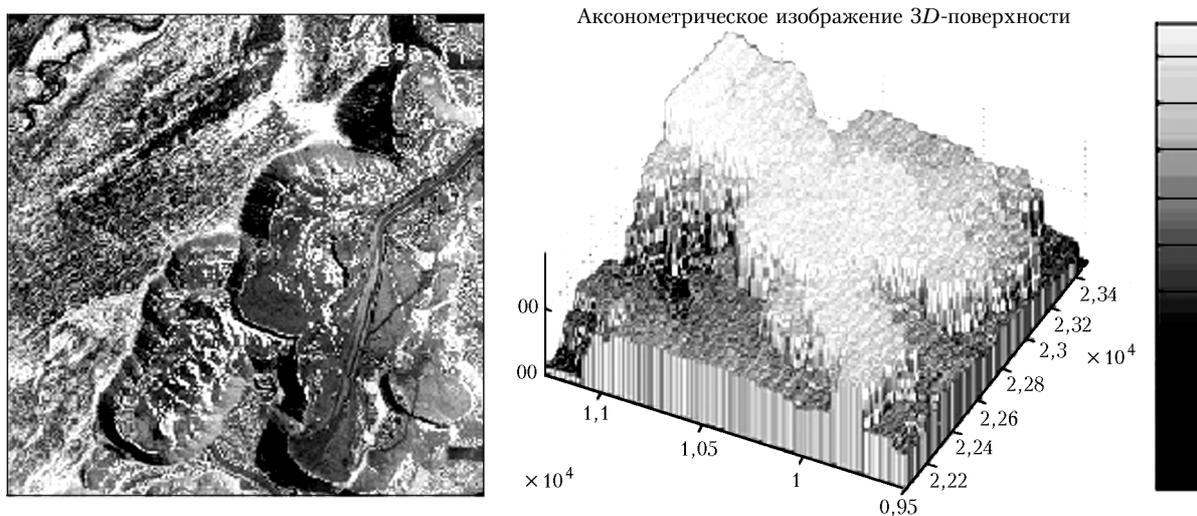


Рис. 2. Трехмерная поверхность участка кемеровского карьера

## Заключение

Применение цифровых фотограмметрических технологий и ГИС позволяет получать пространственные данные для численного моделирования динамической неоднородности подстилающей поверхности в соответствии с требованиями практики управлять точностью и детальностью сбора данных.

При этом широкое внедрение вычислительной техники, сопровождаемое существенным снижением ее стоимости и увеличением мощности и быстродействия, а также применение изображений, получаемых цифровыми съемочными системами, способствуют постоянному повышению эффективности цифровых фото-

грамметрических технологий и создают благоприятные условия для их использования.

1. *Журкин И.Г., Трубина Л.К.* Фотограмметрическая обработка данных дистанционного зондирования при оценке геосистем // Исслед. Земли из космоса. 2001. № 3. С. 33–39.
2. *Живичин А.Н., Соколов В.С.* Дешифрирование фотографических изображений. М.: Недра, 1980. 253 с.
3. *Гук А.П., Самушкин В.А., Коркин В.С.* Цифровой фотограмметрический комплекс для создания и обновления карт // Геодез. и картогр. 1996. № 12. С. 39–48.
4. *Куценогий К.П., Гук А.П., Быкова О.Г.* Фотограмметрические методы сбора данных для комплексной оценки ландшафтов и биоценозов // Экология пойм сибирских рек и Арктики: Тр. 2-го совещания, 22–26 ноября, 2000. Томск: «STT», 2000. С. 206–210.

*L.K. Trubina, K.P. Kutsenogii.* **The use of numerical stereophotogrammetry and GIS technologies in description of dynamic inhomogeneity of underlying surface.**

The stereophotogrammetry and GIS are suggested for describing the dynamic heterogeneity of the underlying surface for modeling the atmospheric diffusion of aerosols in the boundary layer. They provide a collection of area data on images of various scale with necessary detail. General scheme of the problem solution is presented, and the accuracy parameters are considered.