

# ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ПРИ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЯХ

**И.Г. Ризаев** («ИнжГеоГИС», Краснодар)

Студент V курса географического факультета Кубанского государственного университета по специальности «прикладная информатика в географии». С 2005 г. работает в ООО «ИнжГеоГИС», в настоящее время — ведущий инженер отдела обработки данных дистанционного зондирования.

**С.А. Мищенко** («ИнжГеоГИС», Краснодар)

В 2002 г. окончил факультет автомобильно-дорожных и кадастровых систем Кубанского государственного технологического университета. С 2002 г. работает в ООО «ИнжГеоГИС», в настоящее время — заместитель директора.

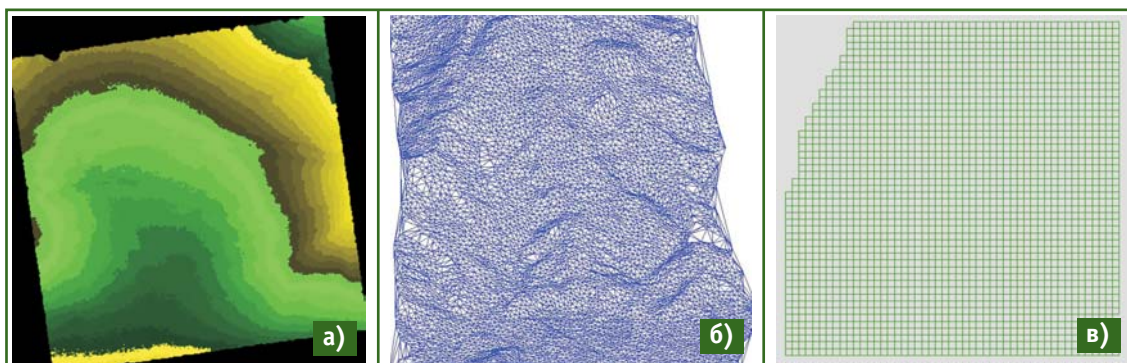
ЗАО НИПИ «ИнжГео» — один из ведущих проектно-изыскательских институтов в области инженерных изысканий — совместно с ООО «ИнжГеоГИС» в 2006 г. приступил к внедрению в производство технологии воздушного лазерного сканирования с целью получения геопространственных данных в интересах проектирования объектов нефтегазового комплекса. В настоящее время с использованием данной технологии выполнен значительный объем изыскательских работ: сняты тысячи километров трасс в регионах Республики Саха (Яку-

тия), Севера России и Краснодарского края, созданы сотни номенклатурных листов топографических планов крупного масштаба (см. Геопрофи. — 2006. — № 4. — С. 57–58).

С целью оптимизации процессов обработки данных инженерных изысканий было проведено техническое переоснащение подразделений предприятия, и теперь первичная обработка данных осуществляется на более мощных технических средствах, таких как двухпроцессорные компьютеры компании Sun; приобретены новые программные средства обработки, что поз-

волило ускорить ряд процессов. Можно с уверенностью сказать, что на предприятии полностью освоена технология обработки данных, получаемых по результатам воздушного лазерного сканирования, с целью создания топографической основы проектно-изыскательских работ.

Отдельно необходимо отметить, что использование метода лазерного сканирования дает возможность получать и ряд интересных по применению вспомогательных данных, которые могут быть использованы при инженерных изысканиях и проектировании. К та-



**Рис. 1**

Цифровая модель рельефа: а) растровая; б) TIN; в) GRID

ким данным, прежде всего, следует отнести цифровую модель рельефа (ЦМР — рис. 1), представленную в различных видах (растровая модель, TIN, GRID, и т. д.), ортофотоплан, полученный на основе классифицированных точек земной поверхности, а также математические модели поверхности, отображающие ситуацию по интенсивности отражений лазерного импульса и по относительной (абсолютной) высоте с определенным сечением.

При этом данные лазерного сканирования удобно использовать для наглядного представления характера рельефа, антропогенной застройки, для определения формы и геометрических измерений инженерных сооружений, а также для дешифрирования объектов местности.

По физическому содержанию данные воздушного лазерного сканирования содержат как минимум три пространственные координаты. К дополнительным данным относятся: значения интенсивности лазерных отражений; временные метки (GPS-время), являющиеся единственным уникальным идентификатором; а также координаты первого (first) и последнего (last) отражений, которые еще до процесса классификации можно разделить, предполагая, что последнее отражение принадлежит земной поверхности.

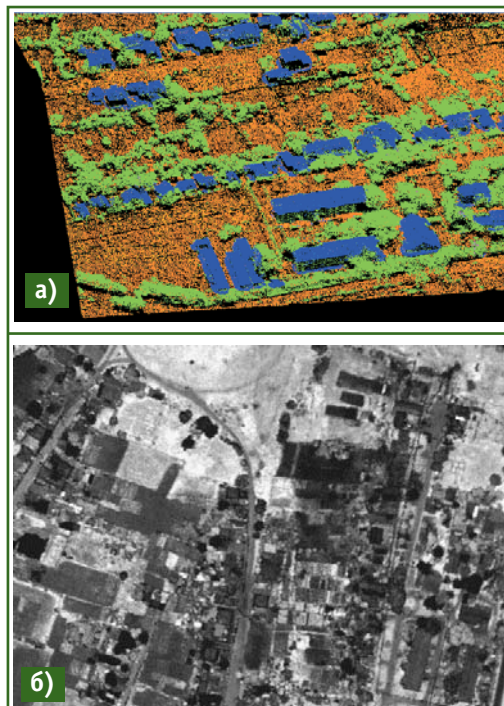
Получаемые в результате сканирования данные могут быть представлены в дальномерной форме (рис. 2а) и в форме интенсивности отраженного импульса (рис. 2б) лазерно-локационных изображений. Дальномерная форма является распределением в пространстве трехмерного «облака точек», которые обра-

зуют пространственное подобие объектов лазерной съемки. Одновременно с регистрацией пространственных координат «облака точек» лазерный сканер фиксирует интенсивность отраженного импульса, которая представляет собой значение энергии импульса, вернувшейся на приемник сканера. Эта величина зависит от многих факторов, среди которых наиболее важными являются: величина дальности излучения, количественные показатели пропускания, рассеяния атмосферы, а также спектральная отражательная способность сканируемого объекта, которая зависит от типа объекта. Изображение в форме интенсивности позволяет хорошо дешифрировать объекты местности, которые на ортофотоплане могут отображаться нечетко или отсутствовать вовсе, например, в таежных лесах Якутии среди густого растительного покрова хорошо выделяются границы водных объектов (рис. 3).

При освоении и внедрении метода лазерного сканирования в НИПИ «ИнжГео» сложилась технология создания цифровых топографических планов по данным лазерно-локационной съемки. Ее можно представить в виде следующих этапов:

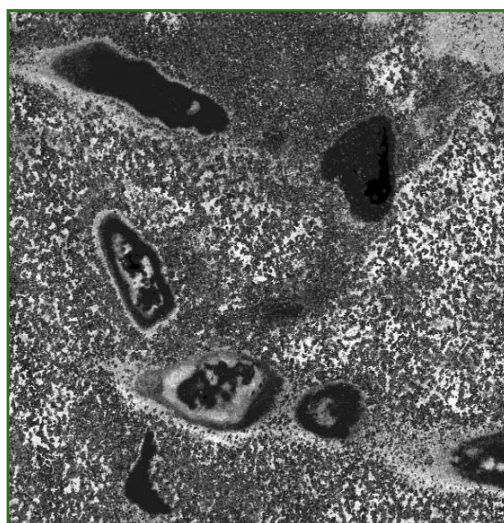
- классификация лазерных точек;
- создание ЦМР;
- ортотрансформирование аэрофотоснимков;
- создание растровых моделей поверхности;
- создание векторной модели рельефа;
- дешифрирование;
- создание топографического плана.

Таким образом, первостепенная задача заключается в корректном разделении точек



**Рис. 2**  
Представление лазерно-локационных данных: а) дальномерная форма; б) интенсивность отраженного импульса

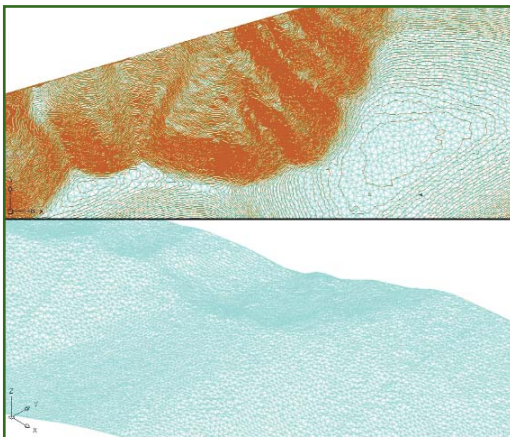
лазерных отражений (ТЛО) по классам и выделении поверхности земли. Прежде всего, исключаются ошибочные точки, т. е. те, которые не образуют пространственный образ объекта съемки. К ним относятся лазерные точки, подвергшиеся множественному



**Рис. 3**  
Границы водных объектов на данных интенсивности



переотражению, в результате чего они оказываются намного ниже общего «облака» ТЛО. Также в процессе съемки лазерный луч может задеть пролетающих птиц или может возникнуть эффект, проявляющийся в отражении лазерного импульса от взвешенных атмосферных частиц. В этом случае точки будут находиться намного выше общего «облака» ТЛО. Как правило, для построения топографических планов достаточно выделить

**Рис. 4**

*TIN — модель поверхности с наложением горизонталей*

следующие классы ТЛО: точки, отнесенные к земной поверхности, и точки, пространственно описывающие остальные объекты местности (деревья, строения и т. д.).

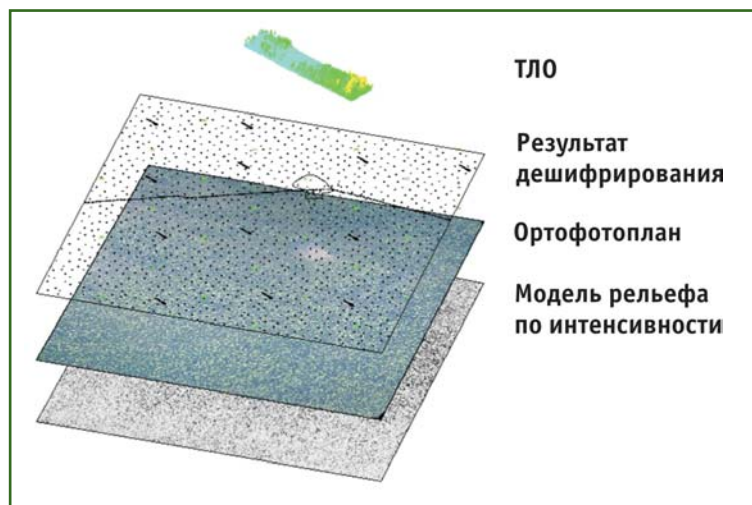
Ортотрансформирование аэрофотоснимков происходит при использовании данных внешнего ориентирования снимков и цифровой модели рельефа.

На основе данных об абсолютной высоте и интенсивности отраженного сигнала создаются пространственно-координированные растры, описывающие объекты дешифрируемой поверхности и рельеф с заранее определенной метрической шкалой.

По точкам отражения от земной поверхности программными средствами Autodesk Civil 3D строится модель поверхности, представляющая собой нерегулярную сеть треугольников (TIN), визуализированную посредством изолиний рельефа (рис. 4). Полученная поверхность приводится в соответствие с растровой моделью рельефа, классифицированной по высоте. Сопоставление интерполированных горизонталей и растровой модели поверхности по высоте позволяет выявить ошибки, допущенные на стадии классификации ТЛО. Эти ошибки устраняются путем редактирования поверхности стандартными средствами Civil 3D. На участках со сложным рельефом точность построенной поверхности повышается за счет сгущения триангуляционной сети. Описываемая процедура уточнения модели рельефа позволяет легко получить дополнительные точки из файла ТЛО, так как их общее количество, как правило, избыточно. Программа позволяет моделировать поверхности с различной густотой сети треугольников

для создания топографических планов необходимых масштабов.

Дешифрирование объектов местности проводится по ортотрансформированным аэрофотоснимкам, растровым моделям, представленным в форме интенсивности, и точкам лазерного отражения, описывающим пространственные объекты местности (рис. 5). Ортофотоплан позволяет составить общее представление о дешифрируемом участке местности, выделить объекты по прямым дешифровочным признакам. На растровых моделях по интенсивности хорошо дешифрируются линейно-протяженные (дороги, объекты гидрографии) и площадные объекты (области различных типов растительности, водная поверхность). Точки, не участвующие в процессе построения поверхности, используются для определения высотных характеристик (растительности, объектов промышленности). В случае отсутствия корректных ортофотопланов процесс дешифрирования объектов местности может основываться только на растровых моделях по интенсивности и

**Рис. 5**

*Этапы процесса дешифрирования*

точкам лазерного отражения, имеющих точную плановую привязку.

Каждый объект на топографическом плане должен обозначаться стандартным условным знаком, соответствующим заданному масштабу плана. Для работы с условными знаками специалистами ООО «ИнжГеоГИС» был разработан программный модуль «Топография», который позволяет создавать и редактировать объекты топографических планов на основе классификаторов различных масштабов с использованием многофункционального интерфейса.

Технология лазерного сканирования внедряется в ООО «ИнжГеоГИС» сравнительно недавно, однако уже имеется первый опыт успешно выполненных производственных проектов, среди которых:

1. Цифровой план трассы нефтепровода «Хадыженск–Краснодар» в масштабе 1:2000, протяженностью 16 км.

2. Цифровые топографические планы в масштабе 1:2000:

— щебневого карьера пос. Кривеньковское (рис. 6);

— г. Семиглавая;

— нефтепроводной системы «Харьяга-Индига»;

— магистрального газопровода Бованенково-Ухта (Мега Ямал).

3. ЦМР для реконструкции трубопроводной системы «Восточная Сибирь — Тихий океан».

Следует отметить основные практические достоинства использования технологии лазерного сканирования по сравнению с традиционными наземными методами топографической съемки, в том числе:

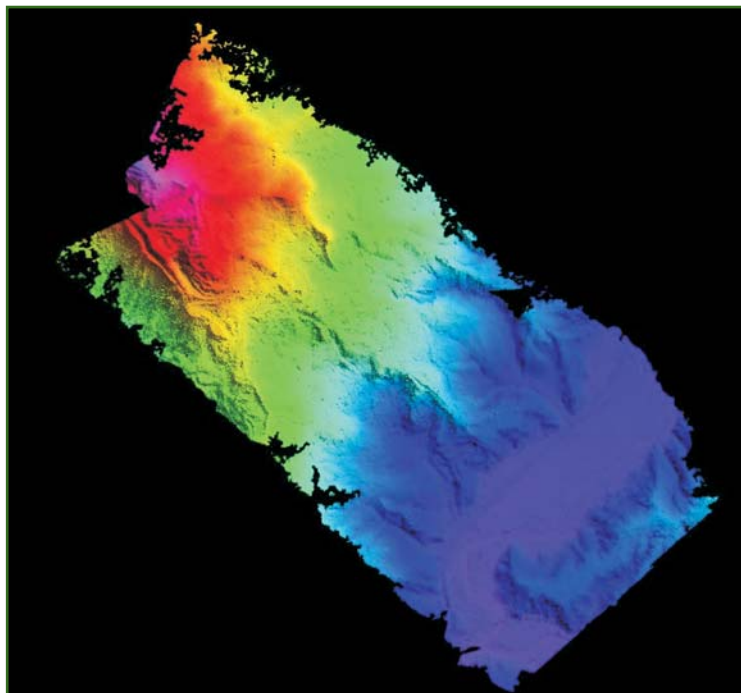


Рис. 6  
ЦМР щебневого карьера пос. Кривеньковское

— высокую производительность (выпуск топографических планов масштаба 1:2000 осуществляется в течение 1–2 суток);

— возможность выполнения работ в труднодоступных и недоступных для наземной съемки районах (заснеженные территории, густой растительный покров, пустыни);

— гибкость метода привязки в различные системы координат;

— отсутствие необходимости выполнения наземных геодезических работ по планово-высотному обоснованию;

— использование различных лазерно-локационных данных при дешифрировании для полного отображения качественных и количественных характеристик объектов;

— существенное снижение финансовых затрат.

Кроме того, специфика технологии воздушного лазерного сканирования позволяет использовать получаемые данные не только для целей

картографирования территории, но и для решения широкого круга научных и прикладных задач в различных отраслях экономики. Так, например, получаемые при лазерной локации земной поверхности избыточные пространственно-привязанные данные можно применять в работах по таксации лесных угодий, в землеустройстве, при эксплуатационной оценке состояния электроэнергетических сетей, экологической оценке, а также для определения ущерба при техногенных катастрофах и стихийных бедствиях.

#### RESUME

Results of processing laser data acquired during engineering surveys of areal and linear objects are given. It is outlined that the high comprehension of the laser scanning data provides for the quasi-online creation of topographic plans for large area and extensive territories on various scales including that of 1:2,000.