

# АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПОСТРОЕНИЕ РЕЛЬЕФА

## А.И. Алчинов (ИПУ РАН)

В 1972 г. окончил Ленинградское военно-топографическое училище, в 1982 г. — геодезический факультет Военно-инженерной академии им. В.В. Куйбышева. В настоящее время — заведующий 22-й лабораторией Института проблем управления РАН им. В.А. Трапезникова, президент Группы компаний «Талка». Доктор технических наук, профессор. Заслуженный работник геодезии и картографии РФ.

## В.Б. Кекелидзе («Талка-ТДВ»)

В 2000 г. окончил горный факультет Московского открытого университета по специальности «горный инженер-маркшейдер». С 2000 г. по настоящее время — младший научный сотрудник 22-й лаборатории ИПУ РАН. С 2002 г. — заместитель генерального директора НПФ «Талка-ТДВ».

## В.В. Костин («Талка-ГИС»)

В 1998 г. окончил механико-математический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова по специальности «математик». В настоящее время — старший научный сотрудник Института проблем управления РАН им. В.А. Трапезникова, руководитель отдела программирования ООО «Талка-ГИС». Кандидат физико-математических наук.

Технология автоматического построения рельефа давно и успешно применяется при работе на цифровой фотограмметрической станции «Талка» [1] и обеспечивает высокую производительность труда. Наибольший эффект и минимальное количество ручной правки при этом достигается, прежде всего, при наличии «хорошего» исходного материала, подразумевающего контрастные изображения с четкими различимыми деталями. Однако на практике встречаются и другие ситуации, например при обработке болотистых и залесенных участков, особенно, если используются не контрастные изображения.

Для устранения этого недостатка в компании постоянно ведется работа по повышению надежности и эффективности алгоритмов автоматического построения рельефа. Рассмотрим последние, проверенные на практике, решения, включенные в версию 3.7.2 программы «ЦФС-Талка».

В основу нового метода был положен разработанный специ-

алистами компании оригинальный алгоритм, позволяющий распознать и не использовать для построения рельефа малоинформативные участки, покрытые водой, снегом, ровным песком. Именно на таких участках отношение сигнал/шум мало, и возникающие помехи могут привести к появлению «выбросов» или ложных идентификаций поверхности. Метод использует только предположение об отсутствии разрывов ви-

димой поверхности и практически не требует настройки параметров.

Не углубляясь в детали, проясним одну из идей алгоритма. Фундаментальной проблемой при распознавании рельефа является вычисление параллакса, т. е. смещения одного изображения стереопары относительно другого (причем в разных точках изображения параллакс разный, что и позволяет вычислять рельеф). В грубом прибли-

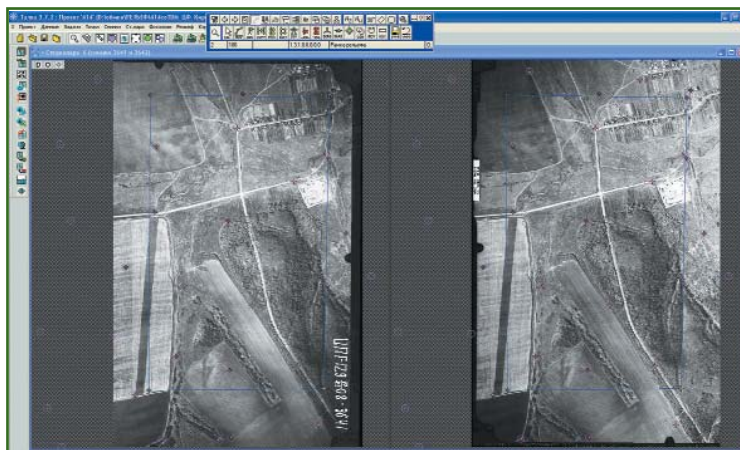


Рис. 1

Задание области, на которую рассчитывается рельеф (открыто 2 снимка стереопары)

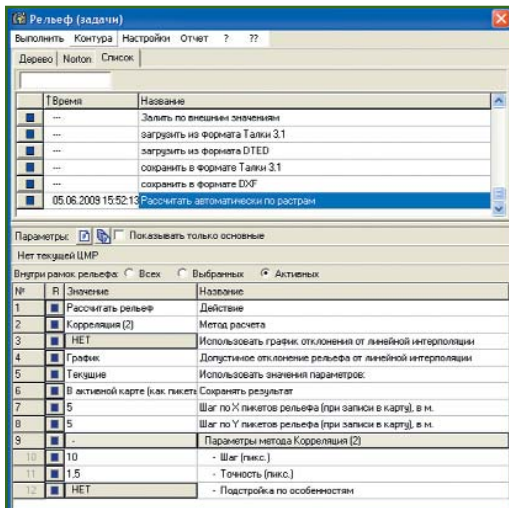


Рис. 2

Задача для создания рельефа «Рассчитать автоматически по растрам»

жени идея метода заключается в сравнении параллакса в данной точке с параллаксом в соседних точках. На плоскости через точку в произвольном направлении проводится луч, на котором расставляются последовательность точек, «сходящаяся» к данной. Последовательное вычисление параллакса в этих точках определяет «параллакс по направлению» в данной точке. Если параллаксы по разным направлениям отличаются не сильно, значит точка «хорошая» и параллакс определен уверенно (как среднее). В противном случае точка считается «малоинформативной», не имеющей точного значения параллакса, и не используется в расчетах.

Теперь рассмотрим практический пример. Необходимо создать ортофотопланы масштаба 1:2000 по материалам аэросъемки масштаба 1:12 000. В проекте имеется 8 стереопар на всхолмленную местность, большая часть территории открытая, незалесенная, но встречаются и сплошь покрытые лесом участки, дороги, строения и т. д.

Для начала расчета укажем область, где будет вычислен рельеф, с помощью рамок рельефа (рис. 1). Для простоты возьмем одну рамку. Отметим, что

рамки рельефа могут быть созданы автоматически, сразу для всех стереопар, с помощью соответствующей задачи (раздела «карта-задачи»). Рельеф будем создавать в виде «свободной модели» — набора точек, не обязательно идущих по регулярной сетке (в отличие от регулярной ЦМР). В этом случае в карте создаются массивы точечных объектов (для удобства дальнейшей обработки их можно перекодировать в одиночные точечные объекты). Дальнейшая обработка рельефа (создание горизонталей, подписей, бергштрихов и т. д.), в том числе автоматическая, а также работа с регулярной ЦМР по большей части описана в предыдущих статьях журнала «Геопрофи» [1–4] и здесь не рассматривается.

Программа вычисляет рельеф автоматически. Если рельеф сложный, оператор может указать орографические линии рельефа, которые будут учтены программой при создании автоматического рельефа. В качестве прогноза можно использовать связующие точки, которые всегда есть в проекте. При наличии объектов рельефа следует задавать график допустимого отклонения [1].

Используем задачу «Рассчитать автоматически по растрам» с параметром метода расчета «корреляция 2» и с шагом

(средним расстоянием между пикетами) в 5 м (рис. 2, 3). Шаг выбирается, исходя из требуемой плотности пикетов (кстати, если пикетов в каких-то местах окажется слишком много, можно запустить задачу «Прореживание пикетов»). Рассматриваемый метод, помимо основных параметров расчета, подробно описанных в [1], имеет собственные дополнительные параметры: «шаг (пикс.)», «точность (пикс.)» и «подстройка по особенностям». Как правило, эти параметры можно оставлять заданными по умолчанию. Первый параметр относится к плотности точек при определении параллакса по направлению, причем, чем он выше, тем быстрее осуществляется расчет (в смысле качества, увеличение шага до 10–15 пикселей обычно мало влияет на результат, однако еще большее увеличение заметно его снижает). Увеличение значения параметра «точность» позволяет программе находить больше пикетов рельефа (но тогда увеличивается и процент пикетов, поставленных ошибочно). На время расчета значение точности почти не влияет. Если значение параметра «подстройка по особенностям» имеет параметр «да», то программа будет расставлять пикеты рельефа по четким контурам. На практике редко встречаются изображения с регулярными четкими

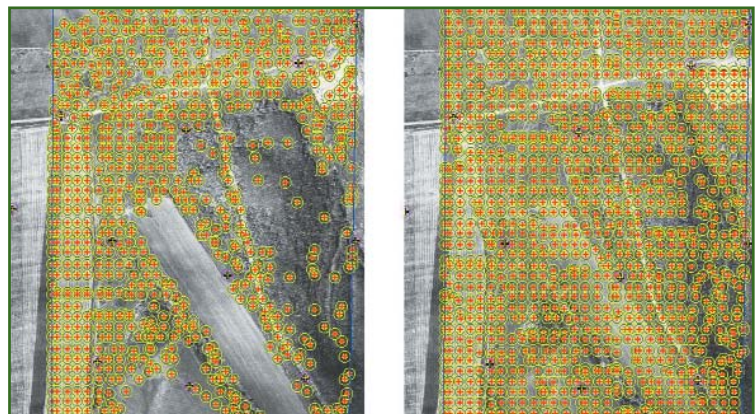


Рис. 3

Пикеты, рассчитанные с шагом 10 м (слева) и 5 м (справа). Слева хорошо видны места, которых программа избегает

контурами с нужной плотностью, поэтому выбирать подстройку по особенностям имеет смысл, только если исходные изображения высокого качества с большим количеством четких контуров.

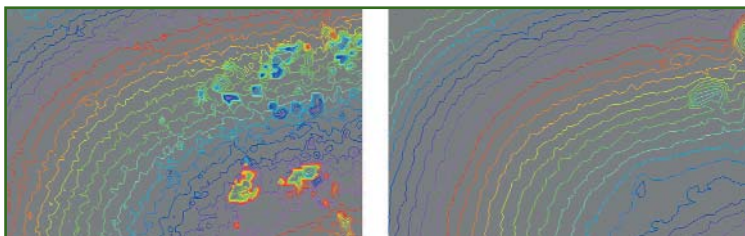
При расчете свободной ЦМР из выборки «Контур класса рельефа» рекомендуется отключать «пикеты рельефа», так как контура класса «Рельеф» используются при расчете как прогноз, и пикеты, рассчитанные по одной рамке рельефа, могут тогда оказаться прогнозом при расчете по другой рамке и негативно повлиять на качество рельефа.

Для создания рельефа на одну стереопару программе требуется 5–20 минут, в зависимости от мощности процессора и параметров расчета. Для оценки качества полученного рельефа в показ включены виртуальные горизонталы с шагом 1 м (рис. 4). Они выглядят «изломанными», так как рассчитываются без сглаживания для быстрого отображения на экране. Реальные горизонталы будут построены со

сглаживанием, и не будут иметь дефектов. Нехарактерные «выбросы», если они есть, можно увидеть по плотным «радужным переливам» в этом месте. В рассматриваемом примере «плохие» места есть на покрытых деревьями участках (ведь рисунок кроны деревьев может сильно меняться в зависимости от угла съемки). «Плохие» пикеты проще всего удалить. На данных участках можно построить орографические линии и пересчи-

тать рельеф, используя график допустимого отклонения. После выделения и удаления «плохих» пикетов получаем вполне приемлемый результат. Отметим, что при использовании старого метода «корреляция» количество «плохих» мест намного больше (еще раз подчеркнем, что проверялось полностью автоматическое построение, без каких-либо пользовательских объектов рельефа) (рис. 5). Вместе с тем, старый метод расчета рельефа работает существенно быстрее нового, и поэтому на некоторых видах «простого» рельефа может оказаться предпочтительнее.

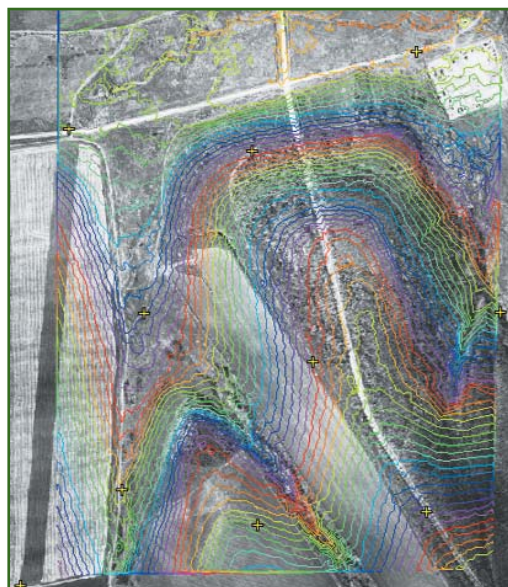
Для определения временных затрат при построении рельефа был выбран небольшой проект с населенным пунктом сельского типа. Для создания рельефа, включающего 10 снимков, которые составляют 8 стереопар, был использован компьютер с двумя процессорами 2,4 ГГц. Рамки стереопар были рассчитаны автоматически за 1 минуту, рельеф построен за 1 час 20 минут. На



**Рис. 5**  
Сравнение методов «корреляция» (слева) и «корреляция 2» (справа) сразу после расчета

редактирование автоматического рельефа было потрачено 30 минут. В результате, на создание рельефа из 8 стереопар с учетом подготовительных работ было затрачено менее 2 часов.

Новый метод автоматического построения рельефа хорошо зарекомендовал себя в производственном процессе и в настоящее время успешно используется Группой компаний «Талка» при создании матрицы рельефа для ортофотопланов.



**Рис. 4**  
Автоматически рассчитанный рельеф, показанный виртуальными горизонталями

#### ▼ Список литературы

1. А.И. Алчинов, В.Б. Кекелидзе. Автоматическое построение модели рельефа с использованием цифровой фотограмметрической станции «Талка» // Геопрофи. — 2005. — № 4. — С. 18–20.
2. А.И. Алчинов, В.Б. Кекелидзе. Технология составления рельефа местности на цифровой фотограмметрической станции «Талка» // Геопрофи. — 2005. — № 3. — С. 22–24.
3. А.И. Алчинов, В.Б. Кекелидзе, А.В. Иванов, В.В. Костин. Оформление оригинала рельефа // Геопрофи. — 2008. — № 1. — С. 44–46.
4. А.И. Алчинов, В.Б. Кекелидзе. Современные методы визуализации рельефа // Геопрофи. — 2006. — № 1. — С. 13–14.

#### RESUME

It is marked that the relief building technology has been successfully used for a long time while working with the Talka digital photogrammetric station. However high quality is provided for relief building first and foremost upon the «good» initial data availability. A new algorithm for the automatic relief building included in the 3.7.2 version of the DPW-Talka software and well-reputed in the production process of the relief matrix creation for orthophotoplans building is considered.