

СОЗДАНИЕ ОРИГИНАЛА РЕЛЬЕФА С УЧЕТОМ ДОПУСТИМЫХ ДИАПАЗОНОВ СМЕЩЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЕЙ

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 (НПФ «Талка-ТДВ»)

В 1997 г. окончил Московский колледж геодезии и картографии по специальности «аэрофотогеодезист», в 2000 г. — 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».

А.В. Иванов (НПФ «Талка-ТДВ»)

В 1979 г. окончил механико-математический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова по специальности «математика». С 1983 г. работал на Рязанском производственно-техническом предприятии. С 2001 г. по настоящее время — программист НПФ «Талка-ТДВ».

Современная технология создания оригинала рельефа по материалам аэрофотосъемки предполагает выполнение основных этапов: создание так называемого машинного рельефа и редактирование горизонталей. Редактирование горизонталей позволяет повысить «читаемость» рельефа за счет искусственной укладки горизонталей по определенным правилам. В частности, подчеркивают точки максимальной кривизны, добиваются соответствия точек максимальной кривизны соседних горизонталей, обеспечивают соответствие горизонталей и элементов гидрографии и т. д.

В соответствии с нормативными документами [1–6], при редактировании горизонталей каждую из них заведомо можно сместить на расстояние, рав-

ное $1/4$ заложения рельефа на составляемом плане (п. 20.4 [1]). Причем средние погрешности съемки рельефа не должны превышать $1/4$ принятой высоты сечения рельефа при углах наклона до 20 и $1/3$ принятой высоты сечения рельефа при углах наклона до 60 (п. 2.14 [1]; с. 56–58 [2]; с. 7–8 [3]; с. 5 [4]; с. 6 [5] и с. 5 [6]).

В работе [7] предложен способ создания оригинала рельефа, который включает следующие этапы составления трехмерной карты местности:

- оцифровку элементов земной поверхности;
- создание цифровой модели рельефа (ЦМР);
- автоматическое построение исходных горизонталей по ЦМР и визуализацию изображения исходных горизонталей

на дисплее в стереоскопическом режиме;

— редактирование исходных горизонталей путем замены отдельных участков горизонталей некоторыми другими ломаными отрезками таким образом, чтобы картина горизонталей удовлетворяла стандартным картографическим требованиям, и создаваемые горизонталей отличались от исходных горизонталей не более, чем на заданный допуск.

Последний этап (редактирование горизонталей) выполняется вручную с использованием стереоизображений. При этом, оператор визуально определяет границы допустимых областей смещения каждой из горизонталей путем определения высоты, соответствующей $1/4$ (или большей доли, в зависимости от характера местности) разности



Рис. 1
Автоматически построенные горизонталы с областями допустимых деформаций

высот между соседними горизонталями. Такой способ редактирования горизонталей имеет существенный недостаток, связанный с необходимостью визуально определять границы допустимых областей смещения горизонталей. Это, с одной стороны, приводит к излишней психофизической нагрузке оператора, а с другой — порождает ошибки, связанные с превышением оператором максимальных допусков на смещение горизонталей.

С учетом сказанного, актуальной является разработка способа создания оригинала рельефа по материалам аэрофотосъемки, в процессе выполнения которого автоматически проводилось бы определение допустимых диапазонов редактирования горизонталей, а оператор осуществлял контроль деформаций горизонталей.

Решение поставленной задачи достигается за счет того, что, в отличие от способа, описанного в работе [7], при автоматическом построении горизонталей по ЦМР дополнительно строятся области допустимых деформаций каждой из исходных горизонталей. На рис. 1

приведен пример автоматически построенных горизонталей с областями допустимых деформаций (розовым цветом показаны области допустимых деформаций, составляющие 1/3 сечения рельефа). При редактировании исходных горизонталей оператор добивается того, чтобы создаваемые в процессе редактирования горизонталей не выходили за пределы границ областей допустимых деформаций исходных горизонталей (рис. 2).

Построение областей допустимых деформаций горизонта-

лей осуществляется следующим образом. Используя хорошо известный и отработанный способ автоматического построения исходных («машинных») горизонталей [7], строят горизонталы для высоты сечения рельефа, равной не той величине h , которая выбрана в качестве требуемой высоты сечения рельефа, а равной:

$$h_i = h/n,$$

где n — некоторый целый коэффициент.

Выбор значения этого коэффициента определяется масштабом создаваемой карты или плана. Иными словами, наряду с теми горизонталями, которые соответствуют требуемой высоте сечения рельефа, проводится довольно много вспомогательных горизонталей, соответствующих промежуточным высотам. На основании этих вспомогательных горизонталей осуществляется построение областей каждой из исходных горизонталей.

Построенные области допустимых деформаций горизонталей сохраняют в карте для дальнейшего использования при редактировании горизонталей. Это достаточно существенный момент, поскольку области допустимых деформаций горизонталей должны строиться один раз по исходным горизон-



Рис. 2
Отредактированные горизонталы с учетом границ областей допустимых деформаций

талям. С другой стороны, редактирование горизонталей может выполняться как итерационный процесс, занимать несколько сеансов работы и т. п. При этом, области допустимых деформаций горизонталей остаются неизменными. После того, как оригинал рельефа будет окончательно построен, эти области допустимых деформаций горизонталей могут быть удалены из карты или оставлены в ней для дальнейших применений в виде отдельного слоя, который может быть скрыт от пользователя готовой карты. В зависимости от программного обеспечения, применяемого для построения оригинала рельефа, возможно два способа организации хранения областей допустимых деформаций горизонталей, обусловленные функциональными возможностями указанного программного обеспечения. Для идентификации области допустимых деформаций горизонталей может быть использован механизм дочерних объектов или механизм семантических характеристик.

Окончательное редактирование автоматически построенных исходных («машинных») горизонталей выполняется изменением конфигурации и положения каждой из них в пределах построенных областей допустимых деформаций. Этот этап может осуществляться частично автоматически (например, методом «сглаживания» горизонталей), а в основном вручную оператором (картографом). На данном этапе добиваются выполнения картографических правил изображения картины горизонталей и «читаемости» рельефа. Возможно два режима редактирования горизонталей, причем выбор того или иного режима определяется такими факторами, как сложность рельефа и квалификация оператора. Первый режим состоит в том, что

при редактировании какой-либо горизонтали на экран компьютера с изображением карты сначала выдается изображение области допустимых деформаций этой горизонтали. В этом случае оператор заранее видит пределы, в рамках которых он имеет право изменять положение данной горизонтали. Использование второго режима подразумевает то, что оператор заранее не видит область допустимых деформаций данной горизонтали и действует без каких-либо заранее заданных для него ограничений на экране компьютера. В том случае, если оператор при редактировании горизонтали выйдет за пределы области допустимых деформаций, компьютер выдаст сигнал об ошибке, и на его экране появится изображение области допустимых деформаций этой горизонтали. После этого оператор имеет возможность изменить положение редактируемой горизонтали таким образом, чтобы она оказалась внутри области допустимых деформаций. Как только цель достигнута, оператор убирает с экрана компьютера изображение области допустимых деформаций этой горизонтали и продолжает процесс редактирования горизонталей.

В настоящее время Институтом проблем управления РАН получено решение Федерального института промышленной собственности Роспатента о выдаче патента по заявке 2006117143/28(018646) с приоритетом от 19 мая 2006 г. на изобретение «Способ создания оригинала рельефа по материалам аэрофотосъемки», авторами которого являются А.И. Алчинов, В.Б. Кекелидзе и А.В. Иванов.

Группа компаний «ТАЛКА» заинтересована в продаже лицензий на право использования этого изобретения и получении заказов на разработку

программных средств автоматизации построения оригинала рельефа с учетом дополнительных требований заказчиков.

▼ Список литературы

1. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. ГКИНП-02-033-79. — М.: Недра, 1982.
2. Руководство по картографическим и картоиздательским работам. Часть 4. Составление и подготовка к изданию планов городов. — М.: РИО ВТС, 1978.
3. Руководство по фототопографическим работам при топогеодезическом обеспечении войск. Часть 1. Создание и обновление топографических карт масштабов 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000. Полевые работы (РФР-1). — М.: РИО ВТС, 1981.
4. Дополнения и изменения к руководству по фототопографическим работам при топогеодезическом обеспечении войск. Часть 1. Создание и обновление топографических карт масштабов 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000. Полевые работы (РФР-1). — М.: РИО ВТС, 1987.
5. Руководство по картографическим и картоиздательским работам. Часть 2. Составление и подготовка к изданию топографических карт масштабов 1:200 000, 1:500 000. — М.: РИО ВТС, 1980.
6. Руководство по картографическим и картоиздательским работам. Часть 3. Составление и подготовка к изданию топографических карт масштабов 1:1000000. РКР-3. — М.: РИО ВТС, 1985.
7. Мельников А.В., Мышляев В.А., Тюкавкин Д.В., Кекелидзе В.Б. Технология создания оригинала рельефа по материалам аэрофотосъемки // Геодезия и картография. — 2003. — № 1. — С. 40–46.

RESUME

Urgency of developing a technique for an automated determining admissible ranges for editing contours and controlling contours displacement caused by manual running out contours while creating a relief drawing based on aerial surveying materials is marked. A detail description is given for the technique developed by the article's authors and patented in Rospatent.