

ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МЕТОДИКА ИЗОБРАЖЕНИЯ РЕЛЬЕФА ДЛЯ ТУРИСТИЧЕСКИХ КАРТ¹

Исследования по автоматизации способов изображения рельефа традиционно занимают выделяющиеся позиции в ряду инновационных разработок на стыке компьютерных технологий и картографии. Отчасти это связано с исключительной важностью рельефа для человеческой деятельности, отчасти — с тем, что уже давно известен компактный и эффективный способ представления земной поверхности в виде цифровой модели. Немаловажным фактором, стимулирующим исследования и создающим для них надежную основу, является огромный опыт человечества в изображении рельефа. Пожалуй, ни один элемент карты не имеет столь драматичной и насыщенной истории развития [10]. В дополнение всему, рельеф является очень пластичным и вариативным элементом природной среды, отличается богатством форм, а его образ, как правило, представляется наиболее характерным и узнаваемым элементом ландшафта. Все это благоприятствует разнообразию подходов к изображению рельефа и их совершенствованию.

Цель данной работы – продемонстрировать перспективность новейших разработок в области визуализации ЦМР для создания туристических карт.

Рельеф как элемент туристической карты

На туристических картах рельеф имеет особое значение, его наглядное изображение является необходимым в таких задачах как:

1. Общее ознакомление с территорией. Выбор точек интереса и прокладка маршрутов. Предварительная оценка видимости между точками для полевого ориентирования.
2. Ориентирование на местности. Ключевые, командные высоты, характерные и узнаваемые формы рельефа, отдельные пики и долины должны хорошо читаться на карте.
3. Оценка сложности маршрутов. Карта должна давать представление о проходимости местности, перепадах высот, наличии обрывов и выходов скальных пород, осыпей, лавино- и селеопасных участков.

Для решения этих задач необходимо точное изображение рельефа, возможность определения различных показателей, таких как высота, уклон, экспозиция.

Помимо чисто функциональной нагрузки, изображение рельефа может выполнять на карте стилистическую роль, передавая историко-культурный образ туристического маршрута (Средневековье, Новое время) или специфику посещаемых объектов (археологические раскопки). Это становится возможным благодаря использованию механизмов эстетического воздействия на пользователя карты. Рельеф является одним из наиболее привлекательных объектов для решения таких задач, поскольку он целиком заполняет картографическое изображение. Остальные элементы местности при этом должны быть переданы в гармонии со стилистикой изображения рельефа.

Наглядность и эстетичность изображения значительно облегчают восприятие карты неподготовленными пользователями. Как справедливо отмечает А. Берлянт, степень наглядности определяется простотой и скоростью восприятия графических образов [1]. На туристических картах особенно важно уделить внимание оформлению содержания, использованию естественных и легко воспринимаемых

¹ Исследование выполнено в соответствии с Программой поддержки Ведущей научной школы 171.2008.5 и Грантом РФФИ 08-05-00126-а.

человеком композиционных и художественных средств (например, отображение в перспективе или раскраска рельефа с имитацией вечернего освещения).

Вышесказанное можно кратко объединить под двумя составляющими картографического дизайна: *функциональной и эстетической*. Пренебречь какой-либо из них при проектировании карты нельзя. Так же как и сказать, что одна из них является более важной, чем другая.

Описанный круг задач в соответствии с современными производственными реалиями должен быть полностью решаем средствами автоматизации. Алгоритмическому обоснованию методов визуализации ЦМР посвящено весьма солидное количество работ. Они показали, что использование компьютерных технологий позволяет воспроизводить любые изобразительные средства, и более того, обогащает их спектр новыми видами обозначений [2]. В данном круге исследований можно выделить 4 основных направления:

1. Автоматизация пластических способов изображения (отмывка, горизонтали, штрихи и др.).

2. Автоматизация выделения и изображения отдельных элементов и форм рельефа (скалы, обрывы, структурные линии, хребты) а также ледников.

3. Разработка количественных характеристик рельефа и карт на их основе (градиентные поля, морфоизографы, экспозиция и т.д.).

4. Размещение вспомогательных элементов (подписи высот, бергштрихи).

Рассмотрим подробнее методы автоматизации пластических способов и отображения скальных массивов.

Пластические способы изображения

Основное назначение пластических способов – наглядная передача объемно-пространственных характеристик рельефа. Исследования по пластическим способам весьма многочисленны. Сложно охватить полный спектр работ в этой области, однако можно отметить наиболее значимые достижения автоматизации:

1. Перспективные изображения. Это одно из наиболее популярных средств, применяемых на туристических картах. Интересный вариант может быть реализован, когда карта является плановой, а изображение рельефа выполнено с имитацией бокового обзора. Такой метод получил название наклонного (косого) планового изображения (*plan oblique relief*) [13]. Его можно отнести к т.н. физиографическим способам изображения рельефа [1, 3].

Помимо того, что для неискушенного пользователя перспектива нагляднее, чем плановое изображение, она может быть использована и в качестве средства стилизации под панорамные карты Средневековья и карты Нового времени.

Программные продукты трехмерного моделирования, например *Natural Scene Designer*, позволяют создавать перспективное и наклонно-плановое физиографическое изображение рельефа. В последнем случае поверхность модели проектируется на плоскость карты не ортогонально, а наклонным лучом. Варьируя угол наклона, можно регулировать степень «вытягивания» рельефа. Методика создания таких карт разработана Т. Паттерсоном и Б. Дженни и описана в их статье [13]. Такой способ позволяет сохранить плановое расположение объектов и повысить пластику изображения рельефа.

2. Классические штриховые способы. Филигранный штриховой рисунок позволяет воссоздать эстетику карт XIX в. Штриховая методика активно применяется на археологических картах по сей день. На топографических картах прямолинейные штрихи используются для визуализации антропогенных форм (насыпи, выемки и т.д.) Группой шотландских ученых (Regnauld N. и др., 2002) был разработан алгоритм построения конусовидных штрихов для визуализации археологических

монументов [22]. Методика позволила получить аккуратное и равномерное изображение, эстетически не уступающее рукописной штриховке.

Автором данной статьи был разработан алгоритм построения классических штрихов, в котором используются сегменты линий тока, построенные по цифровой модели и изолиниям в качестве опорного каркаса [5]. В отличие от более ранних работ, например Йозли [27], алгоритм реализует все классические принципы построения штрихов, а получаемое изображение при тщательном выборе параметров достаточно неплохо имитирует ручную работу (*Рис. 1*).

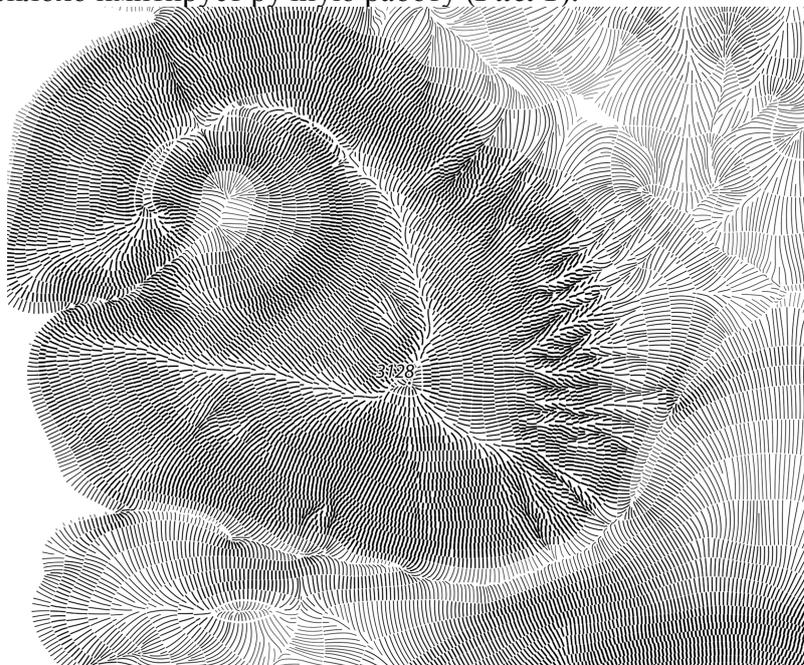


Рис. 1 Изображение вулканического рельефа способом штрихов крутизны (выполнено автором). Самсонов, 2007 [5].

3. Освещение является эффективным средством повышения пластики горизонталей. Способы освещенных и теневых горизонталей были неоднократно автоматизированы Йозли [26], Пейкером [21], а также Кеннелли и Кимерлингем [15] на базе ArcView с использованием различных моделей освещения.

Автором было предложено использование множественных источников освещения и эффекта воздушной перспективы для повышения наглядности изображения. Хороший пластический эффект может быть достигнут комбинацией освещенных горизонталей и послойной окраски (*Рис. 2*).

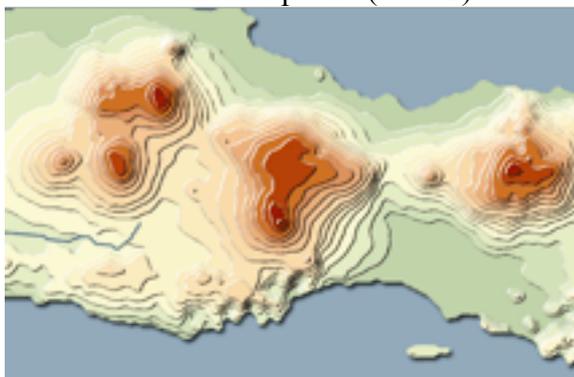


Рис. 2 Комбинация освещенных горизонталей и послойной окраски, о. Ява (выполнено автором).

4. Наклонные горизонталы представляют собой оригинальный подход к изображению рельефа, предложенный К. Танака и основанный на равномерном сечении поверхности множеством наклонных плоскостей [23]. Способ был автоматизирован Йоэли [25], Кеннелли [14], а также автором данной работы (*Рис. 3*). Оригинальное применение наклонных горизонталей нашли геологи, которые использовали его в учебных целях для демонстрации рисунка сечения наклонных геологических пластов земной поверхностью [18].

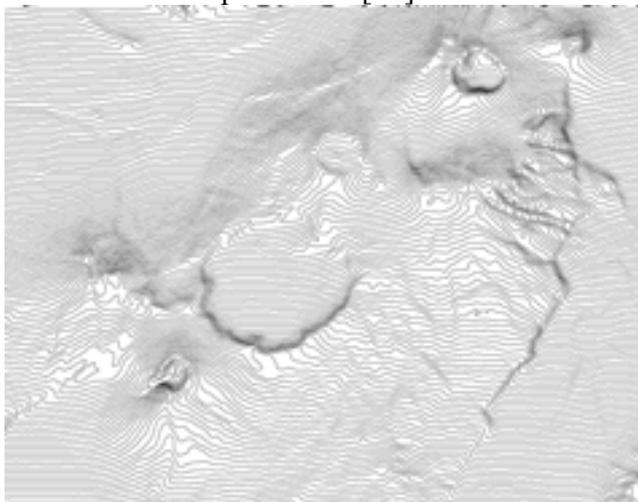


Рис. 3 Наклонные горизонталы и вулканический рельеф северной Танзании (выполнено автором).

5. Методы послойной и непрерывной окраски рельефа, швейцарский метод окраски. Известно, что правильно подобранная последовательность цветов, основанная на законах цветовых контрастов и сочетаний, способна выразительно передать перепады высот, или вертикальную пластику, что в целом облегчает восприятие рельефа.

Метод пространственного смещения цветовых шкал, разработанный Т. Паттерсоном, позволил отразить в окраске рельефа не только распределение высот, но и изменения климата по территории [19]. Суть метода заключается в применении различных шкал для гумидных и аридных областей. С возрастанием абсолютной высоты цветовые ряды постепенно сливаются, что обеспечивает общее единство изображения.

Швейцарский способ цветной окраски рельефа комбинирует в себе свойства послойной окраски и отмывки, отражая одновременно и экспозицию склона по отношению к освещению и высоту расположения точки. Этот метод очень выразителен и достаточно трудоемок в рукописном исполнении. На основе таблиц подстановки цветов он был автоматизирован швейцарцами Б. Дженни и Л. Хюрни [12].

6. Аналитическая отмывка и ее модификации. Использование методов интерактивного выбора локальных параметров освещения [11], адаптивного изменения контраста изображения и эффекта воздушной перспективы [17], цветового синтеза множественных источников освещения [4] позволяет обеспечить реалистичное и подробное отображение характера рельефа на карте. Хорошая отмывка подчеркивает характер простирающихся хребтов, их экспозиционную асимметрию, степень изрезанности территории эрозионной сетью и прочие характеристики.

7. Методы нефотореалистичного рендеринга (НФР). Это относительно молодое и весьма перспективное направление машинной графики, в область интересов

которого входит имитация техники рукописной иллюстрации – штрихового рисунка, гравюры, акварели и т.д. [6].

Перспективные иллюстрации ландшафта, выполненные на основе ЦМР в виде силуэтно-профильных набросков [24] или в свободной штриховой форме с помощью НФР [7], выглядят оригинально и освобождены от излишних деталей. Они могут быть использованы для укрупненного показа отдельных участков местности. Подобные изображения являются абстрактными образами, воссоздающими рельеф в том ракурсе, в котором его обычно видит и рисует человек. Этот факт обеспечивает высокую степень наглядности и информативности таких эскизов.

Отображение скал и осыпей

Высокохудожественный подход к изображению скальных участков на картах показал себя эффективным при составлении рельефа высокогорных территорий [10]. Однако в период активного внедрения средств автоматизации от художественных изысков пришлось отказаться ввиду ограниченности графических возможностей ГИС. Возросший за последние 15 лет уровень технологий визуализации и НФР позволил возродить многие, казалось бы, утерянные художественные методы.

Алгоритм визуализации «скелета» скал, разработанный Хюрни [9], использует оцифрованные границы скальных участков для соединения их «перемычками». Для имитации эффекта светотени все отрезки в получаемом изображении представляются в виде конусовидных штрихов. Ориентация конуса определяется экспозицией штриха. Для придания изображению естественного, рукописного вида используются эффекты случайного смещения точек и изгиба штрихов в направлении выпуклости или вогнутости.

Визуализация осыпей и заполняющих штрихов на скальных массивах по методике Дахиндена и Хюрни [8] использует случайное размещение штриховых элементов на основании освещенности поверхности и углов наклона.

Выводы и перспективы

На данный момент геоинформационное картографирование предлагает широкий спектр методов визуализации ЦМР. Их применение пока ограничено тем фактом, что методы эти реализуются различными программными средствами, некоторые из которых (штрихи, силуэты, швейцарская окраска) пока являются экспериментальными разработками. Однако перспективность применения является стимулом для их централизованного внедрения в инструментарий геоинформационного программного обеспечения.

Туристические карты, предоставляющие благодатную почву для отработки дизайнерских решений в сфере картографической визуализации, способны эффективно реализовать потенциал способов изображения рельефа. Можно обозначить несколько примеров решений в этой области:

1. Для туристических карт горных территорий полезными окажутся интерактивная аналитическая отмывка и швейцарская цветная окраска для подробной передачи объемно-пространственной пластики рельефа. Положив изображение в перспективу, можно добиться максимально реалистичного ракурса, что полезно как при ориентировании, так и при общем обзоре местности. Плоские изображения более предпочтительны, если при ориентировании требуются точные измерения расстояний и местоположения объектов.

Отдельные фрагменты можно дать укрупненно в виде силуэтных зарисовок. Подробности данных может быть недостаточно для крупномасштабных врезок, в таком случае штриховые зарисовки окажутся эффективными. Рукописные работы

носят более интригующий характер, что также может способствовать эффективной демонстрации рельефа.

2. Для историко-культурного туризма можно предложить стилизованный дизайн карты, на которой рельеф будет оформлен способом штрихов, освещенных горизонталей, либо в виде перспективного изображения. Это создаст особую атмосферу погружения в определенную историческую эпоху. Штриховые способы гармонично выглядят на картах археологических раскопок.

3. При создании обзорных карт стран и регионов можно использовать принцип пространственного смещения цветовых шкал, перспективно-плановое изображение рельефа. Это дает наглядное представление как о рельефе территории, так и об особенностях распределения климата в пределах страны.

Это лишь возможные варианты решений при проектировании и составлении карт. Реальное количество эффективных комбинаций значительно больше. Помимо рельефа в облике карты важную роль играет оформление и других элементов содержания – транспортной сети, гидрографии, населенных пунктов и т.д. Удачное сочетание этих элементов для создания привлекательного туристического образа целиком зависит от энтузиазма картографа, его желания экспериментировать и владения общими принципами дизайна наряду со специализированными картографическими навыками.

Список литературы

1. Берлянт А.М. Теория геоизображений. М.: ГЕОС, 2006.
2. Востокова А.В. Компьютерный дизайн – новый этап в оформлении картографических произведений. // Университетская школа географической картографии. К 100-летию профессора К.А. Салищева / Под ред. А.М. Берлянта — М.: Аспект Пресс, 2005. — с 209-216.
3. Востокова А.В., Кошель С.М., Ушакова Л.А. Оформление карт. Компьютерный Дизайн: Учебник для вузов. — М.: Аспект Пресс, 2002. — 288 с.
4. Кошель С.М. Теоретическое обоснование структуры и функций блока моделирования рельефа в ГИС: Дис. канд. геогр. наук: 25.00.35 / МГУ им. М.В. Ломоносова. — М., 2004. — 119 с.
5. Самсонов Т.Е. Автоматизированное изображение рельефа способом штрихов крутизны // Геопрофи. — 2007, №4. — с.
6. Строзотт Т., Шлехтвег Ш. Нефотореалистичная компьютерная графика: моделирование, рендеринг, анимация. Пер. с англ. — М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2005. — 416 с.
7. Buchin K., Sousa M.C., Döllner J., Samavati F., Walther M. Illustrating terrains using direction of slope and lighting // In Proc. 4th ICA Mountain Cartography Workshop, 2004, pp. 259—269.
8. Dahinden T., Hurni L. Development and quality assessment of analytical rock drawings. // Proceedings of 23rd International Cartographic Conference. Moscow, 4-10 August 2007.
9. Hurni L., Dahinden T., Hutzler E. Digital cliff drawing for topographic maps: traditional representations by means of new technologies // Cartographica, 2001, Vol.38, No.1&2, pp.55—65.
10. Imhof E. Cartographic Relief Presentation. ESRI Press, Redlands, California, 2007, 416 p.
11. Jenny B. An Interactive approach to Analytical Relief Shading // Cartographica, 2001, Vol.38, No.1&2, pp.67—75.
12. Jenny B., Hurni L. Swiss-Style Colour Relief Shading Modulated by Elevation and by Exposure to Illumination // The Cartographic journal, December 2006, Vol. 43, No. 3 pp. 198—207.
13. Jenny B., Patterson T. Introducing Plan Oblique Relief // Cartographic Perspectives, Spring 2007, No 57, pp. 21—40.
14. Kennelly P.J. GIS applications to historical cartographic methods to improve the understanding and visualization of contours. // Journal of Geoscience Education, 2002, v. 50, n. 4, September, p. 428—436.

15. *Kennelly P.J., Kimerling A.J.* Modifications of Tanaka's Illuminated Contour Method // *Cartography and Geographic Information Sciences*, 2001, vol.28, No.2, pp.111—123.
16. *Lesage P.-L., Visvalingam M.* Towards sketch-based exploration of terrain // *Computers & Graphics*, 2002, Vol. 26, pp. 309—328.
17. *Lukas K., Weibel R.* Assessment and improvement of methods for analytical hillshading // *Proceedings of the 17th International Cartographic Conference*, 3-9 September, 1995, Barcelona, Vol.2, pp.2231—2240.
18. *Oberlander T.M.* A critical appraisal of the inclined contour technique of surface representation // *Annals, Association of American Cartographers*, 1968, v. 58, p. 802-813.
19. *Patterson T.* Using Cross-blended Hypsometric Tints for Generalized Environmental Mapping // <http://www.shadedrelief.com/hypso/hypso.html>
20. *Patterson T.* About US Physical Map // <http://www.shadedrelief.com/physical/pages/about.html>
21. *Peucker T.K., Tichenor M., Rase W.D.* The computer version of three relief representations // *Davis J.C., McCullagh M. (eds), Display and analysis of spatial data*, 1975, New York, New York: John Wiley and Sons, pp. 187—197.
22. *Regnauld, N., MacKanness, W. and Hart G.* Automated Relief Representation for Visualisation of Archaeological Monuments and Anthropogenic Forms // *Computers, Environment and Urban Systems*, 2002, 26 (2-3), pp. 219-239 [Final Report of the Edingburgh Hachure Algorithm Project].
23. *Tanaka K.* The Orthographical Relief Method of Representing Hill Features on a Topographical Map // *The Geographical Journal*, 1932, Vol. 79, No. 3, pp. 213—219.
24. *Whelan J.C., Visvalingam M.* Formulated Silhouettes for Sketching Terrain // *Proceedings of Theory and Practice of Computer Graphics*, 2003, Birmingham, UK, 03-05 June 2003, pp. 90—97.
25. *Yoeli P.* Computer-aided relief presentation by traces of inclined planes // *American Cartographer*, 1976, Vol.3 (1), pp.75—85.
26. *Yoeli P.* Shaded contours with computer and plotter // *The American Cartographer*, 1983, 10, pp.101—110.
27. *Yoeli P.* Topographic relief depiction by hachures with computer and plotter. // *Cartographic Journal*, 1985, vol. 22, pp. 111—124.