

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

Морфометрический анализ территории в среде ГИС

Цель лабораторной работы: освоить инструменты SAGA GIS, позволяющие вычислять такие морфометрические параметры как уклон и экспозиция склонов, научиться выполнять переклассификацию растровых сеток, а также выполнять построение профилей рельефа местностям.

Задание на лабораторную работу:

1. Получить файл в формате GeoTIFF, содержащий растровый слой высот, соответствующий своему варианту и векторный слой границ территории, расположенной в пределах этого растрового изображения;
2. Открыть приложение SAGA GIS в режиме нового проекта, загрузить в проект векторный слой и импортировать растровый слой высот;
3. Изменить палитру цветов растрового слоя со стандартной на топографическую;
4. На основе растрового слоя высот создать слой теневой отмывки рельефа с настройками освещения «по умолчанию»;
5. Открыть в окне просмотра карт оба растровых слоя. Слой теневой отмывки должен быть расположен поверх слоя высот и иметь прозрачность 60 %. Полученное изображение сохранить в файл формата *.png через меню «Map/ Save as Image...»;
6. Создать трехмерное отображение этой карты и сохранить ее в файл.
7. В приложении SAGA GIS выполнить обрезку растрового фрагмента ЦМР векторным слоем района исследования;
8. Для сетки, полученной в результате выполнения предыдущей части задания вычислить значения уклонов и экспозиции склонов. В качестве единиц измерения использовать градусы;
9. Выполнить переклассификацию растровых сеток уклона и экспозиции по правилам, представленным;
10. Полученные переклассифицированные сетки экспортировать в формат GeoTIFF и загрузить их в новый проект приложения QGIS;
11. Настроить стили отображения растровых слоев уклона и экспозиции, создать макет карты для каждого слоя и экспортировать их в изображение формата *.png;
12. При помощи модуля построения профилей с использованием векторных линий SAGA GIS, создать векторный слой точек, содержащих данные профиля рельефа местности;
13. Экспортировать таблицу атрибутов созданного точечного слоя в текстовый формат и построить по этим данным профиль рельефа.
14. Выполнить предварительную подготовку данных, выполнив заполнение локальных понижений;

15. При помощи модуля «Flow Accumulation (Top-Down)» приложения SAGA GIS создать растровую сетку суммарного стока для исследуемой территории;
16. Экспортировать сетку суммарного стока в формат Geo TIFF;
17. Используя модуль «Channel Network» приложения SAGA GIS, построить векторную карту сети водотоков;
18. Сохранить векторный слой водотоков в формате «Шейп-файл»;
19. Создать новый проект QGIS, загрузив в него растровые слои ЦМР и суммарного стока, а также векторный слой водотоков;
20. Создать макет карты суммарного стока и макет карты сети водотоков с растровой ЦМР в качестве фона с высотами, обозначенными различными цветами;
21. Экспортировать макеты карт в изображение формата *.png и сдать их преподавателю.

ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

7.1. Работа с растрами

ГИС-приложение SAGA (System for Automated Geoscientific Analyses) является представителем класса свободно-распространяемых приложений с открытым исходным кодом. Первоначально это приложение развивалось как проект факультета Физической географии Гёттингенского университета (Нижняя Саксония, Германия), направленный на создания набора инструментов анализа пространственных данных. Со временем к этому проекту подключилось большое количество новых участников из разных стран и на данный момент разработкой и улучшением SAGA GIS занимается крупное международное сообщество.

Для установки этого приложения достаточно скачать установочный файл со страницы загрузок проекта SAGA GIS: <https://sourceforge.net/projects/saga-gis/files/>.

Если на компьютере уже было установлено приложение QGIS при помощи автономного установщика, то SAGA GIS уже установлена. При такой установке будет установлена не самая последняя версия приложения, однако она будет обладать всеми основными возможностями обработки и анализа данных. В этой главе будут описаны интерфейс и основные принципы работы именно той версии, что устанавливается автоматически при инсталляции QGIS. Внешний вид основного окна приложения SAGA GIS показан на рисунке 7.1.

На рисунке 7.1 цифрами обозначены основные элементы интерфейса:

1. Главное меню — позволяет управлять работой приложения, загружать данные и запускать различные алгоритмы преобразования данных и их обработки;

2. Панель инструментов — используется для включения и выключения отображения окон 3, 4, 5 и 7, а также загрузки исходных данных;
3. Окно менеджера данных и карт — позволяет просматривать загруженные в проект наборы растровых и векторных данных, и созданные на их основе карты;
4. Окно источников данных — используется для просмотра содержимого локальных и сетевых каталогов, и добавления в проект хранящихся в них данных;
5. Окно свойств — используется для просмотра свойств выбранного объекта и их редактирования;
6. Окно отображения карт — в этом окне отображаются карты и трехмерные визуализации, создаваемые на основе данных, загруженных в текущий проект;

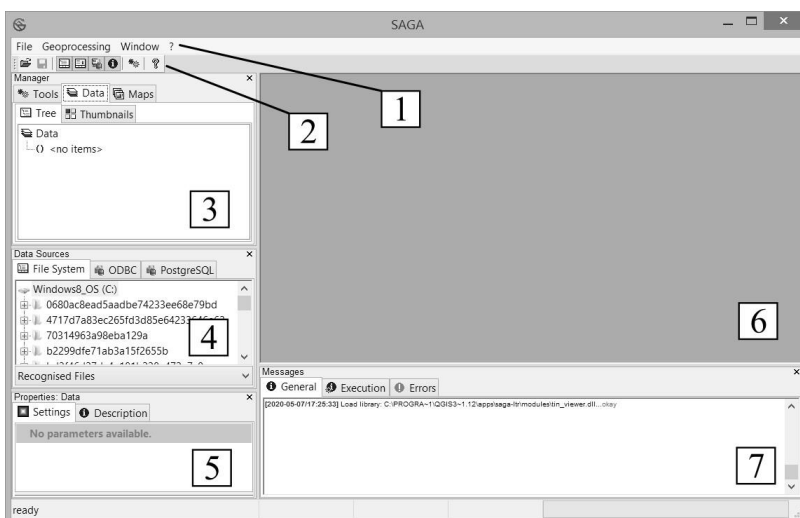


Рис. 7.1 — Интерфейс приложения SAGA GIS

7. Окно сообщений — в этом окне выводятся системные сообщения SAGA GIS о результате выполнения алгоритмов, загрузки или сохранения данных.
- Расположение всех элементов интерфейса, кроме главного меню может быть изменено. Для этого нужно навести указатель мыши на название элемента и зажав левую клавишу мыши перетащить его в новую позицию. Кроме того, неиспользуемые окна можно отключать при помощи соответствующих кнопок панели инструментов или через кнопку закрытия самого окна.
- Интересной особенностью главного меню SAGA GIS является то, что при его кажущемся небольшом размере в нем сосредоточено очень большое количество различных инструментов работы с данными. Основная их часть располагается в пункте меню «Geoprocessing», которое имеет разветвленную и многоуровневую структуру, что несколько усложняет освоение SAGA GIS новичками.

Познакомимся с основами работы в приложении SAGA GIS на примере построения трехмерной карты рельефа Непала.

Для построения трехмерного изображения в SAGA используется растровая модель рельефа. Поэтому, первое, что необходимо сделать — загрузить растровый слой с данными о рельефе. В этом примере, в качестве исходных данных, используется фрагмент глобальной модели GMTED 2010. Эта модель представлена в формате GeoTIFF. В SAGA GIS для работы с растровыми данными используется собственный формат Grids (*.sgrd) и для использования в работе растровых данных другого формата нужно воспользоваться модулем импорта. Для запуска этого модуля используется пункт меню: «Geoprocessing/ File/ Grid/ Import/ Import Raster». В результате откроется окно, показанное на рисунке 7.2.

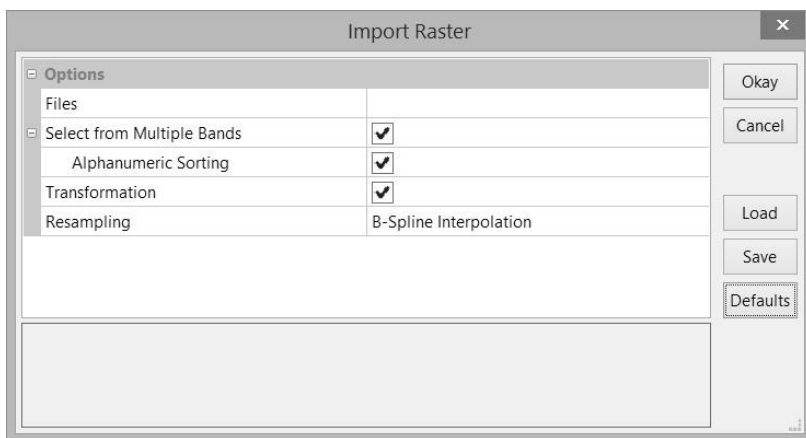


Рис. 7.2 — Диалоговое окно модуля импорта растровых изображений

В поле «Files» указывается импортируемый файл или файлы, остальные настройки, отвечающие за импорт многоканальных растров и трансформацию изображения, в этом примере оставим неизменными. В большинстве случаев, при импорте одноканального растра достаточно выбрать имя импортируемого файла и запустить импорт кнопкой «Окау».

Если размер изображения достаточно большой, то операция импорта может занять заметное время. После ее завершения, в окне сообщений будет отображено сообщение об удачном завершении импорта, а во вкладке «Data» окна менеджера данных и карт появится новый объект данных — система сеток «Grid system» (Рис. 7.3).

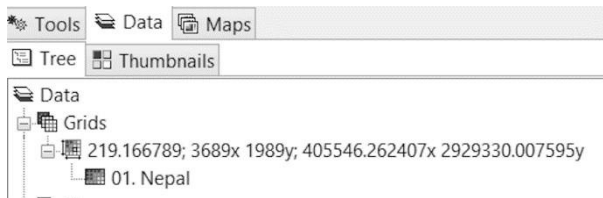


Рис. 7.3 — Вкладка «Data» в окне менеджера данных и карт с системой сеток, созданной при импорте растрового изображения

В примере на рисунке, показана одна система сеток с одной сеткой «Grid», имеющей имя «Nepal» и номер 1. Основные характеристики системы сеток отражены в ее названии. В этом примере название: 219.166789; 3689x 1989y; 405546.262407x 2929330.007595y. Оно состоит из трех частей, разделенных точкой с запятой:

1. Размер пикселя в единицах измерения системы координат растрового слоя: 219.166789. В этом примере данные были сохранены в системе координат WGS 84, проекции UTM, поэтому единицами измерения являются метры;
2. Размер изображения в пикселях по горизонтали (3689x) и вертикали (1989y);
3. Координаты нижнего левого угла изображения в системе координат слоя (405546.262407 по оси X и 2929330.007595 по оси Y).

Другие характеристики импортированного растрового изображения можно посмотреть во вкладке «Description» окна свойств.

Векторные данные в формате «Шейп-файл» загружаются через меню: «File/Open». После загрузки векторного слоя он отобразится во вкладке «Data» в разделе «Shapes».

После успешной загрузки исходных данных можно перейти к их обработке. Для того, чтобы обрезать растровое изображение по контуру векторного объекта можно использовать модуль, расположенный в меню: «Geoprocessing/ Shapes/ Grid/ Spatial Extent/ Clip Grid with Polygon». Диалоговое окно этого модуля представлено на рисунке 7.4.

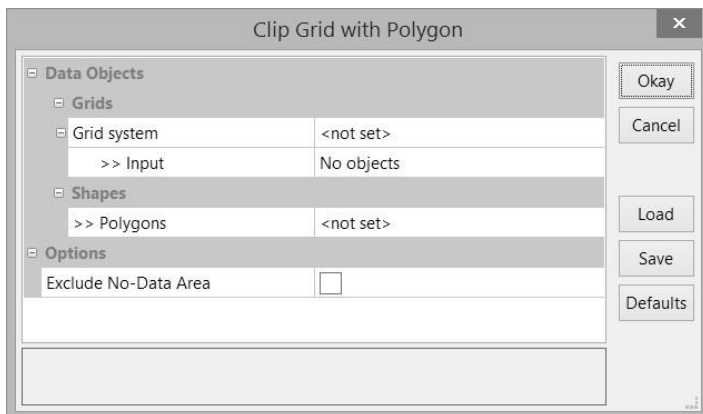


Рис. 7.4 — Окно модуля обрезки растра полигоном

В окне модуля последовательно выбираются из списка загруженных в проект: система сеток, обрезаемая сетка или несколько сеток и полигональный слой используемый для обрезки. Важным условием успешного завершения этой операции является использование во всех исходных данных одной и той же системы координат. После успешного завершения обрезки, информация об этом отобразится в окне сообщений, а во вкладке «Data» появится новая система сеток, если размер изображения по вертикали или по горизонтали уменьшился, или новая сетка в существующей системе, если эти параметры не изменились.

Для того, чтобы открыть созданную сетку в окне отображения карт, нужно выделить ее в окне менеджера данных и выполнить двойной щелчок мышью. В открывшемся диалоговом окне можно выбрать где показывать сетку: в новом окне или добавить ее к уже существующему, как новый слой.

Когда в окне менеджера данных выбран какой-то элемент, то во вкладке Settings окна свойств можно настроить основные свойства растровой сетки. Например, для того, чтобы изменить шкалу цветов, которыми обозначаются различные значения сетки, нужно изменить палитру цветов в группе свойств «Colors». Для отображения моделей рельефа в SAGA GIS есть специальная предустановка со стандартным для

топографических карт градиентом цветов.

При создании географических карт часто используется специальный прием для более наглядной передачи рельефа, он называется *теневая отмывка*. Суть этого способа изображения рельефа заключается в том, что на изображение накладывается карта теней, которая вычисляется из предположения о том, что источником света является точка, расположенная бесконечно далеко. Таким образом, направление на источник света одинаковое для любого пикселя сетки. Расчет карты теней производится при помощи специального аналитического модуля SAGA GIS, на основе модели рельефа. Для запуска этого модуля

используется меню «Geoprocessing/ Terrain Analysis/ Lighting/ Analytical Hillshading». На рисунке 7.5 показано диалоговое окно модуля создания теневой отмывки рельефа.

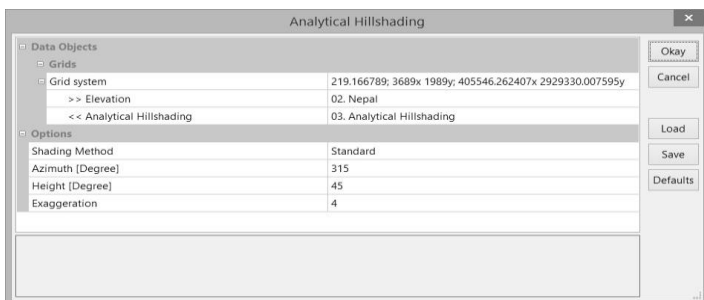


Рис. 7.5 — Окно настроек модуля создания теневой отмывки рельефа

Для получения результата нужно указать систему сеток для которых выполняется построение карты теней и модель рельефа, которая будет основой для расчета (Elevation). Опциональные настройки, такие как азимут и высота источника света, можно оставить без изменения, со значениями «по умолчанию». После нажатия кнопки «Окау» будет создана новая растровая сетка, в которой градациями серого цвета передается затененность различных участков рельефа.

Наиболее эффектно выглядит карта, на которой рельеф отображается в виде цветной шкалы, на которую накладывается полупрозрачный слой теней. Для того, чтобы сделать изображение теней полупрозрачным нужно установить значение свойства «Transparency» на вкладке «Settings», равное 50%. На рисунке 7.6 показано два варианта карты рельефа одного и того же участка поверхности: отображение рельефа только при помощи цветового градиента и комбинированный вариант — градиент с теневой отмывкой.

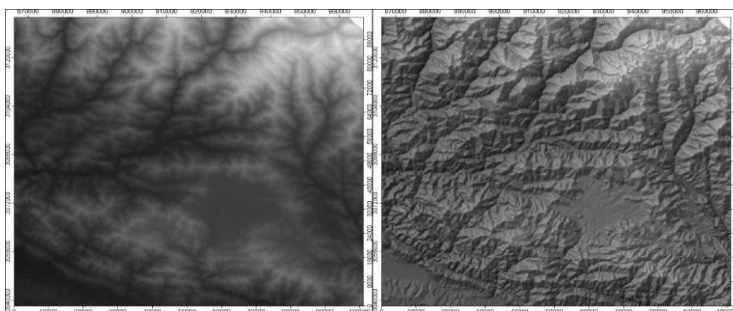


Рис. 7.6 — Пример использования теневой отмывки рельефа

Правый рисунок, на который наложен полупрозрачный слой теней, намного нагляднее передает даже самые незначительные элементы рельефа. Он выглядит более реалистично и создает ощущения трехмерного изображения.

Если в проекте имеется сетка, содержащая отметки высот, то на ее основе можно создать полностью трехмерное изображение местности, которое можно будет вращать и рассматривать под любым углом, а также накладывать поверх этой модели любые другие растровые сетки.

Для создания трехмерной модели поверхности требуется открыть в окне отображения карт данные, которые будут использованы в трехмерной модели. После этого на панели инструментов нажимается кнопка «3D», которая вызывает диалоговое окно создания трехмерного отображения поверхности, показанное на рисунке 7.7.

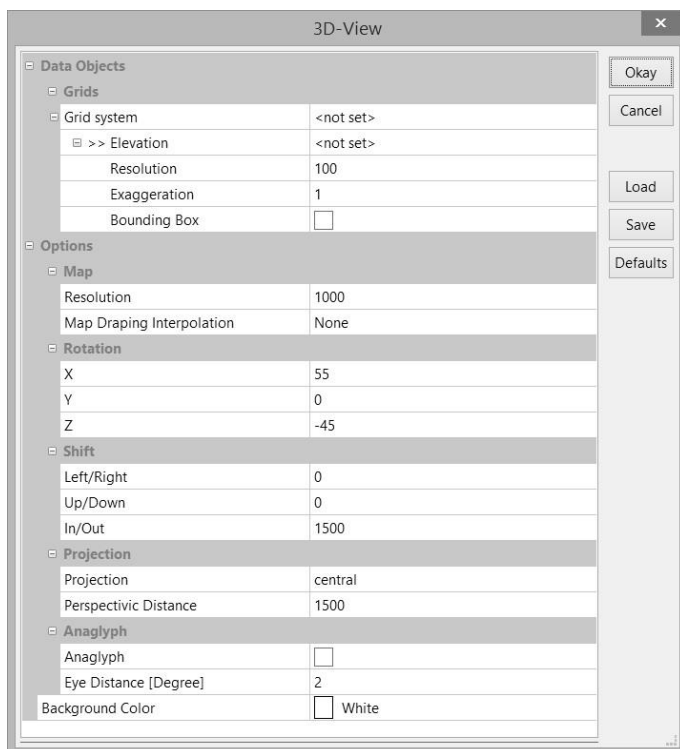


Рис. 7.7 — Окно настройки трехмерного отображения растровых сеток

Основные настройки указаны в группе «Grids»:

- Система сеток, для которой выполняется построение трехмерной модели поверхности;

- Растровая сетка с информацией о высотах, которая будет использована для создания поверхности (Elevation);
- Разрешение визуализации модели, которое влияет на качество изображения (Resolution);
- Масштаб по вертикальной оси, который можно изменить для более наглядного изображения рельефа (Exaggeration);
- Наличие или отсутствие ограничивающей рамки вокруг изображения модели в окне просмотра (Bounding Box).

Для создания трехмерной модели обязательно должны быть выбраны система сеток и сетка с высотами, остальные параметры имеют значения «по умолчанию» и могут остаться неизменными, однако, если это позволяют возможности используемого компьютера, рекомендуется увеличить значения разрешения до значения 1000 или более.

Остальные настройки являются опциональными и, в основном, отвечают за поворот изображения и угол обзора.

На рисунке 7.8 показан пример трехмерной модели поверхности, на котором отображены две растровые сетки — рельеф и теневая отмывка.

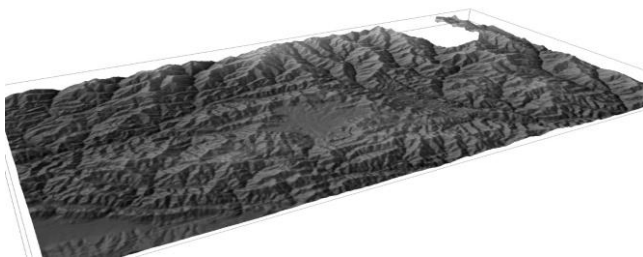


Рис. 7.8 — Трехмерная модель фрагмента земной поверхности, построенная по данным растрового слоя высот

В окне трехмерного вида будет отображаться тот набор слоев, который был виден в исходно окне карты и с тем пространственным охватом, который использовался для этой карты.

7.2. Вычисление основных морфометрических параметров

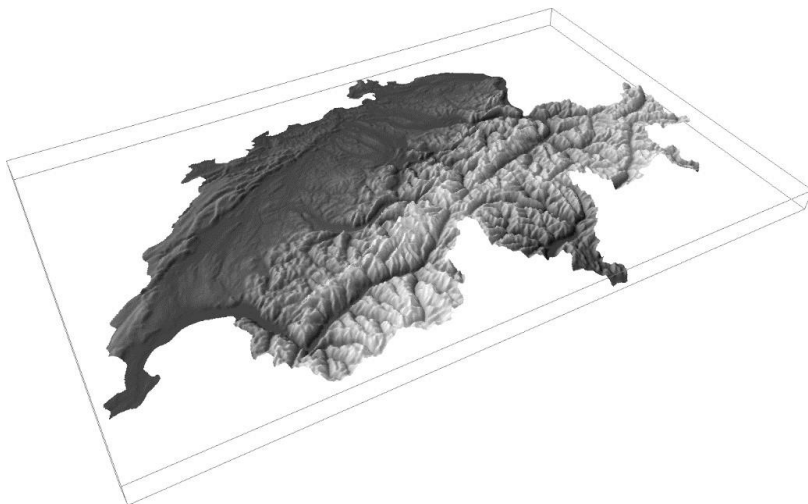


Рис. 7-9 — Трехмерное представление растровой ЦМР, используемой для вычисления морфометрических параметров

В приложении SAGA GIS имеется большое количество специальных инструментов для анализа растровых данных, в том числе и специальный модуль, позволяющий вычислять основные морфометрические параметры рельефа. Для его работы, в качестве исходных данных, используется растровая сетка, содержащая данные о высотах. Для запуска этого модуля используется меню: «Geoprocessing/ Terrain Analysis/ Morphometry/ Slope, Aspect, Curvature». На рисунке 7.10 показано диалоговое окно настроек этого модуля.

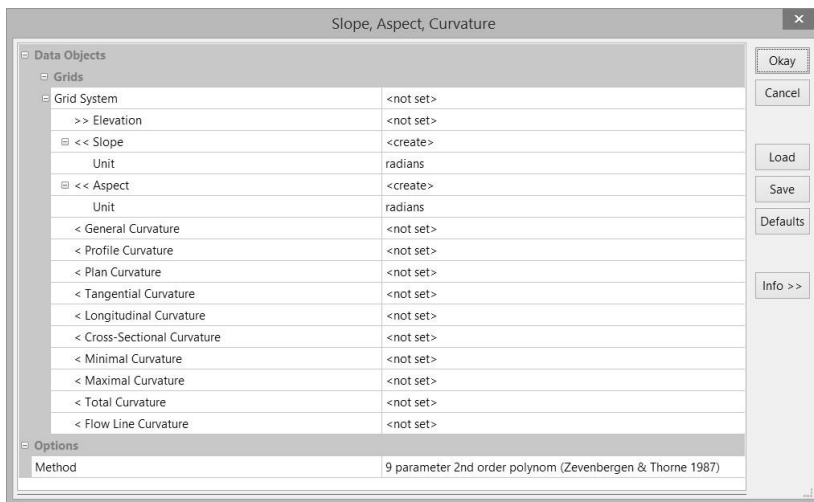


Рис. 7.10 — Диалоговое окно настроек модуля вычисления основных морфометрических параметров

В настройках модуля требуется указать систему сеток и растровую сетку с данными о рельефе. Модуль может вычислять множество морфометрических параметров: уклон (Slope), экспозицию склонов (Aspect), общая кривизна (General Curvature), плановая кривизна (Plan Curvature) и другие. Параметры, которые должны быть рассчитаны помечаются как: <create>, а те, которые вычислять не нужно — <not set>. Для растровых сеток уклона и экспозиции склонов можно выбрать единицы измерения. Доступны варианты вычисления в градусах и радианах.

В результате работы модуля будут построены растровые сетки, содержащие значения выбранных параметров. Если в качестве единиц измерения были выбраны градусы, то для слоя уклонов, в каждой ячейке сетки хранятся значения в диапазоне от 0 до 90. Так как для хранения значений используется число с плавающей точкой, то количество промежуточных вариантов очень большое. Во всей сетке может не быть двух абсолютно одинаковых значений. Существует множество разных классификаций склонов по крутизне и, обычно, требуется знать не точное значение уклона, а к какому классу относится рассматриваемая территория. В SAGA GIS имеется специальный модуль, который позволяет менять значения ячеек растровой сетки по заданному набору правил, то есть выполнять переклассификацию растра. При помощи этого модуля можно создать сетку, в ячейках которой вместо множества уникальных значений будут содержаться метки классов. Для запуска модуля используется меню: «Geoprocessing/ Grid/ Values/ Reclassify Grid

Values». Окно настроек модуля показано на рисунке 7.11.

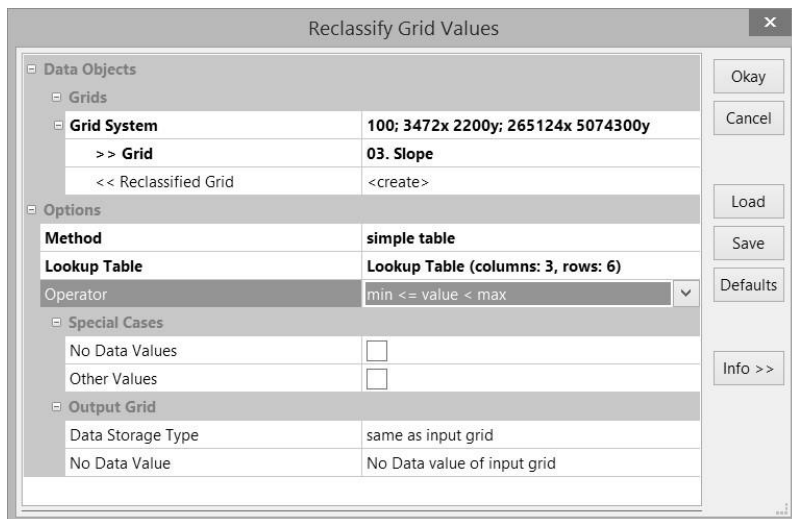


Рис. 7.11 — Окно настроек модуля переклассификации растровых сеток

В настройках этого модуля, как и для многих других, рассмотренных ранее, указывается система сеток и растровая сетка, для которой выполняется переклассификация. В группе настроек «Options» в поле «Method» нужно выбрать значение «simple table». При этом варианте настроек, правила переклассификации задаются таблицей, в которой указываются диапазоны значений исходной сетки и значение, которое присваивается ячейке переклассифицированной сетки при попадании в этот диапазон. В поле «Operator» устанавливается правило отнесения пограничных значений к определенному классу.

Если был выбран метод переклассификации «simple table», то появится возможность редактирования таблицы правил переклассификации — поле «Lookup Table».

Изначально в таблице будет содержаться две строки, соответствующих двум новым классам. Однако, при помощи кнопок «Add», «Insert», «Delete» и «Clear» можно изменить их количество, добавляя новый класс в конец списка, вставляя его в любую позицию в списке, удаляя любой произвольный класс или очистив весь список для того, чтобы создать его заново.

На рисунке 7.12 показан пример таблицы с правилами переклассификации для растровой сетки уклонов.

	minimum	maximum	new
1	0.000000	2.000000	1.000000
2	2.000000	4.000000	2.000000
3	4.000000	8.000000	3.000000
4	8.000000	15.000000	4.000000
5	15.000000	35.000000	5.000000
6	35.000000	90.000000	6.000000

Рис. 7.12 — Таблица правил переклассификации растровой сетки уклонов

Пример карты, полученной в результате работы модуля переклассификации показан на рисунке 7.13.

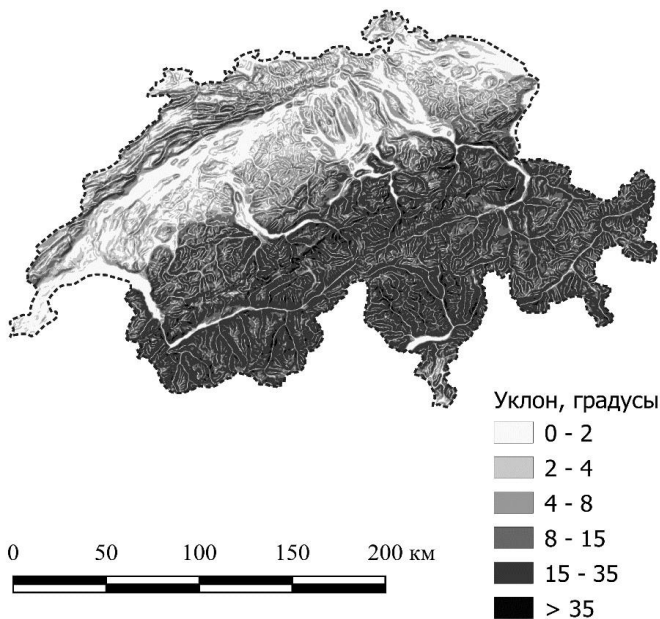


Рис. 7.13 — Карта уклонов поверхности

Растровая сетка, содержащая значения экспозиции поверхности, также содержит множество значений в диапазоне от 0 до 360 градусов. Обычно экспозиция склонов описывается четырьмя или восемью румбами. Например, Северная, Восточная, Южная или Западная экспозиция. Пример таблицы правил переклассификации экспозиции в четыре основных румба приведен на рисунке 7.14.

	minimum	maximum	new
1	0.000000	45.000000	1.000000
2	45.000000	135.000000	2.000000
3	135.000000	225.000000	3.000000
4	225.000000	315.000000	4.000000
5	315.000000	360.000000	1.000000

Рис. 7.14 — Таблица правил переклассификации растровой сетки экспозиции

В этом примере в таблице имеется пять классов. Причина появления пятого класса в том, что направление на север соответствует двум концам диапазона возможных значений экспозиции: 0 — 45 и 315 — 360 градусов. Обоим этим классам назначается одинаковая метка «1», соответствующая северной экспозиции склонов.

На рисунке 7.15 показана карта экспозиции склонов, построенная с использованием модулей «Slope, Aspect, Curvature» и «Reclassify Grid Values».



Экспозиция склонов:

□ Северная

■ Восточная

■ Южная

■ Западная

0 50 100 150 200 км



Рис. 7.15 — Карта экспозиции склонов

Следующая задача, которую можно решить при наличии растровой цифровой модели рельефа — построение профилей рельефа местности. Рассмотрим пример построения профиля, заданного векторной линией. Для этого можно воспользоваться модулем, расположенным в меню: «Geoprocessing/ Terrain Analysis/ Profiles/ Profiles from Lines».

Окно настроек этого модуля показано на рисунке 7.16.

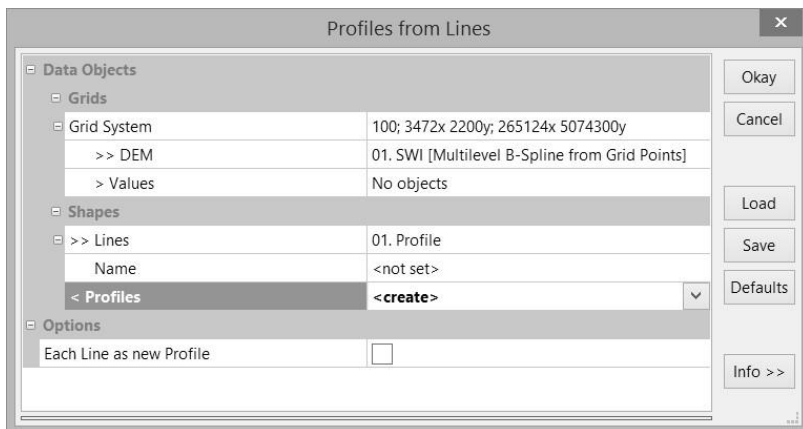


Рис. 7.16 — Диалоговое окно настроек модуля построения профилей рельефа по векторной линии

В окне настроек модуля указывается система сеток и растровая сетка рельефа (поле «DEM»). В поле «Lines» выбирается векторный линейный слой, содержащий линию профиля.

В результате работы модуля будет создан точечный слой, каждая точка которого соответствует пикселю, лежащему на линии профиля. Значения высот записаны в таблицу атрибутов этого точечного слоя. Для построения профиля можно экспортировать таблицу атрибутов этого слоя в текстовый файл и открыв его в Excel или любом другом приложении для работы с таблицами, построить профиль рельефа. Пример такого профиля и расположение его на модели рельефа показан на рисунке 7.17.

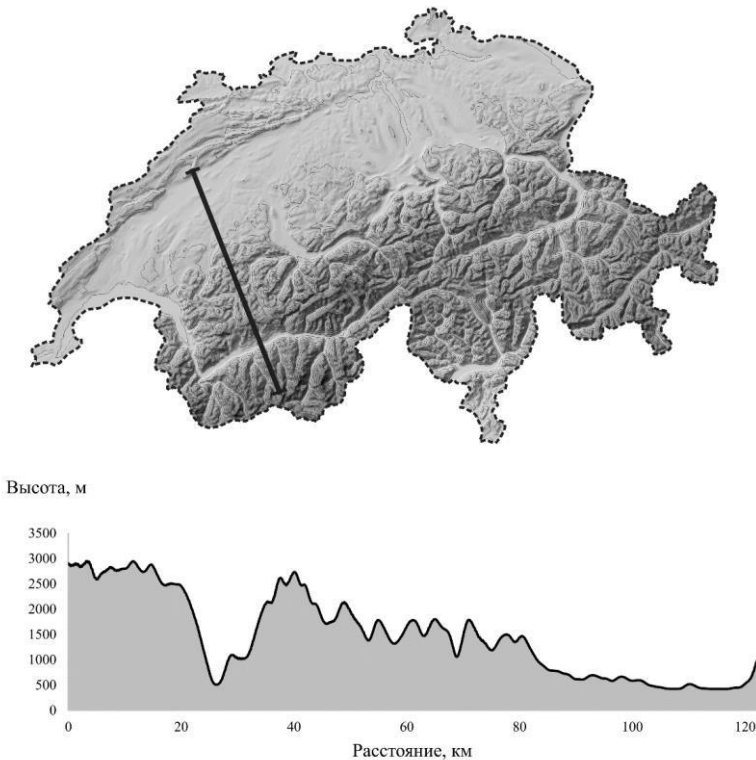


Рис. 7.17 — Профиль рельефа местности, построенный по векторной линии

На рисунке левая часть профиля начинается на юге в Альпах, а правая расположена в 120 километрах севернее, проходя через более равнинную местность.

7.3. Моделирование сети водотоков с использованием ЦМР

В приложении SAGA GIS имеется большое количество инструментов, которые позволяют моделировать движение воды по рельефу под действием силы тяжести и строить различные карты на основе этих моделей.

Рассмотрим решение задачи построения карты водотоков при помощи инструментов приложения SAGA GIS.

В качестве исходных данных используется та же самая растровая ЦМР.

Прежде чем использовать растровую модель рельефа в качестве исходных данных, ее необходимо предварительно обработать для устранения локальных понижений. Они могут возникать в модели рельефа по причине каких-либо ошибок при создании модели или как результат осреднения реальных форм рельефа в значение одной ячейки сетки. Большинство алгоритмов гидрологического моделирования подразумевает устранение локальных понижений. Подобная обработка ЦМР также называется гидрологической коррекцией и подразумевает «заполнение» понижений до уровня окружающих их ячеек сетки. На рисунке 7.18 показано диалоговое окно модуля, позволяющего заполнить локальные понижения в исходной растровой ЦМР.

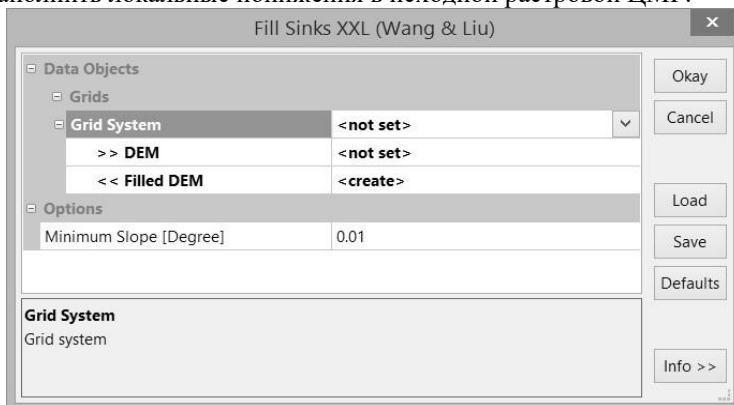


Рис. 7.18 — Диалоговое окно модуля устранения локальных понижений

Для запуска этого модуля используется меню: «Geoprocessing/ Terrain Analysis/ Preprocessing/ Fill Sinks XXL (Wang & Liu)». В настройках модуля указываются система сеток и сетка, для которой выполняется операция заполнения локальных понижений. Кроме того, необходимо указать значение поля «Minimum Slope [Degree]», которое показывает какой угол уклона будет у поверхности, которая заполнит локальное понижение. Если требуется заполнить понижение одинаковыми уровнями, то указывается значение 0.

После завершения предварительной обработки цифровой модели рельефа можно использовать ее для построения карты суммарного стока. На этой карте в каждой ячейки сетки хранится значение площади с которой собрался сток, прежде чем попасть в эту ячейку.

В группе модулей гидрологического моделирования приложения SAGA GIS имеется несколько инструментов для вычисления суммарного стока. Воспользуемся модулем, расположенным в меню: «Geoprocessing/ Terrain Analysis/ Hydrology/ Flow Accumulation/ Flow Accumulation (Top-Down)». На рисунке 7.19 показано диалоговое окно с настройками этого модуля.

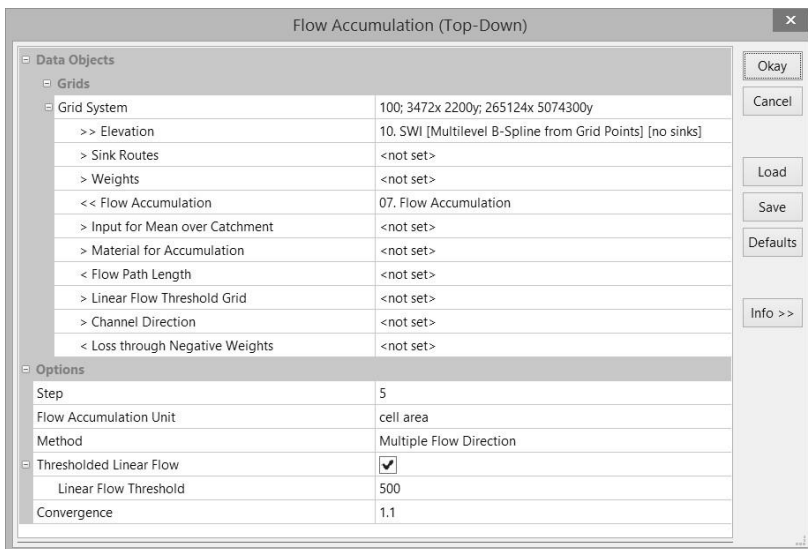


Рис. 7.19 — Окно настроек создания растровой сетки суммарного стока

В настройках модуля есть обязательные для заполнения поля: система сеток для которой выполняется расчет и сетка с данными о рельефе (Elevation), а также целый ряд дополнительных параметров, значения которых можно не указывать. Обязательные для заполнения исходные данные помечаются в SAGA GIS как «>>», а дополнительные — «>». Выходные данные, которые будут созданы в обязательном порядке, отмечаются символами «<<», а опциональные — «<».

Результат работы модуля показан на рисунке 7.20.

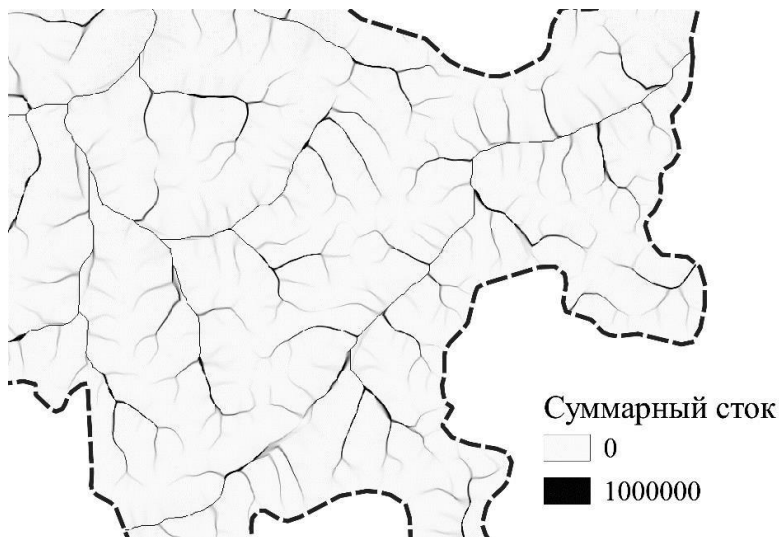


Рис. 7.20 — Фрагмент карты значений суммарного стока, построенной при помощи модуля «Flow Accumulation (Top-Down)» приложения SAGA GIS

На этой карте более темные области соответствуют участкам с большим значением суммарного стока. На реальной местности они во многом совпадают с путями движения воды по рельефу. Таким образом карта значений суммарного стока может использоваться как прототип карты сети водотоков. Для создания векторного слоя сети водотоков используется специальный модуль SAGA GIS, который может быть открыт через меню «Geoprocessing/ Terrain Analysis/ Channels/ Channel Network».

Для того, чтобы построить сеть векторных линий водотоков необходимо принять решение каким будет пороговое значение суммарного стока, при котором в данной ячейке растровой сетки образуется поток воды, движущийся вниз по рельефу под действием силы тяжести. При выборе порогового значения можно использовать дополнительную информацию о геологическом строении и климате исследуемой территории или просто подобрать такое значение, которое обеспечит правдоподобную конфигурацию создаваемой векторной сети.

Пример настроек модуля построения векторной сети водотоков для территории Швейцарии показан на рисунке 7.22.

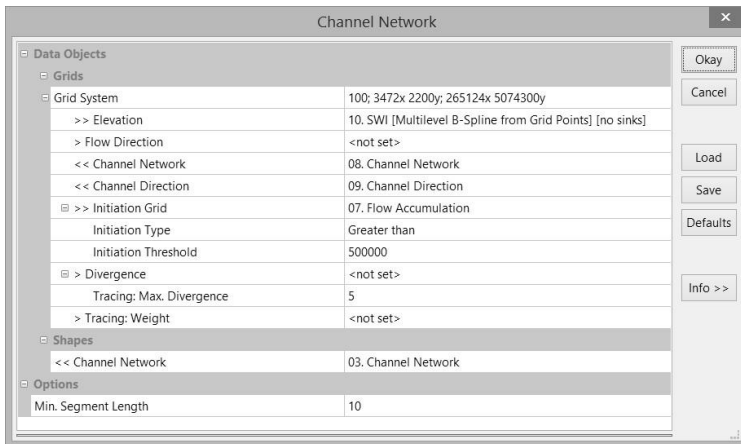


Рис. 7.21 — Диалоговое окно настроек модуля построения сети каналов стока

В результате работы модуля создается векторный слой линий водотоков и два растровых слоя: сеть водотоков и направление стока.

На рисунке 7.22 показана карта сети водотоков, совмещенная с растровой картой рельефа.



Рисунок 7.22 — Карта сети водотоков, построенная в модуле «Channel Network» приложения SAGA GIS

В горных районах, результаты моделирования сети водотоков оказались достаточно близки к реальности, однако стоит отметить некоторую неточность на более равнинных участках. В этих областях наблюдается разделение линий тока воды на параллельные потоки, хотя общее направление движения воды передается верно. Использование цифровой модели рельефа с большей детализацией позволит увеличить качество гидрологического моделирования.