

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра информатики и
программирования

**АЛГОРИТМ И ПРОГРАММА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ПОСТРОЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ ПО ДАННЫМ
ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студента 2 курса 273 группы
направления 01.04.02 — Прикладная математика и информатика
факультета КНиИТ
Хачатряна Вагаршака Ашотовича

Научный руководитель

д.т.н.

А. С. Фалькович

Заведующий кафедрой

доцент, к.ф.-м.н.

М. В. Огнева

Саратов 2018

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. В настоящее время широкое распространение получают методы компьютерного построения географических карт, топографических планов и чертежей результатов инженерно-геодезических изысканий.

Существующие в настоящее время пакеты программ для построения графических инженерных изображений в большой степени облегчают работу изыскателей и минимизируют количество ошибок, которые возникали при ручной обработке полевого материала.

Однако в практической работе при оцифровке результатов полевых изысканий до сих пор приходится выполнять большое количество типовых «ручных» операций в среде автоматизированного проектирования и черчения, что занимает много времени у изыскателей.

Поэтому актуальной задачей является разработка прикладных программ, встроенных в систему автоматизированного проектирования и черчения, с помощью которых пользователь мог бы быстро выполнять наиболее часто встречающиеся действия.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка прикладных программ, встроенных в систему автоматизированного проектирования и черчения, с помощью которых пользователь мог бы с минимальным применением ручного труда строить линии уреза и тальвега реки и продольные профили русла реки.

Для достижения этой цели необходимо выполнить следующие задачи:

- изучение требований и нормативов, применяемых при обработке данных тахеометрической съемки;
- изучение системы автоматизированного проектирования и черчения AutoCAD и существующих прикладных программ, используемых при построении линейных объектов в AutoCAD;
- разработка алгоритма и программы для автоматизированного построения продольного профиля русла реки по цифровой модели местности;
- разработка алгоритма и программы для автоматизированного построения линии тальвега реки по цифровой модели местности;
- разработка алгоритма и программы для автоматизированного построения корректных линий уреза реки по цифровой модели местности.

Научная новизна заключается в разработке алгоритма построения точек

обхода для того, чтобы исключить пересечение линий урезом реки

Практическая значимость данной работы заключается в том, что на данный момент на IT-рынке отсутствуют общедоступные программы для автоматизированного построения линий уреза и тальвега реки и продольного профиля русла реки.

Данная работа состоит из введения, семи глав, заключения, списка использованных источников и приложения. Содержит 47 рисунков, 1 таблицу и 21 использованных источников.

1 Основное содержание работы

Данная магистерская работа состоит из семи глав.

В первой главе «Краткая характеристика задачи» общие сведения об продольных профилях, задачи по построению линий тальвега и урезов реки.

При подготовке экологической реабилитации рек, а также их дноуглубления, разрабатывается проект, в котором одним из основных видов изыскания является инженерно-геодезические изыскания [1, 2].

Инженерно-геодезические изыскания проходит в два этапа [3–5]:

- Полевые изыскания. Выполняется непосредственно на участке будущего строительства;
- Камеральные изыскания.

Основой для построения географических карт, топографических планов и чертежей, землеустроительных планов является тахеометрическая съемка. Тахеометрическая съемка – измерения горизонтальных и вертикальных углов, длин линий и превышений. В настоящее время выполняется, как правило, тахеометром с автоматической регистрацией результатов измерений. После преобразования выходного файла тахеометра, содержащего сферические координаты местности, получается файл с декартовыми координатами замеренных точек местности.

Большим преимуществом современного метода тахеометрической съемки, по сравнению со съемкой при помощи теодолита, является то, что ее результатом является файл в текстовом формате на электронном носителе, а не записанная на бумаге таблица. Этот файл можно загрузить в компьютер и использовать для построения цифровой карты с помощью программы AutoCAD.

Однако при построении карты возникает много практических задач, требующих автоматизации.

Продольный профиль реки – это вертикальный разрез по линии наибольших глубин. Он используется при выборе места размещения ГЭС, определения напора и т.д.

По продольному профилю рассчитывают характеристики кривой подпора и уточняют отметку НПУ водохранилища.

Выделяют основные типы продольного профилям:

- плавновогнутый, или профиль равновесия, – наиболее распространенный, он характеризуется вогнутой кривой гиперболического вида, более

- крутой в истоках реки и пологой ближе к устью;
- прямолинейный, характеризующийся относительно равномерными уклонами на всем протяжении реки, наблюдается главным образом у малых рек;
 - сбросовый, или выпуклый, имеющий малые уклоны в верховьях и большие в нижнем течении реки; встречается редко и характерен для рек Карелии и Кольского полуострова;
 - ступенчатый, образующийся при наличии ряда выраженных промежуточных базисов эрозии в виде встречаемых иногда рекой трудно поддающихся размыву горных пород или в форме котловин проточных озер или водохранилищ.

Определяющими тип продольного профиля причинами являются:

- топография (удаленность от базиса и разность высот устья и истока);
- литология (какими геологическими породами сложен водосбор);
- гидрологический режим территории (количество осадков, их распределение во времени, дружность паводков и пр.).

Продольный профиль реки в естественных условиях характеризуется, как правило, неравномерным распределением уклона. Это обусловлено рядом факторов [6]:

- неоднородностью прочности прорезаемых рекой пород;
- поступлением наносов, особенно крупных, из притоков;
- тектоническими движениями;
- изменением базиса эрозии;
- деятельностью человека.

Последнее особенно важно при анализе участков русла, подверженных интенсивным антропогенным нарушениям. Продольный профиль реки можно рассматривать в разных пространственно-временных масштабах: всей реки от истока до устья или конкретного участка реки, в пределах которого существуют некоторые особые условия для режима стока воды и наносов.

Продольный профиль реки характеризует изменение уклонов ее дна (или водной поверхности) вдоль по течению реки. Разность отметок дна (водной поверхности) на каком-либо ее участке называется падением, а разность отметок истока и устья реки составляет полное падение реки.

Следует отличать продольный профиль дна реки и профиль ее водной

поверхности. Только при крутом падении реки можно при рассмотрении продольного профиля в мелком масштабе пренебречь разницей между обоими профилями. Под понятием «продольный профиль реки» обычно подразумевают продольный профиль водной поверхности. Имея последний, можно судить об изменении вдоль по течению гидравлического уклона, т.е. составить себе представление об одной из основных характеристик потока [7].

Продольный профиль реки в месте перехода снимают для определения уклона свободной поверхности потока.

При этом определяют:

- отметки уреза воды на момент производства работ;
- глубины по фарватеру в наиболее характерных точках дна (гребень переката, плесовая лощина);
- отметки бровок берегов и наиболее пониженных мест прирусловых валов.

После получения перечисленных значений на каждом этапе съемки появляется возможность построить поперечный профиль реки.

Протяженность съемки зависит от конкретных местных условий [8]:

- при режиме реки, не нарушенном гидротехническими сооружениями, профиль снимают на протяжении ситуационной схемы перехода, но не менее суммарной длины одного плеса и одного переката;
- для больших рек, двух плесов и двух перекатов;
- для средних рек и трех–пяти плесов и перекатов;
- для малых рек;
- если переход находится в зоне подпора другой рекой, профиль снимают вниз от перехода до устья, где определяют отметку подпирающей реки, вверх до конца кривой подпора. При большой длине кривой подпора допускается ее верхнюю часть составлять по картографическому материалу.

При нивелировании урезом точки берут в характерных местах, определяющих переломы свободной поверхности: в начале и в конце плесов и перекатов, в устьях притоков и крупных логов, у гидротехнических сооружений, у мостов и т. д. На продольном профиле наносят линии свободной поверхности потока на момент съемки, отметки дна и берегов в наиболее характерных точках, а также возможно большее количество отметок УВВ (уровень высо-

кой воды) за разные годы, определенные различными косвенными способами. Расстояние между урезными точками на момент съемки определяют по фарватеру русла (по продольному профилю); расстояние между определенными на местности точками УВВ находят по спрямленному направлению потока в паводок, используя ситуационную схему мостового перехода. Построение линии свободной поверхности производят по участкам с однообразными уклонами воды и дна на момент съемки. Для определения уклона водной поверхности при уровнях высокой воды используют следы прошедших паводков, т. к. межженный уклон может в 5-6 раз отличаться от паводочного. Исходными данными для построения продольного профиля реки является журнал технического нивелирования [8].

Продольный профиль русла реки в ходе камеральной обработки строится вручную по цифровой модели местности как правило, в системе автоматизированного проектирования и черчения AutoCAD, самой популярной при проектировании различных объектов [9].

При построении продольного профиля русла реки, на профиль наносятся следующие линии:

- линия левой бровки;
- линия правой бровки;
- линия оси реки;
- линия уреза реки;
- линия тальвега реки.

Линия тальвега – это линия, проходящая над самыми глубокими точками русла реки. При построении цифровой модели реки она является важнейшей, линии урезом и бровок строятся вслед за ней.

Ось реки строится по средней левого и правого берега.

Получаемый профиль должен соответствовать «Строительным нормам и правилам. Инженерные изыскания в строительстве (СП 47.13330.2012)» [10].

Строительные нормы и правила (СНиП) — это совокупность принятых органами исполнительной власти нормативных актов технического, экономического и правового характера, регламентирующих осуществление градостроительной деятельности, а также инженерных изысканий, архитектурно-строительного проектирования и строительства.

В ходе выполнения магистерской работы была реализована програм-

ма для автоматизированного построение продольного профиля русла реки по данным тахеометрической съемки [11]. Программа способна автоматически построить линии тальвега и урезов реки, а так же программа строит продольный профиль русла реки как на основе линий урезов и тальвега построенных в автоматическом режиме так и построенных в ручном режиме.

Вторая глава «Сплаины. Кривые Безье» содержит информацию об разновидностях сплайнов и примеры работы со сплайнами, а так же об их применении в компьютерной графике. Благодаря простоте создания и преобразования кривые Безье широко применяются в компьютерной графике для моделирования гладких линий. Наибольшее применение имеют кривые Безье второй и третьей степени. При построении линий сложной формы несколько последовательно построенных кривых Безье могут быть объединены сплайном.

В третьей главе «Применяемые программные средства» рассматривается программные средства, применяемые в ходе разработки приложения – система автоматизированного проектирования AutoCAD и язык программирования AutoLISP. Система автоматизированного проектирования AutoCAD – один из самых распространенных программных продуктов, предназначенных для проектирования зданий, сооружений, интерьеров отдельных помещений, дорог и каналов. AutoCAD применяется также для проектирования очистительных и дноуглубительных работ на малых реках. Язык высокого уровня AutoLISP является встроенным языком программирования системы AutoCAD. Его применение позволяет создавать новые команды графического редактора, специализированные меню, осуществлять доступ к графической базе данных и модифицировать ее, разрабатывать встроенные приложения для решения различных задач. Язык AutoLISP является версией языка программирования LISP, созданного в 1962 году Дж. Маккарти, профессором Стенфордского университета, для эффективного решения задач искусственного интеллекта.

В четвертой главе «Аналогичные программы» в качестве аналога рассматривается платное приложение для построение продольных профилей автомобильных дорог CREDO ДОРОГИ, а также приводятся скриншоты работы этой программы. Указано, что главным недостатком ПО «CREDO ДОРОГИ» является некорректное построение продольного профиля русла реки, поэтому этот продукт не может применяться для построения русла реки по данным

тахеометрической съемки.

В пятой главе «Построение линий урезов русла реки» рассматривается реализация приложения, описываются конкретные методы проекта, а также приводятся скриншоты и результаты работы. Линии урезов реки - это линии ее берегов, линии соприкосновения водной поверхности с сушей. Основная проблема, которая возникает при проведении линий урезов извилистой реки - избежать пересечения этих линий. Если механически соединить ломаными линиями точки, принадлежащие каждому берегу, такие пересечения могут возникнуть. Чтобы избежать пересечений, был разработан алгоритм, выявляющий возможные пересечения и строящий вспомогательные точки - "точки обхода" по которым проводится одна из линий уреза в области возможного пересечения. Блок-схема алгоритма приведена на рисунке 1.

Алгоритм реализован на языке AutoLISP.

В шестой главе «Построение линии тальвега русла реки» рассматривается реализация приложения, описываются конкретные методы проекта, а также приводятся скриншоты и результаты работы. Линия тальвега - это линия, проходящая через точки наибольшей глубины русла реки в каждом поперечном профиле. При решении этой задачи был разработан и программно реализован алгоритм выбора всех точек, относящихся к каждому поперечному профилю, и выбор точки с наименьшей вертикальной координатой в данном профиле.

По выбранным таким образом точкам строится ломаная линия тальвега, которая затем сглаживается методом Безье.

В седьмой главе «Построение продольного профиля русла реки» рассматривается реализация приложения, описываются конкретные методы проекта, а также приводятся скриншоты и результаты работы.

Продольные профили реки принято выравнивать по линии наибольших глубин (линии тальвега). Кроме этого, на продольном профиле показываются следующие линии: линия левой бровки; линия правой бровки; линия оси реки; линия уреза реки..

Поперечники линии уреза и линии тальвега находятся на разных расстояниях друг от друга, и построение профиля в автоматическом режиме ранее не представлялось возможным. Для проектировщиков необходимо совместить эти точки так, чтобы расстояния между соответствующими точками двух про-

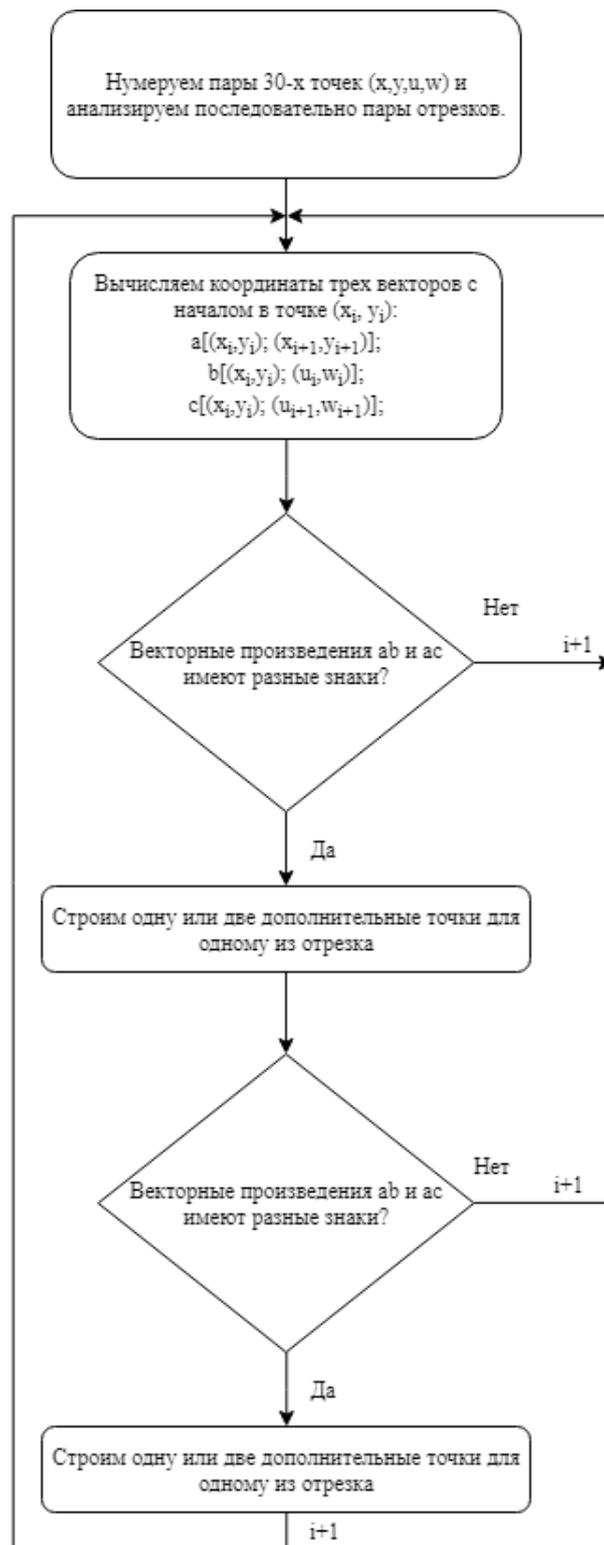


Рисунок 1 – Блок-схема разработанного алгоритма

филей были одинаковыми. Совмещение этих линий производилось вручную, на что тратилось до 20% времени при камеральной обработке.

В данной главе была реализована программу на языке AutoLISP для построения продольного профиля реки в среде AutoCAD. Расстояние программа

ставит относительно оси реки, а высоты точки левой бровки и правой бровки, и точки тальвега и уреза – на соответствующих поперечниках.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении выпускной квалификационной работы были решены следующие задачи:

- разработаны алгоритм и программа для автоматизированного построения продольного профиля русла реки по цифровой модели местности;
- разработаны алгоритм и программа для автоматизированного построения линии тальвега реки по цифровой модели местности и проведено сглаживание линии тальвега с помощью кривых Безье;
- разработаны алгоритм и программа для автоматизированного построения линий уреза реки по цифровой модели местности. Алгоритм включает в себя метод построения дополнительных точек для построения линий, с помощью которых удастся избежать пересечения линий уреза на плане.

Все программы запускаются из среды AutoCAD. Цель работы выполнена.

По материалам выпускной квалификационной работы подготовлена статья для журнала из списка ВАК

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Инженерные изыскания [Электронный ресурс]. — URL: <http://geokad.net/index.php/inzhenernye-izyskaniya.html> (Дата обращения 10.12.2017). Загл. с экр. Яз. рус.
- 2 *Афонин, В.* Оценка современного экологического состояния р. Воронеж с целью ее экологической реабилитации / В. Афонин, А. В. Карпушкин, Б. В. Фисенко, А. А. Ткачев. — Саратов: Основы рационального природопользования. Сборник материалов V международной конференции., 2016. — С. 217–226.
- 3 *Калужский, В. А.* Геодезия: учебно-методическое пособие / В. А. Калужский, А. В. Карпушкин, А. А. Ткачев. — Саратов: Новый проспект, 2013. — С. 107.
- 4 *Клюшин, Е. Б.* Инженерная геодезия / Е. Б. Клюшин, М. И. Киселев, Д. Ш. Михелев, В. Д. Фельдман. — Москва: Академия, 2004. — С. 480.
- 5 *Михайлов, А. Ю.* Инженерная геодезия в вопросах и ответах / А. Ю. Михайлов. — Москва: Инфра-Инженерия, 2016. — С. 200.
- 6 *Беркович, К. М.* Особенности развития продольного профиля реки оки в условиях антропогенных нарушений русла / К. М. Беркович, Л. В. Злотина, Л. А. Турыкин. — Москва. — URL: <https://istina.msu.ru/media/publications/article/653/6d9/26714059/> (Дата обращения 04.03.2018). Загл. с экр. Яз. англ.
- 7 Науки о Земле: вчера, сегодня, завтра. — URL: <https://moluch.ru/conf/earth/archive/293/pdf/> (Дата обращения 04.04.2018). Загл. с экр. Яз. англ.
- 8 Пособие к СНиП 2.05.03-84 Мосты и трубы по изысканиям и проектированию железнодорожных и автодорожных мостовых переходов через водотоки (ПМП-91). — Москва. — URL: <http://www.gostrf.com/normadata/1/4294847/4294847267.pdf> (Дата обращения 04.03.2018). Загл. с экр. Яз. англ.
- 9 AutoCAD для Mac и Windows | САПР | Autodesk [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.autodesk.ru/products/autocad/overview> (Дата обращения 10.12.2017). Загл. с экр. Яз. рус.

- 10 СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96, СП (Свод правил) от 10 декабря 2012 года №47.13330.2012 [Электронный ресурс]. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200096789> (Дата обращения 10.12.2017). Загл. с экр. Яз. рус.
- 11 *Афонин, В. В.* Программа построения продольного профиля русла реки по цифровой модели рельефа / В. В. Афонин, А. В. Карпушкин, В. В. Корсак, А. С. Фалькович, В. А. Хачатрян. — Саратов: Аграрный научный журнал. №6., 2018. — С. 32–36.