

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

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И  
ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 441 группы

направления 02.03.03 Математическое обеспечение и администрирование  
информационных систем

факультета компьютерных наук и информационных технологий

Черепанова Дениса Дмитриевича

Научный руководитель  
проф. кафедры ИиП, д.т.н.

\_\_\_\_\_

А.С. Фалькович

Зав. кафедрой  
доцент, к.ф.-м.н. наук

\_\_\_\_\_

А.Г. Федорова

Саратов, 2016 г

## ВВЕДЕНИЕ

Тахеометрическая съемка – это совместная плановая и высотная съёмка участка. В основном при съёмке применяют полярный способ. При одном визировании со станции на снимаемую точку определяют вертикальный и горизонтальный углы и расстояние по дальномеру. Эти данные позволяют определить плановое и высотное положение измеряемой точки относительно позиции измерительного прибора. С точки зрения математики эти три величины представляют собой сферические координаты, причем начало координат – это позиция прибора.

При использовании современных приборов полярные координаты всех точек, измеренных за один сеанс измерений, а также несколько вспомогательных характеристик, автоматически сохраняются в файле. Этот файл хранится в памяти измерительного прибора и может быть скопирован в компьютер. Для дальнейшего использования информации в стандартных геодезических программах файл должен быть преобразован к виду «код поля» = «значение поля».

Цель работы – создать алгоритм и программу для преобразования и обработки данных автоматизированной тахеометрической съемки.

Для достижения этой цели должны быть решены следующие задачи:

преобразование выходного файла тахеометра к формату, который используется в стандартных геодезических программах;

преобразование сферических координат в декартовы координаты;

приведение всех координат, полученных с различных позиций прибора, к одной системе координат;

построение триангуляционной сети и трехмерного изображения с помощью среды визуализации ParaView.

Актуальность работы связана с тем, что тахеометры данной модели широко используются, и программы для автоматизации преобразования и обработки данных необходимы в геодезической практике.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

В первом разделе работы охарактеризованы основные понятия предметной области. Кратко описаны задачи геодезической съемки, порядок работы с тахеометром – геодезическим прибором, фиксирующим горизонтальные и высотные отметки местности в сферических координатах. Началом координат (центром сферы) является позиция прибора (станции). При смене станции начало координат меняется. Все результаты измерений сохраняются в файле, который может быть потом скопирован на флешку и жесткий диск.

Кроме того, в первом разделе описаны сферическая система координат и ее связь с декартовыми координатами. В сферической системе координат положение точки в пространстве описывается тремя числами – это расстояние от начала координат до точки, горизонтальный и вертикальный углы (рисунок 1).

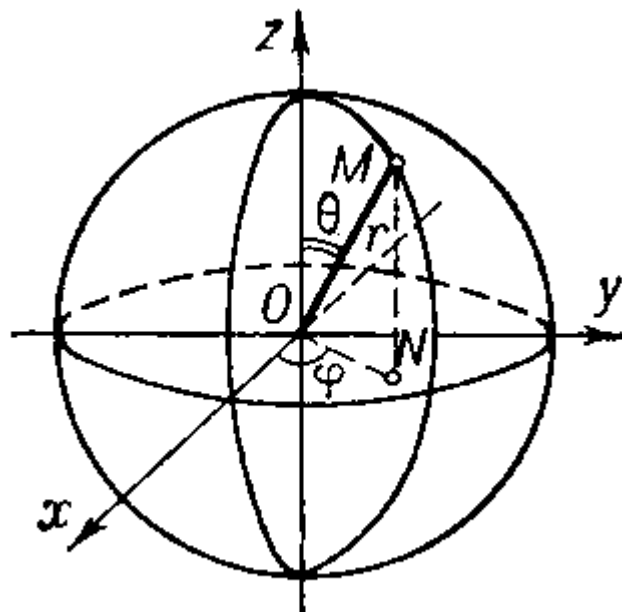


Рисунок 1. Сферическая система координат

Программа, выполняющая преобразования координат, описана во втором разделе.

Также в первом разделе даны определения триангуляции и описан метод триангуляции Делоне.

Триангуляцией называется планарный граф, все внутренние области которого являются треугольниками. Выпуклой триангуляцией называется такая триангуляция, для которой минимальный многоугольник, охватывающий все треугольники, будет выпуклым. Триангуляция, не являющаяся выпуклой, называется невыпуклой.

Триангуляция Делоне — триангуляция для заданного множества точек  $S$  на плоскости, при которой для любого треугольника все точки из  $S$  за исключением точек, являющихся его вершинами, лежат вне окружности, описанной вокруг треугольника. Обозначается  $DT(S)$ . Впервые описана в 1934 году советским математиком Борисом Делоне.

Данный алгоритм основан на стандартной для многих алгоритмов методике сведения сложной задачи к более простым, в которых решение очевидно. Сам алгоритм для  $N > 1$  состоит из 2 шагов: Разбиение исходного множества на более мелкие множества. Для этого мы проводим вертикальные или горизонтальные прямые в середине множества и уже относительно этих прямых разделяем точки на две части примерно по  $N/2$ . После для каждой группы точек рекурсивно запускаем процесс деления. Объединение оптимальных триангуляций. Сначала находятся две пары точек, отрезки которых образуют в совокупности с построенными триангуляциями выпуклую фигуру. Они соединяются отрезками, и один из полученных отрезков выбирается как начало для последующего обхода. Обход заключается в следующем: на этом отрезке мы как будто «надуваем пузырь» внутрь до первой точки, которую достигнет раздувающаяся окружность «пузыря». С найденной точкой соединяется та точка отрезка, которая не была с ней соединена. Полученный отрезок проверяется на пересечение с уже существующими отрезками триангуляции, и в случае пересечения они удаляются из триангуляции. После этого новый отрезок принимается за начало для нового «пузыря». Цикл повторяется до тех пор, пока начало не совпадёт со вторым отрезком выпуклой оболочки.

Далее в первом разделе охарактеризована система визуализации ParaView, с помощью которой по данным тахеометрической съемки построена трехмерная поверхность.

ParaView — открытый графический кросс-платформенный пакет для интерактивной визуализации в исследовательских целях, разрабатываемый Национальной Лабораторией Сандиа, компанией Kitware и Национальной Лабораторией Лос-Аламоса. Пакет поддерживает клиент-серверную архитектуру для организации удалённой визуализации массивов данных и использует метод уровня детализации (level of detail, LOD) для поддержки визуализации больших объёмов данных в интерактивном режиме. Пакет ParaView реализован на базе библиотеки Visualization Toolkit (VTK). Пакет ParaView разрабатывался для осуществления параллелизма данных на компьютерах с общей, распределённой памятью и кластеров. При этом ParaView может использоваться и на персональных компьютерах. Пакет ParaView предоставляет пользователю возможности интерактивной визуализации и исследования больших массивов данных для качественного и количественного анализа. Работа с пакетом может осуществляться как в интерактивном, так и пакетном режиме.

Второй раздел содержит описание практической части работы. Разработан и реализован алгоритм, который принимал во входном значении файл текстового вида, распознавал его, переписывал в другой текстовый файл с упорядоченными параметрами и преобразовывал его данные и сферические координаты в декартовы.

Первым этапом с помощью файловых потоков считывался исходный текстовый документ в формате тахеометра с набором измеренных параметров. Далее весь файл записывался в двумерный статический массив с заданной размерностью  $N \times N$ .

Далее в циклической последовательности поочередно считывались по одной строке и передавались в одномерный строковый массив для дальнейшего использования.

Исходный текстовый файл имел семь различных строк, которые могли повторяться. В связи с этим, для распознавания данных и записи их в другой файл с правильной расстановкой, было принято решение использовать регулярные выражения семи разных типов, в которые поочередно посылался наш строковый массив и определялся куда дальше он будет направлен на обработку.

После того, как все строки были обработаны, был создан новый класс, в котором было реализовано другие семь регулярных выражений, которые будут использоваться для записи в новый текстовый документ.

Следующим этапом, данный алгоритм начинает работать уже с новым текстовым файлом, в котором все данные упорядочены. Здесь мы снова используем двумерный статический массив, в котором храним наши данные. Так как используется огромное количество разных параметров для одного параметра, мы заводим переменные типа массив, чтобы все значение параметров хранились в одной переменной.

Наконец, после того как все данные хранятся в нужном порядке, их можно использовать для преобразования, а именно вычислять декартовы координаты. Заключительным этапом алгоритма является запись полученных данных в текстовый файл.

Для выполнения практической части была использована среда программирования Visual Studio 2012 на языке C#, код программы приведен в Приложении А.

Изначально у нас есть файл с расширением .SDR-файл текстового вида, который приведен на рисунке 2.

Первым этапом нашей работы было считывание и распознавание этих данных для дальнейшего использования. Сам файл содержит следующие данные:

Первая строчка – служебная информация:

00NMSDR33 V04-04.02 01-їNB-02 00:00 113111

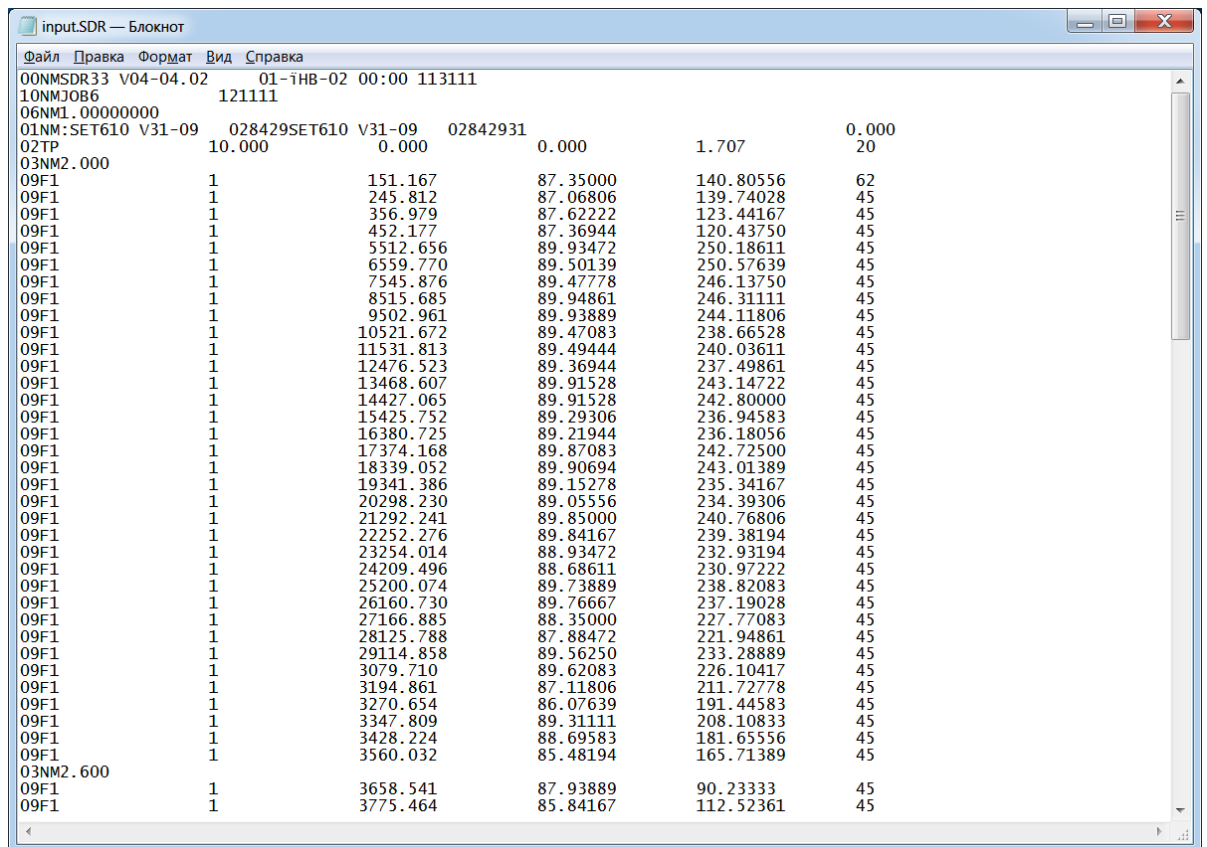


Рисунок 2. Образец файла .SDR, создаваемого тахеометром

Вторая строчка включает имя файла JOB6:

10NMJOB6 121111

Третья строчка включает настройки прибора (коэффициент дальномера 1.0000000)

06NM1.00000000

Четвертая строчка – марка и номер прибора

01NM:SET610 V31-09 028429SET610 V31-09 02842931 0.000

02TP- Индекс станции, 10.000- Расстояние от станции до начальной точки (всегда ноль, но можно задать ненулевое значение), 0.000- Начальная координата X (всегда ноль, но можно задать ненулевое значение), 0.000- Начальная координата Y (всегда ноль, но можно задать ненулевое значение), 1.707- Высота станции, 20- Код объекта (20 – новая станция; 62 – точка ориентирования, т.е. предыдущая станция и т.д.).

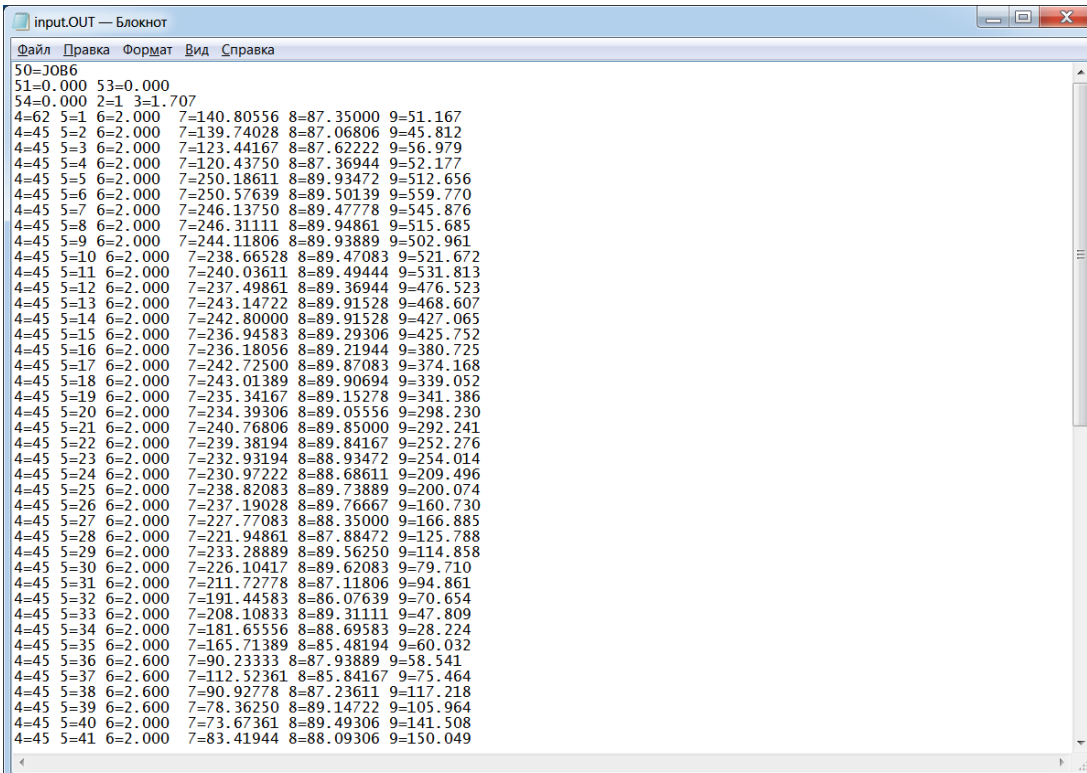
09F1- Индекс станции, 1- Номер станции, 1- Порядковый номер, 51.167- Расстояние до измеряемой точки, 87.35000- Вертикальный угол, градусы и доли градуса, 140.80556- Горизонтальный угол, градусы и доли градуса, 62-

Код объекта (20 – новая станция; 62 – точка ориентирования, т.е. предыдущая станция и т.д.)

После считывания файла и изучения множества материала, идет преобразование принятых данных, а именно:

1. Убираются лишние пробелы с помощью регулярных выражений.
2. Изменяется порядок расстановки данных.
3. Ненужные нам строки попросту удаляются

После этого входной файл имеет новый вид (рисунок 3) с расширением .OUT



```
input.OUT — Блокнот
Файл  Правка  Формат  Вид  Справка
50=JOB6
51=0.000 53=0.000
54=0.000 2=1 3=1.707
4=62 5=1 6=2.000 7=140.80556 8=87.35000 9=51.167
4=45 5=2 6=2.000 7=139.74028 8=87.06806 9=45.812
4=45 5=3 6=2.000 7=123.44167 8=87.62222 9=56.979
4=45 5=4 6=2.000 7=120.43750 8=87.36944 9=52.177
4=45 5=5 6=2.000 7=250.18611 8=89.93472 9=512.656
4=45 5=6 6=2.000 7=250.57639 8=89.50139 9=559.770
4=45 5=7 6=2.000 7=246.13750 8=89.47778 9=545.876
4=45 5=8 6=2.000 7=246.31111 8=89.94861 9=515.685
4=45 5=9 6=2.000 7=244.11806 8=89.93889 9=502.961
4=45 5=10 6=2.000 7=238.66528 8=89.47083 9=521.672
4=45 5=11 6=2.000 7=240.03611 8=89.49444 9=531.813
4=45 5=12 6=2.000 7=237.49861 8=89.36944 9=476.523
4=45 5=13 6=2.000 7=243.14722 8=89.91528 9=468.607
4=45 5=14 6=2.000 7=242.80000 8=89.91528 9=427.065
4=45 5=15 6=2.000 7=236.94583 8=89.29306 9=425.752
4=45 5=16 6=2.000 7=236.18056 8=89.21944 9=380.725
4=45 5=17 6=2.000 7=242.72500 8=89.87083 9=374.168
4=45 5=18 6=2.000 7=243.01389 8=89.90694 9=339.052
4=45 5=19 6=2.000 7=235.34167 8=89.15278 9=341.386
4=45 5=20 6=2.000 7=234.39306 8=89.05556 9=298.230
4=45 5=21 6=2.000 7=240.76806 8=89.85000 9=292.241
4=45 5=22 6=2.000 7=239.38194 8=89.84167 9=252.276
4=45 5=23 6=2.000 7=232.93194 8=88.93472 9=254.014
4=45 5=24 6=2.000 7=230.97222 8=88.68611 9=209.496
4=45 5=25 6=2.000 7=238.82083 8=89.73889 9=200.074
4=45 5=26 6=2.000 7=237.19028 8=89.76667 9=160.730
4=45 5=27 6=2.000 7=227.77083 8=88.35000 9=166.885
4=45 5=28 6=2.000 7=221.94861 8=87.88472 9=125.788
4=45 5=29 6=2.000 7=233.28889 8=89.56250 9=114.858
4=45 5=30 6=2.000 7=226.10417 8=89.62083 9=79.710
4=45 5=31 6=2.000 7=211.72778 8=87.11806 9=94.861
4=45 5=32 6=2.000 7=191.44583 8=86.07639 9=70.654
4=45 5=33 6=2.000 7=208.10833 8=89.31111 9=47.809
4=45 5=34 6=2.000 7=181.65556 8=88.69583 9=28.224
4=45 5=35 6=2.000 7=165.71389 8=85.48194 9=60.032
4=45 5=36 6=2.600 7=90.23333 8=87.93889 9=58.541
4=45 5=37 6=2.600 7=112.52361 8=85.84167 9=75.464
4=45 5=38 6=2.600 7=90.92778 8=87.23611 9=117.218
4=45 5=39 6=2.600 7=78.36250 8=89.14722 9=105.964
4=45 5=40 6=2.000 7=73.67361 8=89.49306 9=141.508
4=45 5=41 6=2.000 7=83.41944 8=88.09306 9=150.049
```

Рисунок 3. Образец выходного файла .OUT, создаваемого программой

В измененном файле данные остались те, что и были, но имеют другой порядок: 50=имя файла, 51=, 53= начальные координаты, 54= расстояние от станции до начальной точки, 2= номер станции, 3= высота станции, 4= код объекта (20 – новая станция; 62 – точка ориентирования, т.е. предыдущая станция и т.д.), 5= порядковый номер, 6= высота вешки, 7= горизонтальный угол, градусы и доли градуса, 8= вертикальный угол, градусы и доли градуса, 9= расстояние до измеряемой точки.



Следующий этап – преобразование сферических координат в декартовы координаты. На данном этапе после правильной и удобной расстановки, мы должны по имеющимся нам данным вычислить декартовы координаты по следующим формулам.

Горизонтальная координата  $X$  вычисляется по формуле

$$X = E_i * \cos\left(I_i * \frac{\pi}{180}\right), \quad (1)$$

где  $E_i$ -расстояние до данной измеряемой точки,

$I_i$ -горизонтальный угол.

Горизонтальная координата  $Y$  вычисляется по формуле

$$Y = E_i * \sin\left(I_i * \frac{\pi}{180}\right), \quad (2)$$

где  $E_i$ -расстояние до данной измеряемой точки,

$I_i$ -горизонтальный угол.

Вертикальная координата  $Z$  вычисляется по формуле

$$Z = E_i * \tan\left((90 - F_i) * \frac{\pi}{180}\right) - B + G, \quad (3)$$

где  $E_i$ -расстояние до данной измеряемой точки,

$F_i$ -вертикальный угол,

$B$ -высота вешки,

$G$ - высота станции.

$Z$  - расстояние до измеряемой точки.

Эта формула справедлива при начальной позиции станции, при смене позиции формула усложняется с каждым разом следующим образом.

Для координаты  $X$ :

$$X = E_i * \cos\left(I_i * \frac{\pi}{180}\right) + J, I = G_{\text{тек.}} - G_{\text{пост.}} + 180 + G_{\text{посл.}}, \quad (4)$$

где  $J$ -последний горизонтальный угол из предыдущей станции.

В расчетах  $X$ , вместо горизонтального угла подставляется первый текущий горизонтальный угол - постоянный горизонтальный угол являющийся первым после смены станции + 180 + последний горизонтальный угол из предыдущей станции.

В расчетах  $Y$  изменения такие же, как и в  $X$ .

Вертикальная координата  $Z$  пересчитывается по формуле

$$Z = E_i * \text{TAN} \left( (90 - F_i) * \frac{P_i}{180} \right) - B + G + L, \quad (5)$$

где- $L$  последняя вертикальная координата  $Z$  до смены станции.

В расчетах  $Z$ , после смены станции к общей формуле прибавляется последний  $Z$  до смены станции. На рисунке 4 показано как меняется вертикальный угол со сменой станции.

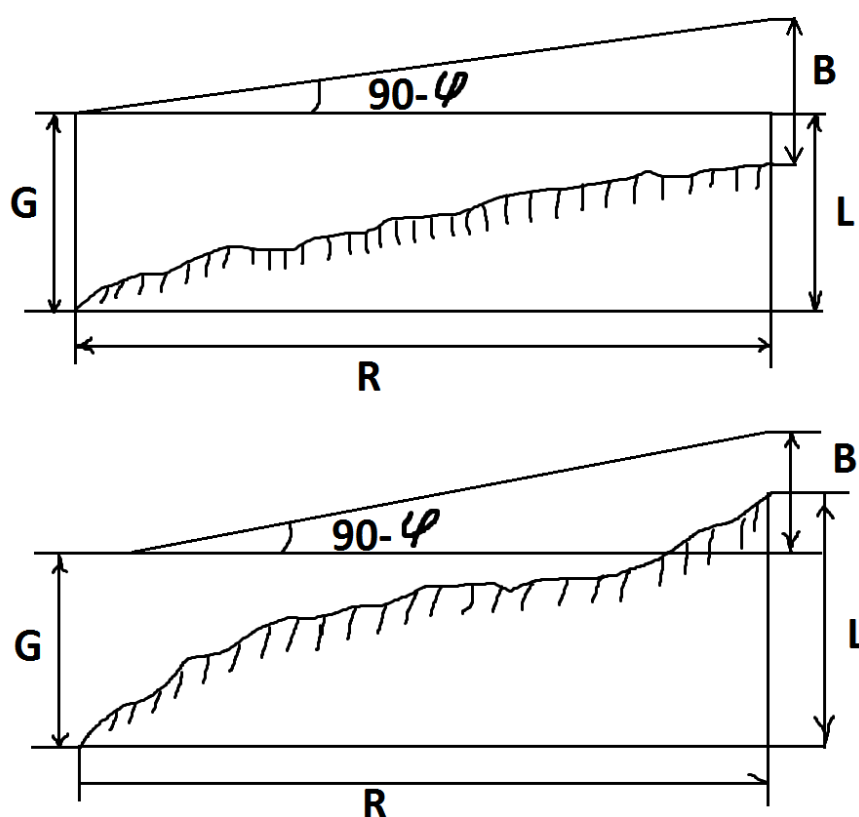
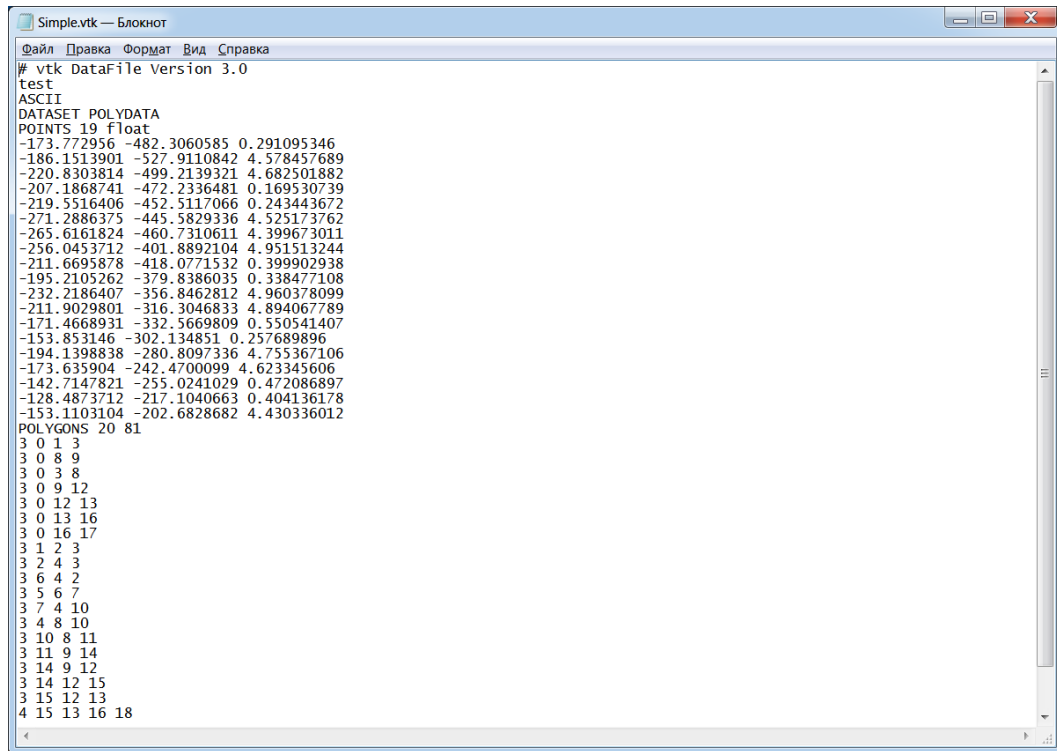


Рисунок 4. Схема пересчета вертикальной координаты при смене станции.

$G$  – высота станции на старой позиции,  $R$  – расстояние от старой позиции станции до новой позиции станции,  $B$  – высота вешки,  $L$  – вертикальная координата новой позиции станции, рассчитанная относительно предыдущей позиции станции. Волнистой линией обозначена поверхность земли.

Еще один этап работы – построение трехмерного изображения с помощью среды визуализации ParaView. Создав файл с расширением. vtk, добавляем в него наши полученные координаты и подробно описываем как

мы хотим строить нашу фигуру (рисунок 5), в нашем случае каждые три точки соединяются отрезками по методу триангуляции.



```
# vtk DataFile Version 3.0
test
ASCII
DATASET POLYDATA
POINTS 19 float
-173.772956 -482.3060585 0.291095346
-186.1513901 -527.9110842 4.578457689
-220.8303814 -499.2139321 4.682501882
-207.1868741 -472.2336481 0.169530739
-219.5516406 -452.5117066 0.243443672
-271.2886375 -445.5829336 4.525173762
-265.6161824 -460.7310611 4.399673011
-256.0453712 -401.8892104 4.951513244
-211.6695878 -418.0771532 0.399902938
-195.2105262 -379.8386035 0.338477108
-232.2186407 -356.8462812 4.960378099
-211.9029801 -316.3046833 4.894067789
-171.4668931 -332.5669809 0.550541407
-153.853146 -302.134851 0.257689896
-194.1398838 -280.8097336 4.755367106
-173.635904 -242.4700099 4.623345606
-142.7147821 -255.0241029 0.472086897
-128.4873712 -217.1040663 0.404136178
-153.1103104 -202.6828682 4.430336012
POLYGONS 20 81
3 0 1 3
3 0 8 9
3 0 3 8
3 0 9 12
3 0 12 13
3 0 13 16
3 0 16 17
3 1 2 3
3 2 4 3
3 6 4 2
3 5 6 7
3 7 4 10
3 4 8 10
3 10 8 11
3 11 9 14
3 14 9 12
3 14 12 15
3 15 12 13
4 15 13 16 18
```

Рисунок 5.

Файл, подготовленный для среды визуализации ParaView

На рисунке 6 продемонстрированы результаты проделанной работы в среде ParaView.

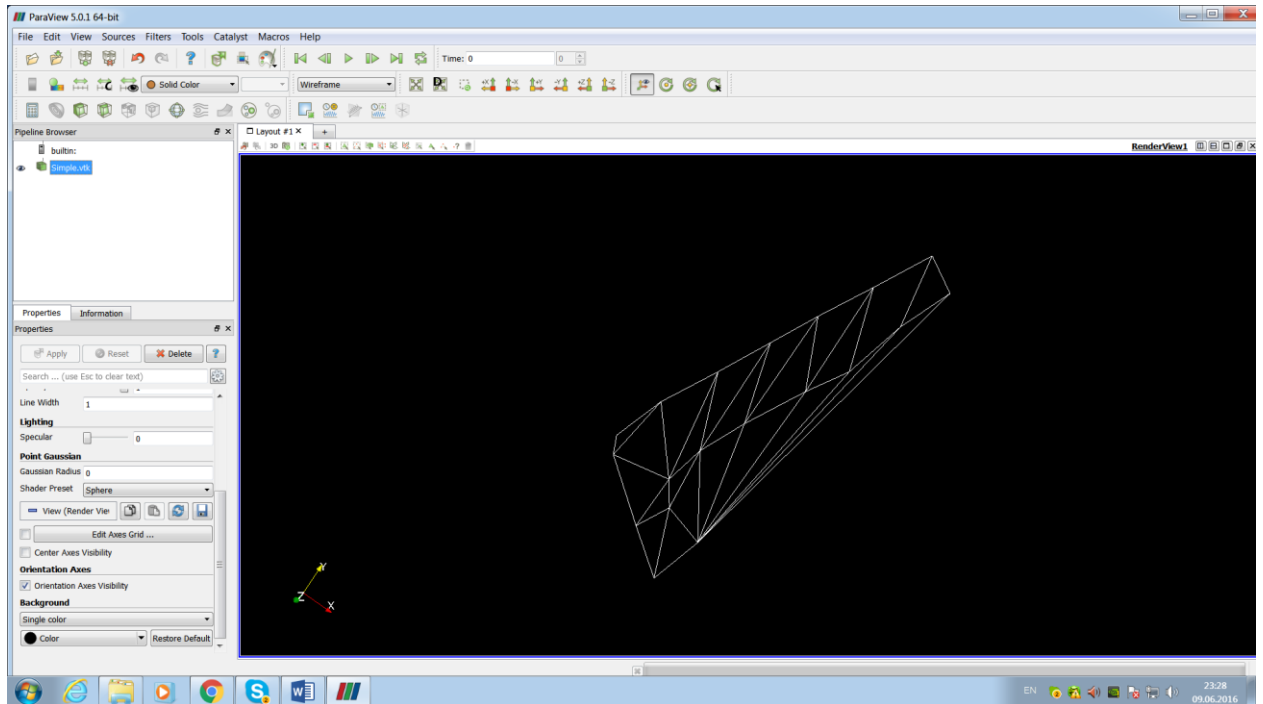


Рисунок 6. Трехмерное изображение, построенное в среде визуализации ParaView

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе были разработаны алгоритм и программа для преобразования файла тахеометрической съемки, формируемого тахеометром Sokkia Set 610, к требуемому формату. Получаемый в результате преобразования файл используется в стандартных программах по обработке результатов геодезических измерений.

Кроме этого, разработан алгоритм и программа для преобразования непосредственного результата тахеометрической съемки, в декартову систему координат с единым началом координат. Результат тахеометрической съемки – это файл, содержащий сферические координаты множества точек, причем с несколькими различными началами координат, соответствующими нескольким позициям тахеометра. Разработанная программа преобразует все данные, содержащиеся в исходном файле, к набору точек с декартовыми координатами относительно единого начала координат (первоначальной позиции станции).

Полученный в результате применения программы файл, содержащие декартовы координаты точек, позволил построить триангуляционную сеть и поверхность с использованием среды визуализации ParaView.