Техническое задание на подготовку программы

*Первая таблица информации*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Шифр проекта | 1111 | Любое числовое 8 значное |
| Название проекта | Опорная межевая сеть – 5 | Любое символьное 100 значное |
| Точность запроектированных углов - mβ | 1,0 | Размерность секунды |
| Точность запроектированных линий – mL | 1,0 | Размерность сантиметры |
| Точность запроектированных вертикальных углов - mγ | 1,0 | Размерность секунды |
| Точность запроектированных базовых векторов в плане - mGNSSп | 1,0 | Размерность сантиметры |
| Точность запроектированных базовых векторов по высоте - mGNSSв | 1,0 | Размерность сантиметры |

*Вторая таблица информации*

Координаты исходных пунктов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название исходного пункта | X(м) | Y(м) | H(м) |
| 1 | 500,000 | 0,000 | 0,000 |
| 2 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| *Любые символы* | Только числовые значения - 8 знаков до запятой и три после | | Только числовые значения 7 знаков до запятой, три после |

*Третья таблица информации*

Координаты определяемых пунктов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название исходного пункта | X(м) | Y(м) | H(м) |
| 3 | 500,000 | 500,000 | 10,000 |
| *Любые символы* | *Только числовые значения 8 знаков до запятой, три после* | | *Только числовые значения 4 знака до запятой, три после* |

*Четвертая таблица информации*

Матрица запроектированных измерений

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Пункт установки тахеометра | Пункт наведения | β | L | γ | A |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 2 | 1 | 1 |  |  |  |
|  | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 3 | 1 |  | 1 | 1 |
|  | 2 | 1 |  |  |  |
| 3 | 2 | 1 |  |  |  |
|  | 1 | 1 |  |  |  |
| *Число запроектированных измерений (вычисляется алгоритмически)* | | 3 | 1 | 2 | 2 |
| *Символьные обозначения, соответствующие названиям исходных или определяемых пунктов. Если несоответствие, то сразу блокировка ввода и возможность перехода во вторую и третью таблицу* | | *Либо единица, либо 0* | | |  |

*Перемещения по матрице или курсором или мышью с возможностью вернуться во вторую или третью группу информации*

Алгоритм решения задачи

Цель составления программы: по проекту геодезической сети вычислить средние квадратические ошибки (СКО) координат определяемых пунктов на основании априорно заданной точности измерительного технологического средства (электронного тахеометра – информация в табл.1) и матрицы запроектированных измерений (информация – табл.4). Для решения данной задачи необходимо сформировать и вычислить матрицу весовых коэффициентов на основании следующего уравнения



где t – утроенное число определяемых пунктов (табл.3);

n – число запроектированных измерений (табл.4).

Для формирования первого блока матрицы А необходимо выполнить преобразование индексного уравнения для запроектированных углов(3 столбец 4 таблицы) к виду, который соответствует первому измерению

(1)

где k’ – порядковый номер запроектированного угла (для тестового примера k’=3);

K,I,J – индексы, обозначающие названия исходных или определяемых пунктов сети (для тестового примера они меняются от 1 до 3).

Преобразование индексов на названия исходных или определяемых пунктов выполняется на основании рисунка (1) и матрицы запроектированных измерений (4 группа информации)



Рис. 1 - Схема запроектированной геодезической сети:

– исходные пункты; – определяемый пункт;   
β1, β2, β3, L2-3, γ1, γ2 – измеряемые элементы

Так для первого запроектированного угла (пункт стояния 2 – пункты наведения 1 и 3) и последующих запроектированных углов индексы на названия исходных или определяемых пунктов будут преобразованы в соответствии с рисунком 2.

Рис. 2Построчное преобразование индексов для запроектированных углов в соответствии с k’=3

Соответственно для первого, второго и третьего запроектированного угла параметрические уравнения будут иметь следующий вид:







Коэффициенты параметрического уравнения поправок вычисляются по следующим формулам:

 (2)

Параметрические уравнения запроектированных углов образуют первый блок матрицы А размером n\*t, где n–число запроектированных углов (n=3), а t–удвоенное число определяемых пунктов (t=2). Исходные пункты не участвуют в образовании матрицы А

*Таблица 5*

Матрица параметрических уравнений

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Запроектированные углы | ΔΧ3 | ΔΥ3 |
| Vβ1 | а32 | b32 |
| Vβ2 | -а31 | -b31 |
| Vβ3 | а31-а 32 | b31-b32 |

Используя вычисленные значения коэффициентовпо формуле 2, формируется первый блок матрицы А в численном виде. При подставлении численных значений координат в уравнения (2) все значения умножаются на сто (для перевода из метров в сантиметры)

*Таблица 6*

*Матрица параметрических уравнений поправок в численном виде*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Запроектированные углы | ΔΧ3 | ΔΥ3 |
| Vβ1 | *2.06* | *-2.06* |
| Vβ2 | *-4,12* | *0* |
| Vβ3 | *2.06* | *2.06* |

Для проектируемых длин линий параметрическое уравнение в индексном виде записывается следующим образом:

 (3)

Преобразование индексов в название исходных или определяемых пунктов, которые образуют запроектированную для измерений длину линии, выполняется на основании следующего индексного рисунка

Рис. 3 - *Индексное обозначение запроектированной длины линии*

На основании данного рисунка параметрическое уравнение (3) преобразуется к следующему виду



Имея численные значения коэффициентов параметрического уравнения для запроектированной длины линии дополняем матрицу А новым блоком

*Таблица 7*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Запроектированные углы и длины линий | ΔΧ3 | ΔΥ3 |
| Vβ1 | *а32* | *b32* |
| Vβ2 | *-а31* | *-b31* |
| Vβ3 | *а31-а 32* | *b31-b32* |
| VLi-j | *cosαi-j* | *sinαi-j* |

*Таблица 8*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Запроектированныеуглыи длины линий | ΔΧ3 | ΔΥ3 |
| Vβ1 | *2.06* | *-2.06* |
| Vβ2 | *-4,12* | *0* |
| Vβ3 | *2.06* | *2.06* |
| VLi-j | *0,707* | *0,707* |

Следующий тип проектируемых измерений – вертикальные углы.Параметрическое уравнение для этого типа измерений имеет следующий индексный вид

 (4)



Рис. 4- Индексное обозначение запроектированных вертикальных углов

Применительно к запроектированной схеме параметрические уравнения (4) преобразуются к следующему виду



Имея численные значения коэффициентов параметрического уравнения вертикального угла добавляем новый к матрице А

*Таблица 9*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Запроектированныеизмерения | ΔΧ3 | ΔΥ3 | ΔH3 |
|  | *а32* | *b32* | *0* |
|  | *-а31* | *-b31* | *0* |
|  | *а31-а 32* | *b31-b32* | *0* |
|  | *cosα2-3* | *sinα2-3* | *0* |
|  | *-c1-3* | *-d1-3* | *e1-3* |
|  | *-c2-3* | *-d2-3* | *e2-3* |

*Таблица 10*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Запроектированныеизмерения | ΔΧ3 | ΔΥ3 | ΔH3 |
|  | *2.06* | *-2.06* | *0* |
|  | *-4,12* | *0* | *0* |
|  | *2.06* | *2.06* | *0* |
|  | *0,707* | *0,707* | *0* |
|  | *0* | *-0.08* | *-4.12* |
|  | *-0.03* | *-0.03* | *-2.92* |

Следующий тип проектируемых измерений – базовые вектора. Параметрическое уравнение для этого типа измерений имеет следующий индексный вид:





Рис. 5 - Схема запроектированной комбинированной пространственной геодезической сети

Для такого геодезического построения матрица параметрических уравнений А будет выглядеть следующим образом:

*Таблица 11*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Запроектированные измерения | ΔΧ3 | ΔΥ3 | ΔH3 |
|  | *a3-2* | *b3-2* | *0* |
|  | *-a3-1* | *-b3-1* | *0* |
|  | *a3-1-a 3-2* | *b3-1-b3-2* | *0* |
|  | cosα2-3 | *sin*α*2-3* | *0* |
|  | *-c1-3* | *-d1-3* | *e1-3* |
|  | *-c2-3* | *-d2-3* | *e2-3* |
|  | *-а1-3* | *-b1-3* | *0* |
|  | cosα1-3 | *sin*α*1-3* | *0* |
|  | *-c1-3* | *-d1-3* | *e1-3* |
|  | *-а2-3* | *-b2-3* | *0* |
|  | cosα2-3 | *sin*α*2-3* | *0* |
|  | *-c2-3* | *-d2-3* | *e2-3* |

*Таблица 12*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Запроектированные измерения | ΔΧ3 | ΔΥ3 | ΔH3 |
|  | *2.06* | *-2.06* | *0* |
|  | *-4,12* | *0* | *0* |
|  | *2.06* | *2.06* | *0* |
|  | *0,707* | *0,707* | *0* |
|  | *0* | *-0.08* | *-4.12* |
|  | *-0.03* | *-0.03* | *-2.92* |
|  | *-4,12* | *0* | *0* |
|  | 0 | *1* | *0* |
|  | *0* | *-0.08* | *-4.12* |
|  | *-2.06* | *2.06* | *0* |
|  | *0,707* | *0,707* | *0* |
|  | *-0.03* | *-0.03* | *-2.92* |

Следующий этап предварительной оценки точности заключается в формировании матрицы весов запроектированных измерений P размера n\*n, где n – всех запроектированных измерений.

Недиагональные элементы матрицы Р (при условии принятия гипотезы о независимости измерений) равны нулю. Диагональные элементы – веса соответствующих измерений.

Для запроектированных измеренных углов веса вычисляются по формуле:

(5)

где

mβ – СКО измеренного угла (таблица 1).

Веса запроектированныхизмеренных расстояний определяются по формуле:

(7)

mL – точность запроектированных линейных измерений из таблицы 1.

Веса запроектированных вертикальных углов определяются по следующей формуле:

(8)

Веса запроектированных базовых векторов вычисляются по формулам:

(9)

(10)

(11)

В результате матрица весов запроектированных измерений для рассматриваемого примера будет выглядеть следующим образом

*Таблица 13*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|  |  | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|  |  |  | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|  |  |  |  |  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|  |  |  |  |  |  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|  |  |  |  |  |  |  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|  |  |  |  |  |  |  |  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0 | 0 | 0 | 0 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0 | 0 | 0 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0 | 0 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Следующий этап алгоритма - вычисление матрицы N, а затем на ее основании искомую матрицу весовых коэффициентов Q по следующему уравнению

Для тестового примера матрица N имеет следующий вид

*Таблица 14*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | ΔX3 | ΔY3 | ΔH3 |
| ΔX3 | NX3 | NX3Y3 | NX3H3 |
| ΔY3 |  | NY3 | NY3H3 |
| ΔH3 |  |  | NH3 |

По матрице Nвыполняется вычисление матрицы весовых коэффициентов, которая для тестируемого варианта имеет следующий индексный вид

*Таблица 15*

Матрица весовых коэффициентов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | ΔX3 | ΔY3 | ΔH3 |
| ΔX3 | QX3 | QX3Y3 | QX3H3 |
| ΔY3 |  | QY3 | QY3H3 |
| ΔH3 |  |  | QH3 |

В численных значениях для рассматриваемого тестового примера данные матрицы имеют следующий вид

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | ΔX3 | ΔY3 | ΔH3 |
| ΔX3 | *80.30* | *-8.86* | *0.23* |
| ΔY3 | *-8.86* | *23.37* | *1.12* |
| ΔH3 | *0.23* | *1.12* | *67.411* |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | ΔX3 | ΔY3 | ΔH3 |
| ΔX3 | *0.013* | *0.005* | *0* |
| ΔY3 | *0.005* | *0.045* | *-0.001* |
| ΔH3 | *0* | *-0.001* | *0.015* |

На основании этой матрицы выполняется вычисление средних квадратических ошибок (для произвольной сети)



гдеI – номер определяемого пункта.

Для тестируемого варианта



*Таблица 16*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Название определяемых пунктов | mX | mY | m | mH |
| 3 | mX3 | mY3 | m3 | mH3 |