

АВТОМАТИЗАЦИЯ КАМЕРАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ МНОГОКРАТНЫХ РАВНОТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Леонтьева М. С., студентка гр. ГМс-121, IV курс,
Осепашвили В. Р., студентка гр. ГМс-121, IV курс,
Научный руководитель: Латагуз М. М., старший преподаватель
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Цифровые технологии занимают лидирующее место в современном производстве. Но не все так просто и удобно в горном направлении и соответственно в маркшейдерском деле. Российским маркшейдерам приходится дорабатывать и усовершенствовать импортные программы, а иногда просто составлять свои собственные, ввиду дороговизны лицензионных программ. Большая часть программ, например AutoCAD (графический редактор) адаптирован российскими инженерами к горному производству, система координат отличается от геодезической. Поэтому маркшейдеру всегда нужно контролировать процесс внесения координат в базу данных, меняя местами координату X на Y.

При работе с тахеометрами обозначились тоже проблемы. Так тахеометр в большинстве своем предназначен для строительных поверхностных работ. Где работник ограничивается измерениями при одном положении круга КЛ и эти данные отправляет в графический редактор. Количество точек соответствует количеству измерений, все легко и просто.

Совсем иначе выглядит чертеж для производства высокоточных работ, где для повышения точности выполняют многократные измерения. Такие работы как сбойки дорожного тоннеля, метрополитена, сбойки двух шахтных стволов и капитальных выработок или построение опорного обоснования способом триангуляции, где маркшейдер выполняет серию измерений горизонтальных углов несколькими круговыми приёмами от 4 до 12, количество приёмов зависит от качества точности. Некоторые тахеометры могут выполнить данную постановку задачи, но большинство вообще не приспособлены к таким работам. Маркшейдеры самостоятельно вручную записывают данные в полевой журнал, обрабатывают их и только после камеральной обработки вносят данные, для построения плана.

Программа LeicaGeoOffice (программное обеспечение тахеометра Leica) не имеет функции обработки равноточных измерений при разных положениях круга. Нами был проведен интернет-опрос среди пользователей тахеометра Leica: «Как выполняется обработка многократных угловых измерений?» Ответ был ожидаем - 60% респондентов составляют простейшие программы в Excel или заимствуют друг у друга, при этом почти все высказали свои пожелания к ожидаемой программе.

Мы поставили перед собой задачу, написать программу, отвечающую следующим требованиям:

- 1) программа была в доступной для маркшейдера конфигурации для угловых измерений – градусах, минутах и секундах, а не в радианах.
- 2) программа должна самостоятельно выявлять грубые погрешности в угловых измерениях и отбрасывать их из общего числа измерений.
- 3) иметь возможность регулировать допустимую величину в соответствии с классом точности или проектными данными.

Актуальность программы:

1. Необходимость быстрой обработки данных многократных линейных и угловых измерений на предприятиях.
2. Отсутствие универсальной программы по обработке многократных линейных и угловых измерений.

Методика измерения круговыми приёмами используется чаще всего для высокоточных работ. Многократные измерения характеризуются превышением числа двух измерений. Данная методика избыточных равноточных измерений позволяет исключить погрешность случайных факторов, исключить погрешность коллимации и неравенства подставок, при двух положениях круга, КЛ и КП. Современные цифровые технологии в настоящее время могут обходиться единичными измерениями при одном положении круга, при этом и точность работ становится относительно не высокая. Как показывает практика, все чаще и чаще возникает вопрос в повышении качества измерений.

Автоматизированная обработка многократных измерений снизит временные затраты на обработку значений, полученных при съемке, снизит влияние «человеческого фактора» при обработке результатов съемки и как следствие повысит производительность работы маркшейдеров.

Измерения при выполнении задачи производились тахеометром LeicaFlexLineTS02 plus. Инструмент представляет собой высококачественный электронный тахеометр, разработанный для выполнения геодезических работ.

Технические характеристики тахеометра LeicaFlexLineTS02 plus:

Таблица 1.

Линейные измерения	
Точность измерения расстояний:	1,5mm+2ppm
Угловые измерения	
Точность измерения углов:	3 "
Точность компенсации:	1 "

Нами были выполнены многократные измерения и импортированы в программу CredoDat (Рис.1). Из программы производили экспорт в текстовый редактор.

Цель	Прем	Круг	Гор. лимб	Верх. лимб	Расс.	Превышение	Hv	Класс ME	Класс H	Метод опр. раст.	T°	Давление
166	1	Лево	0°00'00"	81°27'15"	9,585		0,000	Теплоды и мкр...	Триг. нив. (PK)	Наклонное рас...	20,0	760,0
5	1	Лево	359°59'58"	81°28'44"	9,586		0,000	Теплоды и мкр...	Триг. нив. (PK)	Наклонное рас...	20,0	760,0
6	1	Право	0°00'01"	81°27'12"	9,584		0,000	Теплоды и мкр...	Триг. нив. (PK)	Наклонное рас...	20,0	760,0
7	1	Лево	4°52'46"	81°13'52"	9,287		0,000	Теплоды и мкр...	Триг. нив. (PK)	Наклонное рас...	20,0	760,0
9	1	Лево	23°50'47"	81°19'01"	9,131		0,000	Теплоды и мкр...	Триг. нив. (PK)	Наклонное рас...	20,0	760,0
10	1	Право	203°51'06"	278°50'39"	9,131		0,000	Теплоды и мкр...	Триг. нив. (PK)	Наклонное рас...	20,0	760,0
12	1	Право	184°53'21"	278°45'49"	9,287		0,000	Теплоды и мкр...	Триг. нив. (PK)	Наклонное рас...	20,0	760,0

Рис.1. Обработка результатов измерений в программа CredoDat.

Затем измерения перенесли в программу MicrosoftOfficeExcel (Рис.2), в которой было произведено уравнивание измерений с заданной вероятностью 95%.

	A	B	C	D
1	<i>Номер измерения</i>	1	2	3
2	<i>Значение измеренног угла (визм)</i>	81,18	81,18	81,45
3	<i>Количество углов</i>	8,00		
4	<i>Среднее значение визм</i>	81,27		
5	<i>Отклонение от визм</i>	0,09	0,09	-0,18
6	<i>r*r</i>	0,01	0,01	0,03
7	<i>Сумма(r*r)</i>	0,16		
8	<i>СКП измерения (m)</i>	0,15		
9	<i>Скорректир. Ряд(вск)</i>	81,18	81,18	81,45
10	<i>Среднее вск</i>	81,27		
11	<i>Отклонение от вск</i>	0,09	0,09	-0,18
12	<i>r*r</i>	0,01	0,01	0,03
13	<i>Сумма(r*r)</i>	0,16		
14	<i>СКП скоррректир ряда</i>	0,05606522		
15	<i>Наиболее вероятное начние β</i>	81,38088044		
16	<i>Количество углов скорректир</i>	8,00		

Рис.2. Обработка измерений в программе Excel.

Обработанные в MicrosoftOfficeExcel результаты переносятся обратно в CredoDat_4 и импортировали в AutoCad для построения схемы расположения точек.

Уравнивание многократных равноточных измерений производится следующим образом. Для начала находят среднее значение измеренной величины (\bar{x}).

$$\bar{x} = \frac{[x_i]}{N},$$

где $[x_i]$ – сумма значений всех измерений;
 N – количество измерений.

Затем находят отклонения от среднего значения (r_i), сумму квадратов отклонений ($[r_i r_i]$) и СКП одного измерения (m).

$$r_i = x_i - \bar{x},$$

Где x_i – значение i -го измерения.

$$m = \pm \sqrt{\frac{[r_i r_i]}{N - 1}}.$$

Далее устанавливают измерения, для которых отклонение от среднего значения в 3 раза больше среднеквадратической погрешности одного измерения и исключают их из ряда как грубые. Составляют скорректированный ряд значений измерений и для скорректированного ряда вычисляют: среднее значение измеренной величины ($\bar{\bar{x}}$), отклонения от среднего значения (r_j) и сумму квадратов отклонений ($[r_j r_j]$), СКП одного измерения (m').

Затем вычисляют СКП среднего значения для скорректированного ряда ($m_{\bar{\bar{x}}}$):

$$m_{\bar{\bar{x}}} = \frac{m'}{\sqrt{k}},$$

Где k – число измерений для скорректированного ряда, т. е. для ряда с исключенными грубыми погрешностями.

И, наконец, записывают среднее значение скорректированного ряда ($\bar{\bar{x}}$) и погрешность среднего ($m_{\bar{\bar{x}}}$) с заданной вероятностью:

$$\bar{\bar{x}} \pm 2m_{\bar{\bar{x}}} \text{ с вероятностью } P=0,955;$$

$$\bar{\bar{x}} \pm 3m_{\bar{\bar{x}}} \text{ с вероятностью } P=0,997.$$

Эффективность, достигаемая использованием программы обработки многократных измерений:

1. Быстрая обработка многократных линейных и угловых измерений

2. Импорт данных непосредственно с тахеометра в программу без дополнительной обработки.
3. Экспорт результатов обработки многократных измерений непосредственно в графические редакторы (AutoCad)
4. Автоматизированное исключение случайных и грубых погрешностей многократных измерений

Список литературы:

1. Поклад, Г.Г. Геодезия: уч. пособие для вузов / Г.Г. Поклад, С.П. Гриднев. – М.: Академический Проект, 2008. – 592 с.
2. Перфилов, В.Ф. Геодезия: учебник для вузов / В.Ф. Перфилов, Р.Н. Скогорева, Н.В. Усова. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Высшая шк., 2006. – 350 с.
3. Измestьев Анатолий Григорьевич. Математическая обработка геодезических измерений: курс лекций [Электронный ресурс] / А.Г. Измestьев. – Электрон. Дан. – Кемерово: ГУ КузГТУ, 2010.
<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90432&type=utchoposob:common>
4. Техническая инструкция к прибору LeicaFlexLine TS02 plus.
5. Официальный сайт компании Leica.
<http://leica-geosystems.ru>