

УДК 528.1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «МГСЕТИ» ПРИ ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРОВ–ЗЕМЛЕУСТРОИТЕЛЕЙ

А.А. Шоломицкий, Е.И. Шморгун, А.В. Мартынов
Донецкий национальный технический университет

Рассмотрены вопросы практического использования и перспективы развития программного комплекса “МГСети” в учебном процессе при подготовке инженеров–землеустроителей.

Ключевые слова: программный комплекс, точность измерений, геодезические сети.

Постановка вопроса. При подготовке инженеров-землеустроителей изучение геодезических дисциплин занимает достаточно большое место на протяжении всего курса обучения, и очень часто завершается разделом дипломного проекта по геодезическому обоснованию землеустроительных и кадастровых работ. Для закрепления теоретических знаний и приобретения практических навыков по уравниванию геодезических сетей и обработке топографических съемок студенты должны использовать самое современное программное обеспечение.

Анализ исследований и публикаций. На кафедре геоинформатики и геодезии донецкого национального технического университета создан программный комплекс уравнивания маркшейдерских и геодезических сетей и обработки съемок „МГСети” [1,2], который широко используется в учебном процессе, начиная с геодезической учебной практики на после первого курса, затем в курсе Геодезия часть 2, Высшая геодезия, курсовом и дипломном проектировании. Такое широкое использование комплекса определяется его возможностями – на данный момент комплекс имеет возможность визуального проектирования любых геодезических сетей. Кроме того, он позволяет выполнять совместное уравнивание геодезических и спутниковых измерений. По запроектированной или реальной сети можно выполнить предрасчет точности.

Результаты исследований. С помощью программного комплекса „МГСети” задание исходных данных для предрасчета или уравнивания сети превращается в простую и интуитивно понятную процедуру, которая занимает немного времени – в результате студенты могут сосредоточиться на исследовании закономерностей распределения ошибок в геодезических сетях. Рассмотрим возможности исследования точности геодезических сетей на примере специальной части дипломного проекта студента группы ЗК-07 Мартынова А.В.

Целью специальной части дипломного проекта является исследование точности геодезических сетей в зависимости от различных вариантов точности измерений сети, наличия и конфигурации спутниковых измерений.

Исследования выполнялись на примере сети для инвентаризации земельного участка площадью 2 га. Сеть опирается на два пункта полигонометрии 1004 и 1001, угловая привязка осуществляется на пункты триангуляции 1000 и 1005, ход съемочного обоснования замкнутый, примычные ходы длиной 6 и 5 км, всего 42 станции.

Для выполнения предрасчета точности в программном комплексе „МГСети” необходимо задать конфигурацию сети, для этого вводятся, импортируются или визуально задаются координаты жестких (признак – 3) и определяемых точек сети (признак – 4 «Приближенные») (рис. 1).

Имя точки	X, (м)	Y, (м)	Z, (м)	Признак
1000	373095.726	359394.607	100.000	3
1001	370808.147	351047.955	133.900	3
1003	370684.121	351179.944	100.000	4
1004	369582.684	347406.461	65.500	3
1005	368011.030	345189.870	68.000	3
1001	370808.147	351047.955	133.90	4
2000	370681.278	351180.767	133.12	4
2001	370381.440	351045.223	132.35	4

Рис. 1 Каталог опорных точек проекта

Затем задаются измерения сети (рис. 2). Измерения могут задаваться как реальными значениями измеренных величин: длин и/или углов и/или превышений, или только признаками что данные измерения будут выполняться, для этого в соответствующих ячейках таблицы измерений ставится символ *.

№	Т.Стояния	Т.Визирования	Гор.Угол	Прол. (м)	dH (м)	Вес dH	Вид
17	2007	2007	0 0 0.0	61.024			
18	2006	2005	111 48 4.0	99.1225	-2.5350	1.015	
19	2005						

№	Т.Стояния	Т.Визирования	Гор.Угол	Прол. (м)	dH (м)	Вес dH	Вид
17	2007	2007	*	*			
18	2006	2005	*	*	*	1.015	
19	2005						

Рис. 2. Задание измерений для предрасчета сети

После ввода измерений (или признаков измерений) сети задаются параметры точности измерения углов и длин на вкладке Проект (рис. 3) и выполняется предрасчет точности.

Результаты предрасчета показаны на форме (рис. 4). Первая вкладка этой формы является основной для анализа – она показывает, какими будут ошибки определения координат точек сети при заданных ошибках измерения углов и длин и данной конфигурации сети, т.е. при данном числе и расположении опорных точек, ходов, станций и т.д. Вторая вкладка показывает, какими будут ошибки измерения длин при заданной технологии измерений. На третьей вкладке формы приведены все измеренные величины для данной сети.

Измерения	Опора	Проект	Спутниковые измерения
Объект	ПП Инверс	Дата съемки	22.05.2008
Исполнитель	Мартынов А.В.	Инструмент	2Т30М
m_{α}	30	С.К.О. измерения горизонтального угла (")	
m_{β}	30	С.К.О. измерения вертикального угла (")	
m_d	5	С.К.О. измерения длины (мм) + 50	ppm (мм/км)
m_i	4	С.К.О. измерения высоты инструмента (мм)	
m_v	5	С.К.О. измерения высоты визирования (мм)	
μ_{Σ}	15.8915	ошибка единицы веса превышения	

Измерения	Опора	Проект	Спутниковые измерения
Объект	ПП Инверс	Дата съемки	22.05.2008
Исполнитель	Мартынов А.В.	Инструмент	2Т5К
m_{α}	5	С.К.О. измерения горизонтального угла (")	
m_{β}	5	С.К.О. измерения вертикального угла (")	
m_d	5	С.К.О. измерения длины (мм) + 50	ppm (мм/км)
m_i	4	С.К.О. измерения высоты инструмента (мм)	
m_v	5	С.К.О. измерения высоты визирования (мм)	
μ_{Σ}	6.8466	ошибка единицы веса превышения	

Рис. 3. Задание параметров точности измерений

Анализируя эти данные можно сделать вывод, удовлетворяет ли проектируемая сеть требованиям [3] или ведомственным инструкциям или СНИПам, которые регламентируют точность создания специализированных сетей и съемок. Наиболее часто используют ошибку положения точек съемочного обоснования относительно государственной геодезической сети (п. 5.1.3 [3]), которая не должна превышать 0.2 мм

в масштабе плана. Таким образом, для плана масштаба 1:500 граничная ошибка составляет 10 см, для планов масштаба 1:1000 ошибка не должна превышать 20 см и т.д.

Рассмотрим различные варианты создания съемочного обоснования для инвентаризации земельного участка.

Результаты предрасчета точности сети: ПП Инверс [D:\Проекты\МГСети_GPS_NET\DATA\Мартьянов\ПП Инверс 1G2a.pln]

Каталог координат | Каталог сторон | Измерения по станциям

Каталог уравненных координат точек сети
Имя сети: D:\Проекты\МГСети_GPS_NET\DATA\Мартьянов\ПП Инверс 1G2a.##1

№	Имя точки	Координаты точки			Сред. квадрат. ошибки			Примечание
		X	Y	Z	Mx	My	Mz	
1	1000	373095.7260	359394.6070	100.0000				план./высот.
2	1001	370808.1470	351047.9550	133.9000				план./высот.
4	1004	369582.6840	347406.4610	65.5000				план./высот.
5	1005	368011.0300	345189.8700	68.0000				план./высот.
7	2000	370669.5330	351168.7677	0.0000	0.0221	0.0246	0.0193	
8	2001	370392.0838	350982.9433	0.0000	0.0341	0.0702	0.0506	
9	2002	370211.3922	350933.8820	0.0000	0.0403	0.0925	0.0567	
10	2003	369880.5278	350725.6910	0.0000	0.0632	0.1225	0.0747	
11	2004	369622.8123	350562.4070	0.0000	0.0774	0.1373	0.0788	
12	2005	369365.8711	350435.8667	0.0000	0.0865	0.1483	0.0847	
13	2006	369300.9046	350359.0536	0.0000	0.0916	0.1509	0.0851	
43	2028	369154.5219	350327.9113	0.0000	0.0942	0.1613	0.0868	
44	2026	369203.1356	350323.2690	0.0000	0.0945	0.1562	0.0863	
45	2024	369247.5350	350319.1738	0.0000	0.0947	0.1529	0.0859	

Средняя квадратическая ошибка единицы веса плановой сети : 30.0сек.
Средняя квадратическая ошибка единицы веса высотной сети : 15.9мм

Рис. 4. Ожидаемая точность определения координат точек

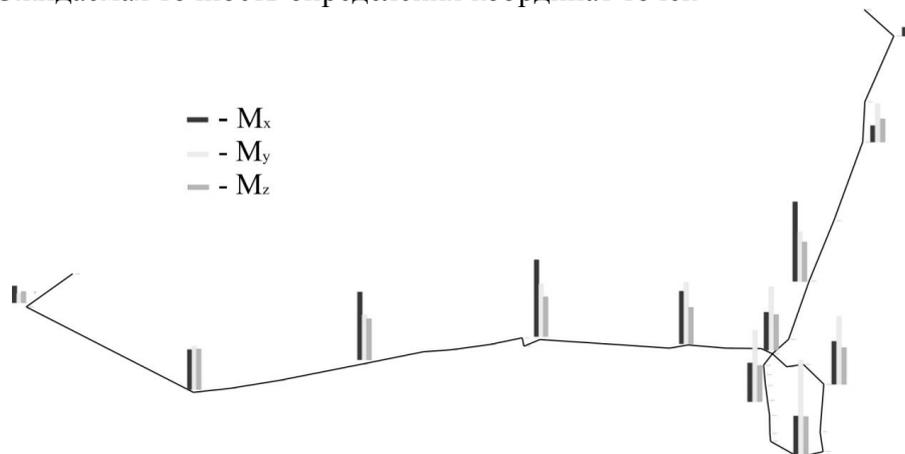


Рис. 5. Накопление ошибок, вариант № 1

1-й вариант: сеть съемочного обоснования создается прокладкой ходов, в которых горизонтальные и вертикальные углы измеряются оптическим теодолитом 30" точности, а длины измеряются стальной рулеткой (рис. 3 слева). Предрасчет точности показал, что ошибки положения пунктов съемочного обоснования относительно пунктов государственной геодезической сети для этого варианта составляют до 0.220 м, что превышает допуск для масштаба съемки 1:500 и 1:1000. Накопление ошибок показано на рис. 5 столбиковыми диаграммами только для характерных точек сети.

2-й вариант: сеть съемочного обоснования создается прокладкой ходов, в которых горизонтальные и вертикальные углы измеряются оптическим теодолитом 5" точности, а длины измеряются стальной рулеткой (рис. 3 справа). Предрасчет точности для такого варианта измерений показал, что ошибки положения пунктов съемочного обоснования относительно пунктов государственной геодезической сети не превышают 0.06 м, что уже является допустимой величиной для масштаба съемки 1:500. Накопление ошибок показано на рис. 6.

3-й вариант: сеть съемочного обоснования создается прокладкой ходов, в которых горизонтальные и вертикальные углы измеряются электронным тахеометром Sokkia SET33R.

Углы измеряются с точностью 3", а длины $\pm 2\text{мм} + 3\text{ppm}$. Предрасчет точности для 3-его варианта показал, что ошибки планового положения пунктов съемочного обоснования относительно пунктов государственной геодезической сети уменьшились в 2 раза и не превышают 0.023 м, а высотные ошибки остались практически без изменений. Накопление ошибок показано на рис. 7.

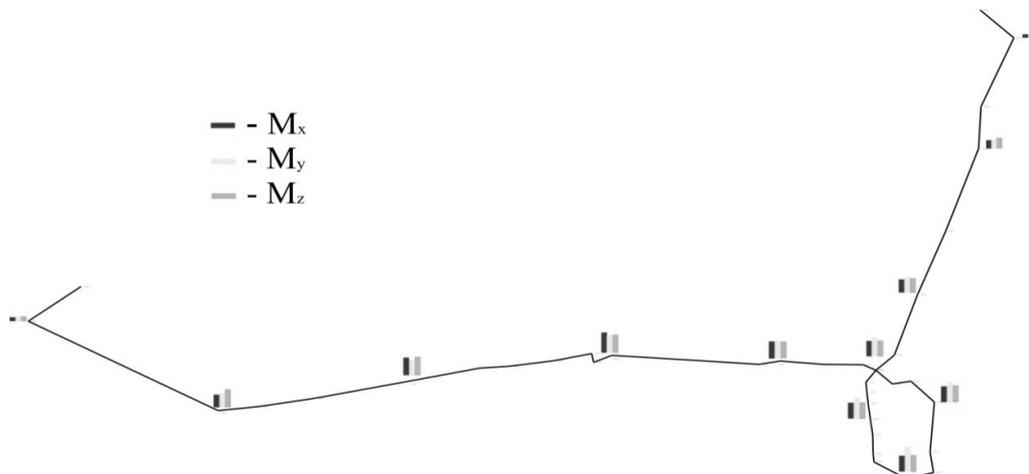


Рис. 6. Накопление ошибок, вариант № 2

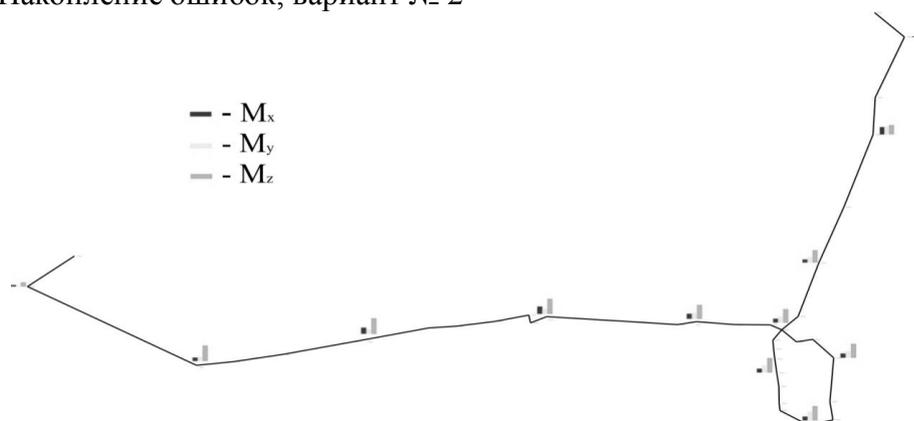


Рис. 7. Накопление ошибок, вариант № 3

4-й вариант: сеть съемочного обоснования создается прокладкой ходов, в которых горизонтальные и вертикальные углы измеряются оптическим теодолитом 30" точности, а длины измеряются стальной рулеткой, как и в варианте № 1 (рис. 3). Для повышения жесткости сети добавлено 2 вектора спутниковых измерений (рис. 8 и рис. 9), которые измерены с точностью 10 мм. Накопление ошибок в сети показано на рис. 9.

Измерения Опора Проект Спутниковые измерения				
Спутниковые измерения				
Нач. точка	Кон. точка	dX (м)	dY (м)	dZ (м)
1004	2006	-370.504	3220.357	62.958
1001	2006	-1595.967	-421.137	-5.442

Рис. 8. Вектора спутниковых наблюдений (вариант № 4)

Добавление 2-х векторов, как показано на рис. 9, привело к некоторому уменьшению

ошибок координат пунктов съемочного обоснования (по сравнению с вариантом № 1), но они еще составляют 0.085м. Такая схема спутниковых измерений не позволяет уточнить масштабирование и ориентирование съемочного хода.

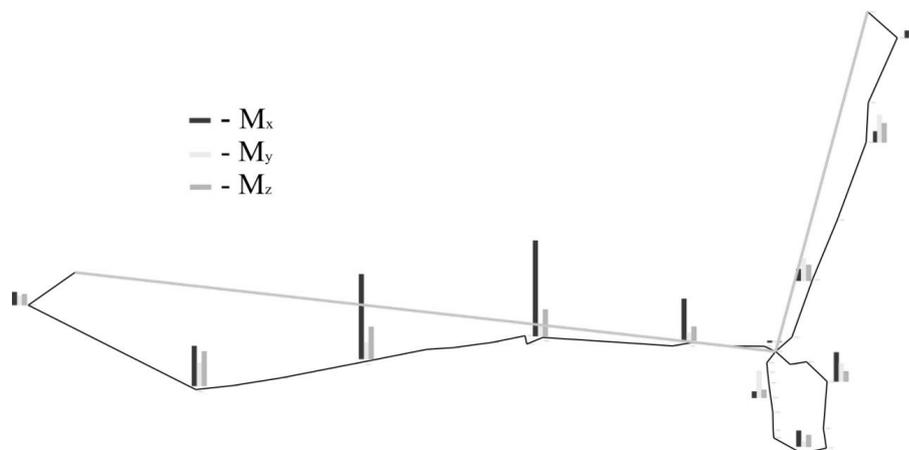


Рис. 9. Накопление ошибок вариант № 4

5-й вариант: по сравнению с вариантом 4 добавлен один вектор спутниковых измерений. Схема накопления ошибок приведена на рис. 10. Добавление вектора 2006-3012 позволило масштабировать и ориентировать ход съемочного обоснования и довести ошибки определения координат пунктов до 25 мм. На точность подходных ходов добавление этого вектора практически не повлияло. Точность, достигнутая в этом варианте достаточна для выполнения съемки с этих пунктов, однако вектор 2006-3012 измерен бесконтрольно, а это недопустимо согласно п. 4.4 [3].

6-й вариант: сеть съемочного обоснования создается и в варианте № 1, но для повышения жесткости сети добавлено 5 векторов спутниковых измерений. Увеличение числа векторов с 3 до 5 практически не повлияло на точность определения пунктов, ошибки определения координат пунктов уменьшились на 1-2 мм.

7-й вариант: сеть съемочного обоснования создается прокладкой ходов, как и в варианте № 1. В этом варианте удалены все привязочные хода и оставлены только 5 векторов спутниковых измерений (точность измерений 10 мм). Накопление ошибок показано на рис. 11.

Такая схема привязки съемочного хода обеспечивает необходимую точность определения координат пунктов съемочного обоснования, без прокладки привязочных ходов.

Анализ ошибок координат точек съемочного обоснования показывает, что можно применять различные по точности инструменты и технологии. Студенты по данным предрасчета точности должны сделать вывод о наиболее приемлемой схеме геодезических работ, учитывая точность, стоимость и время их выполнения.

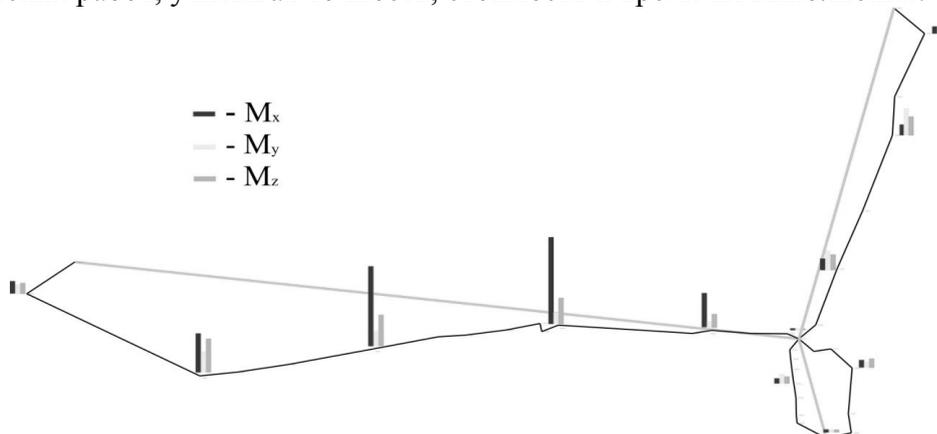


Рис. 10. Накопление ошибок, вариант № 5

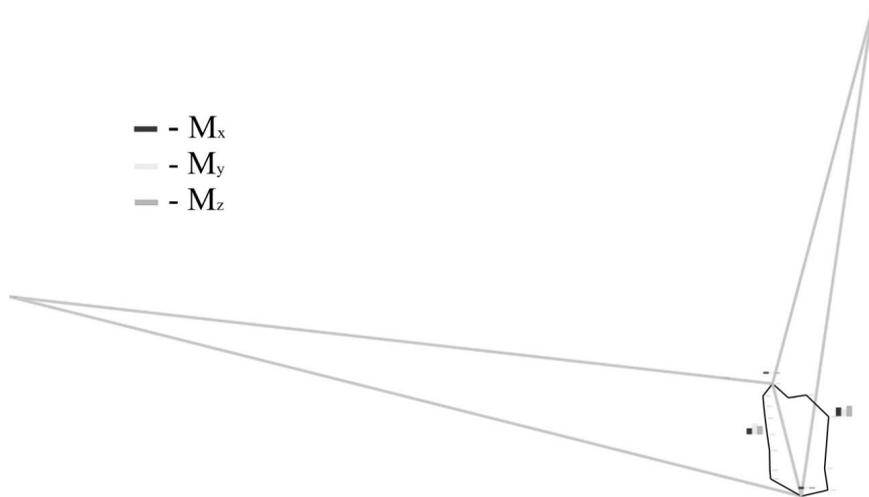


Рис. 11. Накопление ошибок, вариант № 7

Выводы

В настоящее время программный комплекс «МГСети» используется в учебном процессе в 6 вузах в сетевом варианте. Только в ДНТУ студенты могут работать в 2-х компьютерных классах. Однако эти классы постоянно заняты в учебном процессе, поэтому авторы программы разрабатывают Internet-вариант программы, который позволит студентам использовать «МГСети» в любое время с помощью обычного WEB-браузера.

Литература

1. Могильный С.Г., Шоломицкий А.А. Совместная обработка наземных и спутниковых геодезических измерений в локальных сетях. Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва. Зб.наук.праць. –Львів: Видавництво національного університету „Львівська політехніка”. –2009. Вип. 1 (17) –С.122-131
2. Сайт кафедры геоинформатики и геодезии ДонНТУ <http://gis.dgtu.donetsk.ua>
3. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98)

Анотація

А.А.Шоломицький, Є.І.Шморгун, А.В.Мартинов. Використання програмного комплексу «МГ СЕТИ» про підготовці інженерів-землевпорядників.

Розглянуто питання практичного використання і перспективи розвитку програмного комплексу «МГСети» в учбовому процесі при підготовці інженерів-землевпорядників.

Ключові слова: програмний комплекс, точність вимірювань, геодезичні мережі.

Summary

A.A. Sholomitskiy, Ye.i. Shmorgun, A.V.Martynov. Application of the program complex “MGSETI” in the training of engineer-land surveyor.

The questions of the practice use and the prospect development of the software “MGSety” in educational process of engineers of land management are considered.

Keywords: programmatic complex, exactness of measurings, geodesic networks.