ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАЧАЛЬНЫХ КООРДИНАТ ПУНКТОВ В ОБОБЩЁННОМ МЕТОДЕ Ьр-ОЦЕНОК

Мицкевич В.И., д-р техн, наук, проф.; Будо А.Ю.
(Полоцкий государственный университет)

Представлены исследования по вычислению приближенных координат определяемых пунктов с последующим уравниванием геодезических сетей с использованием зависимых результатов измерений.

При уравнивании геодезических сетей параметрическим способом задают начальные координаты определяемых пунктов разными путями:

а) снятые с карты с точностью 1/3 наименьшей стороны сети с последующим многократным уравниванием сети по уточнённым координатам [1];

б) с помощью последовательной вставки пунктов с решением многократных засечек (с избыточными измерениями) методами нелинейного программирования [2].

Общеизвестно, что начальные координаты, полученные для триангуляции 2 класса с точностью 10 м, уточняются сразу без итераций за одно приближение. Вопросами необходимой точности начальных координат для применения одного приближения занимались многие учёные [3 - 5]. Но неизменно было известно, что какие бы ошибки не были бы в приближённых координатах, уравненные значения координат при сходящихся итерациях приводили к однозначному значению уравненных координат определяемых пунктов. Этот эффект распространялся и на метод Lp-оценок, для которого доказана сходимость итераций в работе [6].

В работах [7] получены формулы обобщённого метода Lp-оценок (OMLp), которые имеют вид:

$$x = -H\sim^{i}G, \tag{1}$$

где H_M - матрица Гессе, равная

$$H = Z + A^{T}C_{2}A.$$

Здесь Z_M - матрица, элементы которой вычисляются с использованием А и C_1 по формуле:

$$Z \mid J = \sum_{t\approx l}^{N} \sum_{r=l}^{N} {}^{61}/_{8}, \mid \cdot \ {}''^{a}h,j \cdot (C_1)_{k,r} \cdot$$

Матричную запись для матрицы Z найти не удалось.

Матрица для градиента, входящего в (1) вычисляется по формуле:

$$G = A^{\tau} \cdot C_3 \cdot l,$$

гД® Λ/×ι-P̄........ 1]JV×i

$$C_1 = K_n^{-1} \boxdot \left\{ \frac{n \cdot |n-2|}{2} |L(X)|^{\frac{n-4}{2}} \cdot \left[|L(X)|^{\frac{n}{2}} \right]^T \right\},$$

$$C_2 = K_n^{-1} \boxdot S \cdot n \cdot \left\{ |L(X)|^{\frac{n-2}{2}} \cdot \left[S \cdot \frac{n}{2} \cdot |L(X)|^{\frac{n-2}{2}} \right]^T \right\},$$

$$C_3 = K_n^{-1} \boxdot S \cdot \left\{ n \cdot |L(X)|^{\frac{n-2}{2}} \cdot \left[|L(X)|^{\frac{n}{2}} \right]^T \right\},$$

где S_{NXN} - диагональная матрица сигналов (единиц на диагонали с знаком числа L(X)); знак □ означает поэлементное умножение матриц. Например, ЛИВ = *(a,-ⱼ -i>ᵢ,ⱼ);*

В этом методе отмечено, что результаты уравнивания зависят от значений начальных координат пунктов, т.е. данный метод при различных начальных координатах приводит к разным значениям уравненных координат. Для получения однозначного решения в этом методе необходимо решить задачу о выборе начальных координат определяемых пунктов. Обратимся к таблице 1.

Таблица 1

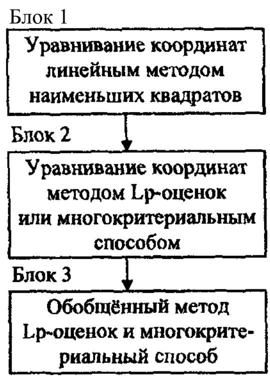
Влияние значений начальных координат
на результаты уравнивания для геодезического четырехугольника при п = 2,0

№ вар.	Начальные координаты				Уравненные координаты			
	xi	*yi*	*хг*	*уг*	Xi	Уi	×2	*Уi*
1	1249,888	*1230,086*	*99,969*	499,953	1249,920	1230,071	99,926	499,983
2	**1250,888**	1230,086	*99,969*	499,953	1249,967	1230,007	100,036	499,945
3	1249,888	**1231,086**	99,969	499,953	1249,884	1230,093	99,959	499,961
4	1249,888	1230,086	**100369**	499,953	1250,000	1229,938	100,128	499,923
5	1249,888	1230,086	99,969	**500355**	1250,022	1229,895	100,189	499,963
6	**1249388**	1230,086	99,969	499,953	1249,925	1230,047	99,949	499,967
7	1249,888	**1230Д86**	*99,969*	499,953	1249,895	1230,086	99,961	499,961
8	1249,888	1230,086	**100,069**	499,953	1249,892	1230,086	99,963	499,960
9	1249,888	1230,086	99,969	**500,055**	1249,890	1230,088	99,962	499,962

По данным таблицы 1 следует вывод о нелинейности изменений уравненных координат в обобщённом методе Lp-оценок при линейном малом изменении начальных координат. Например, в вариантах 2 и 6 уравненные координаты отличаются нелинейно, хотя x_2 в варианте 2 было изменено на 1 м, а в варианте 6 на 0,1 м. Но бывают исключения (см. варианты 2,6 для Xi).

Многочисленные расчёты показали, что начальными координатами для OMLp могут быть координаты, полученные из уравнивания необобщённым методом Lp-оценок при том же п, т.е. в том случае, когда корреляция измерений не учитывается.

На рисунке приведена блок-схема программы для OMLp



Блок-схема программного комплекса

Согласно рисунку начальные координаты определяемых пунктов могут быть сняты с карты или схемы с точностью 1/3 наименьшей стороны сети с дальнейшим уточнением их методом уравнивания (блок 1).

Второй блок, так же как и первый, реализуется по формулам OMLp при данном значении п для независимых величин. В результате использования одних и тех же формул для уравнивания во всех трёх блоках начальные координаты будут удовлетворять требованиям метода OMLp.

После выхода статьи [8] были обнаружены ошибки в программе, которые привели к следующим новым результатам.

По данным таблицы 2 можно сделать вывод, что поправки из уравнивания отличаются на небольшую величину по сравнению с данными таблицы 2 из статьи [8]. Уравнивание независимых величин по методу Lp-оценок необходимо для получения начальных координат определяем пунктов при различных п.

Ранее было выполнено уравнивание с начальными координатами, полученными по МНК (п = 2,0), и эти координаты использовались для обобщённого метода Lp-оценок, что привело к результату, показанному в таблице 3(а) из статьи [8] (по программе kemngpso версии 2006 г.).

Таблица 2

Обработка независимых GPS-измерений

№	V_1J	V_{13}	VJO	V_{23}	V_{30}
1	2,0	2,1	2,1	2,1	2,1
2	0	0	0	-0,1	-0,1
3	2,8	3,1	3,2	3,2	3,2
4	0	0	0,3	0,4	0,5
5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,4
6	5,5	£?'	4,4	4,1	4,0
7	-2,8	⅛	-2,4	-2,4	-2,3
8	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5
"Ti	-0,3	-0,7	-1,1	-1,4	-1,5

Таблица 3(а)

Обработка зависимых GPS-измерений

№	V_1.o	**Vi_1S**	V_2,o	V_{213}	V_{3i0}
1	2,2	50	-1,2	68,1	-11,3
2	0	$\sum 0_2 8$	0,6	10,8	-48,2
3	2,1	**4,3**	2,5	32,1	35,1
4	0	0	~o≥з	0,5	2,9
5	0	-0,2	2,6	-14,5	19,5
6	5,5	4,0	3,9	-3,6	-29,2
7	-2,7	0,1	-6,4	63,7	-13,4
8	1,1	0,1	4.2	-2,6	-27,6
9	-1,1	^4	-j4	19,8	-2,8

После того как стало известно, что начальные координаты надо брать корректно из-за соответствующих вычислений и затем их использовать для уравнивания OMLp, мы получили новые результаты, приведенные в таблице 3(6) (после исправления ошибок в программе kemngpso версии 2007 года). По данным таблицы 3(6) видно, что OMLp может быть использован не только в робастном случае, как это отмечалось в статье [8], но и при любом п.

Таблица 3(6)

Обработка зависимых GPS-измерений

№	$V_{1\cdot2}$	V_{15}	$V_{2\cdot0}$	V_{23}	V3.0
1	-3,0	-0,4	1,о	1,4	0,4
2	-0,2	-0,4	0,2	-о,з	-0,4
3	-4,8	-0,8	2,2	2,6	2,8
4	-0,7	1,4	0	0,4	0,3
5	1,9	-1,4	-0,8	-0,5	-0,7
6	12,3	9,1	5,9	4,9	4,4
7	-8,6	-3,8	-3,8	-3,1	-4,2
8	2,7	-0,7	0,5	0,3	0
9	-1,2	-0,4	-0,6	-U	-1.5

ЛИТЕРАТУРА

1. Гайдаев, П.А. Математическая обработка геодезических сетей / П.А. Гайдаев. -М.: Недра, 1973. - 288 с.
2. Мицкевич, В.И. Вычисление различных видов засечек на ЭЦВМ методом сверхрелаксации / В.И. Мицкевич *И* Геодезия и картография. - 1974.-№ 10.-С. 36-40.
3. Гринберг, Г.М. Применение электронно-вычислительных машин при уравнивании триангуляции и полигонометрии / Г.М. Гринберг // Проблемы астрономии и геодезии.-М.: Наука, 1970.-С. 115-121.
4. !Оршанский, З.М. О необходимости и достаточном числе приближений при уравновешивании триангуляции / З.М. !Оршанский // Труды Новосибирского института инженеров геодезии, аэрофотосъёмки и картографии. - 1948. - Т. II. - С. 89 - 100.
5. Проворов, К.Л. Радиогеодезия / КЛ. Проворов, Ф.П. Носков. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Недра, 1973. - 352 с.
6. Fletcher, R. The calculation of linear best Lp-apparoximations / R. Fletcher, LA. Grant, M.D. Hebden *H* Computer Journal. - 1971. - V. 14, № 3. - P. 277-279.
7. Мицкевич, В.И. Алгоритм обобщённого метода Lp-оценок на основе метода Ньютона / В.И. Мицкевич, А.Ю. Будо // Вести. Полоц. гос. ун-та. - 2006.-№9.-С. 92-96.
8. Мицкевич, В.И. Некоторые вопросы робастного уравнивания зависимых GPS-измерений / В.И. Мицкевич, А.Ю. Будо, ЮЛ Будо *И* Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. - 2007. - № 2 (55). - С.9-11.