

В. Н. ВЕКСИН

БОКОВАЯ РЕФРАКЦИЯ И ХАРАКТЕР РЕЛЬЕФА

Одним из основных факторов, формирующих аномальную часть боковой рефракции, является характер рельефа. Если рассматривать причины изменения аномального поля рефракции (АПР) в пространстве и во времени, то рельеф местности совместно с подстилающей поверхностью определяет пространственную часть изменений. Это нашло свое воплощение в методах учета боковой рефракции, использующих теорию параллельности поверхностей $T = \text{const}$ поверхности рельефа.

Вместе с тем в некоторых публикациях, например [2], отмечается, что параллельность указанных поверхностей небезусловна и зависит от таких факторов, как структура и однородность подстилающей поверхности, динамическое состояние атмосферы и др. Учитывая вышесказанное, а также то обстоятельство, что характер рельефа по каждому конкретному направлению можно представить численно, правомерно поставить вопрос — будет ли наблюдаться статистическая связь между точностью геодезических измерений и параметрами, характеризующими рельеф. Кроме того, определенный практический интерес представляет собой исследование указанных связей на материалах производственных измерений. В настоящей статье сделана попытка на производственных материалах выявить статистическую связь между характером рельефа и точностью азимутальных определений.

Характер рельефа можно выразить эквивалентной высотой визирного луча над поверхностью h_z и рефракционной опасно-

сти по данному направлению Σ , которые вычисляются по формулам

$$h_3 = \frac{S^2}{2 \sum_{i=1}^n \frac{1}{h_i} S_i \Delta S_i}; \quad (1)$$

$$\Sigma = \sum_{i=1}^n \operatorname{tg} \alpha_i \cos \nu_i S_i \Delta S_i, \quad (2)$$

где S — длина линии визирования; ΔS_i — длина элементарного i -го отрезка; h_i — средняя высота отрезка ΔS_i над поверхностью; S_i — расстояние от конечного пункта до середины отрезка ΔS_i ; α_i — угол между горизонтальной и изотермической поверхностями для отрезка ΔS_i ; ν_i — угол между линией пересечения указанных поверхностей и визирной линией.

В [3] отмечается преобладающее влияние местных аномальных полей рефракции на высокоточные измерения и указывается, что средняя квадратическая величина влияния аномальных полей на точность определения азимутов Лапласа составляет в среднем $0,6''$ — $0,8''$. Исходя из этого, а также принимая во внимание величину средней квадратической ошибки определения азимута Лапласа $M_\alpha = 0,5''$ [3], правомерно предположить, что влияние боковой рефракции — один из основных факторов, регламентирующих точность азимутальных определений, а характер рельефа — важная составляющая

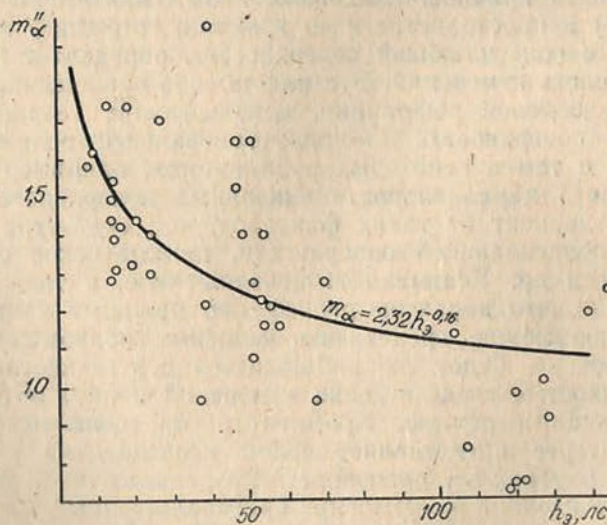


График зависимости средней квадратической ошибки определения азимута от эквивалентной высоты визирного луча.

Таблица сравнения взаимнообратных Σ , m_α и h_α

Название направления	$\Sigma \cdot 10^{-4}$	m_α	h_α , м	Зависимость m_α от Σ	Вес p
1—2	34 221	0,96 1,17	67,6 53,9	+	0,20
3—4	385 50	1,22 0,96	38,5 37,3	+	0,26
5—6	462 241	0,73 1,01	119,0 126,8	—	0,12
7—8	216 171	1,27 1,22	69,7 55,2	+	0,01
9—10	220 480	0,81 1,25	128,3 144,6	+	0,22
11—12	341 1605	0,74 1,19	119,9 139,3	+	0,42
13—14	150 328	0,74 0,98	121,9 119,9	+	0,15
15—16	367 611	0,83 1,13	107,5 103,5	+	0,11
17—18	19 16	1,50 1,44	14,0 13,7	+	0,00
17—19	16 16	1,43 1,29	15,5 14,0	0	0,00
18—19	6 10	1,62 1,58	8,6 7,5	—	0,01
20—21	8 51	1,30 1,30	14,6 24,2	0	0,00
22—23	81 114	1,23 1,95	54,1 39,1	+	0,11
24—25	34 104	1,40 1,27	53,5 51,8	—	0,07
26—27	457 805	1,65 1,52	50,1 46,7	—	0,03
28—29	36 122	1,65 1,40	46,6 48,5	—	0,13
30—31	110 11	1,44 1,32	20,9 19,1	+	0,10
32—33	116 87	1,70 1,40	26,7 24,5	+	0,04
34—35	68 16	1,54 1,74	14,4 18,2	—	0,09
36—37	185 35	1,74 1,39	12,7 15,3	+	0,21
38—39	459 560	1,16 1,07	57,2 51,1	—	0,01

этого фактора. Для подтверждения приведенного предположения мы собрали материал по 42 азимутам Лапласа, отнаблюдавшихся по часовому углу Полярной, на сдвоенных пунктах попарно образующих 21 базисную сторону. Собранный материал представляет районы с различным характером рельефа европейской части нашей страны. При обработке материала вычислены значения h_a и Σ для всех 42 азимутов. Результаты вычислений сведены в таблицу.

На рисунке построена точечная диаграмма, по оси Y которой откладывали значения m_a , а по оси X — эквивалентные высоты h_a . Сопоставляя полученные значения h_a с соответствующими значениями m_a , отмечаем обратную связь между этими значениями. Если в качестве функции, аппроксимирующей рассматриваемую связь, выбрать функцию вида

$$Y = aX^b, \quad (3)$$

то приближение ее по способу наименьших квадратов приводит к получению выражения

$$m_a = 2,32 h_a^{-0,16}. \quad (4)$$

Определяя коэффициент корреляции, отражающий связь между m_a и h_a , при $n=42$ получаем $r=-0,71$. Согласно критерию Фишера связь можно считать установленной, так как в нашем случае $r_{\min}=0,39$ при $0,62 \leq |r| \leq 0,78$.

Из анализа зависимости m_a от Σ следует.

1. В общем массиве рассматриваемой статистической выборки прямой связи между значениями m_a и Σ не наблюдается. Это можно объяснить тем, что такие факторы, как эквивалентная высота, физико-географические условия и сезонность наблюдений, а также приборные ошибки и личные ошибки наблюдателей отягощают рассматриваемую выборку фактором неравноточности и в комплексе оказываются более значительными, нежели фактор рефракционной опасности.

2. Чтобы выявить интересующую нас статистическую связь, необходимо исключить, насколько это возможно, воздействие посторонних факторов.

3. Принадлежащие взаимобратным азимутам значения m_a с некоторой вероятностью P находятся в прямой зависимости от соответствующих им значений Σ . Это можно заметить, анализируя обозначения в столбцах 2 и 3 таблицы.

В столбце 5 знаком плюс обозначены те базисы, у которых большие m_a прямого или обратного азимута соответствуют большим значениям Σ . В противном случае направления обозначались знаком минус. При равенстве взаимобратных m_a или Σ зависимости получали нулевое обозначение.

Для вычисления вероятности P придадим каждому из направлений вес p , в основу вычислений которых положим следующие утверждения: а) пара, состоящая из прямого и обратного азимутов, наблюдалась одним исполнителем; б) прямую и обратную эквивалентные высоты одного базиса, рассматри-

ваемые в контексте воздействия их на величины m_α , можно считать одинаковыми; в) пара взаимобратных азимутов наблюдалась в течение одного сезона, благодаря чему метеоусловия во время наблюдений были близки к идентичным.

Таким образом, в качестве преобладающего фактора, создающего различие в аномалиях рефракции прямого и обратного лучей, можно считать разности $|\Sigma_{\text{пр}}| - |\Sigma_{\text{обр}}|$, что и возьмем за основу при вычислении веса p каждого «положительного» и «отрицательного» события.

Кроме того, учтем, что уровень значимости каждого события зависит от того, насколько будут близки друг к другу отношения расхождений взаимобратных величин m_α и Σ к их средним значениям. Исходя из вышеизложенного, положим

$$c = \frac{m_{\text{пр}} - m_{\text{обр}}}{\sqrt{m_{\text{пр}}^2 + m_{\text{обр}}^2}}; \quad d = \frac{|\Sigma_{\text{пр}}| - |\Sigma_{\text{обр}}|}{|\Sigma|_{\text{ср}}} \quad (5)$$

Окончательно для p получим

$$p = c \cdot d. \quad (6)$$

Причем азимуты, у которых $c=0$ или $d=0$ (имеющие обозначение «0» в столбце 5 таблицы), в обработку можно не принимать, так как их вес равен нулю.

Тогда искомая вероятность P будет найдена из выражения

$$P = \frac{[p_+]}{[p_+] + [p_-]}. \quad (7)$$

Здесь $[p_+]$ и $[p_-]$ — суммы весов положительных и отрицательных исходов соответственно. В столбце 6 таблицы представлены веса p , вычисленные по формулам (5) и (6). Подставив значения p_+ и p_- в (7), получим искомую вероятность

$$P = \frac{1,83}{1,83 + 0,46} = 0,80.$$

Полученная вероятность дает возможность утверждать, что при прочих равных условиях точность результатов наблюдений на пункте, характеризующаяся величиной m_α , находится в прямой зависимости от рефракционной опасности Σ .

1. Большаков В. Д., Гайдаев П. А. Теория математической обработки геодезических измерений. М., 1977. 2. Островский А. Л. К вопросу о боковой рефракции // Науч. зап. ЛПИ. Сер. геодезическая. 1961. № 6. С. 5. 3. Справочник геодезиста. М., 1982.

Статья поступила в редколлегию 20.06.87