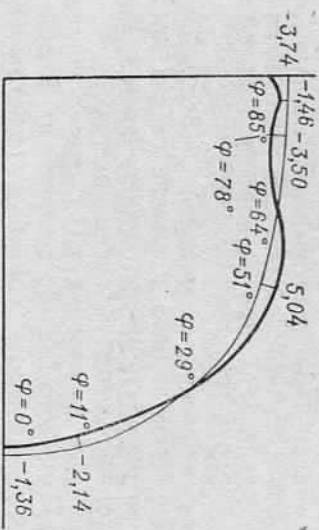


Известно, что из сравнения результатов обработки аэлитметрических данных по Seasat и Geos-3 Р. Рапп [12] получил «лучшее» (improved) значение экваториального радиуса $a = 6378135,6$ м. Мы берем на себя смелость сказать, что полученное им численное значение a можно просто трактовать экваториальным радиусом гидростатически равновесной Земли (общеземного сфероида), а не просто Земли или, тем более, какого-либо аппроксимирующего эллипсоида.



Схематическое расположение сфероидов (СНЗ) относительно аппроксимирующего его эллипсоида (ЭНЗ).

Устойчиво полученные нами значения сжатия СНЗ (1 : 298,17) и ЭНЗ (1 : 298,21) отличаются от принятого гидростатического сжатия Земли (1 : 299,84, см. [1]). Не вдаваясь в обсуждение причин этого расхождения, отметим главное: последнее получено по теории Клеро с учетом только I_2 , а первые — на основании известной информации о внешнем гравитационном поле в виде большой последовательности I_{2n} . Это приводит к важному геофизическому выводу: сжатие обобщенной поверхности Земли, представленной эллипсоидом GRS-80, с точностью до 0,03% совпадает в целом со сжатием гидростатически равновесной планеты (сфероида).

Таким образом, приведенные выше числовые данные сфероида и аппроксимирующего его эллипсоида иллюстрируют концепцию НЗ, развитую в статье [8]. Здесь, кажется, впервые построена гидростатически равновесная фигура Земли — СНЗ и даны параметры аппроксимирующего ее неуровненного эллипсоида ЭНЗ. Этот эллипсоид незначительно (причем только сжатием) отличается от нормального эллипсоида GRS-80, и в силу соображений [8] он более приемлем для геофизики.

1. *Ефимова А. В., Трубицын В. П.* Гравитационные аномалии и равновесная фигура Земли. — В кн.: Изучение Земли как планеты методами астрономии, геофизики и геодезии. К.: Наук. думка, 1982, с. 7—11. 2. *Закаев П. С.* Курс высшей геодезии. — М.: Недра, 1976. — 386 с. 3. *Мещеряков Г. А.* Использование метода итераций при определении обобщенных фигур планет. — В кн.: Proc. Int. Symp. "Figure of the Earth, the Moon and Other Planets", Monograph Series of VUGTK, Prague, 1983, s. 143—151. 4. *Мещеряков Г. А., Волжанин С. Д.* Использование метода L_p -оценки при определении параметров обобщенного эллипсоида. — Геодезия, картография и аэрофотогеодезия, 1983, вып. 38, с. 76—81. 5. *Мещеряков Г. А., Волжанин С. Д.* О выводе параметров обобщенного элли-

псоида по спутниковой информации с использованием метода L_p блуждания ИСЗ, № 21 (1982). — М., 1984, с. 138—144. 6. *Мещеряков Г. А.* Определение физической поверхности Земли с использованием метода теория, определяемых методами космической геодезии. — Наука, № 21 (1982). — М., 1984, с. 131—137. 7. *Мещеряков Г. А.* Проблема теория притяжения Земли суммой потенциалов плоских слоев. — Гравитирующие диски: Тез. докл. Всесоюз. конф. «Исследования нового поля и природных ресурсов Земли космическими средствами» 1984, с. 8—9. 8. *Мещеряков Г. А.* О нормальном сфероиде геодезии и аэрофотогеодезии, 1986, вып. 43, с. 64—71. 9. *Anderte of Mean Earth Ellipsoid Based on Doppler, Laser and Altimeter Bulletin géodésique.* — Bureau Central de l'AIIG, 1980, v. 54, № 10. 10. *Lerch F. J., Rindig B. H., Wagner S. A., Klosko S. M., Goodda for Oceanographic Applications (GEM-10B and 10 C).* Presented Geodesy Symposium. — Miami, 1980, p. 18—20. 11. *Moritz H.* Geodesy System 19, 80 in the Geodesist's Handbook 1980. — Bulletin Geodesy, v. 54, № 3, p. 395—405. 12. *Rapp R. H.* A Summary of the R OSU Analysis of Seasat altimeter Data. — Reports of the Department Science and Surveying. — Columbus: The Ohio State University, p. 19. 13. *Reigber C. H., Miller H., Rizos Ch., Bosch W., Valmit AN Improved GRIM-3 Earth Gravity Model (GRIM-3V).* — Proc IAG Symposium, 1983, v. 1, p. 388—415.

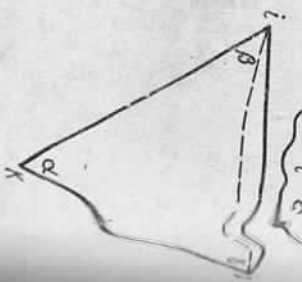
Статья поступила в редакцию

УДК 528.16

Ю. В. МОРКОТУН О КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ЗАВИСИМОСТЯХ В ТРИАНГУЛЯЦИИ

В статье предпринята попытка изучить корреляционную зависимость взаимнообратных направлений в триангуляции углов, имеющих общие взаимнообратные направления. Значения взаимнообратных направлений соседних пунктов триангуляции (на рисунке направления i и j , lk и kl , jk и kj) не будут статистически независимыми.

Корреляционная зависимость взаимнообратных направлений обусловливается одинаковым воздействием аналогичной для них ситуации (см. рисунок). Причем ошибка за воздействие будет присутствовать во взаимнообратных направлениях с разным знаком, что свидетельствует об отрицательной корреляционной зависимости.



В [1] разработаны правила моделирования сетей триангуляции 2 класса с введением случайных ошибок в направлениях

но с учетом однообразного воздействия общей ситуации для взаимнообратных направлений. Правила эти научно обоснованы исходя из данных астронаблюдений и двойных наблюдений в одной и той же сети. Используя эти правила, смоделировано 600 случайных ошибок δ , по 100 в направлении ij и ji , ik и ki , jk и kj (см. рисунок).

Между векторами ошибок δ_{ij} и δ_{ji} , δ_{ik} и δ_{ki} , δ_{jk} и δ_{kj} вычислены корреляционные моменты и коэффициенты корреляции

$$K_{xy} = \frac{\sum x \cdot y}{n} - \bar{x} \cdot \bar{y}, \quad (1)$$

где \bar{x} , \bar{y} — средние значения случайных величин, между которыми вычисляется корреляционный момент.

$$r_{xy} = \frac{K_{xy}}{m_x m_y}. \quad (2)$$

Коэффициенты корреляции между случайными ошибками взаимнообратных направлений оказались равными: $r_{ij,ji} \approx -0,27$, $r_{ik,ki} \approx -0,31$, $r_{jk,kj} \approx -0,30$. Критерий $|r| \geq t_r m_r$ показал, что с вероятностью не менее 0,99 корреляционную связь между взаимнообратными направлениями можно считать установленной, где m_r — средняя квадратическая ошибка коэффициента корреляции, вычисляемая по (3).

$$m_r = \frac{1 - r^2}{\sqrt{n}}; \quad n = 100; \quad m_{r_{ij,ji}} \approx m_{r_{ik,ki}} \approx m_{r_{jk,kj}} \approx \pm 0,09. \quad (3)$$

Таким образом можно говорить об отрицательной корреляционной зависимости взаимнообратных направлений, которая характеризуется коэффициентом корреляции, приблизительно равным $-0,3$.

От корреляционной зависимости взаимнообратных направлений можно перейти к корреляционной зависимости углов одного треугольника триангуляции (β и γ , γ и α , α и β) (см. рисунок):

$$\begin{cases} \beta = ik - ij, & \beta = ik - ij, & \gamma = ji - jk, \\ \gamma = ji - jk; & \alpha = kj - ki; & \alpha = kj - ki. \end{cases} \quad (4)$$

Коэффициенты корреляции $r_{\beta,\gamma}$, $r_{\gamma,\alpha}$, $r_{\alpha,\beta}$ можно определить из (4) с помощью теоремы [2]:

$$r_{\beta,\gamma} = a_1 x_1 + u; \quad z = a_2 x_2 + u \quad (5)$$

и коэффициент корреляции между x_1 и x_2 равен r_{x_1, x_2} , то

$$r_{\beta,\gamma} = \frac{a_1 a_2 r_{x_1, x_2} m_{x_1} m_{x_2}}{m_\beta m_\gamma}. \quad (6)$$

В нашем случае всегда $a_1 \cdot a_2 = -1$, $m_\beta = m_\gamma = m_\alpha \sqrt{2} = m_\alpha$, где m_α — средняя квадратическая ошибка измеренного угла; m_α — средняя квадратическая ошибка измеренного направления. Поэтому (6) для нашего случая можно переписать

$$r_{xy} = -\frac{r_{x_1, x_2}}{2}. \quad (7)$$

Используя (6) и коэффициенты корреляции взаимнообратных направлений, получаем коэффициент корреляции измеренных углов одного треугольника триангуляции:

$$r_{\beta,\gamma} = -\frac{r_{ij,ji}}{2} \approx +0,14; \quad r_{\gamma,\alpha} = -\frac{r_{ik,ki}}{2} \approx +0,15;$$

$$r_{\alpha,\beta} = -\frac{r_{jk,kj}}{2} \approx +0,15.$$

Средним показателем корреляционной зависимости измеренных углов одного треугольника триангуляции является коэффициент корреляции, приблизительно равный $+0,15$.

Приведенные коэффициенты не означают, что все без исключения направления и углы треугольников находятся в корреляционной зависимости, характерной для таких показателей. Данные коэффициенты есть некоторые средние, наиболее вероятные показатели корреляционной зависимости взаимнообратных направлений и измеренных углов треугольника триангуляции.

Некоторый предварительный анализ рельефа и ситуации в местах прохождения измеряемых направлений триангуляции покажет приблизительно тесноту корреляционной связи между значениями взаимнообратных направлений. Так, в горных районах вследствие однообразного действия ситуации на взаимнообратные направления коэффициент корреляции будет превышать значение $-0,30$, в равнинных районах с однообразной ситуацией будет стремиться к нулю.

1. Гайдаев П. А. Математическое моделирование геосети 2 класса. — Изв. вузов. Геодезия и аэрофотогеодезия, 1975, вып. 5, с. 5—12. 2. Дубянов В. Ф. Расчеты точности инженерно-геодезических работ. — М.: Недра, 1981. — 380 с. 3. Саидов Н. В., Велигин Д. Н. Теория вероятностей и математическая статистика в приложении к геодезии. — М.: Недра, 1969. — 379 с.