



К.М. Антонович

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПУТНИКОВЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ГЕОДЕЗИИ

В двух томах

Том 2

Москва
ФГУП «Картгеоцентр»
2006

УДК 528.2:629.78

ББК 26.1

A11

Рецензенты:

Доктор технических наук,
заведующий геодезическим отделом ЦНИИГАиК
Г.В. Демьянов

Кандидат технических наук,
заведующий отделом геодезического обеспечения
геолого-геофизических работ ФГУП СНИИГГиМС,
заслуженный работник геодезии и картографии РФ
А.Г. Прихода

Антонович, К.М.

A11 Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии [Текст]. В 2 т. Т. 2. Монография / К.М. Антонович; ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия». – М.: ФГУП «Картгеоцентр», 2006. – 360 с.: ил.

ISBN 5-86066-071-5

ISBN 5-86066-077-4 Т. 2

Во 2-м томе монографии дается обоснование методов геодезических наблюдений, анализ погрешностей, технология полевых и вычислительных работ с использованием спутниковых радионавигационных систем ГЛОНАСС и NAVSTAR GPS.

Для научных и инженерно-технических работников, а также может быть использована аспирантами и студентами.

Научный редактор монографии:

А.И. Каленицкий, доктор технических наук, заслуженный работник геодезии и картографии РФ,
заведующий кафедрой астрономии и гравиметрии СГГА

© К.М. Антонович, 2006

© ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия», 2006

© Оформление. ФГУП «Картгеоцентр», 2006

$$d\rho_A^i(d\mathbf{X}) = -\mathbf{u}_A^i \cdot d\mathbf{X}_A = -\begin{bmatrix} \frac{X^i - X_A}{\rho_A^i} & \frac{Y^i - Y_A}{\rho_A^i} & \frac{Z^i - Z_A}{\rho_A^i} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} dX_A \\ dY_A \\ dZ_A \end{bmatrix}. \quad (9.28)$$

На рис. 9.3 показана ситуация, когда все спутники размещены на круговом конусе. Вершина конуса находится в точке приема сигналов, единичный вектор \mathbf{u}_{axis} указывает направление оси конуса. Для всех спутников, которые размещаются на конусе, скалярные произведения равны:

$$\mathbf{u}_A^i \mathbf{u}_{axis} = \cos \theta = const. \quad (9.29)$$

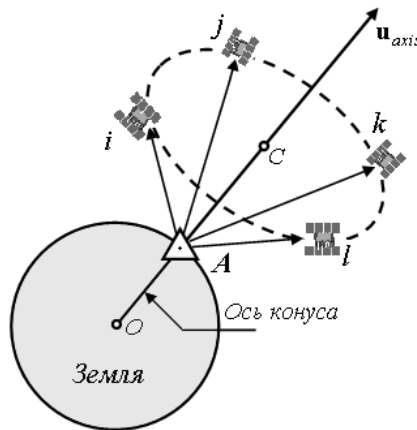


Рис. 9.3. Расположение спутников относительно пункта на конусе

Скалярное произведение (9.29) применимо к каждой строке матрицы \mathbf{A} . Таким образом, есть четкая линейная зависимость первых трех столбцов в матрице плана (9.15). Такая критическая конфигурация обычно не остается долгое время из-за непрерывного движения спутников. Критические конфигурации представляют проблему только в непрерывной кинематике или в сверхкороткой статике. Кроме того, чем больше наблюдается спутников, тем менее вероятно, что будет иметь место критическая конфигурация. Другие критические конфигурации будут, когда спутник и приемник размещаются в одной плоскости. В этом случае первые три столбца матрицы плана дают векторное произведение

$$\mathbf{u}_A^i \times \mathbf{u}_A^j = 0. \quad (9.30)$$

В относительном позиционировании также можно столкнуться с критическими конфигурациями. Ясно, что спутники не могут постоянно находиться на круговом конусе, видимом с каждой станции. Однако для коротких базовых линий это может быть. Чем короче базовая линия, тем более вероятно, что ситуации, близкие к сингулярности, будут вредить решению базовой линии [Leick, 1995].

9.5.3. Зависимость точности позиционирования от положения пункта на Земле

Влияние распределения навигационных спутников на небе, зависящее от широты пункта наблюдений, на определение положений с помощью GPS исследовалось в работах [Santerre, 1991; Wang et al., 2002]. В первой работе

использовался метод моделирования, во второй – исследовалась весовая функция для учета доступности среднего числа спутников GPS на станциях с разными широтами. Опустим достаточно сложные и объемные выводы и приведем только заключения, сделанные в результате проведенных исследований.

На рис. 9.4 приводится график изменения величины GDOP для станций на широтах от 0 до 90° при долготе 0°. Этот результат показывает, что GDOP возрастает с увеличением широты. Из этого делается вывод, что в высоких широтах для достижения такой же точности, как в низких широтах, требуется времени почти в два раза больше.

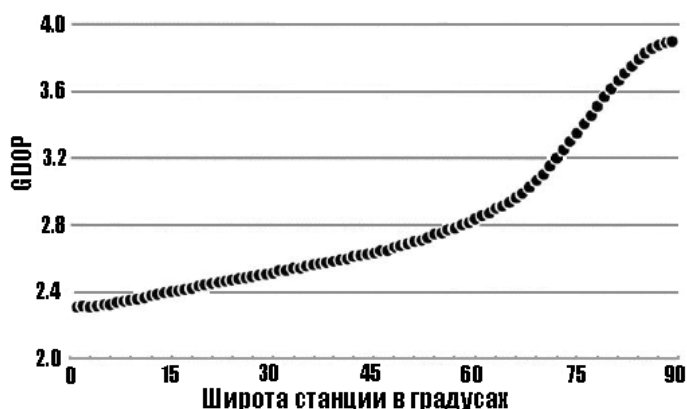


Рис. 9.4. Зависимость коэффициента потери точности GDOP от широты

На рис. 9.5 показано, как изменяется в зависимости от широты станции отношение ошибки позиционирования в долготе к ошибке в широте, то есть $\sqrt{Q_{LL}/Q_{BB}}$. Результаты показывают, что точность по долготе несколько лучше, чем по широте для станций, у которых широта меньше 45°. На более высоких широтах ошибка в долготе становится все больше и больше, чем ошибка в широте.

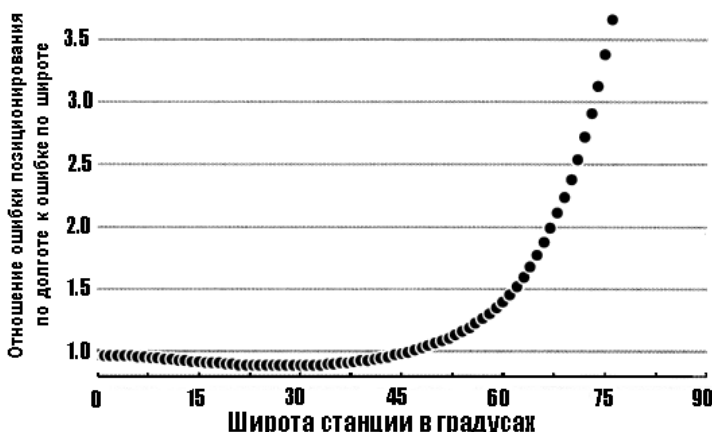


Рис. 9.5. Зависимость от широты станции: отношения ошибок позиционирования в долготном компоненте к ошибкам позиционирования в широтном компоненте

На рис. 9.6 показана зависимость от широты отношения ошибок позиционирования в направлении E-W (восток-запад) к ошибкам в направлении

236. Rizos, Ch. Precise GPS Positioning: Prospects and Challenges [Electronic resource] / Ch. Rizos. – 2001. – 17 p. – Англ. – Режим доступа: www.gmat.unsw.edu.au/snap/publications/rizos_2001a.pdf
237. Rizos, Ch. Principles and Practice of GPS Surveying [Electronic resource] / Ch. Rizos. – Version 1.1, September 1999. – Режим доступа: http://www.gmat.unsw.edu.au/snap/gps/gps_survey/ – Англ.
238. Rizos, Ch. Regional-scale multiple reference stations for carrier phase-based GPS positioning: A correction generation algorithm [Text] / Ch. Rizos, Sh. Han, H.-Y. Chen // Earth Planets Space. – 2000. – Vol. 52. – P. 795 – 800. – Англ.
239. Ruland, R. Application of GPS to a high precision engineering survey network [Text] / R. Ruland, A. Leick // Proc. Pos. with GPS, 1. – 1985. – P. 483 – 493. – Англ.
240. **Santerre, R.** Impact of GPS satellite sky distribution [Text] / R. Santerre // Manuscripta Geodaetica. – 1991. – Vol. 16, No. 1. – P. 28 – 53. – Англ.
241. Schmitt, G. Spectral analysis and optimization of geodetic networks [Text] / G. Schmidt // ГЕО-Сибирь-2005. Т. 1, Геодезия, картография, маркшейдерия: Сб. материалов научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2005», 25 – 29 апреля 2005 г. Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2005. – С. 11 – 16. – Англ.
242. Schmitz, M. Tests of phase center variations of various GPS antennas, and some results [Text] / M. Schmitz, G. Wübbena, G. Boettcher // GPS Solutions. – 2002. – Vol. 6, No. 1 – 2. – P. 18 – 27. – Англ.
243. Schaffrin, B. Designing a covariance matrix for GPS baseline measurements [Text] / B. Schaffrin and J.B. Zieliński // Manuscripta Geodaetica. – 1989. – Vol. 14. – P. 19 – 27. – Англ.
244. Seeber, G. Satellite Geodesy [Text] / G. Seeber. – 2-nd edition – Berlin, New York: Walter de Gruyter, 2003. – 589 p. – Англ.
245. Shaw, M. Modernization of the global positioning system [Text] / M. Shaw, K. Sandhu, D. Turner // GPS World. – 2000. – Vol. 11, No. 10. – P. 40 – 49. – Англ.
246. Sickle, J.V. GPS for Land Surveyors [Text] / J.V. Sickle / Second Edition. – New York, London: Taylor & Francis. – 2001. – 284 p. – Англ.
247. SKI – Static Kinematic Software [Text] – Leica Heerbrugg AG (Switzerland), April 1992. – Англ.
248. Snay, R.A. Modern terrestrial reference systems [Text] / R.A. Snay, T. Soler // Professional Surveyor. – 1999. – Vol. 19, No. 10. 2000. – Vol. 20, No. 2, 3, 4. – Англ.
249. Soler, T. Coordinate system used in geodesy: basic definitions and concepts [Text] / T. Soler, L.D. Hotem // J. of Surv. and Eng. – 1988. – Vol. 114, N 2. – P. 84 – 97. – Англ.
250. Soler, T. Important Parameters Used in geodetic Transformations [Text] / T. Soler, L.D. Hotem // J. of Surv. and Eng. – 1989. – Vol. 115, No 4. – P. 414 – 417. – Англ.
251. Soler, T. A note on frame transformations with applications to geodetic datums [Text] / T. Soler, J. Marshall // GPS Solutions. – 2003. – Vol. 7 No. 1. – P. 23 – 32. – Англ.