SUMMARY

A.A. Kadyseva, S.V. Bezukhov, R.M. Gilmutdinov

Biochemical oxidation of organic substances in anaerobic conditions

Results of oxidation of organic substances in the anaerobic systems, executed on the basis of a complex of pilot studies of highly concentrated sewage are presented.

Keywords: sewage, anaerobic cleaning, sbrazhivany, metanobrazuyushchy bacteria.

УДК 528.232

П.А. Медведев

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ФОРМУЛ СО СРЕДНИМИ АРГУМЕНТАМИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ

Получен нелогарифмический вариант формул Иордана-Буткевича для решения обратной геодезической задачи. Предложен более эффективный способ использования этих формул по сравнению с рекомендованным для вычислений. Методом исключения из алгоритма сферической величины σ получена система формул, состоящая только из трех уравнений, вместо пяти. По этим формулам на широтах $0^\circ \le B \le 75^\circ$ при расстояниях до 1000 км длина геодезической линии определяется с погрешностью $\Delta S \le 0{,}1$ мм, а азимуты с погрешностью $\Delta A \le 0{,}00003''$.

Ключевые слова: обратная геодезическая задача, длина линии, широта, долгота, азимут.

Введение

Задача определения взаимного положения точек на земной поверхности является глобальной проблемой в науках о Земле.

При решении обратной геодезической задачи (ОГЗ) по геодезическим широтам B_1, B_2 и долготам L_1, L_2 соответственно конечных точек P_1 и P_2 определяется расстояние $S = P_1P_2$ прямой $A_{1,2}$ и обратной $A_{2,1}$, азимуты геодезической линии в конечных точках. Для решения ОГЗ при расстояниях между пунктами до 800–1000 км широко применяются формулы со средними аргументами. К их достоинствам относят: компактность выражений, сравнительно малый объем вычислительных операций, замкнутость решения обратных задач.

В связи с тем, что изменяются средства, методы и точность измерений, происходит постоянное обновление вычислительной техники, меняются и требования, предъявляемые к вычислительным алгоритмам. Поэтому до настоящего времени осуществляются публикации по совершенствованию формул со средними аргументами.

Результаты исследований

Для логарифмических вычислений широко применялись формулы Иордана-Буткевича [1, с. 106]. Нами они выведены в нелогарифмической форме:

$$tgA_m = \frac{V_m^2 \cos B_m tg\frac{l}{2}}{\sin\frac{b}{2}}\left[1 - \frac{\eta^2}{12V^4}\left(2+3t^2+2\eta^2+6t^2\eta^2\right)b^2 + \frac{\cos^2 B}{12}\eta^2 l^2 + \right.$$
$$\left. + \frac{7\eta^2}{720}b^4 - \frac{\cos^2 B}{120}\eta^2\left(1+5t^2\right)\cdot b^2 l^2 + \frac{\cos^4 B}{720}\eta^2\left(7-5t^2\right)l^4\right]_m; \qquad (1)$$

$$tg\frac{a}{2}=\frac{\sin B_m tg\frac{l}{2}}{\cos\frac{b}{2}}\left[1+\frac{\eta^2}{12V^2}b^2+\frac{\cos^2 B}{12}\eta^2 l^2-\frac{\eta^2}{720}\left(8+15t^2\right)b^4-\right.$$

$$\left.-\frac{\cos^2 B}{120}\eta^2\left(1+5t^2\right)\cdot b^2 l^2+\frac{\cos^4 B}{720}\eta^2\left(7-5t^2\right)l^4\right]_m; \quad (2)$$

$$tg\frac{\sigma}{2}=\frac{tg\frac{b}{2}\cos\frac{a}{2}}{\sqrt{1-e^2}\cdot V_m^2\cos A_m}\left(1+\frac{t^2\eta^4}{4V^4}b^2\right)_m; \quad (3)$$

$$tg\frac{\sigma}{2}=\frac{\sin\frac{a}{2}}{\sqrt{1-e^2}\cdot t_m\sin A_m}\left(1-\frac{e'^2}{4V^2}b^2+\frac{e'^2}{48}b^4\right)_m; \quad (4)$$

$$S=\frac{a_0\cdot\sigma}{V_m}\left[1+\frac{\eta^2}{24V^4}\left(1-t^2+\eta^2+6t^2\eta^2\right)b^2+\frac{\sin^2 B}{2}\eta^2 l^2-\frac{\eta^2}{480}\left(1-t^2\right)b^4+\right.$$

$$\left.+\frac{\cos^2 B}{720}\eta^2\left(1-2t^2-15t^4\right)b^2 l^2+\frac{\cos^4 B}{720}\eta^2 t^2\left(9-5t^2\right)l^4\right]_m, \quad (5)$$

где $a=A_{21}-A_{12}\pm180^{\circ}$ – разность азимутов;

$l=L_2-L_1$ – разность долгот;

$b=B_2-B_1$ – разность широт;

$B_m=\left(B_1+B_2\right)/2$ – средняя широта;

$A_m=\left(A_{12}+A_{21}\pm180^{\circ}\right)/2$ – средний азимут;

$t=tgB$; $\eta^2=e'^2\cos^2 B$; $V^2=1+\eta^2$.

Следует отметить, что в [1] в формуле (5) коэффициент при l'' приведен с ошибками.

Буткевич А.В. при решении ОГЗ рекомендует использовать все зависимости (1)–(5), из которых основными являются более трудоемкие (1), (2), (5). Однако на их основе можно построить более рациональный алгоритм, используя в качестве основных простые закономерности (3), (4), представив их в форме

$$tg\frac{\sigma}{2}\cos A_m=\frac{tg\frac{b}{2}\cos\frac{a}{2}}{\sqrt{1-e^2}\cdot V_m^2}\left(1+\frac{t^2\eta^4}{4V^4}b^2\right)_m, \quad (6)$$

$$tg\frac{\sigma}{2}\sin A_m=\frac{\sin\frac{a}{2}}{\sqrt{1-e^2}\cdot t_m}\left(1-\frac{e'^2}{4V^2}b^2+\frac{e'^2}{48}b^4\right)_m. \quad (7)$$

В этом случае решение ОГЗ выполняется в следующей последовательности:

1. По выражению (1) определяется $tg\frac{a}{2}$.

2. По зависимостям (6), (7) вычисляется $tgA_m=(7)/(6)$, исключая использование формулы (1).

3. С помощью закономерности $tg\frac{\sigma}{2}=\sqrt{(6)^2+(7)^2}$ находится σ, после чего по (5) определяется длина геодезической линии S.

При выводе формул (1)–(5) А.В. Буткевичем преследовалась одна цель – исключить из выражений Иордана сферические элементы. К решению этого вопроса он возвращался неоднократно, но сферическая величина σ так и не была исключена.

Для упрощения нелогарифмического алгоритма (1)–(5) на основе равенства (5) образуем разложение:

$$tg\frac{S}{2R}=V_m\sqrt{1-e^2}\,tg\frac{\sigma}{2}\left[1+\frac{\eta^2}{24V^4}\left(1-3t^2+\eta^2+6t^2\eta^2\right)b^2+\frac{\eta^2}{1440}\left(7-21t^2\right)b^4+\right.$$
$$\left.+\frac{\cos^2 B}{120}\eta^2\left(1-t^2\right)b^2l^2+\frac{\cos^4 B}{60}t^2\eta^2l^4\right]_m. \tag{8}$$

Подстановкой (3) и (4) в правую часть равенства (8) исключается сферическая величина σ:

$$tg\frac{S}{2R}\cos A_m=\frac{tg\frac{b}{2}\cos\frac{a}{2}}{V_m}\left[1+\frac{\eta^2}{24V^4}\left(1-3t^2+\eta^2+12t^2\eta^2\right)b^2+\frac{\eta^2}{1440}\left(7-21t^2\right)b^4+\right.$$
$$\left.+\frac{\cos^2 B}{120}\eta^2\left(1-t^2\right)b^2l^2+\frac{\cos^4 B}{60}t^2\eta^2l^4\right]_m, \tag{9}$$

$$tg\frac{S}{2R}\sin A_m=\frac{V_m\cdot\sin\frac{a}{2}}{t_m}\left[1-\frac{\eta^2}{24V^4}\left(5+9t^2+5\eta^2\right)b^2+\frac{\eta^2}{1440}\left(37+9t^2\right)b^4+\right.$$
$$\left.+\frac{\cos^2 B}{120}\eta^2\left(1-t^2\right)b^2l^2+\frac{\cos^4 B}{60}t^2\eta^2l^4\right]_m. \tag{10}$$

В этом случае для решения ОГЗ более эффективно использовать формулы (2), (9), (10), чем систему (1)–(5), состоящую из пяти уравнений. Следует отметить, что в разложениях (9) и (10) соответствующие коэффициенты при b^2l^2 и l^4 совпадают, а при l^2 равны нулю. Исследованиями установлено, что в области $0^\circ \le B \le 75^\circ$ при расстояниях от 800 км до 1000 км длина геодезической линии определяется с погрешностью $\Delta S \le 0{,}1$ мм, а азимуты с погрешностью $\Delta A \le 0{,}00003''$.

Список литературы

1. *Буткевич, А.В.* Исследования по решению вычислительных задач сфероидической геодезии / А.В. Буткевич. – М. : Недра, 1964. – 260 с.

SUMMARY

P.A. Medvedev

Improvement of formulas with mean arguments for inverse solution of long geodetics

Iordan-Butkevich's unlogarithmic formulas variant for inverse solution of long geodetics is obtained. More effective method of these formulas usage is suggested in comparison with recommended method for calculations. The system of formulas consisting only of three equations, instead of five is obtained by process of elimination from algorithm of spherical quantity σ. According to these formulas on latitudes $0^\circ \le B \le 75^\circ$ with distances up to 1000 km long lines on the Earth is determined with mistake $\Delta S \le 0{,}1$ мм, and azimuths with mistake $\Delta A \le 0{,}00003''$.

Keywords: inverse solutions of long geodesics, long lines, latitudes, longitude, azimuth.