

связаны и взаимообусловлены протекающими в природных растворах процессами растворения и выщелачивания.

Примерно одна треть территории Беларуси находится под заболоченными землями и торфяниками. Значительную роль в ряду доминирующих геохимических процессов играют биохимические процессы. За их счет формируется большая часть углекислоты грунтовых вод, избыток которой существенно увеличивает их агрессивные свойства по отношению к бетонным конструкциям.

Исследованиями влияния мелиорации (в частности, осушения) на химический режим грунтовых вод установлен некоторый рост общей минерализации грунтовых вод как за счет усиления притока напорных подземных вод, так и за счет поступления в грунтовые воды продуктов окисления органического вещества

торфа, что приводит к росту концентрации в грунтовых водах ионов HCO_3 и Ca (в меньшей степени – ионов Mg , Na , Cl) и росту pH. В будущем следует ожидать усиления роста минерализации грунтовых вод вследствие применения удобрений.

Приведенные данные подтверждают факт влияния мелиоративных работ на метаморфизацию степени и вида агрессивности грунтовых вод на территории Полесья. Существенное значение приобретает оценка агрессивности промышленных стоков на предприятиях химического производства. Агрессивные воды получили распространение в отстойниках, шламо-накопителях и т. п. Следовательно, при выборе экранов необходимо учитывать способность агрессивных вод разрушать покрытия из бетона.

УДК 528.34(476)

ОБ ОЦЕНКЕ ТОЧНОСТИ ПОЛОЖЕНИЯ ПУНКТОВ ПЛАНОВЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ МЕТОДОМ СТАТИСТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ПРИ УРАВНИВАНИИ ПО АЛГОРИТМУ L_p -ОЦЕНОК

Асп. ГАРМАЗА О. Е.

Белорусский национальный технический университет

Оценка точности результатов уравнивания при использовании метода L_p -оценок является актуальной задачей при применении нетрадиционных алгоритмов математической обработки геодезических сетей. В настоящее время известны следующие способы оценки точности при различных степенях n :

- 1) по изолиниям целевой функции [1];
- 2) по приращениям целевой функции [2];
- 3) с применением фундаментальной теоремы о переносе ошибок [3];

$$Q = FP^{-1}F^T; \quad (1)$$

$$F = (A^T C A)^{-1} A^T C \quad (2)$$

(здесь A – матрица коэффициентов параметрических уравнений поправок; C – матрица весов измерений);

$$C = P \text{diag}(|V|^{n-2}); \quad (3)$$

- 4) на основе (1) и численным получением расширенной псевдообратной матрицы [4]

$$F = \frac{\hat{X}_8 - \hat{X}}{\delta};$$

- 5) с использованием не только параметрического, но и коррелятного способов уравнивания.

При $n = 2,0$ (метод наименьших квадратов) все названные способы дают один и тот же результат оценки точности положения пунктов. Но по мере перехода от $n = 2,0$ к $n = 1,0$ (метод наименьших модулей) величины ошибок положения пунктов в разных методах различны и только на отрезке $1,5 \leq n \leq 2,0$ начинают совпадать. Наша задача – раскрыть свойства степени $n = 1,0$, которую можно решить методом стати-

стических испытаний, заключающимся в следующем:

1. При заданном n уравнивается вариант геодезической сети методом Lp -оценок и выполняется оценка точности положения пункта по формулам (1)...(3).

2. По уравненным в п. 1 координатам вычисляются уравненные измерения, к которым в каждом из 100 испытаний генерируются псевдослучайные поправки в измерения.

3. В каждом из 100 испытаний геодезическую сеть уравнивают по алгоритму Lp -оценок и получают 100 вариантов уравненных координат пунктов (x_i, y_i) , по которым получают результаты оценки точности. В частности, ошибки положения пунктов:

$$M = \frac{\sum_{i=1}^{100} l_i}{100}; \quad (4)$$

$$l_i = \sqrt{(x_i - x_{cp})^2 + (y_i - y_{cp})^2}; \quad (5)$$

$$x_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{100} x_i}{100}; \quad y_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{100} y_i}{100}. \quad (6)$$

Величины M_i записываются для конкретной степени n .

Количество испытаний, равные 100, как показали расчеты, занимает 1...2 мин машинного времени на ЭВМ РС/АТ-486 и является оптимальным, поскольку, например, геодезическую сеть № 5 мы оценивали из 1000 испытаний и получили те же результаты оценки точности, что и при 100 испытаниях.

По результатам обработки шести примеров из [5] мы получили одинаковый эффект при $1,1 \leq n \leq 1,5$. Замечено, что поправки $V_j = 0,0$ в два-три раза встречаются чаще при $n = 1,0$, нежели при $n > 2,0$.

Используя вычисленную матрицу F , можно не только выполнить оценку точности функций уравненных и измеренных величин, но и вычислить вероятность попадания определяемого пункта в круг ошибок методом статистических испытаний.

Вычисление вероятности рекомендуется выполнять при большом количестве опытов (10000 опытов) следующим образом. Пусть из уравнивания известны ошибки положения определяемых пунктов M_j . По величинам средних квадратических ошибок результатов геодезических измерений, полученным после уравнивания, генерируем вектор свободных членов па-

раметрических уравнений поправок L . Вычисляем вектор приращений координат

$$\delta X = -FL. \quad (7)$$

Для каждого определяемого пункта находим статистическоеклонение

$$R_j = \sqrt{\delta_{x_i}^2 + \delta_{x_{i+1}}^2}, \quad (8)$$

где $\delta_{x_i}, \delta_{x_{i+1}}$ – компоненты вектора δX .

Если $R_j \leq M_j$, то пункт j попал в круг ошибок. Вероятность попадания определяемого пункта в круг ошибок рассчитаем по [6]

$$P = \frac{K}{10000}, \quad (9)$$

где K – число попаданий определяемого пункта в круг ошибок при 10000 испытаний. Расчеты на ЭВМ РС/АТ-486 показали, что благодаря применению матрицы F для геодезических сетей, состоящих из пяти пунктов, изложенные выше вычисления занимают 1 с машинного времени.

ВЫВОДЫ

1. При числе определяемых пунктов не более десяти при оценке точности может успешно применяться как альтернативный метод статистических испытаний, который возможно использовать не только в методе Lp -оценок.

2. Практическая значимость заключается в возможности вычисления вероятности P при нетрадиционных методах уравнивания. (Ранее величина P рассчитывалась при уравнивании по методу наименьших квадратов.)

ЛИТЕРАТУРА

1. Мицкевич В. И., Ялтыхов В. В. Уравнивание и оценка точности геодезических засечек под различными критериями оптимальности решения // Геодезия и картография. – 1994. – № 7. – С. 14–16.
2. Макаров Г. В., Афанасьев В. В., Афанасьев Б. В. Оценка точности при поисковых методах уравнивания // Геодезия и картография. – 1981. – № 11. – С. 20–22.
3. Мицкевич В. И., Ялтыхов В. В. Уравнивание и оценка точности геодезических сетей методом Ньютона / Полоцкий гос. ун-т. – Новополоцк, 1999. – 6 с. – Деп. в ОНТИ ЦНИИГАиК 22.02.99 г. № 658 – гд99.
4. Андреев Ю. П. Вычисление оценок точности методом моделирования ошибки // Геодезия и картография. – 1971. – № 11. – С. 20–24.
5. Практикум по высшей геодезии (вычислительные работы): Учеб. пособие для вузов / Н. В. Яковлев, Н. А. Беспалов, В. П. Глумов и др. – М.: Недра, 1982. – С. 93, 129, 153, 179, 202, 217.
6. Сорокин А. И., Сорокин И. А. О вероятности средней квадратической погрешности положения точки // Геодезия и картография. – 1981. – № 12. – С. 31–34.