

Използуване на резултатите от повторните нивелации и картите на скоростите за изследване на вертикалните движения на земната кора в Североизточна България

Г. Милев¹, Из. Тотоманов²

¹Лаборатория по геотехника, БАН, 1113 София

²Централна лаборатория по висша геодезия, БАН, 1113 София

G. Milev, I. Totomanov — Utilization of repeated levelling results and velocity maps in studies of vertical movements of crustal blocks in Northeast Bulgaria. A statistical analysis of the changes in height differences of representative bench marks, measured during two periods of the levelling net in Northeast Bulgaria, is made. Considerable differences in exceedings are found which indicates that real changes in the height of the levelling points exist.

By means of velocity maps of the contemporary vertical movements on the same territory, with the aid of a suitable statistical test, it is found that the vertical movements on both sides of Tvǎrdica deep fault are insignificant. The neotectonic activation with accumulation of stresses and crustal deformation in the seismoactive structural line along the Black Sea coast is confirmed. Another proof is the seismic landslide activity. The methods applied and the results obtained are a contribution to the complex investigations of the contemporary dynamics of the region.

Предварителни бележки

При изследвания на движенията на земната кора сравнително големи възможности предлагат геодезическите методи.

Основа за изследване на вертикалните движения са резултатите от повторните и многократни нивелации на изследвания район. Тяхната надеждност и пригодност за тези цели би следвало да се установят предварително. Обикновено за това се извършва:

1. Визуално изследване на нивелачните репери, на тяхното състояние и стабилност от геоложка, строителна и други гледни точки.

2. Изключване от изследванията на нивелачни репери, подложени на влиянието на земетресения, по-големи от V степен по скалата на Меркали — Канкани — Зиберг.

3. Идентифициране на представителните нивелачни репери.

Целесъобразен се явява обаче още един предварителен статистически анализ на разликите между превишенията, измерени в две епохи, между представителните репери с оглед установяване дали има налице значими премествания или тези резултати имат случаен характер.

Заедно с това може да се предполага, че наличието на карти на съвременните вертикални движения на земната кора предлага допълнителни възможности за изучаване на евентуалните движения в зоните на разломите и на блоковете на земната кора.

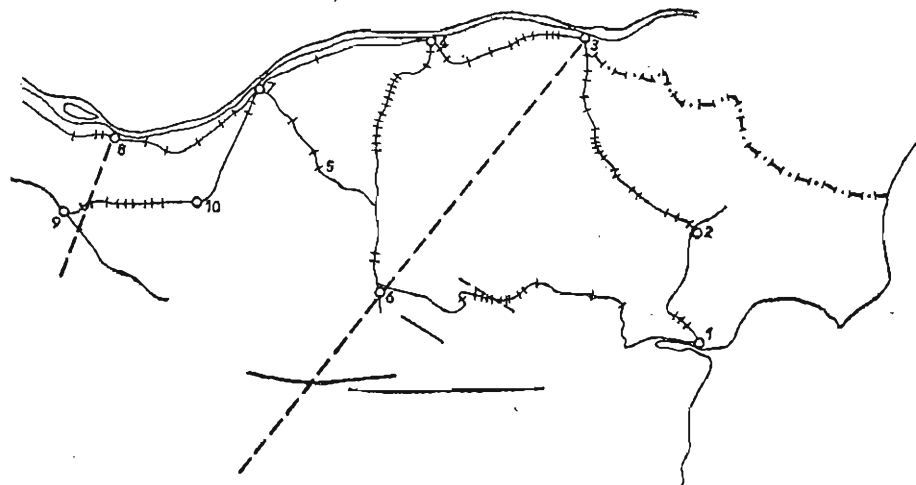
Тук се прави предварителен статистически анализ на разликите в превишенията, измерени в две епохи, и се изследват съвременните вертикални движения на блокове от земната кора в Североизточна България, като се предлагат съответни методи за целта.

Статистически анализ на резултатите от повторните нивелации в Североизточна България

В изследвания район съществува нивелачна мрежа, измерена в отделните ѝ части през различни периоди от време t_i . На базата на споменатите предварителни изследвания (1–3) са идентифицирани представителните репери (фиг. 1). При това засегнатите от земетресения репери са изключени.

За математико-статистическия анализ са използвани разстоянията S в km между представителните репери, временният интервал ΔT в години между двете нивелирания и разликите в превишенията δh . Максималната разлика $\delta h = +33,30$ mm, а общият брой на тези разлики е 176.

Предварителното изследване на разликите по знак показва практическо равенство: 87 са + и 89 са -. На тази база може да се приеме, че разликите са случайни и нямат систематичен характер.



Фиг. 1. Линии на повторната нивелация в източната част на Мизийската платформа в България с идентифицирани нивелачни репери

По-нататъшно изследване може да се направи, като се провери нормалността в разпределение на тези разлики. За целта може да се използват асиметрията и ексцесът на нормалното разпределение. Освен това сравнението на теоретичното с емпиричното нормално разпределение би могло да стане и с помощта на χ^2 разпределение.

Тук е използван ексцесът E и асиметрията S_k .
 Определянето на емпиричните E и S_k може да стане по следните формули:

$$E = \frac{\mu_4}{\sigma^4} - 3,$$

$$(1) \quad S_k = \frac{\mu_3}{\sigma^3},$$

$$\sigma_E = \sqrt{\frac{24n(n-2)(n-3)}{(n+1)^2(n+3)(n+5)}} \approx \sqrt{\frac{24}{n}},$$

$$\sigma_{S_k} = \sqrt{\frac{6(n-1)}{(n+1)(n+3)}} \approx \sqrt{\frac{6}{n}},$$

$$\mu_1 = \frac{\Sigma(\delta h_i - \delta h_m)}{n} = \frac{\Sigma \Delta_i}{n} = 0, \quad \mu'_1 = \frac{\Sigma(\delta h_i^p - \delta h_m^p)}{n} = \frac{\Sigma \Delta'_i}{n},$$

$$\mu_2 = \frac{\Sigma \Delta_i^2}{n}, \quad \mu'_2 = \frac{\Sigma \Delta'_i{}^2}{n},$$

$$\mu_3 = \frac{\Sigma \Delta_i^3}{n}, \quad \mu'_3 = \frac{\Sigma \Delta'_i{}^3}{n},$$

$$\mu_4 = \frac{\Sigma \Delta_i^4}{n}, \quad \mu'_4 = \frac{\Sigma \Delta'_i{}^4}{n},$$

$$\delta h_m = \frac{\Sigma \delta h_i}{n}, \quad \delta h'_i = \frac{\delta h_i}{S \Delta t} \frac{\text{mm}}{\text{km год.}},$$

$$\sigma = \sqrt{D}, \quad \Delta t = \frac{\Delta T}{10} \text{ год.},$$

$$D = \frac{\Sigma \Delta_i^2}{n-1},$$

където

- $\mu_i (i=1 \div 4)$ — централни моменти;
- δh_i — разлики между превишенията;
- $\delta h'_i$ — редуцирани разлики;
- S — разстояния между представителните репери в km;
- σ — стандарт;
- D — дисперсия;
- σ_E — средноквадратично отклонение на E ;
- σ_{S_k} — средноквадратично отклонение на S_k .

Определянето на асиметрията и ексцеса е извършено за два случая. В първия случай разликите δh са използвани непроменени, а във втория (означен по-надолу с ') те са редуцирани с S km, Δt . По този начин разликите са приведени към хомогенен статистически ред.

Резултатите при двата случая са

$$E = +1,14, \quad E' = +5,68,$$

$$\sigma_E = 0,37, \quad \sigma_{E'} = 0,37,$$

$$S_k = 0,35, \quad S'_k = 0,57,$$

$$\sigma_{S_k} = 0,18, \quad \sigma_{S'_k} = 0,18.$$

Границите, при които разпределението може да се приеме за нормално, са (Гайдаев и Болъшаков, 1969)

$$E \leq 3\sigma_E, \quad S_k \leq 3\sigma_{S_k}$$

Съответните критични стойности за двата случая са

$$\begin{aligned} 1,14 < 1,21, & \quad 5,68 > 1,2, \\ 0,35 < 0,54, & \quad 0,57 > 0,54. \end{aligned}$$

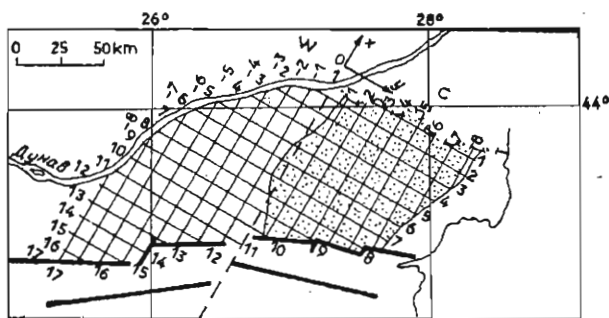
В първия случай E и S_k са в допустимите граници и следователно разпределението може да се приеме за нормално. Във втория случай обаче разпределението не е нормално, което в същност съответствува на реалността. Това дава основание да се направи заключение, че има налице значими премествания (движения) на земната кора в района. Това означава още, че наличните резултати от нивелациите могат да се използват за по-нататъшно изучаване на особеностите в движенията на района.

Изучаване на блоковите движения в района

За целта са използвани сеизмотектонската карта на България (Гълъбов, 1973) и картата на съвременните движения на земната кора в Източна Европа (Мещеряков, 1974). Тя е съставена на базата на вече изследваните данни от нивелацията в този район (т. 1) и съответна геолого-географска интерпретация. Използува се и съответна карта на изолиниите на средните грешки на скоростите (Тотоманов и Милев, 1980).

Съгласно Тотоманов и Милев (1980) в района могат да се обособят три зони (блока) — W , S и E , разделени със съответни разломи (фиг. 2).

Преобладаващите скорости на съвременното издигане са между 0 и 2 mm/год. На фона на това издигане се явяват локални издигания до 3 mm/год (в блокове W и E) и локално потъване до -1 mm/год (блок S).



Фиг. 2. Разположение на блоковете и разломите с мрежа за отчитане на скоростите

За изследване на относителното движение на блоковете W и S върху картата на съвременните вертикални движения на района (с отбелязани разломи) е нанесена правоъгълна мрежа (фиг. 2). Едната страна на мрежата е ориентирана успоредно на крипторазама между блокове W и S . Мрежата

покрива приблизително еднакви по площ части от блоковете W и C . Същата мрежа е построена и на картата с изолиниите на средните грешки на скоростите.

От двете карти са отчетени чрез линейна интерполация скоростите и средните им грешки за върховете от квадратите на мрежата (Тотоманов и Милев, 1980). Резултатите се схващат като два неравноточни реда наблюдения, на базата на които са изчислени емпиричните средни стойности и дисперсиите на скоростите на двата блока.

Съвкупностите V_w и V_c от вертикалните скорости съответно за блокове W и C могат да се схващат като генерални съвкупности на относително еднородни обекти, от които са направени съответни извадки.

Статистически задачата се формулира по следния начин. От две генерални съвкупности V_w и V_c са направени независими извадки с обеми съответно $n_w=73$, $n_c=59$ и са намерени емпирични стойности $\bar{V}_w = +0,90$ mm/год, $\bar{V}_c = +0,80$ mm/год и дисперсии

$$D_w = D_{\text{емп}}(V_w) = \pm 0,12 \text{ mm/год},$$

$$D_c = D_{\text{емп}}(V_c) = \pm 0,39 \text{ mm/год}.$$

При ниво на значимост $\alpha=0,05$ се проверява нулевата хипотеза за

$$(2) \quad M(V_w) = M(V_c),$$

за равенството на средните на две произволно разпределени генерални съвкупности при алтернативна хипотеза (Гмурман, 1977)

$$(3) \quad M(V_w) > M(V_c).$$

Критерият

$$(4) \quad Z' = \frac{M(V_w) - M(V_c)}{\sqrt{D_w/n_w + D_c/n_c}}$$

е разпределен приблизително нормално с параметри $M(Z')=0$ при (2) и $\sigma(Z')=1$.

Наблюдаваната стойност на критерия е

$$(5) \quad Z'_{\text{емп}} = \frac{V_w - V_c}{\sqrt{D_w/n_w + D_c/n_c}}.$$

Критичната точка в случая е

$$(6) \quad \Phi(Z_{\text{кр}}) = (1 - \alpha)/2,$$

с която по табличната функция на Лаплас се намира критичната стойност $Z_{\text{кр}}$ на критерия.

При

$$(7) \quad Z'_{\text{емп}} > Z_{\text{кр}}$$

нулевата хипотеза се отхвърля, а при

$$(8) \quad Z'_{\text{емп}} < Z_{\text{кр}}$$

се приема.

В случая се получава

$$Z'_{\text{емп}} = 1,10, \quad \Phi(Z_{\text{кр}}) = 0,45, \quad Z_{\text{кр}} = 1,64,$$

или изпълнява се неравенството (8). Това означава, че при ниво на значимост $\alpha=0,05$ нулевата хипотеза за равенство на средните скорости на вертикално движение на блокове W и C се приема. Оттук могат да се направят някои изводи, като например:

1. Скоростите на движение на двата блока практически са равни, като разликите са в границите на точността на определяне на скоростите.

2. Приложеният метод може да се използва за установяване наличие на блоков строеж и вертикални движения на земната кора и в други райони, за които има съответни карти и данни.

Заклучение

Изложените методи и тяхното приложение за изучаване на вертикалните движения дават основание да се установи, че те позволяват предварително и надеждно да се оценят изходните резултати при изследване на съвременни вертикални движения. Заедно с това методите позволяват да се получи реална картина за големината и характера на евентуалните диференцирани движения в даден район, както в случая е Североизточна България. Наред с изложените методи е целесъобразно използването и на повече факти и данни от други методи. Особено това важи за осигуряване на по-голям брой прецизни геодезически измервания, които повишават съществено надеждността на изводите. Заедно с това данните и резултатите от изследванията от други методи и средства — сеизмотектонски, геоморфоложки, географски и др., ще дадат допълнителна светлина на изследвания феномен.

Чрез използването на картата на скоростите на съвременните движения на земната кора с помощта на подходящ статистически тест се установява, че вертикалните движения от двете страни на Твърдишкия разлом са незначителни. Потвърждава се неотектонската активизация с акумулация на напреженията и деформациите на земната кора в зоната на сеизмоактивните структурни линии по дължина на Черноморското крайбрежие. Последното е във връзка със сеизмичната свлачищна активност.

Л и т е р а т у р а

- Г а й д а е в, П., В. Б о л ь ш а к о в. 1969. *Теория математической обработки геодезических измерений*. М., Недра. 400 с.
- Г м у р м а н, В. 1977. *Теория вероятностей и математическая статистика*. М., Высшая школа. 480 с.
- Г ъ л ь б о в, Ж. (ред.) 1973. *Атлас на Народна република България*. С., БАН — ГУГК.
- М е щ е р я к о в, Ю. (ред.). 1973. *Карта современных вертикальных движений земной коры Вост. Европы*. М., ГУГК.
- Т о т о м а н о в, И в., Г. М и л е в. 1980. Изследване на вертикалните движения на блокове от земната кора в Североизточна България. — *Висша геодезия*, 5, 42—48.

(Постъпила на 2. IV. 1982 г.)