

## ОПТИМАЛНА GPS МРЕЖА ЗА НАБЛЮДЕНИЕ НА СВЛАЧИЩА

**Румен ИВАНОВ, Невена БАБУНСКА-ИВАНОВА**

[rang75@hotmail.com](mailto:rang75@hotmail.com)

*доц. д-р инж. Румен Иванов, ст. ас. инж. Невена Бабунска-Иванова  
Висше Транспортно Училище "Тодор Каблешков", 1574 София, ул. "Гео Милев"158*

**БЪЛГАРИЯ**

**Резюме:** Разглеждат се различни проекти на мрежи за изследване на свлачища с GPS. Избрана е оптималната схема на мрежата и е предложен начин на организация на измерванията.

**Ключови думи:** GPS, свлачище, геодезическа мрежа

### Увод

Значителните материални щети, които нанасят свлачищата върху населените места, сградите и съоръженията са причината тези явления да бъдат обект на изучаване от широк кръг специалисти. През средата на 60-те години на миналия век тези деформационни процеси стават предмет на системни геодезически проучвания и благодарение на едни от пионерите в Р България по прилагането на геодезически методи за изследване на свлачищни явления - Г. Милев и Ц. Ценков са постигнати сериозни резултати по изясняване на техния механизъм, съвременна динамика, както и развитие и усъвършенстване на някои геодезически и статистически методи[1][2].

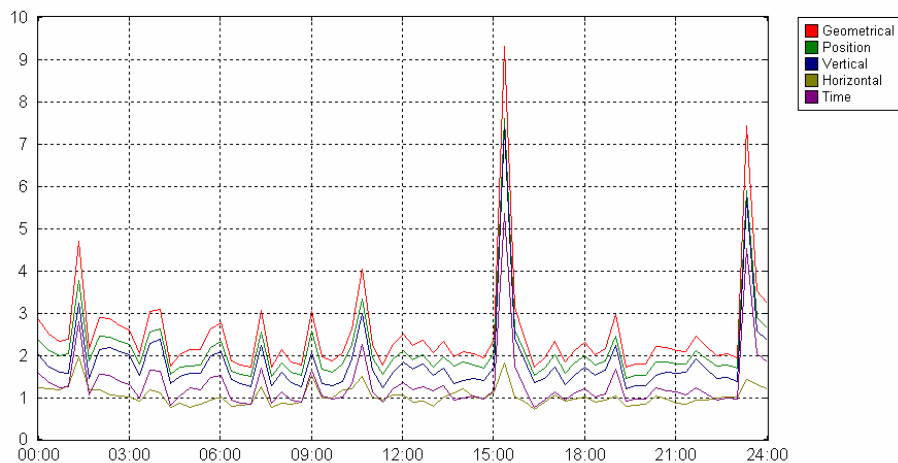
### 1. Геодезически методи за изследване

Сред инструменталните методи за изследване на свлачища най-често използвани са геодезическите методи. По измененията в положението на точките от опорната геодезическа мрежа от два или повече цикъла измервания за определен период от време получаваме големината и посоката на преместванията. Пространствените премествания се определят с GPS, тридименсионални традиционни методи, фотограметрични методи, SAR технология,

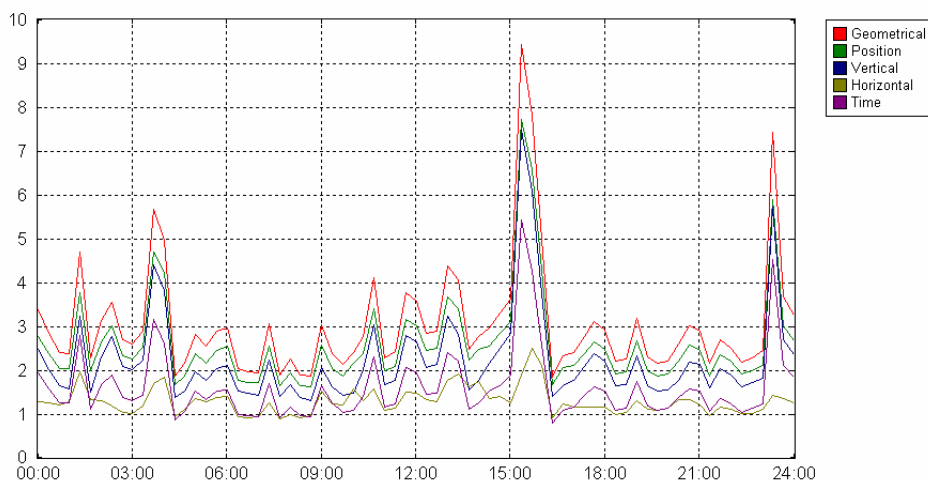
лазерно сканиране и др. Използваните полугеодезически методи за определяне на движения в свлачищното тяло са наклометри, инклинометри, екстензометри и др. При този процес на изследване GPS измерванията имат първостепенна важност сред другите инструментални методи.

Известно е, че при статични GPS измервания може да бъде постигната ср.кв. грешка от 2-5 mm в планово местоположение. По този начин измерванията извършени със спътникови системи за определяне на местоположение могат да гарантират с 95% сигурност установяването на планови премествания на свлачищното тяло от порядъка на 1-2 сантиметра и по-големи.

GPS координатните определения са базирани на Световната геодезическа система –WGS-84(World Geodetic System 1984), а ГЛОНАСС координатните определения на подобната на WGS-84 система ПЗ-90(Параметри Земи 1990). Използването на комбинирани GPS/ГЛОНАСС приемници осигурява непрекъснатост на измерванията поради по-големият брой видими спътници, съкращава продължителността на сесиите и подобрява стойностите на DOP факторите(GDOP,PDOP,VDOP,HDOP,TDOP) както може да се види от фиг.1 и фиг.2.



Фиг.1 DOP (0-10) GPS и ГЛОНАСС (за точка от територията на гр.София)



Фиг.2 DOP (0-10) GPS (за точка от територията на гр.София)

## 2. Оптимална схема на GPS мрежата и организация на измерванията

При изследването на свлачища с GPS разполагаме изходни точки на стабилен в геоложко отношение терен, а наблюдаваните точки са в зоната на преместване на свлачището. Главното предимство на GPS измерванията е, че не се изисква видимост между точките, на които поставяме приемниците и това прави тази технология конкурентна на класическите геодезически измервания. За разлика от класическите геодезически мрежи, където геометрията на мрежата е от съществено значение за точността, при GPS мрежите геометричната форма не е от значение, тъй като елементите на GPS конфигурационната матрица са 0, 1, или -1[3].

Важна особеност при GPS мрежите е, че за дадена сесия включваща  $r$  на брой приемника, само  $r-1$  от базисните линии са независими[4].

Съгласно стандартите на FGCS(FGCC) при високоточните измервания за изследване на деформации, повторното измерване на базисни линии трябва да обхваща 25% от всички независими базисни линии[5].

В зависимост от броя на страните в мрежата(s) и броят на приемниците( $r$ ) може да бъде определен минималният брой сесии ( $n$ ) по формулата[4]:

$$(1) n = \frac{s - o}{r - o},$$

където  $s$  и  $o$  е означен броят на застъпените страни между сесиите. Възможно е и извършване на оптимизация на мрежата по начина предложен в[3].

Засега в практиката няма създадена универсална схема, която да третира както броя на точките разположени на стабилен в геоложко отношение терен, така и начина на организация на измерванията. Броят на изходните точки може да бъде различен при

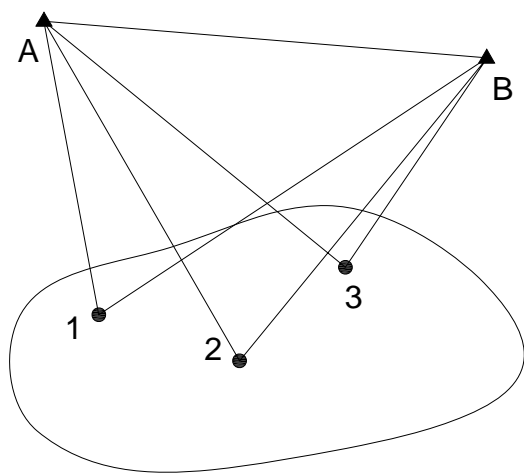
всеки проект за изследване на свлачище с GPS и в реализирани проекти създадени за тези цели се разглеждат две точки разположени на стабилният в геоложко отношение терен[6][7], три точки[8][9] и шест точки[10].

Обработката на единичните базисни вектори при статичните GPS измервания започва с изчисляването на най-добрата стойност за местоположението на точките от кодовите измервания и създаване на данни с фазови разлики и техните корелации[4].

Следва това се формират тройните разлики, за да се елиминира цикличната грешка и се изчисляват двойните разлики, като се цели нееднозначностите да се разрешат до тяхната точна стойност от цяло число и получаване на фиксирано решение.

За всяка една от базисните линии се извършва контрол по няколко критерия: фиксирано решение, коефициент на дисперсия, средна квадратна грешка, несвързки по координатните оси от сумиране по затворени фигури, съгласуваност на повторно измерени базисни линии, отношение между най-доброто решение и следващото най-добро.

След извършване на изравнение по метода на най-малките квадрати(МНМК) отново се прави проверка за качеството на всяка базисна линия. Неизпълнението на някои от тези критерии и проверката за качеството води до отпадане на тази базисна линия от обработката на мрежата.

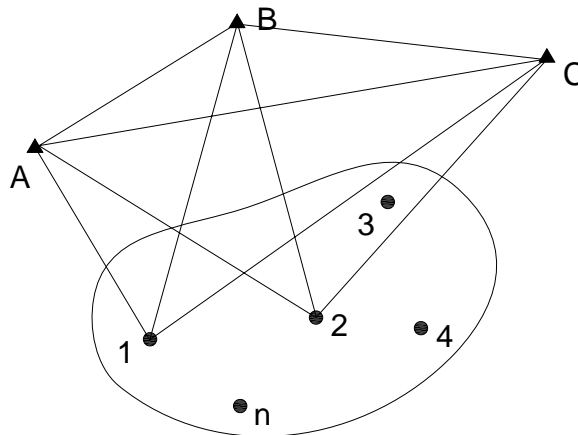


Фиг.3

В случай когато имаме две дадени изходни точки организацията на измерванията е най-

лесна поради факта че всяка една от изходните точки(A,B) се свързва с наблюдаваните точки от свлачището (1,2,3) (фиг.3). Като недостатък може да се посочи възможността вследствие на сложните математически обработки на единичните вектори, многокритерииният контрол и проверките на качеството на базисните линии да отпаднат някои от измерванията, които свързват изходните с наблюдаваните точки или изходна с изходна точка.

Това прави невъзможно изравнението по МНМК за конкретната фигура(A,1,B; A,2,B и т.н) и поради тази причина конфигурации от този тип трябва да бъдат избягвани. Оптимална схема на мрежата в случай на използване на два професионални приемника трябва да се търси при три точки в стабилната зона при следната възможна организация на измерванията A-1, A-C, A-B, B-1, B-C, C-1, 1-A, 1-B, след което същата схема на измерване се прилага и за точка 2: A-2, A-C, A-B, B-2, B-C, C-2, 2-A, 2-B и останалите наблюдавани точки 3,4...n(фиг.4).



Фиг.4

### Заклучение

Разгледана е една универсална схема, при която с минимален брой изходни точки може да се осигури надеждност и точност за изпълнение на задачи свързани с определяне на премествания на точки в свлачищните райони. Схемата улеснява и последващият деформационен анализ, осигурява достатъчен брой повторно измерени базисни линии и свързва всяка една наблюдавана точка с три изходни точки.

## ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Милев Г., Някой резултати от прецизните геодезични изследвания на свлачищните явления в района на гр. Балчик, Изв. геол. инст., сер. инж. геол. и хидрогеол., кн.19–20, 1972
- [2] Ценков Ц., Интерпретация на геодезически данни за изучаване на съвременната динамика на свлачищните процеси, Дисертация, 1983
- [3] Even-Tzur G., Н. Папо, Optimization of GPS Networks by Linear Programming, Survey Review, Vol. 33, №262, 1996, 537-545pp.
- [4] Хофман-Веленхоф Б., Х. Лихтенегер, Дж. Колинс, Глобална система за определяне на местоположение-Теория и практика, под редакцията на Г.Милев, София, УАСГ, 2002
- [5] Van Sickle J., GPS for Land Surveyors, CRC Press, 2001
- [6] Abidin H.Z., Н. Andreas, М. Gamal, Surono, М. Hendrasto, On the Use of GPS Survey Method for Studying Land Displacements on the Landslide Prone Areas, FIG Working Week 2004, Athens, Greece, May 22-27, 2004
- [7] Wan Aziz W.A., Khamarrul A.R., An appropriate GPS technology for landslide monitoring at East-West highway, Perak, Malaysia, MAP ASIA 2003 Conference, October 13-15, Kuala Lumpur, 2003
- [8] Pesci A., P.Baldi, A.Bedin, G.Casula, N.Cenni, M.Fabris, F.Loddo, P.Mora, M.Bacchetti, Digital elevation models for landslide evolution monitoring: application on two areas located in the Reno River Valley (Italy), Annals of Geophysics, Vol.47, №4, 2004
- [9] Schön S., Comparison of correction models for distance dependent systematic effects in GPS monitoring networks with large height differences, 3rd IAG/12th FIG Symposium, Baden, May 22-24, 2006
- [10] Dominici D., F. Radicioni, S. Selli, A. Stoppini, The Assisi Landslide GPS Network, In Brunner, F. (Ed.): Advances in Positioning and Reference Frames(IAG Scientific Assembly, Rio de Janeiro, Brazil, September 3-9, 1997), Vol.118, 1998

## OPTIMAL GPS NETWORK FOR MONITORING OF LANDSLIDES

**Roumen IVANOV, Nevena BABUNSKA-IVANOVA**

*Assoc. Prof. Roumen Ivanov, PhD, Senior assistant Nevena Babunska-Ivanova, Higher School Of Transport  
"Todor Kableshkov", 1574 Sofia, 158 Geo Milev Street*

**BULGARIA**

**Abstract:** *Various projects of networks for study of landslides with GPS have been considered. An optimal network scheme has been chosen and the ways for organization of measurements are proposed.*

**Key words:** *GPS, landslide, geodetic network*