

## GPS – ТЕХНОЛОГИИТЕ И СЪЗДАВАНЕ НА УСЛОВИЯ ЗА ТЯХНОТО ЕФЕКТИВНО ПРИЛОЖЕНИЕ В БЪЛГАРИЯ

Ст.н.с. д-р **Илия Йовев**

**Централна лаборатория по висша геодезия - БАН**  
София 1113, ул. “Акад. Г. Бончев” бл. 1, e-mail: Jovev@bas.bg

### Проекционни координатни системи

С много малко риск за некоректност можем да представим проекционните координатни системи като **системи на картните проекции**. Това са математически филтри, които се поставят на пътя на геопространствените данни, проектирани върху повърхността на елипсоида в 3-D модел  $h=0$  и имат за задача да ги преобразуват в 2-D равнинно изображение с качествата на съответната карта. Такъв вид изображение е свързано с наличие на деформации. Доколкото деформациите за която и да е проекция нарастват с отдалечаването от координатното начало, дефинирането на дадена координатна система включва, освен математическият закон на картното изображение, още координатното начало в общо земни координати и областта, обхвата от земната повърхност, за която системата, съхранява дефинираната оптималност на изображението. По математическия закон на изображението се класифицират различни картни проекции. Най-разпространената у нас е *Гаусовата проекция*, която напоследък идва като част от GPS-технологиите под названието *UTM*.

При конкретната си реализация, началото на проекционната координатна система се дефинира чрез гедезическите географски координати  $\varphi_0, \lambda_0$ , а в качеството на параметри се използват още размерите на елипсоида. По такъв начин тя принадлежи към съответната референтна система. За да се изобрази цялата територия в една и съща проекция, проекционните координатни системи се дефинират по зони, които се отличават една от друга с транслиране на координатното начало. Между всеки две съседни зони се създават буферни застъпни ивици.

Не е голямо разнообразието от видове картни проекции, които се употребяват в нашата страна. Основно място и най-голямо разпространение има *гаусовата проекция* и успоредно с нея, но с приложение само за картната продукция “за граждански цели” – *координатна система 1970 г.* Тук от чисто потребителска гледна точка ще поясним особеностите на приложенията на тези два вида проекции, като за повече информация ще отпратим читателя към специализираните публикации (Йовев, 2003; Даскалова и Здравчев, 2005).

**Гаусова проекция.** Към нея присъединяваме станалата известна напоследък UTM (Universal Transverse Mercator) проекция. Това са еднотипни цилиндрични проекции, които се различават само по своето наименование. Начало на координатната система е пресечната точка на екватора с някой от меридианите, наречен основен за конкретната система. Този меридиан се изобразява върху съставящата на цилиндъра в мащаб 1, т.е в реалната си дължина и това е абсцисата X (север) на системата. Ординатата Y започва от остта X – на изток положителна (растяща), на запад отрицателна (намаляваща). За да не се получават за Y отрицателни величини, общо прието е към стойностите на Y да се прибавя константата 500 000, т.е. вместо от 0, стойностите на ординатата Y да започват от 500 000. С отдалечаване от основния меридиан, деформациите в изображението нарастват. Уточнено и общоприето е, че за мащаби до 1:25 000 зоните на минимална деформация (незабележима в мащаба на изображението) се разпростират до  $1,5^\circ$  на изток и запад от основния меридиан, т.е това са  $3^\circ$  гаусови зони. За по-дребните мащаби са приети  $6^\circ$  гаусови зони, т.е. до  $3^\circ$  на

изток и запад от основния меридиан. Следващата крачка на унификация на гаусовите зони е единно приета система за определяне на основните меридиани и номера на съответните зони. За триградусовите зони първият основен меридиан се поставя на гринуичкия меридиан, като на всеки три градуса на изток стои основен меридиан. За шестградусовите зони първият основен меридиан се поставя на  $3^{\circ}$  на изток от гринуичкия меридиан и на всеки шест градуса на изток стои основен меридиан. Очевидно е, че всеки втори основен меридиан на триградусовите зони, съвпада с основния меридиан на шестградусовата зона. Територията на България се обхваща от 2 триградусови и 2 шестградусови зони. По тези разчети, основните меридиани на триградусовите зони са меридианите с дължина  $Lo = 24^{\circ}$  (24-ти меридиан) и  $Lo = 27^{\circ}$  (27-ми меридиан). Основните меридиани на шестградусовите зони са съответно:  $Lo = 21^{\circ}$  (21-ви меридиан) и  $Lo = 27^{\circ}$  (27-ми меридиан). Вижда се, че меридиан с дължина  $Lo = 27^{\circ}$  се повтаря. Всяка от тези зони има свой номер и той се определя по формулата:

За триградусовите зони:  $N_z = Lo/3$ . За България :  $N_{z24} = 24/3 = 8$ ;  $N_{z27} = 27/3 = 9$ ;

За шестградусовите зони:  $N_z = (Lo+3)/6$ . За България :  $N_{z21} = (21+3)/6 = 4$ ;  $N_{z27} = (27+3)/6 = 5$ .

В геодезическата практика на България, както и за редица други страни, вместо да се указват номерата на зоните, те се “вграждат” в стойността на ординатата  $Y$ , като към прибавената вече стойност 500 000 се добавя и шест цифрени кръгло число, първата цифра на което е номерът на зоната:

$$Y_{(гаус)} = Ni * 10^6 + 5 * 10^5 + Yi_{(оригинал)}, \text{ където } Ni - \text{номер на зоната}$$

Така дефинирани зоните на гаусовата проекция превръщат гаусовите координати в “световни”, защото “*по тях, както по географските координати може да се укаже кое да е място на земното кълбо*” (Христов, 1946).

Мащабът по основния меридиан в тази проекция е по дефиниция равен на 1, т.е основният меридиан се изобразява върху съставящата на цилиндъра в реалната си дължина. По съображения за по-равномерно разпределение на деформациите за цялата зона, в някои от нейните реализации мащабът се намалява. За нашата страна например, гаусовите зони в система 1930 г. са дефинирани с мащаб по основния меридиан  $Mo=0,9999$ . Във всички последващи системи той е оставен единица.

И сега за разликите с **UTM (Universal Transverse Mercator)**. Това е известно наименование на гаусовата проекция, но се наложи напоследък по терминологията, приета от Военно географската служба на САЩ и е разпространено в страните на НАТО като един от стандартите на тази организация. Тя се използва за създаване на военнотопографски карти в дребни мащаби – от 1:50 000 нагоре. Реализира се само по  $6^{\circ}$ -ови зони с мащаб по основния меридиан  $Mo = 0,9996$ . Използвайки споменатото по-горе качество на гаусовите координати като “световни”, Военно-географската служба на САЩ е разработила на тяхна основа “Глобална система за целеуказване”. Във връзка с това номерацията на зоните (само  $6^{\circ}$ -ови) се извършва по същите правила, както описаните по-горе, само, че началото, вместо на  $3^{\circ}$  от Гринуичкия меридиан ( $0^{\circ}+3^{\circ}$ ) е сложено на  $3^{\circ}$  от меридиана  $L= 180^{\circ}$  ( $180^{\circ}+3^{\circ}$ ), т.е на обратната страна на същата меридианна елипса. Ако сега разчетем номерата на споменатите две шестградусови зони, в които попада територията на нашата страна, ще се получи:

Разчети за номерата на  $6^{\circ}$ -те зони (UTM):  $N_z = (180+Lo+3)/6$ . където  $Lo$  е географската дължина на основния меридиан.

$$\text{За България : } N_{z21} = (180+21+3)/6 = 34; \quad N_{z27} = (180+27+3)/6 = 35.$$

Получените по този начин номера на зоните вече става невъзможно или по-скоро неудобно да се “вграждат” към стойностите на ординатата  $Y$ , както това се върши в българската практика и беше пояснено по-горе. Тук към ординатата остава само добавената константа 500 000. При това

положение еднозначното определяне на местоположението на дадена точка по нейните  $X$ ,  $Y$  – координати, изисква указването и на съответната зона, в която попада точката. От съображения за по-добро съгласуване с математическите координатни системи, в реализацията на UTM са разменени местата на координатите, като на първа позиция е поставена ординатата  $Y$ , с обозначение  $E$  (Easting), а на втора позиция – абсцисата  $X$  с обозначение  $N$  (Northing). Това е чисто формално подреждане, но облекчава контактуването с различните CAD – системи. За геодезията такъв начин на подреждане създава известен дискомфорт.

“Глобалната система за целеуказване” се реализира чрез проекционните координати UTM като вид проекционно приложение на световната референтна система WGS84. В този си вид и чрез описаните по-горе вторични параметри (ширина и номер на зоните, основен меридиан, мащаб по основния меридиан), UTM е програмно реализирана на изхода на всички GPS-устройства. Въпрос на потребителски избор е да се извеждат оригиналните геоцентрични координати във вида  $\varphi$ ,  $\lambda$ ,  $h$ , респ.  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ , или във вида UTM. С това се създава впечатлението, че UTM са вид оригинални геоцентрични координати  $\varphi$ ,  $\lambda$ ,  $h$  респ.  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ , които генерира референтната система WGS84. Всъщност, това е само техен трансформационен продукт и то само на един от видовете проекционни координатни системи, които програмно са реализирани за получаване на изхода. Там има програмирани “изходи” и към други проекционни координатни системи, за които са били известни “трансформационните ключове”. По причина на “секретност”, от която българската геодезия неясно защо все още не се е освободила, за видовете проекционни координатни системи, използвани в България няма реализирани такива “изходи”.

UTM-координатите заемат особено място измежду останалите проекционни координати. Първо, като проекционни – те са еднотипни за всяка една от зоните и в този смисъл няма значение в околността на кой меридиан са дефинирани. Второ, по начина, по който се дефинират началото на системата и номерата на зоните, е достатъчно само геодезическата географска дължина  $\lambda_i$ , на която се намира приемника, за да се изчислят измерените на мястото  $\varphi_i$ ,  $\lambda_i$  координати във вида UTM. При това положение, без подаване на никаква допълнителна информация чрез UTM координатите може да се определи кое да е място от земното кълбо.

Не бива да се забравя, че за тази цел освен координатите на съответното място ( $E$ ,  $N$ ) задължително, със значение на трета координата следва да присъствува и номерът на зоната, т.е. ( $E$ ,  $N$ ,  $Zon$ ). Това стои малко в страни от българската практика и се недооценява. Например, движейки се с GPS-приемник, при пресичане на междинния между две зони меридиан (за България това е меридиана  $24^0$  - междинен на зони 34 и 35), приемникът започва да подава с километри различаващи се координати от тези, подавани преди това. Понеже пресичането на една мислена линия, каквато представлява съответния меридиан, по никакъв начин не може да се усети от ползвателя на GPS-приемника, рязката промяна в показанията на координатите поражда съмнения към самата апаратура. Съмненията биха изчезнали, ако се обърне внимание на това, че освен промяната в координатите е променен и номерът на зоната и разбира се, се знае какво означава тази промяна. Въпросът е доста дребен и чисто практически. Рискувахме да дадем тук повече обяснения по него, тъй като към нас са отправяни много въпроси, а има и случаи на отказ от ползване на този вид координати, тъкмо по тази причина. Отказът от ползване на UTM-“изхода” не е проблем и не би създавал особено големи проблеми. Регистрирайки вместо тях геодезическите географски координати  $\varphi$ ,  $\lambda$ , в режим на пост-обработка можем да решим задачите, които сме си поставили. За някои от тези задачи така регистрираните координати могат да се окажат дори по-подходящи. За по-големият кръг от геодезически, картографски и навигационни задачи, които се решават върху територията на страната, по-подходящи са координатите от UTM-“изхода”. Това се отнася за работи, свързани с геодезическите работни мрежи, снимки, трасировки, събиране и обновяване на картографска информация, навигационни карти, туристически маршрути и др. Координатите във вида UTM са по-“читаеми”, и поради това - по-удобни за контролиране на работата още в процеса на измерванията, за съпоставяне на маршрутите по време на навигация и т.н.

За всяка реализирана проекционна координатна система потребителят трябва да знае: в коя геодезическа референтна система е реализирана, типът на проекционната система и нейните вторични параметри. Без тези параметри не могат да се решават редицата трансформационни задачи, свързани с използване на координатите в нея. Например, параметричното представяне (указване) на реализираната във WGS84 UTM координатна система ще изглежда по следния начин:

- Референтна система WGS84;
- Проекционна система UTM;
  - $6^0$ -ови зони, номерирани от меридиан  $L=180^0$  на изток по формулата :  $N_0 = (180+L_0+3)/6$ ;
  - Мащаб по основния меридиан  $m_0=0,9996$ ;
  - Добавена стойност към ординатите  $+500000$  m.

За разлика от редица други проекционни координатни системи, тук не се задава координатното начало, в случая - началото на зоните, защото то се дефинира в самата проекция като пресечна точка на основния меридиан с Екватора.

За българската геодезическа практика реализирането на UTM в GPS технологиите има сериозни предимства: първо, тя не е чужда на нашата теория и практика и под името “Гаусова проекция” има най-широко разпространение. Второ, нямаме приложения с абривиатурата “UTM”, поради което можем да приемем, а то вече се и налага в практиката под наименованието UTM, да разбираме точно тази реализация на системата, която уточнихме по-горе.

**“Координатна система 1970 г.”** е следващата по важност проекционна система за геодезическото и картографско производство на България. Дефинирана е при условия на пълна секретност, така че да останат скрити всички дефиниционни параметри, свързани както с вида на проекционните координати, така и с геодезическата референтна система, на която те принадлежат. Крайната цел е била да се отдели “гражданското” геодезическо производство в различна от държавната геодезическа система, като по този начин се осигури по-голяма “скритост” на държавната геодезическа система, оставяйки я само за военно приложение. Въвежда се през 1969 г. с разпореждане на тогавашния “Държавен комитет за отбрана”. Все още няма публикувани официални данни за същността на системата и за нейните дефиниционни параметри. Доколкото тази система продължава да бъде основа на всички едромасщабни картографски приложения, при което “трансформационните ключове” към UTM/WGS84 стават част от картографските технологии, непознаването на тези параметри, създава сериозни трудности за извеждане на такива “ключове”. Повече сведения за “система 1970 г.” могат да се намерят в публикацията на Ил. Йовев, (2003), но там е допусната малка неточност по отношение ротационните процедури за получаване координатното начало на всяка зона, която тук коригираме.

По математическите си дефиниции, “координатната система 1970 г.” е проекция от класа на коничните, по-точно “Ламбертова конична проекция”. Въпреки малката територия на страната, тя е реализирана в 4 Ламбертови зони, всяка от които се определя от зададено координатно начало  $(\varphi_0, \lambda_0)$ , мащаб по основния паралел  $\mu_0 = 1$  и специална за всяка зона разграфка по картни листове 1:1 000 000, чиито върхове са определени само в плановите за зоната координати. Така се стига до известните четири зони: К - 3 (северозапад), К - 7 (североизток), К - 9 (югозапад) и К - 5 (югоизток). Тези обозначения на зоните са произволно избрани и нямат никаква връзка със системата. Координатното начало на всяка от 4-те зони е избрано с координати, отчетени в Българската геодезическа система 1950 г. (БГС50) -  $(\varphi_i, \lambda_i)_{50}$ . След това отчетените по такъв начин координати на началото са транслирани по  $\varphi, \lambda$  с произволно избрани стойности  $\Delta\varphi$  и  $\Delta\lambda$  и завъртяни по отношение на геодезическия север на също така произволно избран ъгъл  $\Delta A$ . С така избраните константи по диференциалните формули на Вл. Христов за преход от една система в друга са получени вече координатите  $(\varphi_0, \lambda_0)_{70}$  на началото на всяка зона. При това елипсоидът на

Красовски, който се използва в БГС50 се запазва и в дестинационната система 1970 г. Оттук по математическите дефиниции на Ламбертовата проекция, дефинирана с един допирателен паралел и мащаб по него  $\mu_0 = 1$  се получават плановете координати  $x, y$  за съответната зона. Последната стъпка от прехода е добавянето на подходящи константи към така получените  $x, y$  координати - такива, че те по външен вид да приличат на "гаусови" в триградусовите зони. Вижда се, че за дефинирането на тази трансформационна задача, са необходими по 7 параметъра за всяка зона, а именно:

- две координати  $(\varphi_i, \lambda_i)_{50}$  за начало на зоната;
- две трансляции  $\Delta\varphi, \Delta\lambda$  и една ротация  $\Delta A$ ;
- две трансляции  $\Delta X, \Delta Y$ .

Това е броят на неизвестните все още параметри, които общо за 4-те зони са 28.

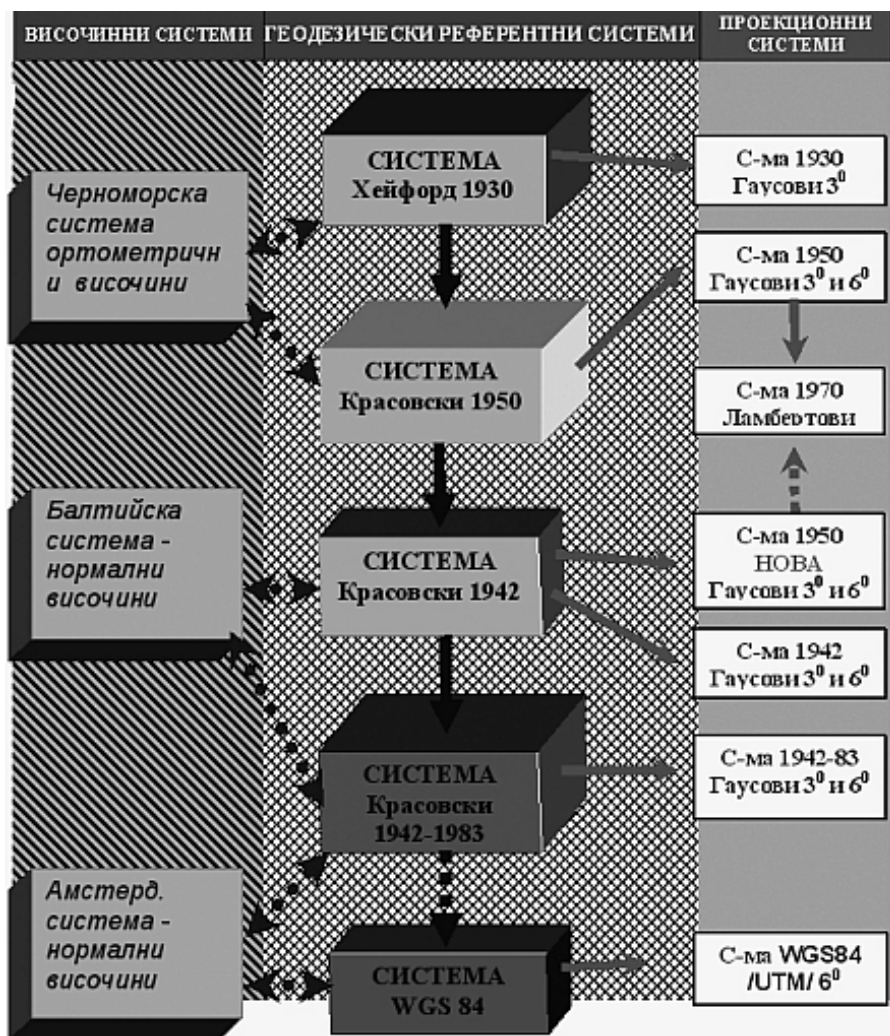
Толкова детайлизирано представяне стъпките на проведените трансформации за получаване координатите в "координатна система 1970 г." може би надхвърля рамките на настоящия материал, но е възможно кратко и най-пълно, непубликувано досега представяне на системата. (В тази си част статията е консултирана с автора на координатна система 1970 г. полк. д-р инж. К. Лесидренски). Реализирането на отделните стъпки, което тук не е пояснено, е извършено по математически формули и процедури, които са известни и могат да се намерят в специализираната геодезическа литература.

Много съществен момент при тези решения е този, че с помощта на елиминационни процедури са елиминирани геодезическите географски координати и в двете системи и е изведена пряка трансформационна връзка между гаусовите координати – "система 1950" и проекционните координати на "система 1970". При това положение координатните регистри – базата данни на "система 1970" са запълнени само в частта си проекционни  $x, y$  координати и на потребителско ниво трябва да се счита, че тази система не притежава геодезически географски координати. При този видимо усложнен начин за дефиниране на "координатна система 1970", тя е реализирана като проекционно приложение на БГС50 и притежава всички качества на геодезическите, респ. картни проекции. От тези качества най-същественото е "конформност" – качество, което има изключително важно значение за дефиниране на проекционната задача за преход в други геодезически проекции, в частност за дефиниране на задачата за преход от "система 1970" към UTM/WGS84.

## Референтни, координатни и височинни системи в България

Те са представени в графичен вид в историческата последователност, в която са реализирани и са придружени от кратки пояснения, засягащи не толкова тяхната същност - дефиниционните параметри, колкото картната продукция, издадена в тях.

**"Българската геодезическа система 1930 г."** (БГС30), е дефинирана върху елипсоида на Хейфорд. В проекционните си координатни системи се използва гаусова проекция. Тя е реализирана в 3<sup>0</sup>-ови ивици с основни меридиани 24<sup>0</sup> и 27<sup>0</sup>, с мащаб по основния меридиан  $\mu_0 = 0,9999$ . В тях е издадена **топографската карта** в М 1:25 000 с пълно покритие на страната и в локална разграфка на картните листове. В същата проекция са съставяни и различните кадастрални планове и геодезически снимки.



Фиг. 5. Геодезически референтни, координатни и височинни системи и картни проекции, използвани в България

Fig. 5. Geodetic references, coordinates and elevation systems and map projections, used in Bulgaria

“Българската геодезическа система 1950 г.” (БГС50) е трансформационен аналог на “система 1930 г.”. Преходът е извършен по диференциалните формули на Вл. Христов за преход от една геодезическа система в друга, при което освен промяна в координатите на началната точка е заменен и елипсоида на Хейфорд с елипсоида на Красовски. В проекционните си координатни системи се използва гаусова проекция. Тя е реализирана в 3<sup>0</sup>-ови ивици с основни меридиани 24<sup>0</sup> и 27<sup>0</sup> и в 6<sup>0</sup>-ови ивици с основни меридиани 21<sup>0</sup> и 27<sup>0</sup>. Мащабът по основния меридиан е  $\mu_0 = 1$ . В тях е издадена **военно-топографската карта** на страната в М 1:25 000 и в М 1: 50 000 в световна разграфка на картните листове. В 3<sup>0</sup>-овите ивици е започнато издаването на **Едромащабна топографска карта на страната** (ЕТК) в мащаби 1:5 000 и 1:10 000, предназначени за граждански цели. В същата проекция са съставяни и различните кадастрални планове и геодезически снимки. В тази си част БГС50 се ползва до края на 60-те години на миналия век, след което е заменена от проекционната “координатна система 1970 г.”. Тя се въвежда в края на 60-те и началото на 70-те години на миналия век и поема цялата “гражданска” картна продукция на страната. Продължава да е в употреба и към момента и в нея се изработват освен едромащабните карти и кадастрални планове още и редица тематични карти в по-дребни мащаби. Издадена е също така “разсекретена” топографска карта в М 1:25 000 , в М 1: 50 000 и в М 1:100 000.

“Геодезическата ситема 1942 г.” е въведена през 60-те години. Свързва се с основното обновяване и подобряване на държавните геодезически мрежи, които получават една много висока за този вид мрежи точност. За съжаление, тези подобрения остават неотразени в предходната я “система 1950 г.” и по такъв начин неотразени и в цялата геодезическа и картна продукция на

“гражданското” производство, което се създава в “система 1950 г.” и следващата я “система 1970 г.” По такъв начин “система 1942 г.” остава само за военно приложение\*. Дефинирана е върху елипсоида на Красовски. В проекционната си част – гаусова проекция в 3<sup>0</sup>-ви и 6<sup>0</sup>-ови зони с мащаб по основния меридиан  $\mu_0 = 1$ . Военните топографски карти са издадени в мащаб от 1:25 000 и в по-дребни в целия мащабен ред в 6-градусовите ивици.

“Геодезическата система 1942/1983” се въвежда само за военни цели в средата на 80-те години на миналия век. По отношение проблемите, засегнати в настоящата статия, тя не се различава от “система 1942 г.”, поради което не я коментираме.

“Геодезическата система WGS84”, заедно с реализираната в нея проекционна система UTM, се въвежда у нас от началото на 90-те години на миналия век, заедно с началното разпространение на GPS-технологиите в нашата страна. Тя се въвежда без да подменя действащите към момента национални системи. По-скоро, още с първото навлизане на тези технологии с особена острота възникват проблемите за създаване на “трансформационни ключове” за връзки на националните геодезически референтни системи към WGS84, което е изключително важно за създаване на оптимални условия за разпространение на GPS-технологиите в българското геодезическо и свързаните с него производства. По отношение на българското картно производство, реализирано в нея, добавяме това, че Военно географската служба на БА издава военнотопографските карти на страната в UTM / WGS84, по единна разграфка и мащабен ред, съгласно стандартите на NATO.

Дефиниране на трансформационните задачи между референтните координатни системи

Положението на една точка  $P_i$  от земното пространство може да се зададе с координатните средства на Геодезическата референтна система със следните видове координати:

- (1). **Геоцентрични декартови** на точка  $P_i$  върху реалната земя (топоцентър):  $P_i(X^T, Y^T, Z^T)$ ;
- (2). **Геодезически географски** на точка  $P_i$  върху реалната земя (топоцентър):  $P_i(\varphi, \lambda, h^T)$ ;
- (3). **Геоцентрични декартови** на проекцията на точка  $P_i$  върху елипсоида:  $P_i'(X^e, Y^e, Z^e)$ ;
- (4). **Геодезически географски** на проекцията на точка  $P_i$  върху елипсоида:  $P_i'(\varphi, \lambda, 0)$ ;
- (5). **Равнинни**  $P_i''(x, y)$  на проекцията на т.  $P_i$  в съответната проекционна равнина.

При положение, че само един от тези видове координати е известен – например при GPS-технологията измерените, т.е. известните координати са (1):  $P_i(X^T, Y^T, Z^T)$ . От тях по тривиални трансформационни процедури могат да се получат координати на същата точка в кой да е от посочените по-горе видове. Така се формират и споменатите вече “изходи” за желаният вид координати от потребителя. Този вид трансформации са “вътрешни” за системата и не създават проблеми.

Проблемите идват, когато разполагаме с цифров модел, създаден в някоя от доспътниковите референтни системи, например БГС50, а се опитваме да го попълним, ползвайки GPS-средства, които подават координати във WGS84. Очевидно, че ако за използваната в торния пример точка  $P_i$ , видовете координатите от (1) до (5) са били в БГС50, то получените за същата точка координати във WGS84 ще бъдат различни по стойност във всичките показани видове. Така се стига до дефиниране на трансформационната задача – “ключ” за преход от една в друга геодезическа система. Тази задача може да се реши, съпоставяйки кои да са двойки координати от (1) до (5) в двете системи. Най-нагледно трансформационните връзки могат да се представят чрез координатите от вида (3):

$$\begin{bmatrix} X_T \\ Y_T \\ Z_T \end{bmatrix} = m * \begin{bmatrix} 1 - R_Z + R_X \\ R_Z & 1 - R_X \\ -R_Y + R_X & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} X_S \\ Y_S \\ Z_S \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} dX \\ dY \\ dZ \end{bmatrix}$$

където координатите на дадена точка  $X_S, Y_S, Z_S$  от система “S” се трансформират в координати  $X_T, Y_T, Z_T$  от система “Т”.

Трансформационните параметри са всъщност:

- три ротации по съответните оси -  $R_X, R_Y, R_Z$ ;
- три транслации по съответните оси –  $dX, dY, dZ$  и
- мащабен фактор –  $m$ .

$X_S, Y_S, Z_S$  от система “S” се трансформират в координати  $X_T, Y_T, Z_T$  от система “Т”.

Описаната по-горе в матрична форма трансформационна процедура е известната “Хелмертова ортогонална трансформация” на пространствени декартови координати. И понеже в тази процедура има 7 параметри, някои автори започнаха да я наричат “7 параметрична трансформация”. За държавните геодезически системи тези 7 параметри би следвало да са изведени и предоставени за ползване на потребителите. За съжаление това не е направено, а се появяват решения без гаранция кое от тях е достоверно. Трансформационните връзки могат да се изведат и по проекционни координати (т. 5). В такъв случай ще се появи друг вид трансформационна процедура, базирана на редови развития с ограничения, произтичащи от качествата на съответните проекции. За малък район тя се превръща в Хелмертова ортогонална трансформация с 5 параметри. Друг ще бъде видът на трансформационната процедура и броят на параметрите, ако тя се осъществи чрез геодезическите географски координати от вида (4).

За нашата страна трансформационните задачи се явяват утежнени от големия брой ГРС и от 4-те зони на “система 1970 г.” Въпреки всичко, връзките на 4-те зони “система 1970 г.”, както и на всички ГРС, дефинирани за територията на страната, трябва да се изведат към WGS84 и тези връзки се обявят като държавен стандарт и се предоставят за ползване. Доколкото тук призивът за извеждане на подобни връзки се отправя в безлична посока, ще споменем само, че ЦЛВГ-БАН има научен ресурс за решаването на тази задача и няма вина за нейното забавяне.

От друга страна у нас се разпространяват програмни продукти, които решават голяма част от трансформационните задачи, но без гаранция за точност и обхват. Извеждането на трансформационните параметри може да става, и това се прави доста често по метод на така наречените “идентични точки”. В рамките на сравнително ограничен обект могат да се опознаят точки от цифровия модел, които личат на терена. Тези точки, не по-малко от 4-5, се измерват с GPS–приемника. Съпоставянето на измерените координати с координатите на идентичните на тях точки от цифровия модел дава възможност за трансформиране на целия цифров модел в системата UTM/WGS84, или обратно. Такава функция има във всяка САД–система. На ползвателя в този случай се дава възможност за избор на метода, по който да се извърши тази трансформация. Нашата препоръка е да се ползва Хелмертова, а не афинна трансформация, тъй като афинните координатни системи са по-скоро системи на “изкривеното”, отколкото на реалното пространство, което координира геодезията. Такъв начин на работа може да се прилага и при осъвременяване на стара географска информация, мащабно отразена върху карта, за която не е известна нито координатната система, нито проекцията. В случай на предполагаема деформация на изходните картни материали, за предпочитане е афинната трансформация, за която са необходими по-голям брой идентични точки.

\* \* \*

В настоящия материал са засегнати основната група от въпроси, отнасящи се до геодезическата и картната продукция на страната и възможностите за нейното обновяване чрез GPS –технологиите или на нейното пре-базиране в световната геодезическа система. Своевременното и



качествено решение на този проблем е основна предпоставка за създаване на оптимални условия за разпространение на GPS-технологиите в България, и то не само за геодезията и картографията, а преди всичко за свързаните с тях направления, главно в областта на информационните технологии, на навигационните системи и др. Това е процес, който търпи развитие успоредно с развитието на спътниковите технологии. В този смисъл, представените тук решения са по-скоро принципни и не изчерпват проблемите като цяло.

## Литература

Георгиев, Ив. и др. Държавната GPS мрежа: обработка на наблюденията от основния клас. - БАН, Висша геодезия, кн. 18, 2006 (специално издание)

Георгиев, Ив. и др. ДЪРЖАВНАТА GPS МРЕЖА: Обработка на наблюденията от второстепенния клас. - БАН, Висша геодезия, кн. 20, 2007 (специално издание)

Даскалова, М., Ив. Здравчев. Математическа геодезия, Учебник, С., 2005.

Йовев, Ил. Държавните геодезически мрежи на България и свързаните с тях референтни, координатни и височинни системи. - БАН, Висша геодезия, кн. 16, 2003, с. 101–141.

Модел на геодид EGM96: <http://earth-info.nga.mil/GandG/wgs84/gravitymod/egm96/intpt.html>

Христов, Вл. Гаус – Крюгеровите координати върху ротационния елипсоид, София изд. Държавен географски институт, 1946.

-----  
\* **Бел. ред.** Според действащия в България *Закон за класифицираната информация* (ЗЗК, Обн., ДВ, бр. 45 от 30.04.2002 г.) топографските карти в “геодезическа координатна система 1942 г.” (машаби 1:25 000, 1:50 000 и 1:100 000) са с ниво за класификация на сигурност “поверително”. Редът за тяхното ползване при научни изследвания е уреден съгласно *Правилника за приложение на ЗЗК* (Обн., ДВ, бр. 115 от 10.12.2002 г.).

## GPS-TECHNOLOGIES AND PROVISION FOR THEIR EFFECTIVE APPLICATION IN BULGARIA

Senior Research Associate Eng. Dr. Iliya Yovlev  
Central Laboratory of Higher Geodesy – BAS

### Summary

This paper discusses problems relating to the application of the Global Navigation Space Technologies among which the American NAVSTAR has found widest distribution, well known under the user name of GPS (Global Positioning System). The effect from the use of GPS technologies depends on the solution of a number of transformation problems relating to binding of the national frames of reference to the geodetic reference frames of the global navigation satellite groups. These problems are country-specific and depend on the quality, level of completeness and accuracy of the geodetic provision at the time of introduction of space technologies. The problem of how this requires a new way of data restructuring in GIS (Geographic information systems) has been discussed in the second part of this paper (to be published in the next issue of this journal). The entire range of national reference and projection systems used in Bulgaria has been represented, as well as the transfer keys for each of them to join the geo-centered satellite frame of reference.

---