

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ  
НАЦИОНАЛЕН ИНСТИТУТ ПО  
ГЕОФИЗИКА, ГЕОДЕЗИЯ И ГЕОГРАФИЯ  
№ 406 / 19.06.2018 г.  
СОФИЯ

## РЕЦЕНЗИЯ

на дисертация на тема: „Съвременни методи за анализ на грешките на GPS приемници в DGPS/RTK режим“ с автор Петър Георгиев Ковачев за присъждане на образователна и научна степен „Доктор“

Член на научното жури: проф. дтн Явор Чапанов

Институт по геофизика, геодезия и география при БАН,  
София 1113, ул. Акад. Г. Бончев, бл.3,  
e-mail: astro@bas.bg

### Биографични данни за автора:

Петър Ковачев е роден през 1954 година. През 1972 година завършва математическа паралелка в гимназия в Бургас. Висше образование получава в Софийски университет – Физически факултет, специалност физика педагогически профил през 1979 година. През 1980-1981 специализира „Звездна астрономия“ в Катедра „Астрономия“ към Физическия факултет на Софийския университет. От 1982 година работи в БАН – в Централната лаборатория по висша геодезия до 2010 и след това до сега - в Националния институт по геофизика, геодезия и география на длъжности физик, научен сътрудник, главен асистент и асистент. Участвал е в редица международни измерителни GPS кампании на територията на България. Участвал е в специализирания съвет на Секция Време и честота към НМЦ на Комитета по стандартизация и метрология към Министерския съвет на Република България.

### Актуалност на дисертационния труд

Темата на дисертационния труд е актуална. В последните години DGPS/RTK (Differential GPS/Real-Time Kinematic) измерванията в реално време стават все по предпочитан метод за осъществяването на голям брой геодезически

дейности. Тази технологията позволява да се намалят разходите и да се намали времето за осъществяването им. Съвременната точността на RTK метода е от порядъка на 1-2 сантиметра в хоризонталните координати и 2-3 пъти по-ниска във вертикалната координата. В действителност съществуват редица фактори, пренебрегването на които може да доведе до грешки от порядъка на метри. Използването на периодични тестове на приемниците и техните антени може да осигури вътрешен контрол на качеството на приемника, подобряване на точността, достигана от този приемник и легализиране на метрологичните му характеристики.

## Цел и задачи на дисертационния труд

Основната цел в дисертацията "Съвременни методи за анализ на грешките на GPS приемници в DGPS/RTK режим" е да се изследват факторите, които влияят на точността на DGPS/RTK приемници при работа в диференциален режим в реално или почти реално време. Поставените задачи за постигане на целта са свързани със създаване на подходящи алгоритми за тестване на GPS приемниците с оглед на вътрешния контрол на качеството и точността на измерванията; натрупване статистически значим масив от измервания, който ще помогне за извеждането на критерии за границите на приложимост на метода; анализ на тестови точки, на които ще се изследва влиянието и степента на корелираност на грешките и систематичните отклонения върху точността, надеждността, достъпността и интегритета на измерванията.

Считам че поставените задачи са успешно реализирани и по този начин основната цел на дисертационния труд е изпълнена.

## Структура на дисертацията

Дисертационната работа е оформена в 6 глави и съдържа 148 страници, от които 26 страници приложения, оформени в 4 части. Анализите на данните са представени в 54 фигури и 21 таблици. Библиографията обхваща 174 заглавия, от които 18 на кирилица и 156 на латиница.

В уводната Глава 1 са представени актуалността на проблема, целите и задачите, изследователските методи и плана на изследванията.

В глава 2 е разгледано съвременното състояние на проблема.

В глава 3 са представени основните фактори, влиящи върху точността на измерванията, описани са грешките в ефемеридите и честотно-времевия тракт на спътниците, представени са релативистките ефекти, йоносферните и тропосферните грешки, грешките от електромагнитни смущения и от въздействието на отразени сигнали. Описани са метрологията на часовниците, диференциалните грешки на измереното псевдоразстояние, моделите за

прецизното определяне на положението с GPS, методите за тестване на GPS приемници и анализ на времевите редове.

Глава 4 е посветена на експерименталната част на дисертацията. Описани са тестове на GPS приемници в кинематичен и диференциален режим. Анализирани са резултатите от решението на перманентни GPS станции, чрез използване на дисперсионен, корелационен и интеркритериален анализ.

В глава 5 е описан софтуер за визуализация и анализ на качеството на GPS приемници. В основата на този софтуер е използвана програмата TEQC на UNAVCO.

В глава 6 са представени обобщено основните резултати в дисертацията.

От изложението личи, че авторът е запознат в детайли с разработвания проблем и има много добра информираност за съвременното състояние на въпроса. Образователната част на дисертацията е представена основно в глави 2 и 3, където авторът показва задоволителни познания в областта на практическото приложение на GPS измерванията и основните фактори, влиящи върху тяхната точност. Образователната част е съществено допълнена и в изследователските глави 4 и 5, където авторът използва съвременни статистически методи за изследване на времеви редове и някои от последните методи за програмиране в средата на WINDOWS.

Авторефератът е изгotten съгласно изискванията, коректно отразява съдържанието и структурата на дисертацията и подчертава най - значимите приносни аспекти.

#### **Научни публикации по темата на дисертацията:**

В автореферата са посочени 7 публикации от които 4 са самостоятелни, а на една е първи автор. Тези публикации са отпечатани основно в поредицата на БАН «Висша геодезия» и Годишника на секция “Информатика” към Съюз на учените в България.

#### **Оценка на изводите и научните приноси**

Претенциите на автора за основните приноси на дисертационния труд са формулирани в 4 точки. Тези приноси може да се категоризират като установяване на нови факти и създаване на методи за обработка и анализ на резултатите от DGPS/RTK измервания.

1. Изяснени са основните източници на грешки в DGPS/RTK режима и е проведен подробен анализ на факторите, причиняващи грешки, при този род измервания.
2. Анализирани са видовете дисперсии, използвани при метрологичния контрол на високоточни скали за време и са предложени подходящи дисперсии за оценка и анализ DGPS/RTK измервания.
3. Проведен е статистически анализ и оценки на качеството на кинематични решения, получени с помощта на APPS (Automatic Precise Positioning Service) на Глобалната Диференциална GPS система (Global Differential GPS - GDGPS) на НАСА и JPL, за две перманентни станции SOFA и SOFI.
4. Създадени са програми и алгоритми за извлечане, визуализация и анализ на резултатите от DGPS/RTK измерванията (описани в Глава 6) и методика за оценка на грешките, описана в експерименталната част на Дисертацията.

В дисертацията са създадени няколко програмни продукта, които са еквивалентни на нови и адаптирани методи за анализ на данни, както следва:

- Програма за предварителен тест на GPS приемници в кинематичен режим – реално време по стандарта ISO 17123-8:2007;
- Програма за тестване на GPS приемници Trimble 4000SSE при работа в диференциален режим;
- Програма за анализи на параметрите на решението на перманентни GPS станции получени с помощта на APPS (Automatic Precise Positioning Service) на Глобалната Диференциална GPS система (Global Differential GPS - GDGPS) на НАСА и JPL и програмата Gipsy 6.3;
- Програма за визуализация и анализ на качеството на данните от GPS приемници с помощта на програмата TEQC на UNAVCO.

За реализиране на тези програми са създадени и адаптирани следните алгоритми:

- Визуален анализ на параметрите (Data Inspection);
- Предварителна обработка на данните (Modify);
- Анализ на параметрите на решението (Analyse);
- Дисперсионен анализ (ExcelDEVTables);
- Корелационен анализ (ExcelCORRTables).

Създаденият в дисертацията софтуер дава възможност да се анализира шума в данните и да се определи процентът на успешните решения в границите на допустимата грешка; оптималния период на усредняване; възможното влияние на отразени сигнали върху изследваните точки; съотношението сигнал/шум на всички спътници, участващи в решението по двете честоти L1 и L2 в зависимост от височината им над хоризонта и възможната корелация на това съотношение с

грешките, причинени от отразени сигнали; възможността за извеждане на статистически достоверен критерий за филтриране на грешките в решението в реално време по отношение на позиция, скорост и време; корелацията между параметрите на решението и влиянието на пространствено корелираните грешки върху точността на решението.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ:**

От анализа на предоставените материали мога да заключа че дисертационният труд отговаря на изискванията на Закона за развитието на академичния състав в Република България за присъждане на образователната и научна степен „ДОКТОР“. Препоръчвам на почитаемите членове на научното жури да присъдят на Петър Ковачев образователната и научна степен „ДОКТОР“ по научната специалност 02.16.01 Обща, висша и приложна геодезия.

София, 19.06.2018

подпис: .....  
(проф. дтн Явор Чапанов)