



*Получена: 21.10.2019 г.*

*Приета: 21.01.2020 г.*

## ОПРЕДЕЛЯНЕ НА МАЩАБЕН КОЕФИЦИЕНТ ЧРЕЗ ПРОСТРАНСТВЕНО АНАЛИЗИРАНЕ ЗА БЪЛГАРСКАТА ГЕОДЕЗИЧЕСКА СИСТЕМА 2005 ЗА ТРАСИРОВЪЧНИ ДЕЙНОСТИ

Ив. Петров<sup>1</sup>

*Ключови думи: мащабен коефициент, ККС 2005, координатна система*

### РЕЗЮМЕ

В настоящата статия е направен анализ на мащабен коефициент на Българската геодезическа система 2005 (БГС 2005). Целта е да се установи влиянието спрямо деформациите на различните проекции. Визуализирано е разпределението на мащабния коефициент за БГС 2005 чрез инструментите на географските информационни системи.

### 1. Въведение

Трасировъчните дейности са неразделна част от проектите за инвестиционно проектиране. Геодезическите трасировъчни работи са процес на материализиране на проектни данни върху физическата земна повърхност. В тази връзка е разгледано влиянието на мащабния коефициент при извършване на геодезически трасировъчни работи.

Настоящата статия има за цел определяне на влиянието на мащабния коефициент за БГС 2005. За анализирането на неговото разпределение за територията на България е използвана ГИС среда. Също така са обобщени стойностите за този коефициент и неговото нарастване, направени са изводи за това в какви граници биха били деформациите.

Разгледани са видовете координатни системи, които са използвани в миналото и към настоящия момент на територията на Република България. Дадена е дефиниция за БГС 2005 и са обособени нейните разновидности. Посочени са проекциите, които използват

---

<sup>1</sup> Иван Петров, инж., кат. „Геодезия и геоинформатика“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: marvin\_petrov@abv.bg

зва изследваната координатна система: Ламбертова конична проекция с два стандартни паралела и Универсална напречна цилиндрична проекция на Меркатор (UTM), като за стандартните паралели е показан диапазонът на разпределение на мащабния коефициент между тях. Посочени са предимствата на Ламбертова проекция и съответно недостатъците на UTM проекцията. Разгледани са трасировъчните работи като част от инженерната дейност и част от методите, чрез които се извършват трасировъчни работи. Засегната е също темата за точността на трасиране. Показани са приложения и фигури, които онагледяват разпределението на мащабния коефициент за БГС 2005.

## 2. Координатни системи

Координатните системи имат за цел да улеснят геодезическата дейност като всички измервания бъдат ориентирани в равнината или пространството спрямо определени предварително параметри за всяка отделна координатна система. Разгледани са следните видове координатни системи, използвани в миналото и към настоящия момент на територията на Република България:

- Координатна система „1930“ – тя е първата приета геодезическа система. Използва Географски, Кадастрални и Проекционни координати с Гаусова конформна проекция и мащабен коефициент на проекционните координати 0,9999.
- Координатна система „1950“ – създадена в полза на военни цели. Дефинира Географски и Проекционни координати с мащабен коефициент 1,000.
- Координатна система „1970“ – разделена на 4 зони – северозападна (К-3), югоизточна (К-5), североизточна (К-7) и югозападна (К-9). Въвеждат се Ламбертови конични конформни проекции с един стандартен паралел. Мащабен коефициент на координатната система е 1,000.
- Българска геодезическа система 2005 – официално приета координатна система за извършване на геодезически измервания на територията на Република България. Съществува в две разновидности спрямо проекциите, които използва координатната система. Тези разновидности са следните:
  - „Координатна система 2005“ – UTM (Универсална напречно цилиндрична Меркаторова проекция) с мащабен коефициент 0,9996.
  - „Кадастрална координатна система 2005“ (ККС 2005) – Ламбертова конична конформна проекция с два стандартни паралела. Създадена за целите на кадастъра. Характерно за Ламбертовата проекция е, че меридианите се изобразяват с прави линии, а паралелите сформират мрежа от концентрични окръжности.

## 3. Мащабни коефициенти на БГС 2005

- Мащабен коефициент за UTM проекция – за всяка точка за напречна цилиндрична проекция може да бъде изчислен мащабен коефициент по следната формула [1]:

$$m = \frac{Y_m^2}{2!R_m^2} + \frac{\Delta y^2}{24R_m^2} + \frac{Y_m^4}{4!R_m^4} + \frac{Y_m^6}{6!R_m^6}. \quad (1)$$

– Машабен коефициент за Ламбертова конична проекция [1]:

$$m = 1 + \frac{1}{2}(1 + \eta_0^2)^{-2} x + \frac{1}{6}(1 - 3\eta_0^2)^{-3} x - \frac{1}{2}t_0(1 + \eta_0^2)^{-2} xy + \frac{1}{24}(1 + 3t_0^2)^{-4} x - \frac{3}{4}t_0^2x^2y^{-2} + \frac{1}{8}t_0^2y^{-4}. \quad (2)$$

Недостатък на UTM проекция е, че територията на България попадат две зони, 34 и 35, това налага при нейното използване преминаване от една зона към друга и това налага да се преизчисляват координатите. Също така машабният коефициент на проекцията нараства експоненциално с отдалечаване от основния меридиан.

#### 4. Геодезически трасировъчни работи

БГС 2005 е настоящата система, в която се извършват всички инженерно геодезически дейности.

Ако се разглежда една от сферите на инженерната дейност – трасировъчни работи, могат да бъдат разграничени различни начини на трасиране при различните обекти.

Геодезическите трасировъчни работи са процес на нанасяне на точки или оси от даден проект върху местността и се извършват при повечето технологични процеси в строителната дейност. Трасировъчните работи могат да бъдат планови, височинни или пространствени. Всеки един от трите вида се разделя на други подвидове, които изпълват различна основа за извършване на трасировъчна дейност.

Обект на пространствената дейност са пространствените трасировъчни работи. При тях особеното е, че се извършва едновременно трасиране на точки във височинно и планово отношение. Друга особеност е, че за изходна основа на дейността е използвана геодезическа трасировъчна основа.

Има различни методи за извършване на трасировъчна дейност, като за всеки обект индивидуално се избира какъв метод да бъде използван. В зависимост от условията на средата, в която се намира обектът и особеностите му, могат да се разграничат следните дейности за трасиране [3]:

- трасиране чрез полярен метод;
- трасиране чрез ортогонален метод;
- трасиране чрез засечки;
- трасиране на точки с GPS.

Точността на геодезическите трасировъчни работи (ГТР) се ръководи от това обектите да бъдат въведени в експлоатация според необходимите нормативни изисквания и строителни допуски.

В общия случай може да се каже, че точността при ГТР е съвкупност от различни видове грешки, които могат да бъдат допуснати по време на извършване на трасировъчни дейности. Или, общо казано, точността може да бъде сведена до определяне на сумарна грешка по следната формула [2]:

$$m_{\varepsilon} = \sqrt{m_T^2 + m_I^2 + m_M^2 + m_D^2 + \dots + m_n^2}, \quad (3)$$

където  $m_T$  е сума от грешките, извършвани при трасиране;

$m_I$  – сума от грешките на конструктивните елементи в строителството;

$m_M$  – сума от грешките при монтажна дейност;

$m_D$  – сума от грешките, породени от деформации при обектите.

Грешките при трасировъчни работи могат да се определят и спрямо различни принципи, при които някои от факторите могат да бъдат пренебрегнати. Независимо от начините за определяне на грешки, трасирането на всеки обект става посредством характерни точки от него. Тук отново за трасиране на всяка точка могат да бъдат използвани различни методи. Това зависи от характеристиките на обекта – местоположение, особености на терена, координатна система, налични планове и карти и др. Друга важна особеност е състоянието на геодезическата трасировъчна мрежа, от която ще се изхожда за извършване на трасировъчни работи. Тук се определя една много важна грешка, грешката в положението на точката на трасиране ( $m_P$ ). Нейната стойност се определя по формулата [2]:

$$m_P^2 = m_{TP}^2 + m_{ИЗХ}^2 + m_{\Phi}^2, \quad (4)$$

където  $m_{TP}$  са грешки от трасиране на отделните елементи;

$m_{ИЗХ}$  – грешки от изходните данни;

$m_{\Phi}$  – грешки от фиксиране на точките на местността.

Влиянието на тези грешки е важно да бъде взето под внимание заради правилното трасиране на точките и обозначаване на точното им местоположение. От това зависи и правилното геометрично определяне (на разстояния и площи) на обектите за цялата територия.

При използване на различна проекция влиянието на мащабния коефициент върху площите е различно. За целите на кадастъра се използва кадастрална координатна система 2005. Нейното предимство е, че територията на цялата страна попада в една зона, т.е. проекционните координати са единни за страната. Мащабният коефициент на ККС 2005 за Република България е близък до единица, като варира в граници от 0,999999358 до 1,00042089. Оказва се, че при трансформиране от предишни координатни системи към БГС 2005 в Ламбертова проекция, разликите в разстояния и площи са пренебрежимо малки, докато при UTM проекция са по-големи разликите в площите [6].

В [4] е описана технологията на трансформиране между координатните системи в България. При това координатните трансформации преминават през геоцентрична декартова координатна система, а не между проекционни, което елиминира мащабните коефициенти.

При работа върху карта има мащабен коефициент в зависимост от координатната система. При КС 2005 UTM мащабният коефициент е 0,9996, а при ККС 2005 не е указан изрично в инструкцията [4], съответно има два стандартни паралела с мащабен коефициент 1,0000.

При преки геодезически измервания върху всяка измерена дължина се нанасят корекции за координатната система (формула 1 или 2), и привеждане на измереното разстояние към проекционния елипсоид – инструкция [5].

Обратно, при трасировъчни работи върху всяко измерено разстояние от карта се нанасят обратно корекции за координатната система (формула 1 или 2), и привеждане на измереното разстояние от проекционния елипсоид към теренна повърхнина – инструкция [5]. Чрез това се елиминира мащабният коефициент и съответно се възстановяват действителните размери на обектите.

## **5. Пространствен анализ на разпространението на мащабния коефициент**

Географските информационни системи са софтуерна среда, в която могат да бъдат извършени редица анализи и в следствие на различни операции да бъде реализиран модел на част от повърхността.

Пространствените анализи дават още представа за абсолютно различни области като: информация за наклон на дадено място; намиране на път с най-ниски транспортни разходи между два обекта; откриване на подходящи места за построяване на съоръжения и др.

Най-често използвани приложения, които предлагат модулите на ГИС, свързани с пространственото анализиране, са:

- Набиране на нова информация – много често се налага получаване на информация от различни източници на данни. За конкретните задачи може да се събере много разнородна информация. Това може да бъде информация за местоположение на точки, разстояния между точки, площи на полигони, изчисляване на наклон и изложение за определяне на съществуващия терен и неговите особености (възвишения, стръмни склонове, вдлъбнатини) и др.
- Определяне на подходящо място за различни цели – състои се в намиране на конкретна област в пространството за решаване на конкретна задача. Често при избора на подходящо място се извършват редица анализи за установяване на рискови зони. Например при избор на място за строеж на някакво съоръжение, важно е анализиране на състоянието на почвата, подпочвените води и др.
- Анализ на пътни разходи – извършва се на базата на цялостния маршрут на превозното средство, за да се определят крайните разходи за път. Това включва и определяне на оптимални маршрути при пътуване на базата на генериране на повърхнина на разходите.

Пространствено анализиране се използва при представяне на явления или обекти като отделни единици с техните характеристики. Процесът включва дефиниране на атрибутите на обекта и тяхното пространствено изменение (напр. изменение на надморска височина за област от повърхнината). С помощта на пространственото анализиране се изготвят т.нар. пространствени модели, които използват данни за:

- точкови обекти – характеризират едно единствено местоположение в пространството;
- линейни обекти – местоположението им се описва посредством низ от пространствени координати;

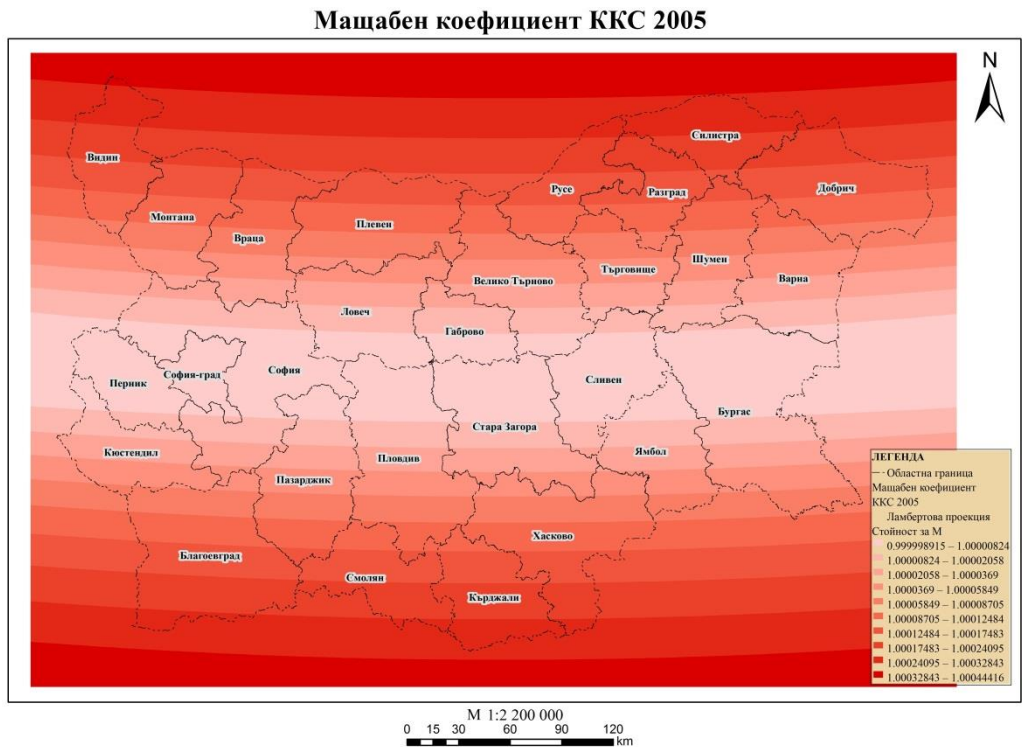
- полигонови обекти – местоположението им е представено чрез низ от затворени пространствени координати. Могат да бъдат определени площи на обектите.

Всеки описван обект от реалността се характеризира с местоположение, данни за състояние във времето и атрибути. Атрибутите са неграфична информация, която описва характеристиките на обектите.

### Приложение на пространствените анализи

Целта на това изследване е да анализира мащабния коефициент на БГС 2005 за територията на България. Определянето на мащабния коефициент става чрез изчисления, като за тази цел могат да бъдат използвани различни инструменти. В направеното изследване е създадена програма на VB.Net (Visual Basic.NET). Чрез нея са генерирани точки, равномерно разпределени по територията на страната през 1 km, за които са получени координати със стойности на мащабен коефициент. При изчисляване в програмата са заложили минимални и максимални координати за територията на страната и съответно са взети предвид проекциите и формулите, по които да се извършат операциите.

За визуализиране на растерния модел за разпределение на мащабен коефициент е използван софтуер ArcGIS на ESRI [7] и в частност ArcMap. Използвана е ККС 2005. Приложен е геостатистически анализ върху генерираните точки с мащабни коефициенти. Резултатите от разпределението на мащабния коефициент и неговото изменение за цялата територия са представени на фиг. 1.



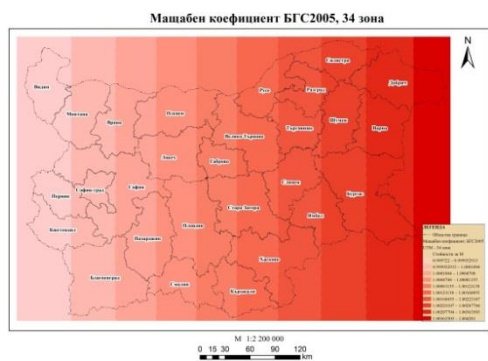
**Фиг. 1. Разпределение на мащабен коефициент за ККС 2005**

Използваната програма изчислява мащабен коефициент за всяка една точка. За разлика от това, ГИС средата, и в нашия случай пространствения геостатистически анализ, дава пространствена представа за разпространение на мащабния коефициент. По този начин всеки потребител може да се ориентира за разпределението на мащабния коефициент за територията на страната.

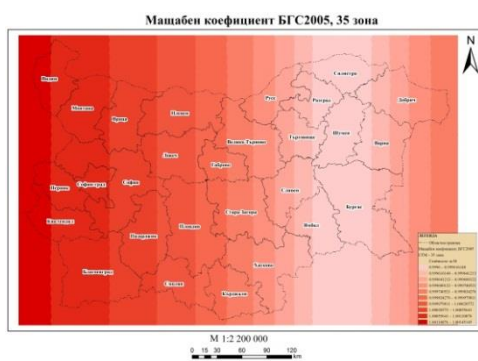
Със средствата на геостатистическия анализ са получени зони на разпределение на мащабния коефициент за кадастрална координатна система, както и могат да бъдат разграничени стойностите му под единица и над единица.

На фиг. 1 още може да се видят точките, които попадат в зоната между стандартните паралели, където мащабният коефициент е със стойност, по-малка от единица, но близък до нея. В посоките север и юг тези стойности нарастват. Вижда се, че в северна посока тези стойности са по-големи, отколкото в южна.

Като сравнение между двете проекции – Ламбертова и UTM – са показани и стойности на мащабен коефициент за UTM проекция за 34 и 35 зона (фиг. 2 и фиг. 3). При тях мащабният коефициент е с по-големи вариации в стойностите. За UTM проекция – 34 зона, тези стойности са от 0,999722 до 1,004281 на територията на Република България. За UTM проекция – 35 зона, стойностите варират от 0,9996 до 1,00145. Това разпределение на стойностите на мащабния коефициент показва, че при използване на БГС 2005 – КС 2005 проекция и за двете зони мащабният коефициент е в много по-широки граници, над и под единица, в сравнение с ККС 2005.



**Фиг. 2.**  
Машабен коефициент – UTM – 34 зона



**Фиг. 3.**  
Машабен коефициент – UTM – 35 зона

## 6. Заключение

Като обобщение за стойностите на мащабния коефициент за ККС 2005, може да се каже, че за територията на България те са около единица (0,999999358 – 1,00042089). Относно изобразяването на площите в тази проекция те имат пренебрежимо малки деформации. Това се дължи на предимството, с което се използва този вид проекция – територията на страната попада в една зона.

Както вече беше споменато, използването на ГИС има за цел представяне на пространствена информация за разпространението на мащабния коефициент. Основната задача на геостатистическия анализ е пространствено да обособи разпределението на стойностите на мащабния коефициент за територията на страната. По конкретно посочва пространствено разпределение на стойностите в зоната на централния паралел и допирателни паралели за Ламбертова конична проекция и по централните меридиани за UTM проекция.

ККС 2005 е приета за улесняване на извършването на кадастрална дейност. Нейното основно предимство е машабния коефициент, който е в много тесни граници (около единица) за територията на България. При преминаване от други координатни системи към ККС 2005, разликите в площи са твърде малки и поради това дори да не бъдат нанесени корекции върху разстоянията, това не би повлияло на резултатите. Друго голямо предимство, с което се характеризира изследваната координатна система, е наличие на една единствена зона за цялата страна. Поради това и поради близкия до единица коефициент, ККС 2005 е приложима за сфери на геодезическата дейност, където площите имат особено важно значение.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Даскалова, М., Здравчев, Ив. Математическа геодезия. София, 2005.
2. Димитров, Д. Инженерна Геодезия, Техника, София, 1989.
3. Инструкция за трасиране на строителни мрежи. Комитет по архитектура и благоустройство – Главно управление по геодезия, картография и кадастър, 1980.
4. Инструкция № РД-02-20-12 от 03 август 2012 г. за преобразуване на съществуващите геодезически и картографски материали и данни в „Българска геодезическа система 2005“.
5. Инструкция за създаване и поддържане на геодезически мрежи с местно предназначение. Издадена през 1986 г. от Главно управление по геодезия, картография и кадастър, София, 1986.
6. Наредба № 2 от 30 юли 2010 г. за дефиниране, реализация и поддържане на Българската геодезическа система.
7. Наредба № РД-02-20-5 от 15 декември 2016 г. за съдържанието, създаването и поддържането на кадастралната карта и кадастралните регистри.
8. Павлов, П., Илиева, Т. Точност на площите на землищата от кадастралната карта при трансформиране от Координатна Система 1970 в Българска Геодезическа Система 2005, // Годишник на УАСГ, София, 2014.
9. <https://www.esri.com/en-us/home>, 09.10.2019 г.

## DEFINING SCALE FACTOR THROUGH SPATIAL ANALYSIS FOR BULGARIAN GEODETIC SYSTEM 2005 FOR TRACTION ACTIVITIES

Iv. Petrov<sup>1</sup>

*Keywords: scale factor, KKS 2005, coordinate system*

### ABSTRACT

The current paper analyzes the scale factor for Bulgarian geodetic system 2005 (BGS 2005). The purpose is to determine the deformation influence of different map projections. The distribution of the scale factor for BGS 2005 through the tools of the Geographic Information Systems is presented.

---

<sup>1</sup> Ivan Petrov, Eng., Dept. “Geodesy & Geoinformatics”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: marvin\_petrov@abv.bg