

<https://kig.kartografija.hr/index.php/kig/article/view/862/1582>

Nedjeljko Francula N. (2019) A New Mathematical Basis of Google Mps. *Kartografija I Geoinformacije*, Vol 18, Br. 31, Zagreb, Lipanj, June 2019, pp. 108-114.

<https://kig.kartografija.hr/index.php/kig/article/view/862/1582> (available on 30.01.2020)

A New Mathematical Basis of GoogleMaps

Нова математическа основа на GoogleMaps

Превод: проф. Теменужка Бандрова

<p>In the middle of 1990s, Google made available world maps which can be zoomed in to the largest scales, with the maps collectively named Google Maps. Google Maps is primarily intended to facilitate navigation by car, public transport, bicycle, airplane or on foot. Such maps require a conformal or approximately conformal projection because it is important that e.g. perpendicular streets in any city in the world also appear approximately perpendicular on the map. To make orientation easier, it is important that north always points to the same direction on a map. The same requirements apply to maritime and aerial navigation, where advantages of the Mercator projection have been known for almost 500 years. It is difficult to find a better web map service than Google Maps for this purpose. If one wishes to get from one point to another by car, Google Maps is going to draw one or more routes and indicate the distance in km and time required to get there (Tutic, Francula 2016). In order to produce any map, it is necessary to employ a rotational ellipsoid, which is used in geodesy and cartography as an approximation of the irregular Earth's surface. Points from the surface of the rotational ellipsoid have to be mapped onto a plane using one of many map projections. Google applied the following</p>	<p>В средата на 90-те години Google изработи карта на света, която може да бъде увеличена до едромашабни карти с името Google Maps. Google Maps са основно предназначени да улеснят навигацията с автомобил, обществен транспорт, велосипед, самолет или пеша. Такъв вид карти изискват конформна или приблизително конформна проекция, защото е важно, напр. да се запазят перпендикулярните улици от всеки град в света приблизително перпендикулярно на картата. За да се направи ориентацията по-лесна, важно е че северът винаги ще бъде в една и съща посока на картата. Същите изисквания важат за морската и въздушна навигация, където предимства на проекцията на Mercator са известни почти 500 години. Трудно е да се намери по-добра услуга за уеб карта от Google Maps за тази цел. Ако човек желае да стигне от една точка до друга с кола, Google Maps ще предложи един или повече маршрути и ще посочи разстояние в км и време, необходимо за да стигне до него (Tutic, Francula 2016). За да се създаде една карта, е необходимо да се използва ротационен елипсоид, който се използва в геодезията и картографията като приближение на неправилната земна повърхност. Точки от повърхността на ротационния елипсоид могат да бъдат проектирани върху равнина, използвайки една от многото картни проекции. Google приложи следната процедура за постигане на това. Първо, елипсоидът е проектиран върху</p>
--	--

procedure to achieve this. The ellipsoid was first mapped onto a sphere, so that geographic coordinates on the sphere are equal geographic coordinates on the ellipsoid, after which the sphere was mapped onto a plane using the normal aspect Mercator projection. The major semi-axis of the widely used ellipsoid WGS84 was taken as the radius of the sphere. Google applied this procedure mainly due to simpler formulas for mapping the sphere, resulting in calculations which are five times faster than those based on direct formulas for mapping an ellipsoid (Zinn 2010). The described procedure yielded a new map projection close to the Mercator projection, but lacking some of its properties. Therefore, the projection is referred to as the Web Mercator projection or Web Mercator. It is also sometimes referred to as Pseudo Mercator. A significant difference between the two projections is the fact that the Web Mercator projection is not conformal, unlike the Mercator projection (Zinn 2010). The maximum angular distortion in the Web Mercator projection is very small, approximately 11 minutes (Bildirici 2015). The disadvantage of the Web Mercator projection is evident only in the smallest scales, when the entire world or most of it is visible on the screen. This is when the great distortion of areas is inconvenient, especially in the northern parts of the Earth's sphere. Cartographers often use the example of Greenland, which appears almost as large as Africa, although it is approximately 14 times smaller than Africa. Therefore, cartographers have in recent decades often emphasized that the Mercator projection and all other normal aspect cylindrical projections are not suitable for producing general geographic world maps (Committee on Map Projections 1989). Many authors have criticized the use of the Web Mercator projection for maps in Google Maps, OpenStreetMap and similar projects. They most commonly state magnitudes of length and area distortions in

сфера, така че географските координати върху сферата да са равни на географски координати от елипсоида, след което сферата е проектирана върху равнина, използвайки нормална Меркаторова проекция. Голямата полуос на широко използвания елипсоид WGS84 е взета като радиус на сферата. Приложено от Google тази процедура се дължи главно на по-прости формули за проектиране на сферата, което води до изчисления, които са пет пъти по-бързи от тези, базирани на директни формули за проектиране на елипсоид (Zinn 2010). Описаната процедура дава резултат за нова проекция на карта, близка до проекцията на Меркатор, но при липса на някои от нейните характеристики. Заради това, проекцията е наречена проекция на Web Mercator или само Web Меркатор. Също така, понякога се нарича Псевдо Меркатор. Значителна разлика между двете проекции е фактът, че Web Меркатор не е конформна, за разлика от проекцията на Меркатор (Zinn 2010). Максималната ъглова деформация в проекцията на Web Mercator е малка, приблизително 11 минути (Bildirici 2015). Недостатъкът на проекцията на Web Mercator се вижда само в най-дребните мащаби, когато целият свят или по-голямата част се вижда на екрана. Това е най-забележимо при големи площи деформации, специално при най-северните части на Земята. Картографите често използват за пример о. Гренландия, който се изобразява почти толкова голям, колкото Африка, въпреки че е приблизително 14 пъти по-малък от Африка. Поради това, картографите през последните десетилетия често подчертават, че Меркаторовата проекция и всички други нормални цилиндрични проекции не са подходящи за съставяне на географски карти на света (ICA Комисия по Картни проекции 1989 г.). Много автори са критикували използването на проекцията на Web Mercator за карти в Google Maps, OpenStreetMap и други подобни проекти. При карта на света, най-често се обръща внимание на деформациите на дължините и площите в тази проекция, без да има деформации на Екватора. (Hecht and Gergle 2011, Strom 2011, Favretto 2014, Kuiper et al. 2014).

Съществуващата научна литература, критикува проекцията на Web Меркатор относно не поставянето на достатъчно акцент върху важноста

this projection which are found on a worldmap without distortion at the equator. (Hecht and Gergle 2011, Strom 2011, Favretto 2014, Kuiper et al. 2014).

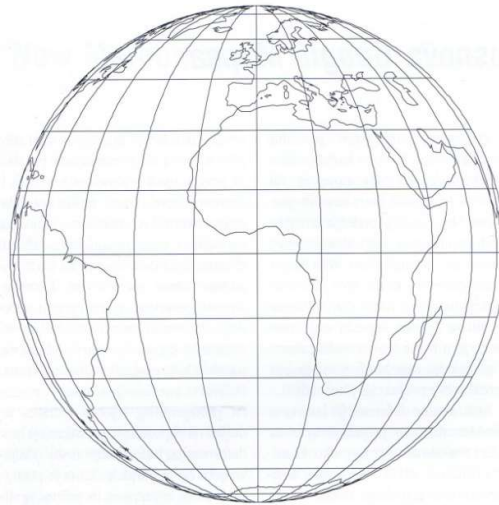
Existing literature criticizing the Web Mercator projection doesn't put enough emphasis on the importance of the variable graphic scale in Google Maps found in the bottom right corner of the screen. Namely, in normal aspect cylindrical projection such as the Web Mercator projection, distortion depend only on the latitude. Since in those projections images of meridians are parallel lines which are also parallel with the left and right edges of the screen, and images of parallels are straight lines perpendicular to meridians and also parallel with the top and bottom edges of the screen, map distortion only changes by moving the map in the north-south direction, i.e. up-down on the screen. We checked and determined that the variable graphic scale refers to the parallel which passes through the middle of the screen. The length of this parallel calculated using the variable graphic scale is equal to the length on the ellipsoid, i.e. it was mapped without distortion. The distortion increases by moving away from that parallel. By doing this, measuring using the graphic scale on any section of the map yields smaller distortion than it would be if there was no distortion at the equator, i.e. if the graphic scale is not variable. For example, Alaska resembles a square, if we disregard the peninsula in the south. We selected a section with Alaska in the centre of the screen on Google Maps. Using the graphic scale represented on the map, we measured there are approximately 1200 km between the western and eastern parts of the country, the same as there are between the northern and southern parts of the country, making the area of Alaska approximately 1 440 000 km². This area is similar to the one on the ellipsoid (1 477 953 km²).

Fig. 1. Transverse ortographic projection.

на променливия мащаб в Google Maps, наличен в долния десен ъгъл на екрана. А именно в нормална цилиндрична проекция както и при Меркаторова проекция, деформацията зависи само от географската ширина. В тези проекции изображения на меридианите са успоредни линии на равни разстояния, които също са успоредни на лявата и дясната рамки на екрана. Изображенията на паралелите са също прави линии (не на равни разстояния) перпендикулярни на меридианите, а също и успоредни на горната и долна рамка на екрана. Деформации в картата се появяват чрез преместването ѝ в посока север-юг, т.е. нагоре - надолу по екрана. Проверихме и определихме, че в променливата графика мащабът се отнася до паралела, който минава през средата на екрана. Дължината на този паралел, изчислен с помощта на графичния мащаб е равна на дължината му върху елипсоида, т.е. той е картографиран без деформации. Деформациите се увеличават, когато се отдалечаваме от него на север и на юг. Правейки това измерване, използвайки графичния мащаб за коя и да е част от картата се наблюдават по-малки деформации отколкото би имало, ако нямаше деформации на Екватора, т.е. графичният мащаб е непроменлив. Например Аляска прилича на квадрат, ако пренебрегнем южната част на полуострова. Избрахме картата на Аляска в центъра на екран в Google Maps. Използвайки графичния мащаб, представена на картата, ние измерихме приблизително 1200 км между западната и източната му част, същата, каквато има между северната и южната му част, което прави площта на Аляска приблизително 1 440 000 км². Тази площ е приблизителна на тази върху елипсоида (1 477 953 км²).

Jenny (2012) criticized applying the Web Mercator projection to Google Maps and similar projects and proposed different solutions, i.e. different projection for different areas and scales. Since the same solutions apply to both hemispheres, the author explains the proposal on the example of the northern hemisphere. He proposes the Mercator projection for maps at the largest scales of areas between the equator and the parallel with the latitude = 85° . He suggests the Albers conical equal-area projection for maps at medium scales of areas bound by parallels with latitudes = 15° and 75° , the Lambert azimuthal equalarea projection for maps of hemispheres and the Hammer equal-area projection for world maps. Furthermore, he proposes the Lambert cylindrical equal-area projection for maps at medium scales of the equatorial area up to the parallel with the latitude = 15° and the normal aspect Lambert azimuthal equal-area projection for maps at medium scales of areas north of the parallel with the latitude = 75° . The author proposes narrow areas of adjustment for boundaries between various projections, see Figure 9 in the cited paper for more details. It should be noted that these proposals do not only apply to Google Maps, but also to other map services which include maps at large and small scales. We assume the previously cited criticisms of applying the Web Mercator projection and especially the paper by B. Jenny (Jenny 2012) prompted Google to change the mathematical basis of Google Maps. Google Maps became available online with a new mathematical basis in the middle of 2018. This is most noticeable on a map at the smallest scale. That map is not a world map in the Web Mercator projection, but a map of a hemisphere in the azimuthal projection (Figure 2).

The map can be rotated using a mouse, but it is not possible to get the North or South Pole into the center of the screen, unlike Google Earth, where it is possible. In Google Maps, twenty levels of zooming in are possible by clicking



Фиг. 1 Напречна ортографска проекция.

Jenny (2012) критикува използването на проекцията на Web Mercator за Google Maps и подобни проекти и предлага различни решения, т.е. различни проекция за различни територии и мащаби. Тъй като същите решения важат за двете полукълба, авторът дава за пример северното полукълбо. Той предлага Меркаторова проекция за карти в най-едрият мащаб за територии между Екватора и паралела с географската ширина = 85° . Предлага също проекция на Алберс, конична, еквивалентна за карти в средни мащаби за територии между паралели с географски ширини = 15° и 75° , Ламбертова азимуталната еквивалентна проекция за карти на полукълбата и еквивалентна проекция на Hammer за карти на Света. Освен това, той предлага Ламбертова цилиндрична еквивалентна проекция за карти в средни мащаби за екваториални територии до паралели с ширина = $\pm 15^\circ$ и нормалния аспект на Ламбертова азимутална еквивалентна проекция за карти със средни мащаби на райони на север от паралела с географската ширина = 75° . Авторът предлага тесни препокриващи се територии с корекции между различни проекции. Трябва да се отбележи, че тези предложения са полезни не само за Google Maps, но и също така и за други картографски услуги, които включват карти в едри и дребни мащаби. Цитираните по-горе критики, относно прилагането на проекция Web Mercator могат да бъдат намерени в (Jenny 2012).

Това помогна на Google да промени

on the plus sign. Let us we mark the smallest scale with a zero, and the largest scale with 19. We determined the numerical scales from the graphical scale, while the brackets contain the map scale for levels zero to ten, which are important for determining applied projections: 0. (1 : 80 000 000) , 1. (1 : 40 000 000), 2. (1 : 20 000 000), 3. (1 : 10 000 000), 4. (1 : 5 000 000), 5. (1 : 2 500 000), 6. (1 : 1 250 000), 7. (1 : 625 000), 8. (1 : 312 000), 9. (1 : 156 000), 10. (1 : 78 000).

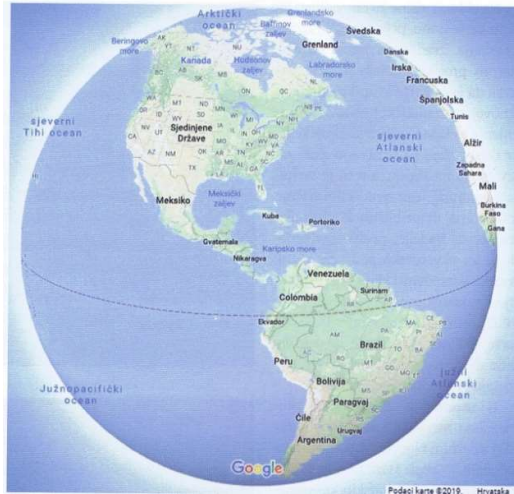
The Google Maps Help (2018) manual does not contain any information about applied map projections. Considering that Google Maps does not feature a tool for drawing a graticule (unlike Google Earth), it is not easy to determine which projections were applied for particular areas and maps of certain scales.

On a screen with a height of 25 cm, it can be seen that maps of the zeroth, first and second level of enlargement

were produced in one of the azimuthal projections. We assume the Web Mercator projection was used for maps at large scales even in the new mathematical basis because Google Maps is primarily used for land-based navigation, for which the normal aspect cylindrical conformal or approximately conformal projection are the most suitable. Furthermore, we assume that this projection was also used to produce equatorial area maps of all other scales except maps at the three or four smallest scales. The same is true for maps of middle latitudes, up to levels at which length and area distortions can be seen with the naked eye.

In normal aspect cylindrical projections, meridians are straight lines parallel with the left and right edges of the screen, and Google Maps features a tool which reads geographic coordinates. If the longitude by the right edge of the screen is approximately the same at the top, in the middle and at the bottom, it can be concluded the projection is a normal aspect cylindrical projection – by our estimate it is the Web Mercator projection. We applied this

математическата основа на Google Maps. Google Maps стана достъпна онлайн с нова математическа основа в средата на 2018 г. Това е най-забележимо при карти в дребни мащаби. Тази карта не е карта на света в проекцията на Web Mercator, а карта на полукълбо в азимутална проекция (фигура 2).



Фиг. 2 Карта в най-дребен мащаб в Google maps

Картата може да се завърти с мишка, но не е възможно да се получи Северен или Южен полюс в центъра на екрана, за разлика от Google Earth, където това е възможно.

В Google Maps са възможни 20 нива на увеличението с натискане на бутона „+“. Нека отбележим най-дребния мащаб с нула и най-едрия мащаб с 19. Определени са числови мащаби от графичия мащаб, като скобите съдържат мащаби за нива от 0. до 10., които са важни за определяне на приложените проекции:

0. (1 : 80 000 000), 1. (1 : 40 000 000), 2. (1 : 20 000 000), 3. (1 : 10 000 000), 4. (1 : 5 000 000), 5. (1 : 2 500 000), 6. (1 : 1 250 000), 7. (1 : 625 000), 8. (1 : 312 000), 9. (1 : 156 000), 10. (1 : 78 000).

Google Maps Help (2018) не съдържа никаква информация за приложените проекции на картите. Като се има предвид, че Google Maps не разполагат с инструмент за чертане на географска мрежа (за разлика от Google Earth), не е лесно да се определи в какви проекции са проектирани конкретни територии и карти в определени мащаби.

На екран с височина 25 cm, може да се види, че картите от нулево, първо и второ ниво на картографиране са проектирани в една от

procedure to determine the scales to which the Web Mercator projection was applied in producing maps. If the longitude on the Northern hemisphere at middle latitudes at the edge of the screen increases from the bottom to the top, the conclusion is the normal aspect conical projection was applied. All testing was done using a laptop and a desktop computer with a screen of height of 15 cm and 25 cm, respectively. We obtained similar results.

In the equatorial area, it can be seen on a 25 cm screen that the maps at the zeroth (1 : 80 000 000), first (1 : 40 000 000) and second (1 : 20 000 000) level are in the azimuthal projection. We determined the map at the third level (1 : 10 000 000) is also in the azimuthal projection because longitudes at the top and bottom of the screen are approximately the same and somewhat larger than the longitudes in the middle of the screen. Furthermore, we determined that maps of large scales up to the scale 1 : 5 000 000 (4th level) in the area bound by parallels with latitudes = 10° and = -10° were produced in the Web Mercator projection. Stretching in the north-south direction on a map with the scale 1 : 5 000 000 is approximately 7° or about 760 km. Ginzburg and Salmanova (1957) determined that for stretching in the north-south direction up to approximately 3500 km, the distortion of length in normal aspect conformal conical and cylindrical projection is not going to be greater than ± 2%, and area distortion is not going to be greater than ± 4%. These magnitudes are difficult to detect visually. Since in conformal projections the shape of limited surroundings of a given point are mapped faithfully and that for stretching areas up to do = 32° distortion of length and areas are difficult to detect visually, the entire area can be considered as mapped faithfully in terms of shape in conformal projections. This is why normal aspect conformal conical projections can be recommended for producing various maps of areas between parallels with latitudes =

азимуталните проекции. Предполагаме, че проекцията на Web Mercator е използвана за карти в едри мащаби, дори в новата математическа основа, защото Google Maps е основно използвана за сухопътна навигация, за която нормала цилиндрична конформна или приблизително конформна проекция е най-подходяща. Освен това, ние приемаме, че тази проекция също е използвана за проектиране на карти за екваториални територии за всички мащаби, с изключение на карти в три или четири най-дребни мащаба. Същото важи за карти на средните ширини, до нива при които деформациите в дължините и площите могат да се видят с просто око.

При нормалните цилиндрични проекции, меридианите са прави линии, успоредни на краищата на екрана в ляво и дясно и Google Maps разполага с инструмент, който чете географски координати. Ако дължината на десния край на екрана е приблизително една и съща в горната част, в средата и в долната, то може да се заключи, че проекцията е нормална цилиндрична проекция, най-вероятно това е Web Mercator. Приложихме тази процедура за определяне на мащабите към която проекцията на Web Mercator е приложена при създаването на картите. Ако дължината в Северната полусфера в края на екрана се увеличава от долния към горния край на екрана, заключението е използване на нормална конична проекция.

Всички тестове бяха направени с помощта на лаптоп и настолен компютър с екрани с височина респективно 15 cm и 25 cm. Получихме подобни резултати.

В екваториалната зона може да се видят на 25 cm екран, карти на ниво нула (1: 80 000 000), първо (1: 40 000 000) и второ (1:20 000 000) в азимутала проекция. Ние определихме, че карта на трето ниво (1: 10 000 000) също е в азимуталната проекция, защото дължините на горната и долната рамка на екрана са приблизително същите или малко по-големи отколкото дължините в средата на екрана. Също така, определихме, че карти в по-едри мащаби, до мащаб 1: 5 000 000 (4-то ниво) в зоната, обвързана с паралели с географски ширини = 10° и = -10° са проектирани в проекцията на Web Mercator.

Деформацията в северно-южно направление за карта в мащаб 1: 5 000 000 е приблизително 7° или около 760 km. Ginzburg and Salmanova (1957)

10° 80° which do not stretch more than = 32° or 3500 km in the north-south direction. The normal aspect conformal cylindrical (Mercator) projection is recommended for the same reason for areas of the same size near the equator. The less stretching by latitude is, the more justified it is to use a conformal projection. For example, if in normal aspect cylindrical and conical conformal projections the stretching by latitude is not greater than 12° or 1300 km, then in such projections distortion of length is not greater than ± 0,25 %, and distortion of areas is not greater than ± 0,5 %. These magnitudes cannot be perceived with the naked eye.

According to the conclusions from the previous section, it can be seen that the use of the Web Mercator projection for the equatorial area in Google Maps is cartographically justified.

In the area approximately bound by parallels with latitudes = 10° and = 30°, we determined that maps of all scales up to 1 : 2 500 000 (5th level), in the area bound by parallels = 30° and = 60° up to 1 : 1 250 000 (6th level), in the area bound by parallels = 60° and = 70° up to 1 : 625 000 (7th level), in the area bound by parallels = 70° and = 80° up to 1 : 312 000 (8th level) were produced in the Web Mercator projection. All maps of smaller scales up to 1 : 5 000 000 (4th level) were produced in the conical projection. According to recommendations by Ginzburg and Salmanova (1957), this should be the conformal conical projection because the stretching in the north-south direction is not larger than 7° or about 760 km even on a map at the scale 1 : 5 000 000. Four maps at smallest scales (1 : 80 000 000, 1 : 40 000 000, 1 : 20 000 000 and 1 : 10 000 000) were produced in the azimuthal projection. According to recommendations by cartographers, the most suitable projection for maps of hemispheres is the equal-area azimuthal projection (Ginzburg and Salmanova 1957). We compared the shape of continents in the transverse equal-area azimuthal projection with the shape of continents in

определиха разтягането в посока север-юг до приблизително 3500 км - деформацията на дължина в нормална конична и цилиндрична проекция няма да бъде по-голяма от ± 2%, и деформацията в площта няма да бъде по-голяма от ± 4%. Тези стойности трудно се откриват визуално, тъй като в конформни проекции формите са картографирани вярно и затова за области до = 32 °(3500 км) деформациите в дължината и площите са трудно откриваемы визуално, цялата зона може да се счита за картографирана вярно по отношение на формата в конформна проекция. Ето защо нормална конформна конична проекция може да се препоръча за създаване на различни карти на райони между паралели с географски ширини = 10° и 80°, които не се визуализират в зони, повече от 32 ° или 3500 км в посока север-юг. Нормална конформна цилиндрична (Mercator) проекция се препоръчва по същата причина за районите в същия размер близо до Екватора. Колкото по-малко е изображението по ширина, толкова повече е оправдано е да се използва конформна проекция. Например, ако в нормална цилиндрична и конична конформни проекции изображаването между географски ширини не е по-голямо от 12° или 1300 km, тогава в такива проекции деформирането на дължината не е по-голямо от ± 0,25% и деформираните площи не са по-големи от ± 0,5%. Тези деформации не могат да се възприемат с просто око.

Според заключенията по-горе, може да се каже, че използването на Web Меркатор проекция за екваториалната зона в Google Maps е картографски обосновано.

В районите приблизително с географски ширини между 10° и 30°, определихме карти във всички мащаби до 1: 2 500 000 (5. ниво), в районите, между паралели 30° и 60° до 1:1 250 000 (6. ниво), в районите между 60° и 70° до 1: 625 000 (7. ниво), в районите между 70° и 80° до 1: 312 000 (8. ниво) са използвани Web Меркаторова проекция. Всички карти в по-дребни мащаби, до 1: 5 000 000 (4. ниво) са проектирани в коничната проекция. Според препоръките от Ginzburg and Salmanova (1957 г.), трябва да се използва конформна конична проекция, защото простиращата се в посока север-юг територия не е по-голяма от 7 ° или около 760 km дори за карта в мащаб 1:5 000 000. Най-малко карти в четири мащаба (1: 80 000 000, 1: 40 000 000,

Google Maps and determined the equal-area azimuthal projection was not applied. Shapes of continents in the transverse orthographic projection (Figure 1) are a good match, but not complete, with Google Maps (Figure 3). Therefore, it can be concluded that maps at the four smallest scales were produced, as in Google Earth, in external perspective azimuthal projection, special case of general perspective projection.

In conclusion, the Web Mercator projection with a variable scale also plays a key role in solving navigation tasks in the new mathematical basis of Google Maps. These tasks can be solved on maps of large scales, and according to our research, it is evident that Google Maps contains maps of large scales of the entire populated world in the Web Mercator projection. All maps at large scales up to 1 : 312 000 were produced in that projection, even at latitudes between $= 70^\circ$ and $= 80^\circ$.

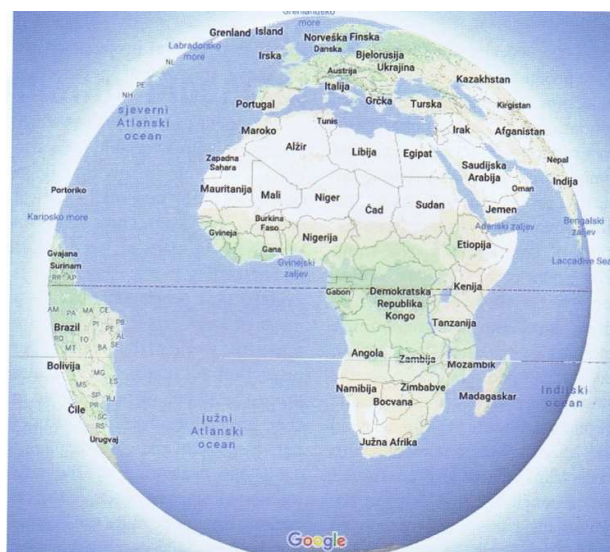
If our evaluation of the new mathematical basis of Google Maps is correct, then these maps can be used not only for land-based navigation, but also for many other purposes, except when a map of the smallest scale needs to encompass the entire world. We think maps at the four smallest scales should have been produced in the equal-area azimuthal projection instead of the external perspective azimuthal projection. Since maps at all scales except the four smallest ones are in conformal or approximately conformal projection is good from a cartographic point of view because they make it so that distortion of lengths and areas cannot be noticed with the naked eye. In addition, Google Maps features a tool for measuring lengths and areas which yields values on the ellipsoid, i.e. without distortion of the projection.

References

Bildirici I O (2015) The Web Mercator Projection: A Cartographic Analysis. In Proceedings of the 1 st ICA European Symposium on Cartography, edited by G. Gartner, and H. Huang, 221 –231 . Vienna: Research Group Cartography, Vienna University of Technology. https://publik.tuwien.ac.at/files/PubDat_242921.pdf

1: 20 000 000 и 1: 10 000 000)

са проектирани в азимутална проекцията. Според препоръките от картографи, най-подходящи проекционни форми на полукълба са азимутални равноплътни проекции (Ginzburg and Salmanova 1957). Сравнихме формата на континентите в напречната равноплътна азимутална проекция с формата на континентите в Google Maps и определихме, че азимутална равноплътна проекция не е приложена. Формите на континентите в напречната ортографска проекция (Фигура 1) добре съвпадат, но не изцяло в Google Maps (Фигура 3).



Фиг. 3 Google Maps в трансверзална Външно-перспективна азимутална проекция

Следователно, може да се заключи, че картите, проектирани в четирите най-дребни мащаби са както в Google Earth, във перспективна азимутална проекция, специален случай на перспективна проекцията.

В заключение, проекцията Web Mercator с променливи мащаби също играе ключова роля в решаването на навигационни задачи в новата математическа основата на Google Maps. Тези задачи могат да се решават с карти в едри мащаби, и според нашето изследване е очевидно, че Google Maps съдържа карти в едри мащаби на цялото населено земно кълбо в Web Mercator. Всички карти в едри мащаби до 1: 312 000 са проектирани в тази проекция, дори на географски ширини между $= 70^\circ$ и $= 80^\circ$.

(15 Dec 2018)

Committee on Map Projections (1989)
Geographers and Cartographers
Urge End to Popular Use of
Rectangular Maps, The American
Cartographer, 3, 222–223

Favretto A (201 4) Coordinate Questions
in the Web Environment,
Cartographica 3, 1 64–1 74

Ginzburg G A, Salmanova T D (1 957)
Atlas dlja vybora kartograficeskih
projekcij. Trudy CNIIGAIK, Bd. 1 1 0, Moskva

Google Maps Help (2018) How to use
Google Maps.
<https://support.google.com/maps/answer/144349?hl=en> (15 Dec 2018)

Hecht B, Gergle D (2011) A Beginner's
Guide to Geographic Virtual
Communities Research. In Handbook
of Research on Methods and
Techniques for Studying Virtual
Communities: Paradigms and
Phenomena, edited by B. K. Daniel,
333–347 http://brenthecht.com/papers/bhecht_GeographicalVCRearch_preprint.pdf (1 5 Dec 201 8)

Jenny B (201 2) Adaptive Composite Map
Projections, IEEE Transactions on
Visualization and Computer Graphics, 1 2, 2575–2582

Kuiper J A, Ayers A J, Holm M E, Nowak
M J (201 4) Python Coding of
Geospatial Processing in Web-based
Mapping Applications, Proceedings
of the 1 3th Python in Science
Conference (SciPy 2014), 41 –47,
<http://conference.scipy.org/proceedings/scipy2014/> (1 4 Dec 2018)

Tutic D, Francula N (2016) Google Maps –
State of the Art of the Online Road Map
/ Google Maps – suvremena internetska
autokarta. Kartografija i geoinformacije
1 5, 26, 1 1 0–1 1 3. <http://hrcak.srce.hr/179807> (1 5 Dec 2018)

Strom T E (2011): Space, Cyberspace
and Interface: The Trouble with
Google Maps. M/C Journal 1 1 (3).
<http://www.journal.media-culture.org.au/index.php/mcjournal/article/viewArticle/370> (1 5 Dec 201 8)

Zinn N (201 0) Web Mercator: Non-
Conformal, Non-Mercator, [http://www.hydrometronics.com/downloads/Web%20Mercator%20-%20Non-Conformal,%20Non-Mercator%20\(notes\).pdf](http://www.hydrometronics.com/downloads/Web%20Mercator%20-%20Non-Conformal,%20Non-Mercator%20(notes).pdf) (1 4 Dec 201 8)

Ако нашата оценка на новата математическа основа на Google Maps е правилна, тогава тези карти могат да се използват не само за сухопътна навигация, но и за много други цели, освен когато карта в най-дребните мащаби трябва да обхване цялия свят. **Ние считаме, че картите в четирите най-дребни мащаба трябваше да са проектирани в азимутална равноплътна проекция вместо в перспективна азимутална проекция.** Тъй като картите във всички мащаби с изключение на четирите най-дребни мащаби са в конформна или приблизително конформна проекция е добре от картографска гледна точка, защото линейните и площни деформации не се забелязват с просто око. В допълнение, Google Maps разполага с инструмент за измерване на дължини и площи, които дават стойности от елипсоида, т.е. без деформации от проекцията.