

GEMINI I KLASIFIKACIJA KARTOGRAFSKIH PROJEKCIJA

Gemini, nekada poznat kao Bard (Frančula 2023), je konverzacijski program generativne umjetne inteligencije koji je razvio Google. Temeljen na velikom jezičnom modelu istog imena i razvijen kao izravan odgovor na nagli porast OpenAI-jevog ChatGPT-ja, objavljen je u ograničenom kapacitetu u ožujku 2023. prije nego što se proširio na druge zemlje u svibnju (Wikipedija 2025).

Kao i kod drugih konverzacijskih programa generativne umjetne inteligencije, na primjer ChatGPT-ja ili Perplexityja, zanimalo nas je njegovo poznavanje klasifikacije kartografskih projekcija. Stoga smo mu 1. travnja 2025. postavili pitanje:

Kako se klasificiraju kartografske projekcije?

Ovo je odgovorio Gemini:

Kartografske projekcije se klasificiraju prema nekoliko kriterija:

1. Prema svojstvima preslikavanja:

- **Konformne (ekvivalentne):** Čuvaju kutove, što znači da su oblici malih područja na karti slični oblicima na Zemlji. Mjerilo duljina je u svakoj točki jednako u svim smjerovima. Primjer je Mercatorova projekcija.
- **Ekvivalentne (ekvialne):** Čuvaju površine, što znači da je površina bilo kojeg područja na karti proporcionalna površini tog područja na Zemlji. Oblik i kutovi su izobličeni. Primjer je Mollweideova projekcija.
- **Ekvidistantne:** Čuvaju duljine u određenom smjeru. Mjerilo duljine je točno duž odabranih linija (npr. meridijana ili paralela). Ostala svojstva su izobličena. Primjer je Postelova projekcija.
- **Uvjetne:** Ne čuvaju ni kutove, ni površine, ni duljine, već zadovoljavaju neki drugi uvjet, npr. prikazuju sve linije konstantnog smjera kao pravce (Mercatorova projekcija).

2. Prema položaju osi projekcije:

- **Uspravne (normalne):** Os simetrije pomoćne plohe (stošca ili valjka) podudara se s osi rotacije Zemlje.
- **Poprečne (transverzalne):** Os simetrije pomoćne plohe je okomita na os rotacije Zemlje.
- **Kose:** Os simetrije pomoćne plohe je pod kutom između 0° i 90° u odnosu na os rotacije Zemlje.

3. Prema obliku mreže meridijana i paralela:

- **Konusne (stožaste):** Meridijani su pravci koji se sijeku u jednoj točki, a paralele su lukovi koncentričnih kružnica.
- **Cilindrične (valjkaste):** Meridijani su međusobno paralelni pravci, a paralele su pravci okomiti na meridijane.
- **Azimutalne (ravninske):** Meridijani su pravci koji se sijeku u jednoj točki, a paralele su koncentrične kružnice sa središtem u toj točki.
- **Pseudokonusne:** Meridijani su krivulje simetrične na srednji meridijan (pravac), a paralele su lukovi koncentričnih kružnica.
- **Pseudocilindrične:** Meridijani su krivulje simetrične na srednji meridijan (pravac), a paralele su paralelni pravci okomiti na srednji meridijan.

- **Polikonusne:** Paralele su lukovi kružnica, a meridijani su krivulje.
- **Kružne:** Mreža meridijana i paralela sastoji se od kružnih lukova.“

Naš komentar

U klasifikaciji prema svojstvima preslikavanja gruba je pogreška što je za konformne projekcije u zagradi naveo ekvivalentne. Za ekvivalentne projekcije u zagradi je naveo ekvialne, što je nepoznat naziv. U definiciji ekvivalentnih projekcija umjesto „područja na Zemlji“ treba „područja na Zemljinoj sferi ili Zemljinu elipsoidu“. Pogreška je i što je kao primjer uvjetnih projekcija naveo Mercatorovu koja je konformna, a ne ekvivalentna.

U klasifikaciji projekcija prema položaju osi projekcije za njega je os projekcije „Os simetrije pomoćne plohe (stošca ili valjka)“. Stoga smo mu postavili pitanje:

U podjeli prema položaju osi projekcije navodi se “os simetrije pomoćne plohe”. Koja pomoćna ploha se primjenjuje u pseudocilindričnim projekcijama?

Dio Geminijeva odgovora:

U kontekstu “osi simetrije pomoćne plohe”, ovaj se pojam ne primjenjuje izravno na pseudocilindrične projekcije jer nemaju stvarnu geometrijsku pomoćnu plohu poput valjka. Međutim, može se reći da **srednji meridijan** igra ulogu osi simetrije u smislu da su meridijani s obje strane simetrični u odnosu na njega.

Naš komentar upućen Geminiju:

Prema odgovoru na to pitanje u klasifikaciji prema položaju osi projekcije trebalo bi os projekcije drugačije definirati, tako da vrijedi za sve skupine projekcija pa i za pseudocilindrične. Takva definicija osi projekcije postoji u literaturi.

Odgovor Geminija:

U pravu ste. Moja prethodna definicija osi projekcije bila je preuska i primjenjiva prvenstveno na konusne i cilindrične projekcije koje se temelje na geometrijskoj projekciji na pomoćnu plohu.

Kada se govori o osi projekcije u širem kontekstu, uključujući i projekcije koje nisu izvedene direktnom geometrijskom projekcijom (kao što su pseudocilindrične), **os projekcije se definira kao os simetrije ili referentna linija oko koje se organizira matematička konstrukcija projekcije.**

Ova šira definicija omogućuje da se pojam osi projekcije primijeni i na pseudocilindrične projekcije. U tom kontekstu:

- **Za uspravne (normalne) projekcije:** Os projekcije se podudara s osi rotacije Zemlje.
- **Za poprečne (transverzalne) projekcije:** Os projekcije je okomita na os rotacije Zemlje.
- **Za kose projekcije:** Os projekcije je pod kutom između 0° i 90° u odnosu na os rotacije Zemlje.
- **Za pseudocilindrične projekcije:** Iako nemaju fizičku pomoćnu plohu, **srednji meridijan se može smatrati osi projekcije** oko koje je konstrukcija projekcije simetrična. Paralele su paralelne s ekvatorom (koji je okomit na os rotacije Zemlje), a meridijani su zakrivljeni simetrično oko srednjeg meridijana.

Naš komentar:

Os Zemljine rotacije ne prikazuje se na kartama tako da je Geminijev pokušaj „proširenja

definicije osi projekcije“ uzaludan i neprimjenjiv.

U klasifikaciji projekcija prema obliku razvojne plohe (geometrijskoj konstrukciji) Gemini zaboravlja istaknuti da je riječ samo o uspravnim projekcijama. Nadalje, najprije navodi azimutalne (ravninske) projekcije. Već više godina umjesto azimutalne govorimo azimutne projekcije. Osim toga, sve projekcije su ravninske, tako da isticanje ravninska projekcija samo kod azimutnih projekcija nema smisla. Definiranje azimutne projekcije kao projekcije na ravninu koja dodiruje ili siječe Zemlju je pogrešno jer su azimutne projekcije preslikavanja Zemljine sfere ili elipsoida, a ne Zemlje, a položaj ravnine projekcije je bitan samo kod perspektivnih projekcija. U definicijama cilindričnih projekcija Gemini govori o preslikavanju na cilindar koji obavija Zemlju. Međutim, to nije točno, jer cilindrične projekcije općenito nisu preslikavanja na cilindar, a nisu ni preslikavanja Zemlje, nego Zemljine sfere ili elipsoida. U definicijama konusnih projekcija Gemini govori o preslikavanju na konus koji dodiruje ili siječe Zemlju. Međutim, to nije točno, jer konusne projekcije općenito nisu preslikavanja na konus, a nisu ni preslikavanja Zemlje, nego Zemljine sfere ili elipsoida.

Dana 6. travnja 2025. postavili smo isto pitanje:

Kako se klasificiraju kartografske projekcije?

Gemini je odgovorio:

Kartografske projekcije se klasificiraju prema različitim kriterijima:

1. Prema svojstvima preslikavanja (vrstama deformacija):

- ***Konformne (ekviangulne) projekcije:*** Čuvaju kutove, što znači da mali oblici na karti zadržavaju svoj izvorni oblik. Mjerilo duljina je jednako u svim smjerovima oko bilo koje točke, ali se mijenja od točke do točke. Primjer je Mercatorova projekcija.
- ***Ekvivalentne (jednakopovršinske) projekcije:*** Čuvaju površine. Omjer površina bilo koja dva područja na karti jednak je omjeru njihovih stvarnih površina na Zemlji. Međutim, oblici i kutovi su izobličeni. Primjer je Mollweideova projekcija.
- ***Ekvidistantne projekcije:*** Čuvaju udaljenosti u određenom smjeru (obično duž meridijana ili paralela) ili od određene točke. Udaljenosti u drugim smjerovima su izobličene. Primjer je ekvidistantna azimutalna projekcija.
- ***Uvjetne (kompromisne) projekcije:*** Ne čuvaju niti jedno od navedenih svojstava u potpunosti, već nastoje minimizirati sva izobličenja kako bi se postigao vizualno uravnotežen prikaz. Primjer je Robinsonova projekcija.

2. Prema položaju osi projekcije:

- ***Uspravne (normalne) projekcije:*** Os simetrije pomoćne plohe (cilindra, konusa) ili okomica na projekcijsku ravninu podudara se s osi rotacije Zemlje. Polovi normalne kartografske mreže podudaraju se s geografskim polovima.
- ***Poprečne (transverzalne) projekcije:*** Os simetrije pomoćne plohe ili okomica na projekcijsku ravninu okomita je na os rotacije Zemlje. Polovi normalne kartografske mreže nalaze se na ekvatoru.
- ***Kose (oblique) projekcije:*** Os simetrije pomoćne plohe ili okomica na projekcijsku ravninu zauzima kosi položaj u odnosu na os rotacije Zemlje. Polovi normalne kartografske mreže nalaze se između geografskih polova i ekvatora.

3. Prema obliku razvojne plohe (geometrijskoj konstrukciji):

- ***Azimutalne (ravninske) projekcije:*** Preslikavanje se vrši na ravninu koja dodiruje ili siječe Zemlju. Meridijani se prikazuju kao pravci koji se sijeku u jednoj točki,

a paralele kao koncentrični krugovi.

- **Cilindrične (valjkaste) projekcije:** Preslikavanje se vrši na cilindar koji obavlja Zemlju. Meridijani se prikazuju kao paralelni pravci, a paralele kao pravci okomiti na meridijane.
- **Konusne (stožaste) projekcije:** Preslikavanje se vrši na konus koji dodiruje ili siječe Zemlju. Meridijani se prikazuju kao pravci koji se sijeku u vrhu konusa, a paralele kao lukovi koncentričnih krugova.
- **Pseudocilindrične projekcije:** Meridijani su krivulje (osim središnjeg meridijana koji je pravac), a paralele su paralelni pravci okomiti na središnji meridijan.
- **Pseudokonusne projekcije:** Paralele su lukovi koncentričnih krugova, a meridijani su krivulje koje se sijeku u polovima.
- **Polikonusne projekcije:** Središnji meridijan je pravac, paralele su lukovi kružnica sa središtima na produžetku središnjeg meridijana, a ostali meridijani su složene krivulje.
- **Kružne projekcije:** Projekcije čija je karta ograničena kružnicom.

Ova klasifikacija pomaže u razumijevanju svojstava različitih kartografskih projekcija i odabiru najprikladnije projekcije za određenu namjenu.

Naš komentar:

Naziv ekviangulne za konformne projekcije nije dosad bio u upotrebi.

Nije točno da je omjer površina bilo koja dva područja na karti jednak omjeru njihovih stvarnih površina na Zemlji, jer kartografske projekcije nisu preslikavanja Zemlje, nego Zemljine sfere ili elipsoida.

U klasifikaciji prema položaju osi projekcije Gemini upotrebljava pomoćne plohe što je zastarjeli pristup jer se odnosi samo na perspektivne projekcije. Nije jasno što je to os projekcije. Oblique nije hrvatska riječ.

Klasifikacija prema obliku razvojne plohe (geometrijska konstrukcija) odnosi se na uspravne projekcije i inzistira na preslikavanjima na cilindar ili konus, što općenito nije tako. Umjesto azimutalne trebalo bi reći azimutne. Pri tome ne se preslikava na ravninu koja dodiruje ili siječe Zemlju. Prvo, ne preslikava se Zemlja, nego Zemljina sfera ili elipsoid. Drugo, položaj ravnine projekcije u odnosu na Zemljinu sferu ili elipsoid općenito ne igra nikakvu ulogu. Rečenica "Meridijani se sijeku u vrhu konusa,..." nema smisla. Kod pseudokonusnih projekcija slike paralela nisu lukovi koncentričnih krugova, nego lukovi koncentričnih kružnica. Definirati kružne projekcije kao projekcije čija je karta ograničena kružnicom, nema smisla.

S obzirom na klasifikaciju projekcija prema osi projekcije upitali smo Gemini:

Što je os projekcije?

Stigao je ovaj odgovor:

U kartografiji, **os projekcije** odnosi se na položaj zamišljene geometrijske plohe (ravnine, cilindra ili konusa) u odnosu na Zemlju prilikom preslikavanja sferne ili elipsoidne površine Zemlje na ravnu kartu.

Drugim riječima, to je **orijentacija** na koju se postavlja razvojna ploha (ona koja se može razviti u ravninu) u odnosu na Zemljinu os rotacije. Položaj ove osi značajno utječe na izgled kartografske mreže (meridijana i paralela) na karti i na raspored deformacija.

Postoje tri osnovna položaja osi projekcije:

- **Uspravna (normalna) os:** Os simetrije razvojne plohe (cilindra ili konusa) ili okomica na projekcijsku ravninu podudara se s osi rotacije Zemlje (prolazi kroz Sjeverni i Južni pol). Mreža meridijana i paralela je u odnosu na geografske polove "uspravna".
- **Poprečna (transverzalna) os:** Os simetrije razvojne plohe ili okomica na projekcijsku ravninu je okomita na os rotacije Zemlje. U ovom slučaju, "polovi" kartografske mreže nalaze se na ekvatoru.
- **Kosa (oblique) os:** Os simetrije razvojne plohe ili okomica na projekcijsku ravninu zauzima kosi položaj u odnosu na os rotacije Zemlje. Polovi kartografske mreže nalaze se između geografskih polova i ekvatora.

Položaj osi projekcije je jedan od ključnih kriterija prema kojem se klasificiraju kartografske projekcije i ima značajan utjecaj na područja Zemlje koja će biti prikazana s manjim ili većim deformacijama.

Naš komentar:

U teoriji kartografskih projekcija nema potrebe uvoditi „položaj zamišljene geometrijske plohe“, osim kod perspektivnih projekcija. Prema tome, reći da je „Položaj osi projekcije jedan od ključnih kriterija prema kojem se klasificiraju kartografske projekcije ...“ je potpuni promašaj.

Zaključak

Kao i drugi programi koji nude razgovor s pomoću umjetne inteligencije i Gemini daje odgovore vrlo brzo, u par sekundi. Odgovori su ljubazni, na relativno dobrom hrvatskom jeziku i djeluju ozbiljno. Zbog toga osoba koja razgovara s Geminijem, a ne poznaje ono o čemu je riječ, može prihvatiti odgovor vjerujući da je sve istinito ili kako treba. Međutim, naše malo istraživanje pokazuje da je realnost još daleko od toga.

Na isto postavljeno pitanje u razmaku od pet dana, dobiveni su drukčiji odgovori. Prva pomisao je bila da je Gemini u međuvremenu naučio nešto novo, jer je u prvoj konverzaciji prihvatio uočene probleme. Međutim, ništa od toga. Novi odgovori bili su još lošiji od prvih.

Što se tiče kartografskih projekcija, s odgovorima nikako ne možemo biti zadovoljni. Gemini, a ni drugi slični programi, ne bi za sada prošli na ispitu. Ali, uvjereni smo da će umjetna inteligencija brže naučiti ispravno klasificirati kartografske projekcije nego poneki autori poglavlja o kartografskim projekcijama u monografijama i udžbenicima opće i tematske kartografije.

Literatura

Frančula, N. (2023): Googleov Bard i kartografske projekcije, Geodetski list, 4, 381–384, <https://hrcak.srce.hr/clanak/457371>, (10. 4. 2025.).

Frančula, N., Lapaine, M. (2025): Perplexity i klasifikacija kartografskih projekcija / Perplexity and Map Projections Classification, Kartografija i geoinformacije, 24, 43, (u tisku).

Wikipedija (2025): Google Gemini, https://hr.wikipedia.org/wiki/Google_Gemini, (1. 4. 2025.).

Nedjeljko Frančula i Miljenko Lapaine