

ASPEKT KARTOGRAFSKE PROJEKCIJE I UMJETNA INTELIGENCIJA

U većini tekstova o kartografskim projekcijama aspekt projekcije definira se položajem osi razvojnih ploha (konusa i cilindra) u odnosu na Zemljinu sferu i u azimutnim projekcijama položajem ravnine u odnosu na sferu. Autori takve definicije aspekta ne uočavaju da ona ne uključuje ostale skupine projekcija: pseudokonusne, pseudocilindrične, polikonusne, kružne i ostale. Vrlo često aspekt se definira kao polarni, ekvatorski i kosi, iako takav aspekt mogu imati samo azimutne projekcije (Frančula i Lapaine 2019).

Ispravno je aspekt definirati kao uspravni (normalni), poprečni i kosi jer ti aspekti uključuju sve skupine projekcija pa i azimutne. U definiciji aspekta projekcije služimo se mrežom pseudomeridijana i pseudoparalela. Ta mreža dobiva se zamišljenom rotacijom mreže meridijana i paralela u bilo koji drugi položaj. Umjesto sjevernog i južnog geografskog pola u toj mreži postoje sjeverni i južni pseudopol. Pravac koji prolazi sjevernim i južnim pseudopolom pa onda ishodištem koordinatnog sustava i središtem sfere naziva se os projekcije. Aspekt projekcije definira se položajem osi projekcije u odnosu na os rotacije Zemljine sfere, tj. spojnicu geografskih polova. U normalnom aspektu os projekcije podudara se sa spojnicom geografskih polova, a mreža pseudomeridijana i pseudoparalela s mrežom meridijana i paralela. Poprečni aspekt nastaje kada os projekcije leži u ravnini ekvatora, a kosi ako je os projekcije u bilo kojem drugom položaju (Lapaine i Frančula 2016).

Zanimalo nas je koliko od toga zna umjetna inteligencija. Da bismo to provjerili postavili smo ChatGPT-ju, Geminiju, DeepSeeku, Groku i Perplexitiju 2. rujna 2025. pitanje:

„Možeš li definirati aspekt kartografske projekcije, ali tako da vrijedi za sve skupine projekcija: konusne, cilindrične, azimutne, pseudokonusne, pseudocilindrične, polikonusne, kružne i ostale, a ne samo za konusne, cilindrične i azimutne.“

Odgovore ChatGPT-ja, Geminija i Perplexitija naveli smo u cjelini jer nisu preopširni, a iz odgovora ostala dva konverzijska programa izdvojili smo ono najvažnije. Njihove odgovore stavili smo pod navodnike ne mijenjajući ništa, samo smo dijelove teksta pisane zadebljanim slovima zamijenili običnim kurzivom. Nakon njihovih odgovora dali smo naše komentare.

ChatGPT

„U kartografiji *aspekt* (ponekad se naziva i *položaj projekcijske plohe u odnosu na Zemlju*) označava način na koji je osnovna geometrijska ploha projekcije (cilindar, konus, ravnina ili njihova varijanta) postavljena prema referentnoj sferi ili elipsoidu.

Ta se definicija može primijeniti na sve skupine projekcija – ne samo na konusne, cilindrične i azimutne, jer je svaka projekcija (pa i pseudokonusna, pseudocilindrična, polikonusna, kružna i druge izvedenice) konstruirana polazeći od neke zamišljene plohe ili njezine modifikacije.

U praksi se razlikuju tri osnovna aspekta:

- *ekvatorijalni (transverzalni)* – ploha je „naslonjena“ ili orijentirana uz ekvator,
- *polarni (normalni)* – ploha je orijentirana prema polovima,
- *kosni (oblique)* – ploha je nagnuta pod nekim kutom u odnosu na polove i ekvator.

☞ Dakle, *aspekt kartografske projekcije* možemo općenito definirati ovako:

Aspekt je orijentacija projekcijske plohe ili njezine matematičke izvedenice u odnosu na Zemljinu os i osnovne kružnice (ekvator, meridijane i paralele), bez obzira radi li se o konusnim, cilindričnim, azimutnim, pseudokonusnim, pseudocilindričnim, polikonusnim,

kružnim ili drugim vrstama projekcija.“

Naš komentar: ChatGPT-jev odgovor iznenađujuće je loš i pogrešan. Već u prvom retku piše da se aspekt projekcije ponekad naziva „*položaj projekcijske plohe u odnosu na Zemlju*“ i u nastavku navodi cilindar, konus i ravninu. U drugom odlomku navodi da su i ostale skupine projekcija konstruirane „polazeći od neke zamišljene plohe ili njezine modifikacije“ što je plod njegove halucinacije. I u nastavku pogrešno navodi tri osnovna aspekta: ekvatorijalni (transverzalni), polarni (normalni) i kosni (umjesto kosi) (oblique).

Gemini

„Definicija aspekta kartografske projekcije, primjenjiva na sve skupine, odnosi se na položaj *osnovne točke, crte ili površine* projekcije u odnosu na Zemljin globus.

Jednostavnije rečeno, aspekt određuje kako se Zemljina površina „naslanja“ na ravnu plohu projekcije. To utječe na orijentaciju i deformacije na karti.

Postoje tri glavna aspekta, koji se primjenjuju na sve navedene skupine projekcija:

- *Normalni (pravi ili polarni) aspekt*: Osnovna točka ili os projekcije poklapa se sa Zemljinim polovima, a referentna ravnina (za azimutne), plašt cilindra (za cilindrične) ili stošca (za konusne) je paralelna s osi rotacije Zemlje.
- *Poprečni (transverzalni) aspekt*: Osnovna os projekcije se nalazi u ravnini ekvatora, okomita na Zemljinu os rotacije.
- *Kosi (oblik) aspekt*: Osnovna os projekcije je postavljena pod bilo kojim kutom u odnosu na Zemljinu os rotacije, osim 0° ili 90° .

Iako se ovi termini najčešće spominju kod konusnih, cilindričnih i azimutnih projekcija, isti principi vrijede i za sve ostale tipove. Na primjer, *pseudocilindrična projekcija* može imati transverzalni aspekt, a *polikonusna projekcija* može biti definirana u kosom aspektu, čime se mijenja njen izgled i raspored deformacija.“

Naš komentar: Iako s nešto manje pogrešaka od ChatGPT-jeva odgovora i Geminijev je odgovor neprihvatljiv. U prvom odlomku nije definirano što su to osnovna točka, crta ili površina. Za normalni aspekt pogrešno navodi da je to ujedno i polarni aspekt te nastavlja „a referentna ravnina (za azimutne), plašt cilindra (za cilindrične) ili stošca (za konusne) je paralelna s osi rotacije Zemlje“. Ako je u azimutnim projekcijama ravnina paralelna s osi Zemljine rotacije, tada je to poprečni aspekt, a ne normalni, a nije jasno ni kako je to plašt stošca paralelan s osi Zemljine rotacije.

DeepSeek

„Odlično pitanje koje zahtijeva općenitiju i sveobuhvatniju definiciju.

Aspekt kartografske projekcije je položaj ili orijentacija projektivne površine (poput stošca, cilindra ili ravnine) u odnosu na Zemlju (ili drugo nebesko tijelo) u trenutku izrade projekcije. On definira koja se točka ili dio Zemljine površine nalaze u središtu karte i kako su koordinatne osi projektivne površine poravnate s osima Zemlje.

Kako bi definicija vrijedila za sve vrste projekcija, možemo je izraziti na sljedeći način:

Aspekt je parametar kartografske projekcije koji određuje relativnu orijentaciju osi simetrije projektivne površine (ako postoji) u odnosu na os rotacije Zemlje. On kontrolira položaj “prirodnog” središta projekcije (točke ili linije nultog izobličenja) na konačnoj karti.

U praksi se aspekt najčešće manifestira kroz tri klasična, univerzalno primjenjiva položaja, bez obzira na vrstu projekcije:

1. *Normalni (Polički) Aspekt*: Os projekтивne površine (npr. os cilindra ili stošca) poravnata je sa *Zemljinom osi rotacije*. Kao rezultat, središnji meridijan i paralele su obično pravocrtne i međusobno okomite.
 - *Primjer*: Kod cilindričnih projekcija (npr. Mercatorove) cilindar je omotan oko ekvatora. Kod azimutalnih projekcija ravnina dodiruje globus na polu.
2. *Transverzalni (Poprečni) Aspekt*: Os projekтивne površine okrenuta je *pod kutom od 90°* u odnosu na Zemljinu os rotacije, odnosno leži u ravnini ekvatora. Središte projekcije obično leži na ekvatoru.
 - *Primjer*: Kod cilindričnih projekcija (npr. Transverzalna Mercatorova) cilindar je omotan oko meridijana. Kod azimutalnih projekcija ravnina dodiruje globus na točki na ekvatoru.
3. *Kosi (Oblik) Aspekt*: Os projekтивne površine nije poravnata ni s osi rotacije ni s ekvatorom, već je postavljena pod *proizvoljnim kutom* između 0° i 90° u odnosu na Zemljinu os. Središte projekcije leži između pola i ekvatora.
 - *Primjer*: Azimutalna projekcija čija se ravnina dodiruje s globusom u točki poput New Yorka ili Tokija.“

Naš komentar: I DeepSeekov odgovor ima puno pogrešaka. Aspekt dijeli na normalni, transverzalni i kosi. Za normalni aspekt u zagradi navodi „Polički“ Nejasno je što znači „polički“, ako je polarni pogrešno je. U definicijama sva tri aspekta služi se „projektivnim površinama“ (cilindrom i stošcem). Definiciju normalnog aspekta završava tvrdnjom: „Kao rezultat, središnji meridijan i paralele su obično pravocrtne i međusobno okomite.“ To vrijedi samo za cilindrične i pseudocilindrične projekcije. Za transverzalni aspekt u zagradi navodi „poprečni“. Bilo bi bolje obrnuto. Hrvatski pogrešno i aspekt piše velikim početnim slovom. Za kosi aspekt u zagradi navodi „Oblik“ što je potpuno nepotrebno pohrvaćivanje engleskog „oblique“.

Grok

„Da, mogu definirati aspekt kartografske projekcije na način koji je općenit i primjenjiv na sve navedene skupine projekcija (konusne, cilindrične, azimutne, pseudokonuse, pseudocilindrične, polikonusne, kružne i druge). Tradicionalne definicije aspekta često su ograničene na glavne tri obitelji (konusne, cilindrične i azimutne) jer se one temelje na razvijajućim geometrijskim površinama (konus, cilindar ili ravnina), ali aspekt se može proširiti na širi matematički i konceptualni okvir koji obuhvaća i pseudo-varijante, polikonusne (kao što je polyconic projekcija), kružne (koje su često varijante azimutnih) i druge hibridne ili matematički izvedene projekcije.

Općenita definicija aspekta

Aspekt kartografske projekcije predstavlja orijentaciju ili položaj projekcijskog sustava (uključujući središnju točku, os simetrije ili referencu distorzije) u odnosu na Zemljinu os rotacije i geografsku mrežu (graticulu meridijana i paralela). Ova orijentacija određuje kako se distorzije (u obliku, površini, udaljenostima ili kutovima) distribuiraju na karti, te utječe na predstavljanje Zemljine površine – na primjer, gdje će biti minimalne distorzije i kako će se meridijani i paralele iscrtavati (kao ravne linije, lukovi ili krivulje). Aspekt nije ograničen samo na geometrijske površine, već se može matematički opisati kao rotacija koordinatnog sustava projekcije u odnosu na Zemljinu sferu, što omogućuje

primjenu na sve vrste projekcija, uključujući one koje nisu striktno geometrijske.

Ova definicija vrijedi za sve skupine jer se temelji na općenitim matematičkim principima projekcije (kao što su rotacija koordinata i parametri distorzije), a ne samo na specifičnim površinama. Na primjer:

Normalni (polarni ili ekvatorski) aspekt: Os projekcije poklapa se sa Zemljinom osi rotacije....“

„Transverzalni (poprečni) aspekt: Os projekcije je pravokutna na Zemljinu os (često uzduž meridijana). Ovo je korisno za regije s sjever-jug orijentacijom...”

„Obliqui (kosi) aspekt: Os projekcije je pod proizvoljnim kutom između normalnog i transverzalnog...”

Naš komentar: U prvom odlomku pogrešno tvrdi da se konusne, cilindrične i azimutne projekcije „temelje na razvijajućim geometrijskim površinama (konus, cilindar ili ravnina)“. Za normalni aspekt pogrešno u zagradi navodi „polarni li ekvatorski aspekt“. I Grok prednost daje nazivu transverzalni aspekt, a poprečni stavlja u zagradu. Nije jasno kako je u tom aspektu os projekcije okomita (on piše pravokutna), „na Zemljinu os (često uzduž meridijana)“. I za kosi aspekt na prvom mjestu navodi iskrivljeni engleski naziv „obliqui“.

Perplexity

„Kartografska projekcija u općenitom smislu je matematički postupak preslikavanja zakrivljene plohe, kao što je Zemljina površina (ili površina drugih nebeskih tijela), na ravninu. To preslikavanje uspostavlja preciznu korespondenciju između točaka na izvornom zakrivljenom obliku i njihovih slika na ravnini, pri čemu se koristi skup formula ili geometrijskih pravila.

Ova definicija vrijedi univerzalno za sve skupine projekcija, pa tako i za konusne, cilindrične, azimutne, pseudokonusne, pseudocilindrične, polikonusne, kružne i ostale. Svaka od tih skupina projekcija karakterizirana je posebnim načinom kako se mreža meridijana i paralela preslikava na ravninu, odnosno razlikuje se geometrijski oblik na koji se površina „omotava“ i način preslikavanja točaka, ali srž je uvijek isto – matematičko preslikavanje zakrivljene plohe u ravninu. Ovo preslikavanje može koristiti različite osnovne geometrijske površine kao što su stožac (konus), valjak (cilindar), ravnina, ili druge, što određuje vrstu projekcije, no definicija kartografske projekcije kao preslikavanja ostaje ista.

Stoga, aspekt kartografske projekcije koji je zajednički svim vrstama jest da se radi o funkciji ili matematičkom postupku koji pretvara geografske koordinate (širinu i dužinu) s trodimenzionalne zakrivljene površine u koordinatni sustav dvodimenzionalne ravnine karte, uz određene matematičke i geometrijske osobitosti svake pojedine skupine projekcija.

Ukratko, kartografska projekcija je sveobuhvatno matematičko preslikavanje zakrivljene Zemljine ili druge površine u ravninu, pri čemu se razlikuju vrste projekcija na osnovi specifičnih geometrijskih i matematičkih pravila za to preslikavanje, bez obzira na to jesu li konusne, cilindrične, azimutne ili druge skupine projekcija.“

Naš komentar: Perplexity nije odgovorio na pitanje što je aspekt projekcije.

Zaključak

Umjetna inteligencija nije položila ispit ni u testiranju njezina znanja o aspektu kartografskih projekcija. Najmanje pogrešaka sadrži Grokov odgovor. On je definirao normalni, poprečni i kosi aspekt projekcije položajem osi projekcije u odnosu na Zemljinu os, iako nije definirao os projekcije, a dao je i nejasnu definiciju poprečnog aspekta.

Autori ovog prikaza uveli su u kartografsku terminologiju pojam os projekcije i njezinu definiciju. Ovo testiranje pokazalo je da je umjetna inteligencija (Grok) usvojila taj pojam, iako još uvijek ne na korektan način.

Literatura

- Frančula, N., Lapaine, M. (2019): Polarni, ekvatorski i kosi aspekt imaju samo azimutne projekcije / The Polar, Equatorial and Oblique Aspect Have Only Azimuthal Projections, *Kartografija i geoinformacije*, 18, 32, 200–203, <https://hrcak.srce.hr/236160>, (2. 9. 2025.).
- Lapaine, M., Frančula, N. (2016): Map projections aspects, *International Journal of Cartography*, 2, 1, 38–58, <http://dx.doi.org/10.1080/23729333.2016.1184554>, (2. 9. 2025.).

Nedjeljko Frančula i Miljenko Lapaine