

ГРАЂА ЗА НАСТАВНЕ ЈЕДИНИЦЕ

Милутин Тадић¹

ВРЕДНОВАЊЕ ПРОЈЕКЦИЈА ЗА КАРТЕ СВЕТА

Један од начина вредновања пројекција за карте света је и поређење удаљености (z) између изабраних тачака на површини Земљине лопте (односно, на глобусу) и удаљености (d) између истих тачака на карти света урађеној у одређеној картографској пројекцији. На основу ових величина одређује се показатељ f , и то на више начина. Као $f = (z - d) : (z + d)$ (А. Петерс), као $f = d : z$ (Ф. Гилберт), или као $f = 1 - (d : z)$ (Ј. Јару). Метод М. Кроноуса се разликовао од осталих по томе што је он није одређивао и мерио растојања између парова тачака распоређених на најразличитијим местима глобуса (и карте) него је узео двадесет тачака и онда одређивао растојање сваке појединачно од свих преосталих. У склопу магистраског рада (Ј. Јару, 1997) у области картографије Јозеф Јари је изабрао шездесет тачака равномерно распоређених по целом глобусу и одређивао њихова растојања на картама света урађеним у 32 картографске пројекције. На површини Земљине лопте растојања је одређивао на основу познатог обрасца за зенитну удаљеност, а на картама је, знајући обрасце за правоугле координате сваке пројекције, растојања одређивао помоћу аналитичке геометрије. (Непосредна мерења на карти вршио је само у неколико случајева када није могао доћи до образаца за правоугле координате.) Када су биле у питању тачке између којих најкраћи пут сече меридијан $\lambda = \pm 180^\circ$ прво је одређивао географске координате те пресечне тачке на Земљиној лопти, а онда одговарајуће растојање на карти света налазио као збир парцијалних растојања (јер се картографски приказ завршава са меридијаном $\lambda = \pm 180^\circ$). На крају је одредио показатеље за сваку од тих пројекција и формирао ранг листу на основу процентуалне деформисаности растојања. Првих пет места заузеле су следеће пројекције:

Пројекција	Процент деформисаности растојања
1. Каврајског (са елиптичним меридијанима)	12,74 %
2. Винкелова III	13,47 %
3. Екертова IV	13,84 %
4. Петерсова	13,96 %
5. Екертова VI	14,33 %

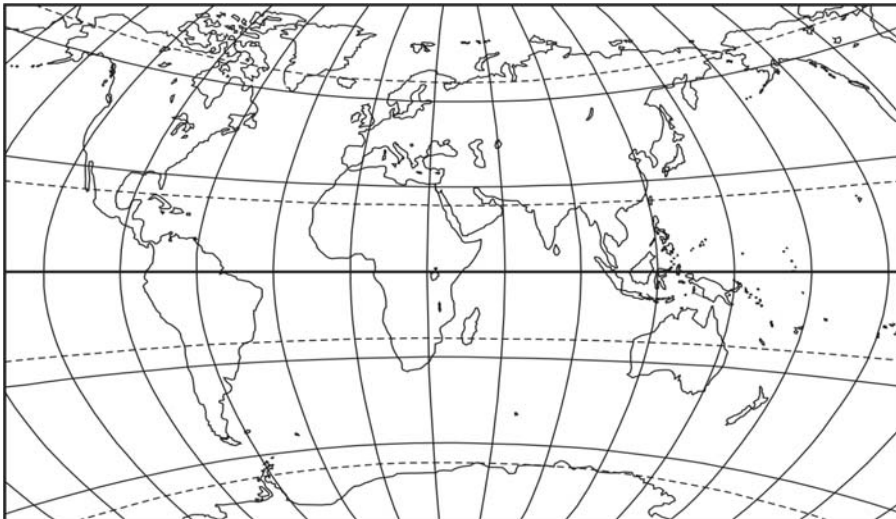
У наставку су дата основна својства сваке од пет наведених картографских пројекција, овог пута без одговарајућих математичких образаца.

¹ Др Милутин Тадић, ванредни професор, Географски факултет, Београд.

Псеудоцилиндрична елиптична пројекција Каврајског

Ову пројекцију предложио је руски картограф В. В. Каврајски 1939. године. Средњи меридијан је права линија и дуж њега је сачуван главни размер. Остали меридијани су лукови елипси симетрични према средњем меридијану (изузетак су меридијани $\lambda = \pm 120^\circ$ који су кружни лукови). Меридијани деле све паралеле на једнаке одсечке. Паралеле су линије нормалне на средњи меридијан. Полови су приказани као поларне линије чија је дужина једнака половини дужине екватора.

Сл. 1. Картографска мрежа за карту света у елиптичној пројекцији Каврајског.



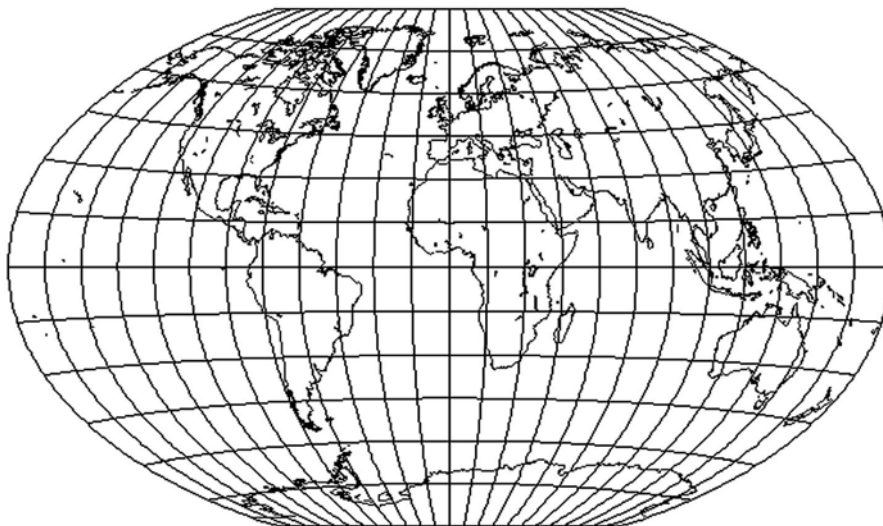
Пројекција Каврајског је по карактеру деформација произвољна. Осим дуж средњег меридијана, пројекција је еквилифантна и дуж паралела $\varphi = \pm 35^\circ 31' 34''$, тј. тачка нултих деформација налази се на овој географској ширини, на средњем меридијану картографске мреже. Слична је са IV Екертовом пројекцијом. Главна јој је предност једноставност конструкције – може се конструисати помоћу лењира и шестара уз минимум рачунања.

Винкелова картографска пројекција

Немачко картографско друштво (Deutsche Gesellschaft für Kartographie) је образовала Комисију која је после анализе двадесет картограф-

ских пројекција дошла до закључка да је за израду карата света најпогоднија Винкелова пројекција која по карактеру деформација спада у групу произвољних пројекција. Ову пројекцију је 1921. год. конструисао немачки картограф О. Винкел (Oswald Winkel) који се у периоду 1913–1928. године бавио комбиновањем правоугаоне цилиндричне пројекције са Молвајдовом, Сансоновом, Апијановом и Ајтовљевом пројекцијом. На тај начин је добио нове ("хибридне") пројекције.

Сл. 2. Картографска мрежа за карту света у III Винкеловој пројекцији.



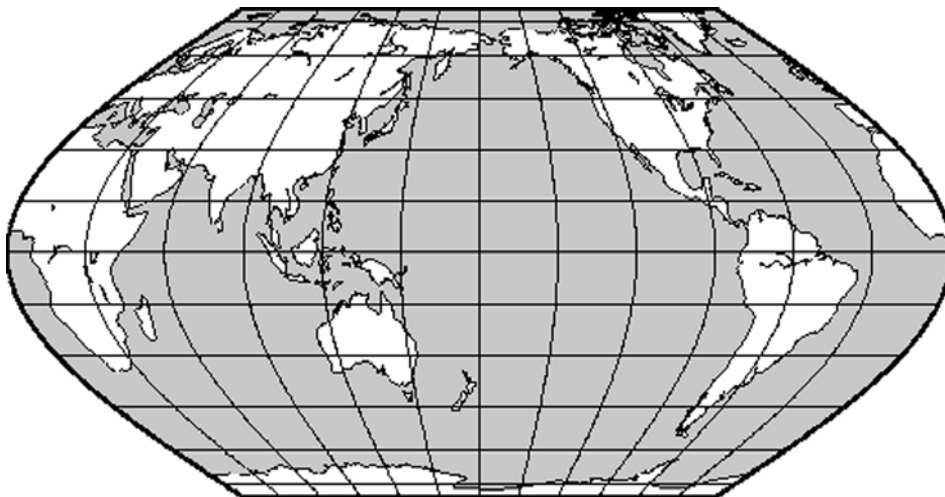
Применио је једноставан начин: правоугле координате нове пројекције одређивао је као аритметичку средину изабраног пара између поменутих пројекција. Комисија је констатовала да најбоља својства има III Винкелова пројекција настала од правоугаоне цилиндричне пројекције са стандардним паралелама $\varphi = \pm 50^\circ$ и Ајтовљеве пројекције. Пројекција је заштићена патентом.

**Екертска елиптична изоцилиндрична пројекција
(IV Екертска пројекција)**

Немачки картограф М. Екерт (Max Eckert), инспирисан Апијановом пројекцијом (XVI век) публиковао је 1906. године у географском часопису *Petermans Mittheilungen* шест изоцилиндричних пројекција које се најчешће

означавају редним бројевима (I – VI). Суштина пројекције састоји се у томе што се пројектовање у раван карте врши посредно. Прво се површина Земљине лопте еквивалентно пренесе на спољну површину тора – геометријског тела које настаје ротацијом круга око праве која лежи унутар њега (а не пролази кроз његов центар), а затим се врши пројектовање у раван карте по принципу Сансонове пројекције. У картографској мрежи I и II пројекције меридијани се приказују као праве линије, у III и IV – као елипсе, а у V и VI – као синусоиде. Без обзира на облик, сви меридијани деле екватор и све паралеле на једнаке одсечке.

Сл. 3. Картографска мрежа за карту света у IV Екертовој пројекцији.



Паралеле се приказују као праве линије нормалне на средњи меридијан који је једини права линија – остали меридијани су лукови елипси симетрични у односу на њега. Меридијани се не састају у две тачке (као код Молвајдове и Сансонове пројекције) него се завршавају на две праве линије (поларне линије) чија је дужина једнака половини дужине екватора.

Екертова IV пројекција је по карактеру деформација еквивалентна. Меридијани заклапају мање углове него код Молвајдове и Сансонове пројекције па ликови објеката на средњим и високим географским ширинама нису деформисани у толикој мери као код тих пројекција.

Петерсова пројекција

Ова пројекција постала је широко позната захваљујући агресивној реклами коју је од 1973. године вешто водио њен промотер, немачки историчар и специјалиста за пропаганду Арно Петерс. Петерс је тврдио да је пронашао пројекцију која коначно даје верну слику света (што је пролазило код неупућених). Узалуд су картографи објашњавали да се ради о нормалној цилиндричној секућој пројекцији са стандардним паралелама $\varphi = \pm 45^\circ$ коју је Гал разрадио још давне 1855. године на принципу ортографског пројектовања. Тиме су ишли на руку Петерсу који је намерно распламсавао полемику и још више рекламирао (и продавао) карту света у својој пројекцији.

Код Ламбертове еквивалентне цилиндричне пројекције (изоцилиндричне пројекције) пројектовање се врши по принципу ортографске пројекције и то на додирни цилиндар. Код Галове ортографске цилиндричне пројекције (односно – "Петерсове") пројекције пројектовање се врши такође ортографски али на секући цилиндар са стандардним паралелама $\varphi = \pm 45^\circ$. Да би се сачувала еквивалентност било је потребно само координату x увећати у истој мери у којој је обим паралеле $\varphi = 45^\circ$ мањи од обима екватора, тј. за $1/\cos 45^\circ$.

По карактеру деформација пројекција је еквивалентна али су ликови веома деформисани. Једина предност ове пројекције је једноставна конструкција картографске мреже.

Екертова синусоидална изоцилиндрична пројекција (VI Екертова пројекција)

У картографској мрежи ове пројекције паралеле се приказују као упоредне дужи чија се међусобна растојања смањују идући од екватора ка половима. (Такав је случај и код II и IV Екертове пројекције – све еквивалентне.) Меридијани се приказују као синусоиде симетричне према средњем меридијану (права линија) које се, као и код елиптичне Екертове пројекције, не састају у једној тачки него се завршавају на две поларне линије.

Према карактеру деформација, Екертова синусоидална изоцилиндрична пројекција је еквивалентна. Тачка нултих деформација налази се на средњем меридијану, на географској ширини $\varphi = \pm 49^\circ 16'$. У целини гледано, ова пројекција представља средње решење између Ламбертове еквивалентне цилиндричне пројекције и Сансонове пројекције.

Картографске пројекције које нису међу "првих пет"

Насупрот очекивању, међу првих пет картографских пројекција издвојених на основу процента деформисаности растојања на картама света нема неколико пројекција у којима су често урађене карте света (Гринтенова, Робинсонова, Хамерова, Молвајдова, Сансонова, Милерова, Меркаторова). Нема на пример Меркаторове пројекције која је веома заступљена када су у питању карте света у старијим издањима атласа, нема Гринтенове пројекције у којој су урађене наше школске зидне карте света и све карте света у нашим атласима намењеним основцима, затим нема Хамерове пројекције у којој је урађена карта света у атласу за средњу школу, као ни Робинсонове пројекције која је данас "у моди". Због тога ће бити додати и одељци са основним својствима ових пројекција, са изузетком Меркаторове пројекције која је мало коме непозната.

Ван дер Гринтенова пројекција

Од 1922. до 1988. године NGS (The National Geographic Society) је штампало политичке карте света урађене у Гринтеновој картографској пројекцији. То је пројекција коју је 1905. године разрадио амерички картограф Ван дер Гринтен (Alphons J. van der Grinten). Спада у групу производљивих пројекција са кружним меридијанима и паралелама, а базирана је на Ламберт-Лагранжеовој пројекцији из исте групе.

Сл. 4. Картографска мрежа за карту света у Гринтеровој пројекцији.

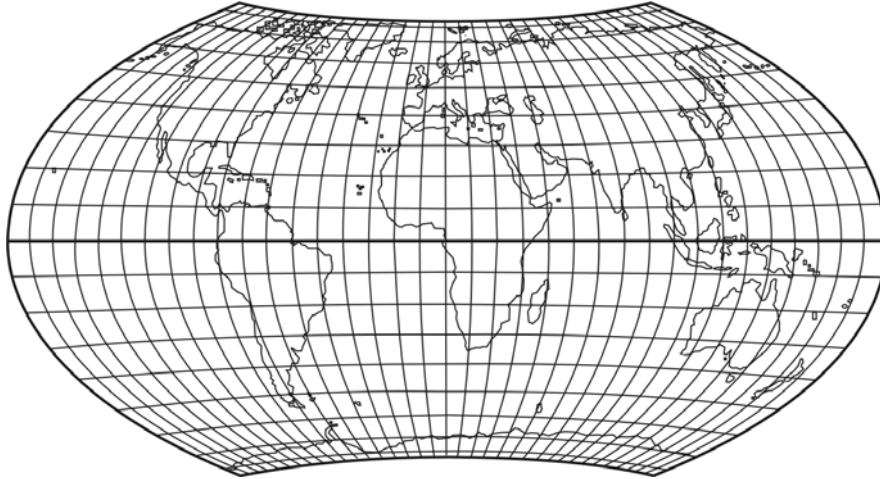


По карактеру деформација спада у групу произвољних. У односу на Меркаторову пројекцију (која је NGS користило пре ње) код Гринтенове пројекције мање су деформације површина али су ипак и даље врло изражене на високим географским ширинама. Због тога се на картама света изостављају деформисани приполарни делови, а приказ се затвара у правоугаони рам. Настале празнине у угловима попуњавају се понављањем картографског приказа тако да се област око Беринговог мореуза понавља два пута (у различитој мери деформисана).

Хамерова пројекција

Руски картограф Давид Ајтов је 1889. године предложио картографску пројекцију коју је конструисао на основу попречног облика Постелове пројекције. У Ајтовљевој пројекцији цео свет је приказан у оквиру елипсе чије се осе односе као 2:1. Три године касније (1892) немачки картограф Е. Хамера (Ернст вон Хаммер) је конструисао сличну, еквивалентну, пројекцију коју је извео из Ламбертове пројекције.

Сл. 5. Картографска мрежа за карту света у Хамеровој пројекцији.

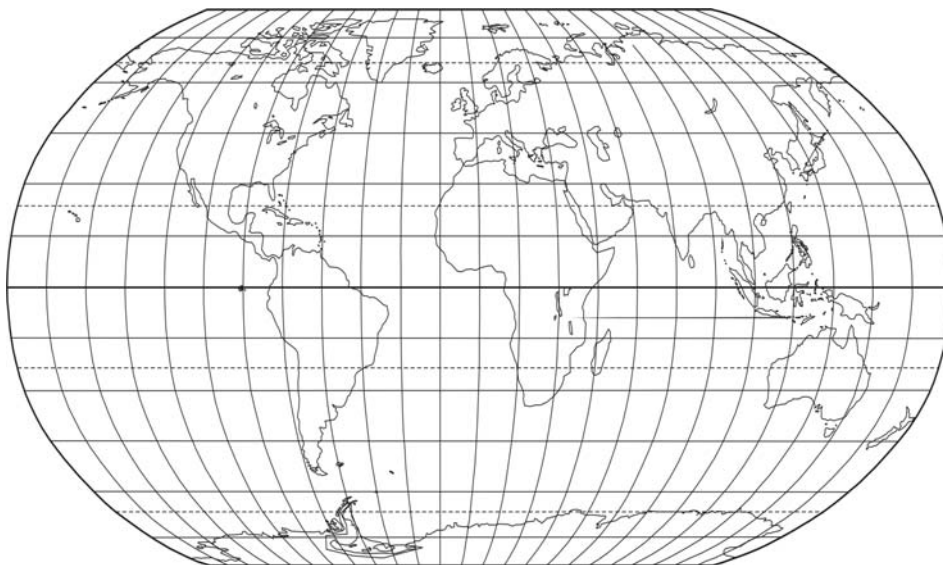


Код Хамерове пројекције средњи меридијан и екватор се приказују као праве међусобно нормалне линије. Остале паралеле и меридијане су криве линије. Паралеле су конвексне (и симетричне) према екватору, а меридијани конкавни (и симетрични) према средњем меридијану; размаци између паралела и између меридијана смањују се идући центра ка ободу карте. Хамерова пројекција се погрешно назива Ајтовљева или помирљиво – Хамер-Ајтовљева пројекција, због велике сличности са Ајтовљевом пројекцијом. Хамерова пројекција постоји и у косом облику али под другим именима (Нордијска, Брајзмајстерова).

Робинсонова пројекција

Поводом 100-годишњице постојања NGS је 1988. године издало нову политичку карту света. Посебно формирана стручна комисија је одустала од Гринтенове пројекције оценивши је као већ "досадну" и определила се за пројекцију коју је 1963. године разрадио амерички картограф А. Х. Робинсон (Артхур Х. Робинсон). По карактеру деформација Робинсонова пројекција је произвољна, а по начину конструкције спада у групу псеудоцилиндричних пројекција са поларном линијом. Средњи меридијан и екватор се приказују као међусобно нормалне дужи. Паралеле су упоредне дужи које меридијани деле не једнаке одсечке. Размаци између паралела су једнака у границама $\varphi = \pm 38^\circ$ паралела, а изван ових граница размаци се смањују. Полови су праве линије чија је дужина једнака 0,53 дужине екватора. Пројекција је симетрична у односу на централни меридијан или екватор.

Сл. 6. Картографска мрежа за карту света у Робинсоновој пројекцији.



Деформације су изражене на високим географским ширинама али су знатно мање него код Гринтенове пројекције. На пример, на карти света у Гринтеновој пројекцији територије Русије и Канаде приказују се двоструко пута веће него што стварно јесу, док је то увећање применом Робинсонове пројекције сведено на 50%. Робинсонова пројекција је и једноставна за конструкцију, што је значајна предност.

Треба додати да картографска мрежа у Робинсоновој пројекцији веома личи на мрежу конструисану у IV Екертовој пројекцији (1906. године) и на мрежу конструисану у пројекцији Каврајског (1933. године).

Једна од новина у шестом издању NGS Атласа света (National Geographic Atlas of the World) из 1990. године била је и специјална "космичка" карта света синтетизована од хиљаде сателитских снимака од којих је сваки обухватао по 4 km² Земљине површине. Карта је настала сарадњом уметника и специјалиста за компјутерску графику. Рад уз помоћ супер-компјутера трајао је око десет месеци, уз трошкове од око 200 000 долара. Располагали су са шест комплета сателитских снимака целе Земљине површине тако да су могли издавати делове који нису прекривени облацима. Сви су ти снимци направљени лети тако да је на карти приказан свет са истовременим летом на обе Земљине полулопте – људско око никада није видело нити ће видети "уживо" овакву

слику Земље јер је две трећине површине Земље увек је прекривено облацима. Зато је карта највљивана као „први љубазан космички портрет Земље”. Сателитски снимци су укомпоновани у Робинсоновој пројекцији тако што је сваки кадар претходно компјутерски деформисан, зависно од географског положаја приказаног дела Земљине површине.

Познавање основних својстава најфреквентнијих картографских пројекција није бескорисно за наставнике географије. У наставном плану и програму из географије у основној и средњој школи мало је часова предвиђено за обраду картографских знања. Зато увек треба наћи повод да се каже нешто на ту тему, најбоље кратким уводним коментаром о својствима географске карте (зидне, атласне) регије која се на одређеном часу обрађује. На пример, пре него се нешто покаже на зидној карти света, може се рећи овако: „Ова карта света урађена је у Гринтеновој пројекцији. То је била најчешће коришћена пројекција за израду карата света у периоду 1940–1960. године. Данас је напуштена и замењена пројекцијама које имају боља својства. Само је понегде задр`ана за израду карата света, по инерцији или из незнања.”

Литература

- Jary J. (1997): *Cartographic Projections of the World on a Single Sheet*. Acta Universitatis Carolinae, Geographica, XXXI, 1, 1996, Univerzita Karlova, Praha, str. 83–88.
- Rozycki J. (1978): *Kartografia matematyczna*. PWN, Warszawa.
- Steers J. A. (1962): *An Introduction to the Study of Map Projectiones*. "University of London Press LTD", London.
- Тодић М. (1992): *Картографске пројекције за савремене карте свијета*. Зборник радова географског семинара, Сарајево, стр.17–22.