PUSRUTULIŲ ŽEMĖLAPIŲ KARTOGRAFINĖS PROJEKCIJOS

Pusrutulių žemėlapių projekcijos

Sukurti vakarų, rytų, šiaurės, pietų, žemyninio ir vandenyninio pusrutulių žemėlapiai. Pirmuose penkiuose paminėtuose žemėlapiuose svarbiausiu kartografuojamu objektu yra sausumos plotai, o paskutiniame – vandenynų. Visais atvejais, kai kartografuojami Žemės ar kitų planetų pusrutuliai, žemėlapiuose svarbu parodyti šių dangaus kūnų sferiškumą.

Pusrutulių paviršiai, kaip sferos dalys, lemia, kad jiems kartografuoti dažniausiai naudojamos vienos klasės – azimutinės – kartografinės projekcijos. Kartografavimui naudojamos lygiatarpės, lygiakampės ir lygiaplotės kartografinės projekcijos. Kosminių kūnų sferiškumas geriausiai išreiškiamas taikant ortografines azimutines projekcijas, kurių pagalba galima kurti perspektyvinį vaizdą. Formulės, kurios taikomos pusrutuliams kartografuoti išnagrinėtos ir pateiktos ankstesniame „Perspektyvinis rutulio paviršiaus projektavimas į plokštumą“ skyriuje.

Azimutinėse projekcijose iškraipymų izokolos formuoja koncentriškų apskritimų tinklą. Šių apskritimų centras yra žemėlapio viduryje. Tai reiškia, kad normalaus projektavimo atveju azimutinių projekcijų izokolos sutampa su paralelėmis, o skersinio ir įstrižo projektavimo atvejais – su almukantaratais (sąlyginėmis paralelėmis).

Sudarant pusrutulių žemėlapius darniausiai naudojama gaublį liečiantį plokštuma. Tokiu atveju centrinėje žemėlapio dalyje visiškai nėra iškraipymų. Jie didėja didėjant zenitiniam nuotoliui (nuotoliui nuo projekcijos centro).

35 lentelėje pateikiamos įvairaus zenitinio nuotolio *Z* dalinių ploto mastelių reikšmės ρ ir maksimalūs kampų iškraipymai ω. Lentelė labai aiškiai iliustruoja iškraipymų tendencijas azimutinėse projekcijose – didėjant zenitiniams nuotoliui Z didėja plotų ir kampų iškraipymai.

35 lentelė. Iškraipymų reikšmės azimutinėse pusrutulių projekcijose.

Zenitinis nuotolis, °	Projekcijos					
	lygiakampė	lygiatarpė		lygiaplotė	ortografinė	
	ρ	ρ	ω	ω	ρ	ω
0	1	1	0°	0°	1	0°
30	1,149	1,047	2°39′	3°58′	0,866	8°14′
60	1,778	1,209	10°52′	16°26′	0,500	38°57′
90	4,000	1,571	25°40′	38°57′	0	180°00′

Vakarų ir rytų pusrutulių žemėlapių projekcijos.

Iki XVII amžiaus vakarų ir rytų pusrutulių žemėlapiai buvo sudaromi naudojant globuliarines projekcijas. Ankstesniame 22 skyriuje šių projekcijų paskirtis ir savybės išsamiai išnagrinėtos. XVII amžiaus pabaigoje ir XVIII amžiuje pusrutulių žemėlapių sudarymui plačiai taikyta lygiakampė stereografinė skersinė azimutinė projekcija. Tačiau šiai projekcijai būdingas labai didelis plotų iškraipymas, ypač periferinėse žemėlapio dalyse, kur ji siekia daugiau keturis kartus (35 lentelė).

Šiuo metu didžioji dauguma rytų ir vakarų pusrutulių žemėlapių sudaromi skersinėje azimutinėje lygiaplotėje projekcijoje (129 ir 130 pav.). Tą lemia keletas priežasčių:

I. Tradicijos, kadangi daugelis pusrutulių žemėlapių XIX – XX amžiuose buvo sudaromi šioje projekcijoje. Per ilgą laiką susiformavo tokia tradicija, kurią dabar pakeisti darosi sudėtinga: kitokios projekcijos taikymas komplikuotų žemėlapių, sudarytų skirtingose projekcijose palyginimą.

129 pav. Vakarų pusrutulis skersinėje lygiaplotėje azimutinėje projekcijoje (centrinio taško koordinatės $\varphi_0 = 0°$, $\lambda_0 = -110°$).

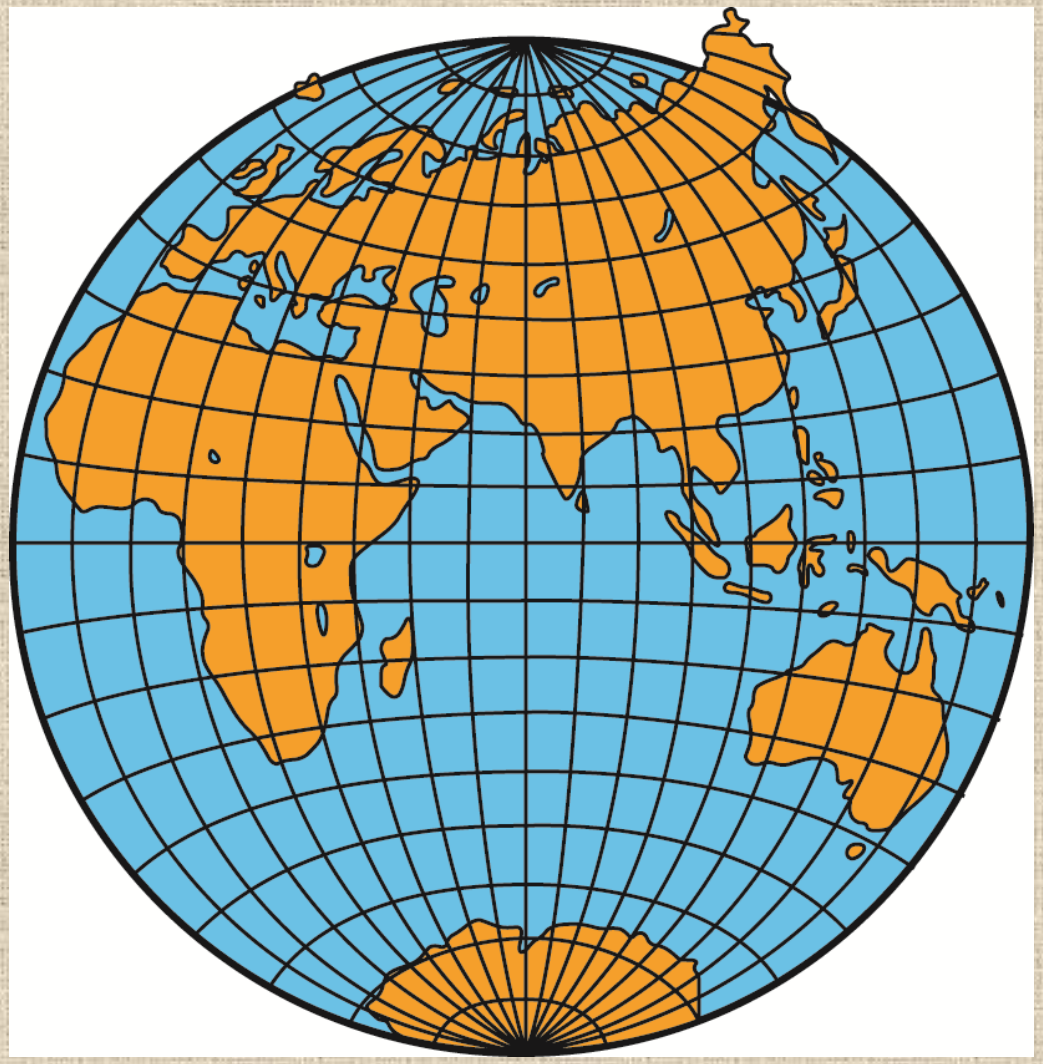
130 pav. Rytų pusrutulis skersinėje lygiaplotėje azimutinėje projekcijoje (centrinio taško koordinatės $\varphi_0 = 0°$, $\lambda_0 = 70°$).

II. Daugelyje pasaulio atlasų rytų ir vakarų pusrutulių žemėlapiai yra vieninteliai, kuriuose galima vizualiai palyginti žemynų ir vandenynų bei atskirų jų dalių plotus. Tai labai svarbu demonstraciniams (sieniniams) edukacinės paskirties žemėlapiams.

III. Daugelyje teminių žemėlapių labai svarbu pateikti kiek galima mažiau iškraipytus kartografuojamų teritorijų plotus: geologiniuose, dirvožemių, pasaulinio vandenyno dugno, ekonominiuose ir panašiai. Šiuose žemėlapiuose žemynų, vandenynų ir jų dalių formų iškraipymas tampa antraeiliu dalyku.

Lygiaplotėse azimutinėse projekcijose daliniai žemėlapių masteliai iškraipomi nevienodai. Vertikalų kryptimi dalinių mastelių reikšmės tolstant nuo centrinio žemėlapio taško mažėja nuo 1 iki 0,707, o almukantaratų kryptimi didėja nuo 1 iki 1,414. Tai reiškia, kad žemėlapių pakraščiuose kontorų formų iškraipymo koeficientas siekia 2, o maksimalus kampų iškraipymas neviršija 39°. Siekiama, kad bendrageografiniuose, žemės paviršiaus reljefo, geomorfologiniuose, tektoniniuose, klimato, meteorologiniuose, administraciniuose, politiniuose, komunikacijų, ryšių ir kituose žemėlapiuose formų iškraipymas žemėlapių periferinėse dalyse nebūtų ypatingai didelis. Todėl šie žemėlapiai sudaromi azimutinėse lygiatarpėse ar joms artimose laisvosiose projekcijose, kur iškraipymų dydžiai yra labai panašūs (131, 132 pav.).

131 pav. Vakarų pusrutulis skersinėje lygiatarpėje azimutinėje projekcijoje (centrinio taško koordinatės $\varphi_0 = 0°$, $\lambda_0 = -110°$).



132 pav. Rytų pusrutulis skersinėje lygiatarpėje azimutinėje projekcijoje (centrinio taško koordinatės $\varphi_0 = 0°$, $\lambda_0 = 70°$).

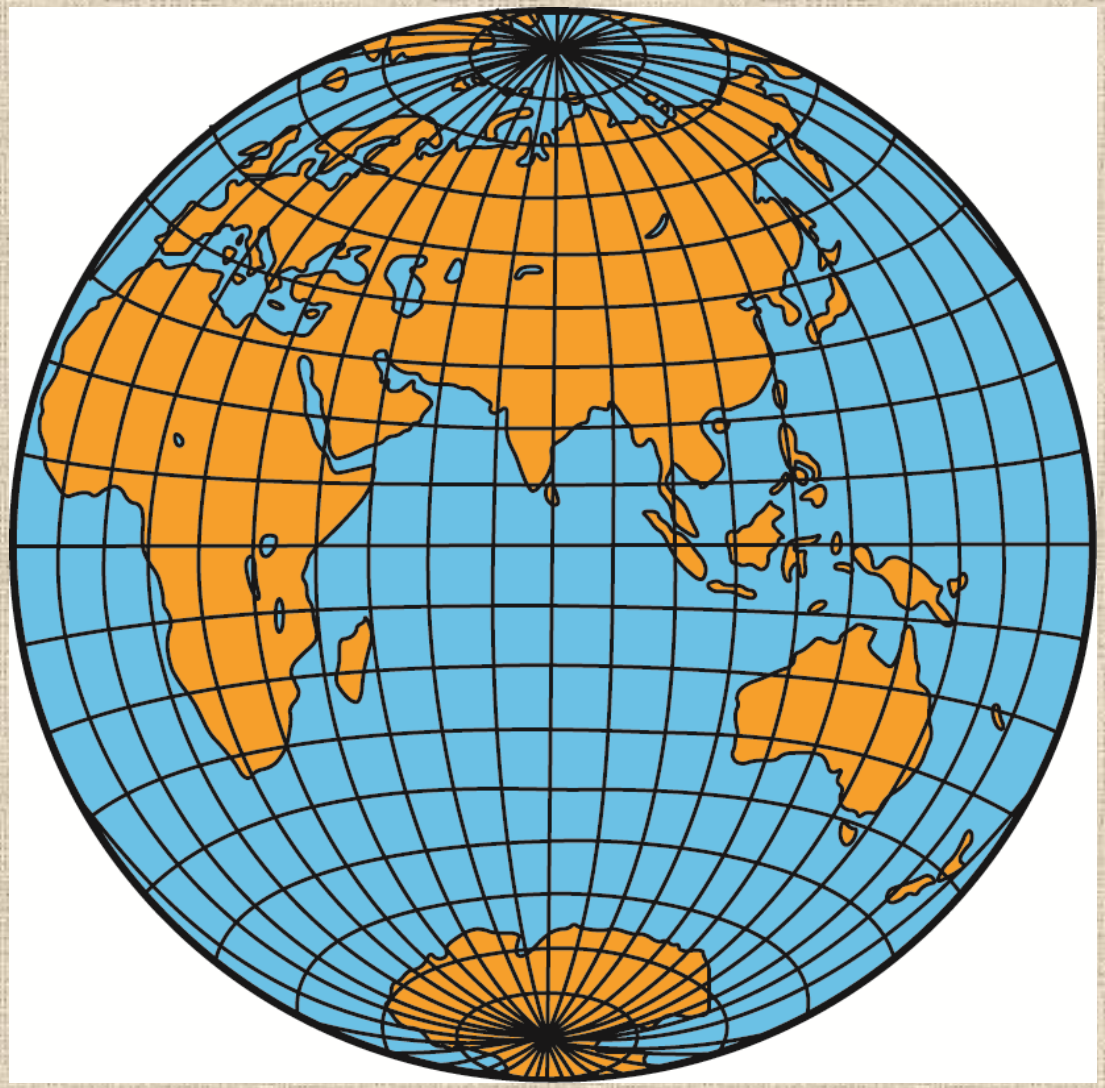
Naudojant azimutines lygiatarpes projekcijas sudaromi ir kitų Visatos kūnų pusrutulių žemėlapiai: Mėnulio, Marso, Merkurijaus.

Žemės dalijimas į rytų ir vakarų pusrutulius yra sąlyginis. Formalios pusrutulių ribos yra 0° ir 180°. Šie meridianai formaliai fiksuoja rytų ir vakarų ilgumas. Tačiau realiai kartografuojant rytų ir vakarų pusrutulius, jų skiriamos ribos kitokios. Dažnai vakarinė rytų pusrutulio riba yra ties 20 ° vakarų ilguma, o rytinė – ties 160° rytų ilguma. Vakarų pusrutulio vakarinė riba yra ties yra 160° rytų ilguma, o rytinė – ties 20 ° vakarų ilguma. Šie meridianai atskiria Šiaurės ir Pietų Amerikas nuo Europos, Afrikos, Azijos ir Australijos. Kitaip tariant Senasis pasaulis atskirimas nuo Naujojo pasaulio (Didžiųjų geografinių atradimų epochos tradicija). Kita vertus, taikant tokį dalijimą į rytų ir vakarų pusrutulius poliarinės sritys bei Atlanto ir Ramusis vandenynai kartografuojami ne ištisai, o suskaidomi į dalis. Siekiant integruotai kartografuoti Senąjį pasaulį, Azijos šiaurės rytinis pakraštys pratęsiamas už žemėlapio rėmelio (130, 132 pav.).

Kita nuostata, kuri taikoma kartografuojant rytų ir vakarų pusrutulius susijusi, su siekiamybe pusrutulyje kartografuoti ne 90°, o 100° apimamą geografinės ilgumos plotą. Šitos nuostatos taikymas leidžia kiekviename pusrutulyje integruotai pateikti poliarines sritis. Vakarų pusrutulio žemėlapio šiaurinėje dalyje kartografuojamas visas Arkties vandenynas, Beringo sąsiauris, skiriantis Aziją ir Šiaurės Ameriką, šiaurinė Atlanto vandenyno dalis, skirianti Europą nuo Grenlandijos. Pietinėje žemėlapio dalyje kartografuojama didžioji Pietų vandenyno bei Antarktidos dalys (133 pav.).

Taikant tokį principą visa Eurazija telpa rytinio pusrutulio žemėlapyje. Naujoji Zelandija kartografuojama du kartus: vakarų ir rytų pusrutuliuose. Rytų pusrutulyje ji pateikiama Australijos žemyno aplinkoje, o vakarų pusrutulyje – su ramiojo vandenyno salynais. Rytų pusrutulio žemėlapyje kartografuota didžioji Antarktidos žemyno dalis, didžioji arkties vandenyno dalis bei pietų ir šiaurės ašigaliai.

133 pav. Vakarų pusrutulis skersinėje lygiatarpėje azimutinėje projekcijoje už ašigalių esančiomis sritimis (centrinio taško koordinatės $\varphi_0 = 0°$, $\lambda_0 = -110°$, $Z_{max} = 100°$).



134 pav. Rytų pusrutulis skersinėje lygiatarpėje azimutinėje projekcijoje su už ašigalių esančiomis sritimis (centrinio taško koordinatės $\varphi_0 = 0°$, $\lambda_0 = 70°$, $Z_{max} = 100°$).

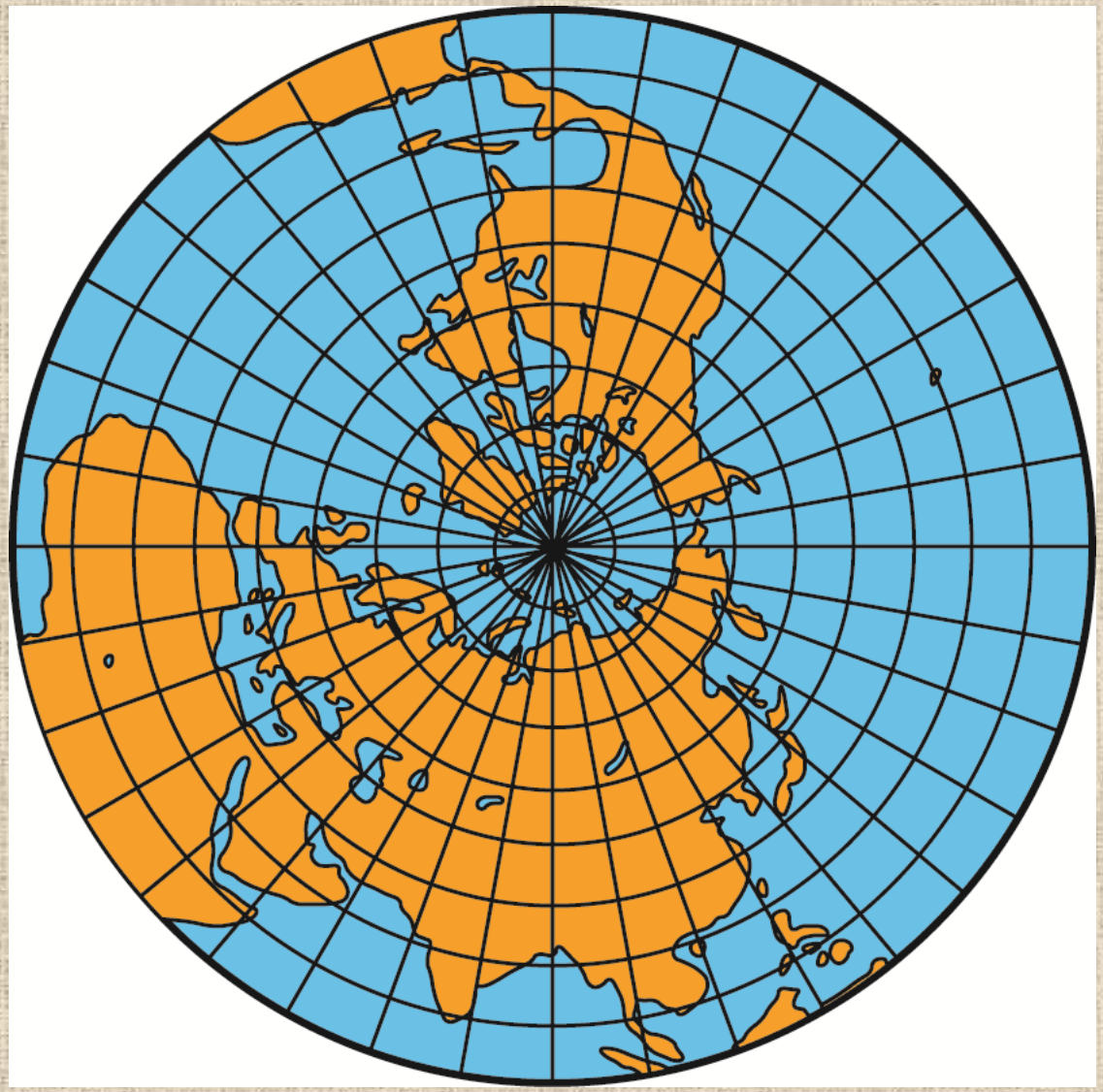
Didesnės aprėpties nei formalus pusrutulis kartografavimo principai pusrutulių žemėlapiams sudaryti jau buvo pateikti Georgijaus Ginzburgo 1957 metais publikuotame „Kartografinių projekcijų atlase“. Šitas būdas taip pat buvo panaudotas kartografuojant Marso palydovo Foboso vakarų pusrutulio paviršių. Šiame žemėlapyje pusrutulis apima 200° geografinės ilgumos laipsnių.

Kita vertus, pusrutulių išplėtimas ilgumos sąskaita ne visada yra toleruotinas. Iš tiesų, pusrutulių (180° aprėptis) ribos „išplaukia”, o pats žemėlapis tampa nebe pusrutulių, o didesnės erdvės žemėlapiu. Didaktikai skirtuose atlasų ir demonstraciniuose žemėlapiuose, kuriuose Žemės ar kitų dangaus kūnų kartografinis vaizdas pateikiamas pusrutuliuose, išplėstinės erdvės (padidintos geografinės ilgumos pusrutuliai neturi būti naudojami. Gana ribotai reiktų tokių išplėstinių pusrutulių žemėlapiai turėtų būti naudojami ir žemėlapiams, skirtiems aukštosioms mokykloms. Šiuo atveju tikslinga įbrėžti papildomas linijas, rodančias tikslias rytų ir vakarų pusrutulių ribas.

Šiaurės ir pietų pusrutulių kartografinės projekcijos.

Šiaurės ir pietų pusrutulių žemėlapiai dažniausiai sudaromi naudojant normalią azimutinę lygiatarpę projekciją. 135 paveiksle parodytas šiaurės pusrutulio žemėlapio maketas šioje projekcijoje, o 136 paveiksle – pietų pusrutulio.

Šiaurės pusrutylyje yra didžioji sausumos dalis, tačiau ir čia Pasaulinis vandenynas apima 61 % jo ploto. Azimutinės šiaurės pusrutulio projekcijos patogios kartografuoti kontrastingies reiškiniams susijusiems su geografine platuma: ekvetorinės, tropinės, vidutinių platumų ir poliarinių sričių augmenijos tipai, temperatūrų, kritulių kiekio skirtumai, pastovūs ir dinamiški klimatai ir panašiai. Šioje projekcijoje aiškiai matomos pakinio ir sezoninio ledo sritys, daugiamečio įšalo zonos, augalijos bioprodukcinė masė.

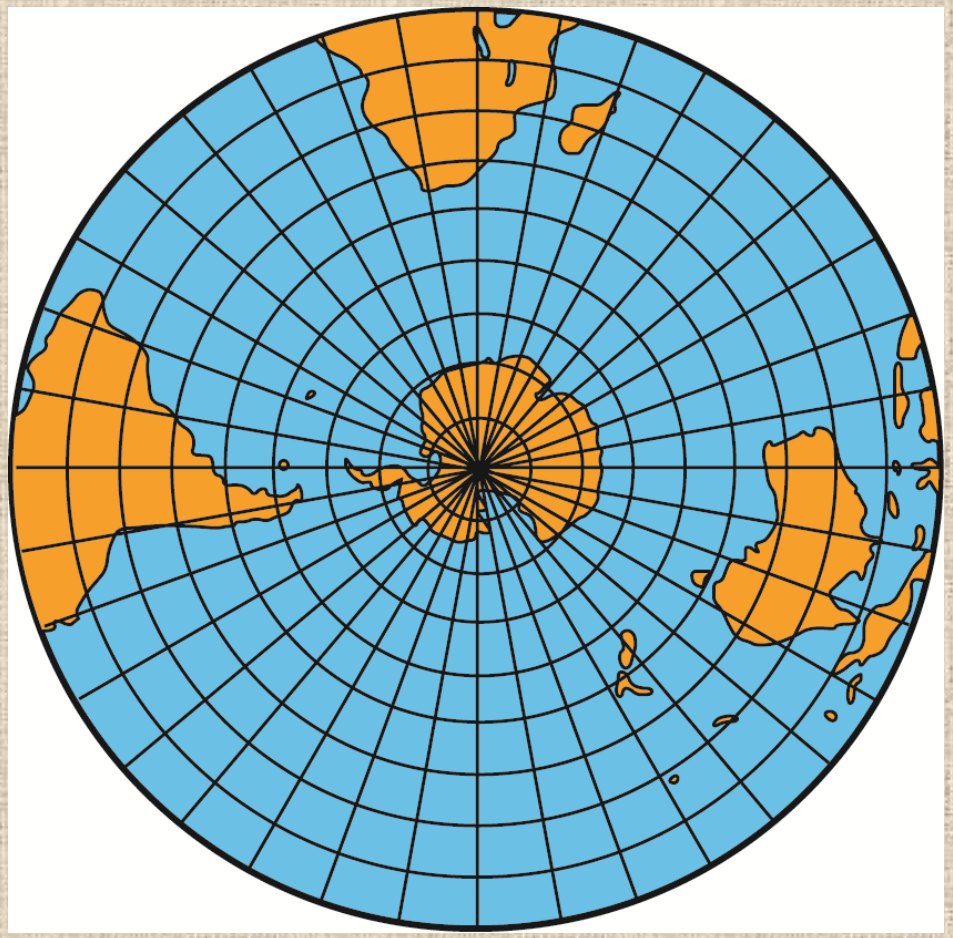


135 pav. Šiaurės pusrutulis normalioje azimutinėje lygiatarpėje projekcijoje

Pietų pusrutulyje Pasaulinis vandenynas apima 81 % ploto. Normali azimutinė projekcija tinkama Pietų vandenyne ir Antarktidos, Pietų Amerikos, Australijos, Afrikos žemynuose vykstantiems saveikaujantiems reiškiniams kartografuoti: vandenynų srovės ir oro masės, jūrų gyvūnų migracijos ir panašiai.

Normalios azimutinės projekcijos plačiai taikomos žvaigždėto dangaus, kitų planetų ir jų palydovų pusrutuliams kartografuoti.

Normalioje azimutinėje lygiatarpėje projekcijoje iškraipymų nėra tik ašigaliuose. Dalinis mastelis meriadianų kryptimi lygus 1, tuo tarpu daliniai masteliai paralelių kryptimi kinta nuo 1 (ašigaliuose) iki 1,571 (ekvatoriuje). Maksimalūs kampų iškraipymai yra didžiausi ekvatoriuje ir siekia 26°. Normaliose azimutinėse projekcijose ekvatorius yra išoriniu žemėlapio rėmeliu ir riboja kartografuojamą teritoriją.



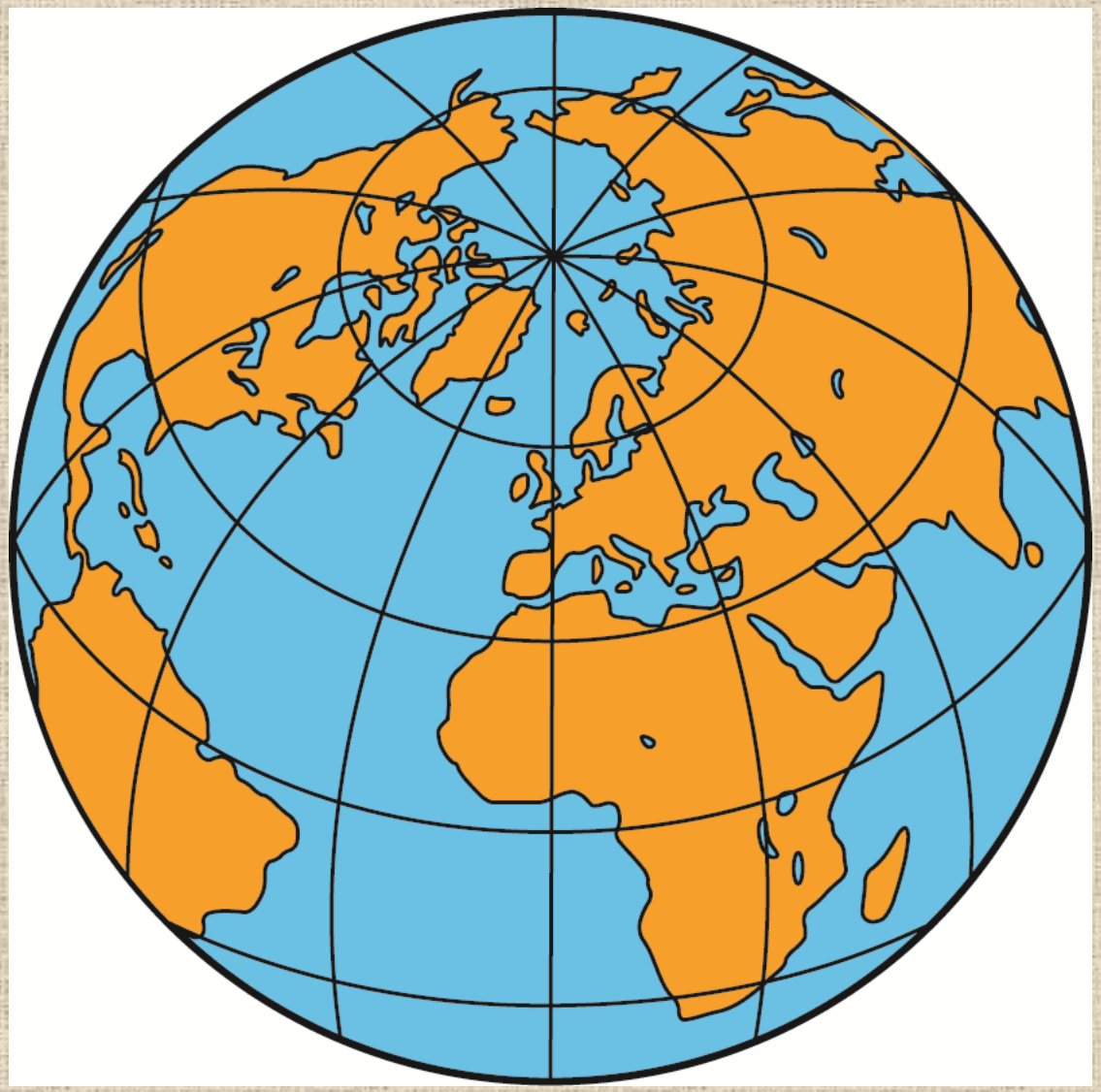
136 pav. Pietų pusrutulis normalioje azimutinėje lygiatarpėje projekcijoje

Žemyninio ir okeaninio pusrutulių kartografinėsd projekcijos.

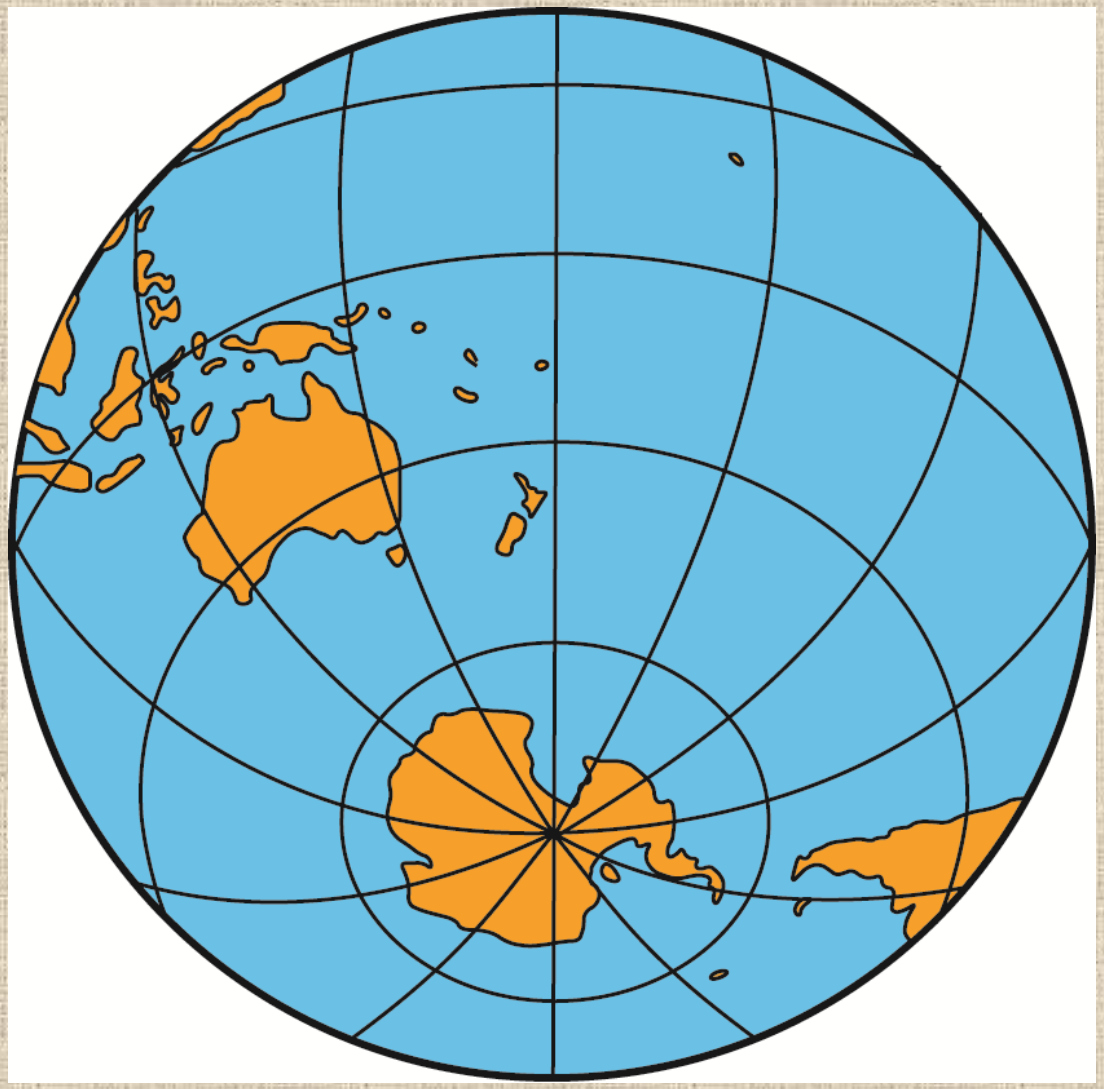
Žemyninio ir okeaninio pusrutulių žemėlapiai dažniausiai sudaromi įstrižoje lygiaplotėje azimutinėje projekcijoje.

Žemyninio pusrutulio centras yra pietvakarių Prancūzijoje. Šiame žemyniniame pusrutylyje sausuma apima 47 % jo ploto. Šis pusrutulis neapima Australijos, pietinės Pietų Amerikos dalies, Antarktidos. Kita vertus, šis pusrutulis apima visą Arkties vandenyną ir dideles Atlanto ir Indijos vandenynų akvatorijas (137 pav.).

Okeaninio pusrutulio centras yra prie Naujosios Zelandijos. Šiame pusrutulyje sausuma apima tik 9 % ploto. Jame yra Antarktida, Australija, dalis Pieų Amerikos. Likusi pusrutulio dalis apima Pietų vandenyną, didžiąją dalį Ramiojo ir Indijos ir nedidelę dalį Atlanto vandenyno (138 pav.).



137 pav. Žemyninis pusrutulis įstrižoje azimutinėje lygiatarpėje projekcijoje (centrinio taško koordinatės φ_0 = 45°, λ_0 = 0°).

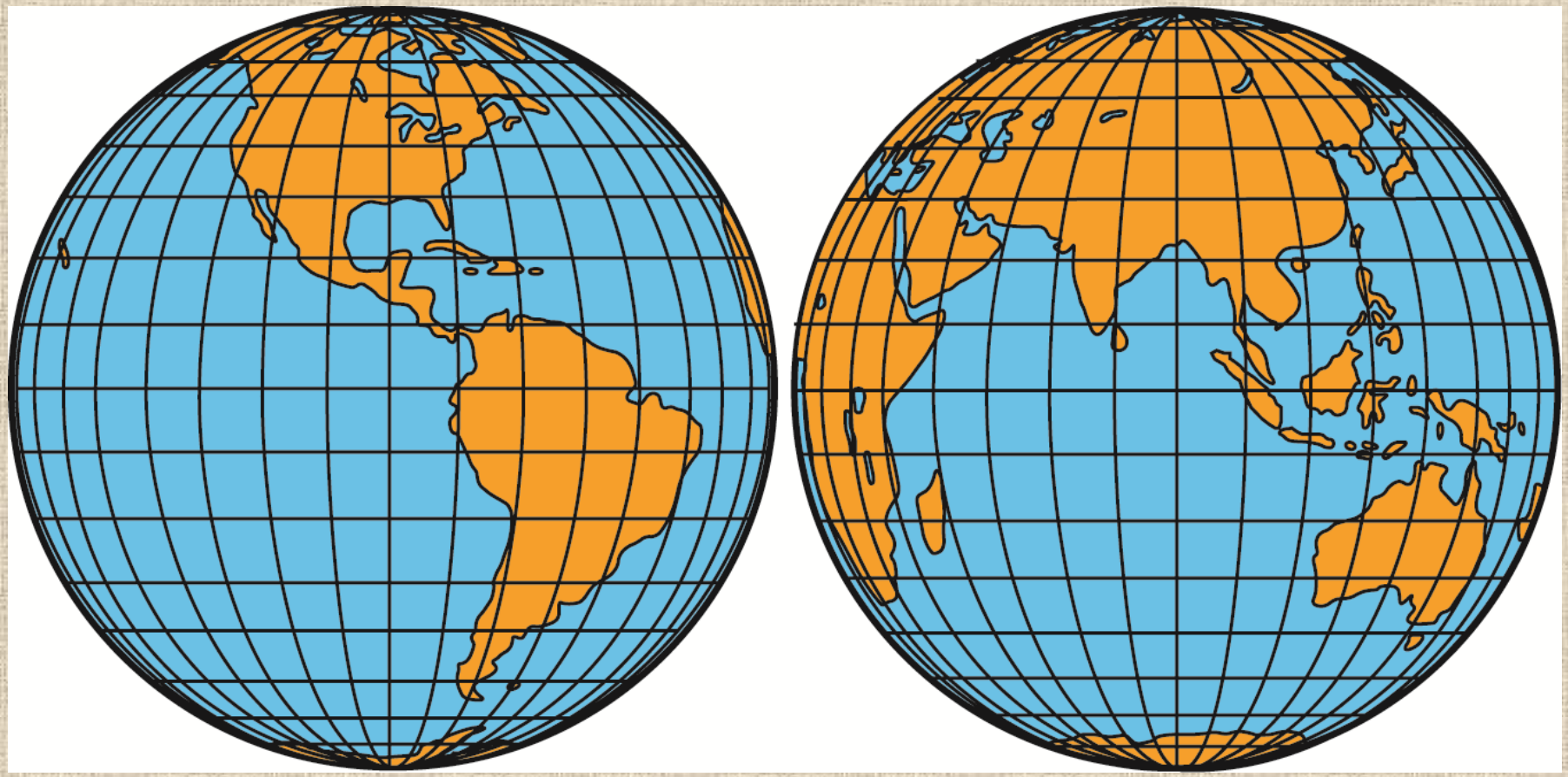


138 pav. Okeaninis pusrutulis įstrižoje azimutinėje lygiatarpėje projekcijoje (centrinio taško koordinatės φ_0 = - 45°, λ_0 = 180°).

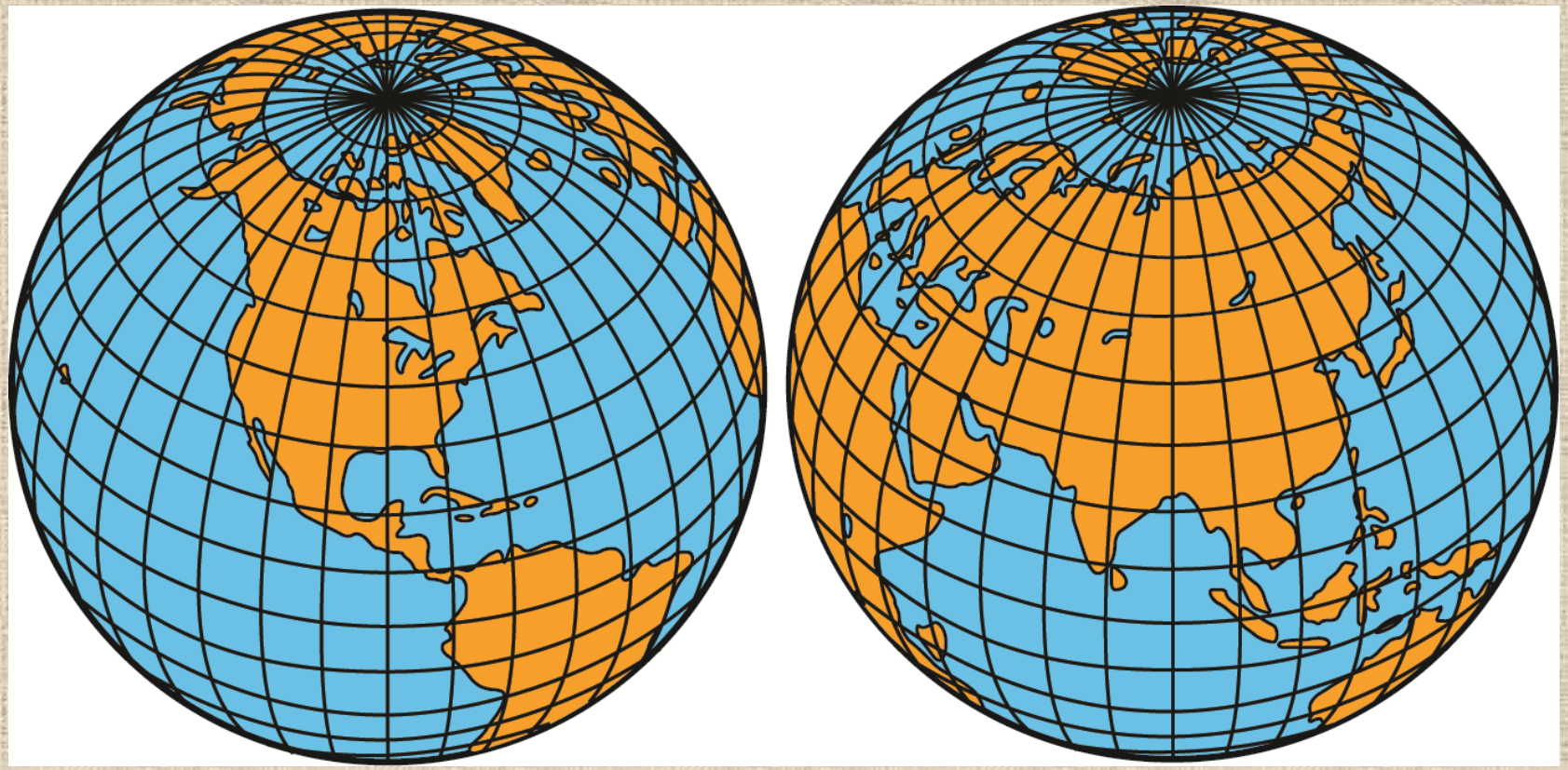
Pusrutulių sferiškumą peteikiančios kartografinės projekcijos.

Ryškesniam pusrutulių sferiškumui perteikti dažniausiai naudojama azimutinė ortografinė kartografinė projekcija, taikant skersinį ar įstrižą orientavimą. Kartografuojant kitus dangaus kūnus, pavyzdžiui Mėnulį, jo vaizdas žemėlapyje yra identiškas tam, kurį mato stebėtojas iš dideliuo atstumo. Pirmieji tikslūs teleskopiniai Mėnulio žemėlapiai buvo sudaryti naudojant ortografinę projekciją. Vėliau šioje projekcijoje sudaryti ir kitų planetų žemėlapiai.

Žemėlapio komponuotė nulemia, kurioje vietoje parenkamas centrinis projekcijos taškas. 139 ir 140 paveiksluose parodyti skersinis ir įstrižas Žemės pusrutulių žemelapių maketa, sudaryti ortografinėje kartografinėje projekcijoje.



139 pav. Vakarų ir rytų pusrutuliai skersinėje ortografinėje azimutinėje projekcijoje (centrinio taško koordinatės φ_0 = - 45°, λ_0 = ±90°).

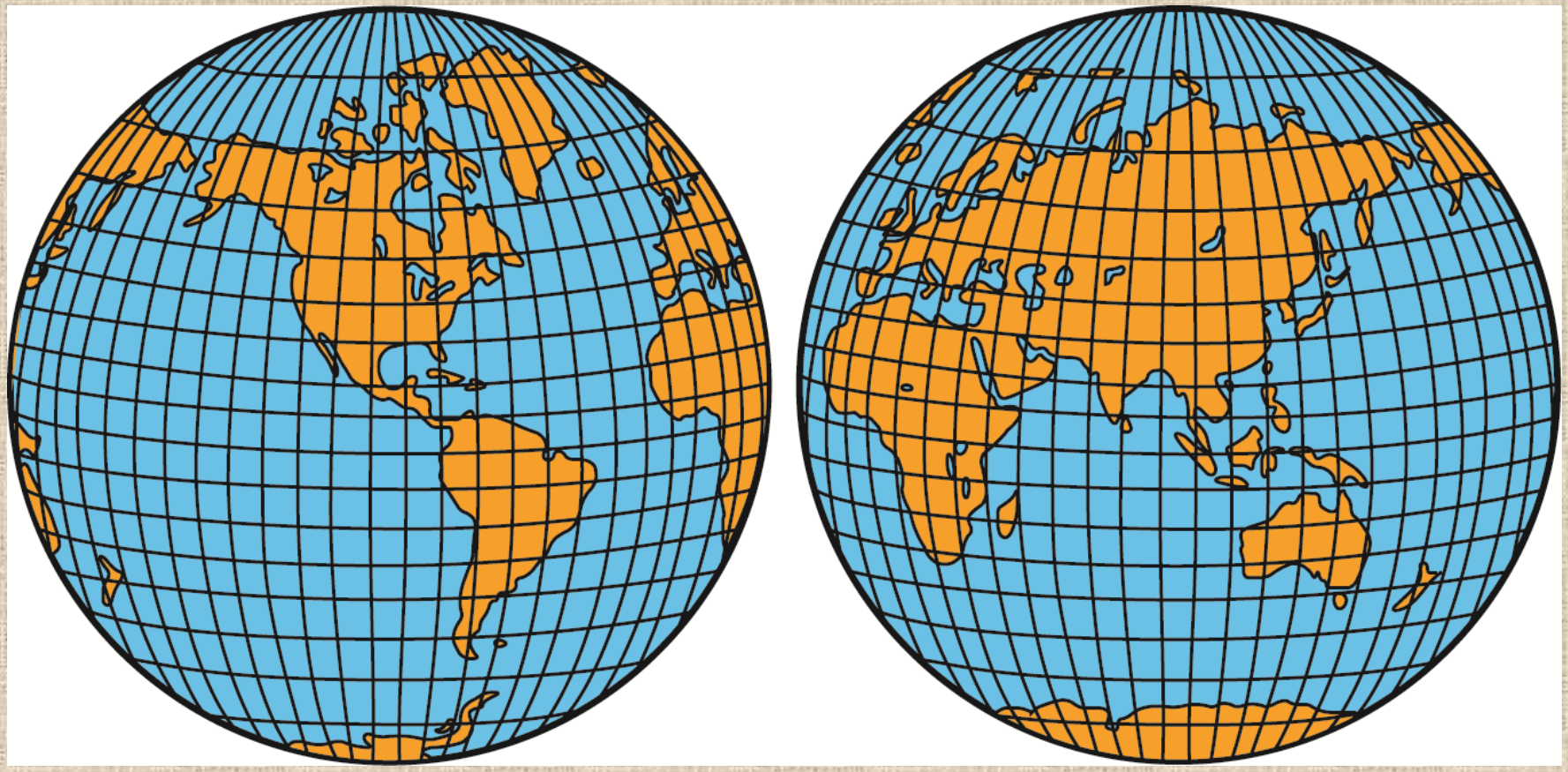


140 pav. Vakarų ir rytų pusrutuliai įstrižoje ortografinėje azimutinėje projekcijoje (centrinio taško koordinatės φ_0 = - 40°, λ_0 = ±90°).

Esminiu azimutinės ortografinės projekcijos trūkumu yra dideli atstumų, plotų ir kampų iškraipymai. Pavyzdžiui, centrinėje žemėlapio dalyje kampų iškraipymai siekia 10°, o plotų iškraipymai – iki 10 %. Kai zenitinis nuotolis yra 40° (vidutinės platumos) plotai iškraipomi 20 %, o zenitiniam nuotoliui siekiant 60° (platuma artima poliarinei) žemėlapio vaidas labai deformuojamas. Azimutinėje ortografinėje projekcijoje plotų iškraipymai kinta nuo 0 (centriniame žemėlapio taške) iki 100 % (pusrutulio pakraščiuose). Kampų iškraipymai kinta nuo 0° (centriniame žemėlapio taške) iki 180° (periferinėjde dalyje).

Kosminių aparatų nuotraukos atvėrė galimybes kitų planetų kartografavimui taikyti perspektyvines vidines azimutines projekcijas, kurių geometrinis vaizdas kuriamas pagal kominių nuotraukų sudarymo principus. Pavyzdžiui, įstrižoje vidinėje azimutinėje perspektyvinėje projekcijoje sudarytas Mėnulio paviršiaus žemėlapis masteliu 1:5 000 000. Kita vertus, jeigu kosminės kitų planetų nuotraukos vykdomos iš labai didelio nuotolio, vidinės azimutinės perspektyvinės projekcijos vaizdas tampa adekvatus ortografinės projekcijos vaizdui. Tai reiškia, kad tokie žemėlapiai pasižymės labai dideliu kampų ir plotų iškraipymu.

Sferiškumu pasižymimi ortografinė dvigubo projektavimo Gilberto projekcija (141 pav.). Šioje projekcijoje gaublio vaizdas, prisilaikant lygiakampiškumo sąlygos suprojektuotas į pusrutulį. Po to ortografiniu būdu vaizdas perkeltas į plokštumą.



141 pav. Vakarų ir rytų pusrutuliai įstrižoje ortografinėje dvigubo projektavimo azimutinėje Gilberto projekcijoje (centrinio taško koordinatės φ_0 = 10°, λ_0 = ±95°, Z_{max} = 65°).