

Hazırlayan : Yük. Müh. Alb.
İslm EROKAN

Merkator Projeksiyonu

Deniz ve Hava seyrseferleri bakımından en mühim harita projeksiyon sistemi «Merkator Projeksiyon Sistemi» dir. Bu sistemin bulucusu olan Merkatorun asıl ismi Gerhard Krmer'dir. Merkator 1512 senesinde Flanders'te doğmuş Louvain niversitesinden mezun olmuştur. Merkator, haritaların tekml, matematik esaslara bağlanması ve bilhassa haritaların coğrafı bilgileri doğru olarak göstermeleri için yorulmak bilmiyen bir mesai sarf etmiştir. Kendi adını taşıyan ve bugün bilinen ilk haritası 1538 de yapılmıştır. Bu harita eşit alanlı projeksiyon esasına göre iml edilmiştir.

Merkator 1569 tarihinde denizciler için bütün dünyaya şamil harita neşretmiştir. Bu haritaya kendi adını vermiştir. Bu günün görüşü ile bu harita takribi formüllere dayanmaktadır.

Küçük alanlar teoremi üzerine daha esaslı ve sıhhatli Merkator haritası bundan 30 yıl sonra Cambridge'li Edward Wright tarafından iml edilmiştir.

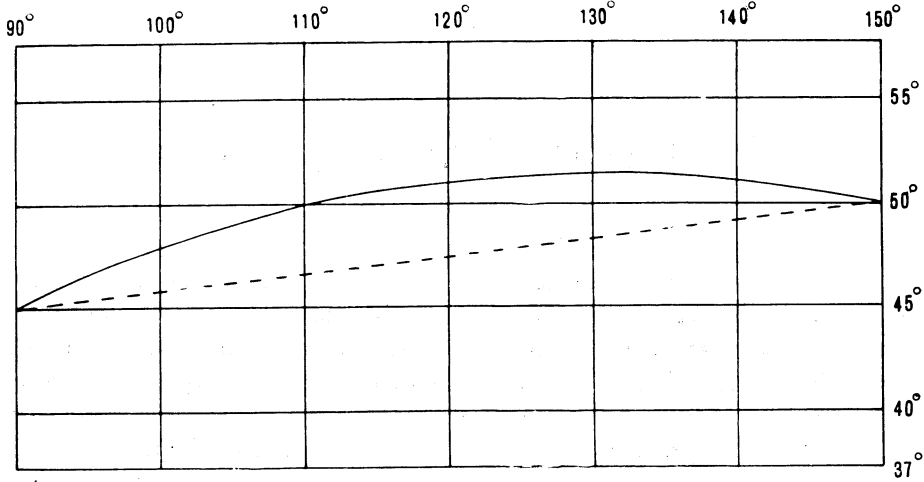
Meridyenlerin hkiki mesafeler ile tersim edilmesi prensibi ise ancak 100 sene sonra tahakkuk etmiştir.

Merkator'un yaşadığı devirdeki bilgilere göre onun haritası harika bir buluş sayılabilir. Bu itibarla 18 paftadan ibaret olan haritası 1931 tarihinde Milletlerarası Hidrografi Bürosu tarafından yeniden basılmıştır.

Merkator haritasının denizcilik bakımından en mühim hususiyeti bugünkü deniz haritalarına temel teşkil etmesidir. Zira, meridyenleri bir birine paralel ve eşit aralıklı hatlar ve arz daireleri kutuplara doğru gittikçe aralarındaki mesafeleri büyüyen paralel hatlar ile temsil eden ilk harita budur.

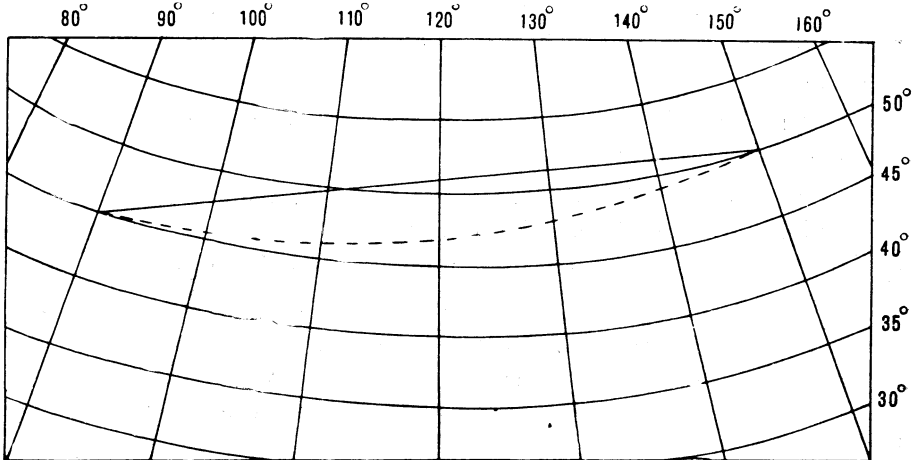
Loksadron hattı üzerinde seyir yapıldığı müddetçe Merkator haritasının ehemmiyeti hiç bir vakit azalmıyacaktır,

Fakat alelade coğrafi işlerde bu projeksiyon sisteminin hiçbir kıymeti yoktur. Çünkü bu sistem üzerine yapılmış olan bir haritada makyas her yerinde değişik olduğu gibi alanlar da büyük farklar arzeder.



Loksodrom (kerteriz hattı) ve büyük daireyi gösteren bir merkator haritası

Noktalı hat, bu projeksiyonda doğru bir hat olan kerteriz hattını göstermektedir. Bu hattın kuzeyindeki koyu eğri, büyük daireyi göstermektedir. Bu projeksiyonda büyük daireyi elde etmek için, büyük dairenin doğru bir hat olarak irtisam ettiği gnomonik projeksiyonundan bu hattın meridyen ve paraleller ile kesiştikleri noktaları merkator haritası üzerinde işaretlemek icap eder.

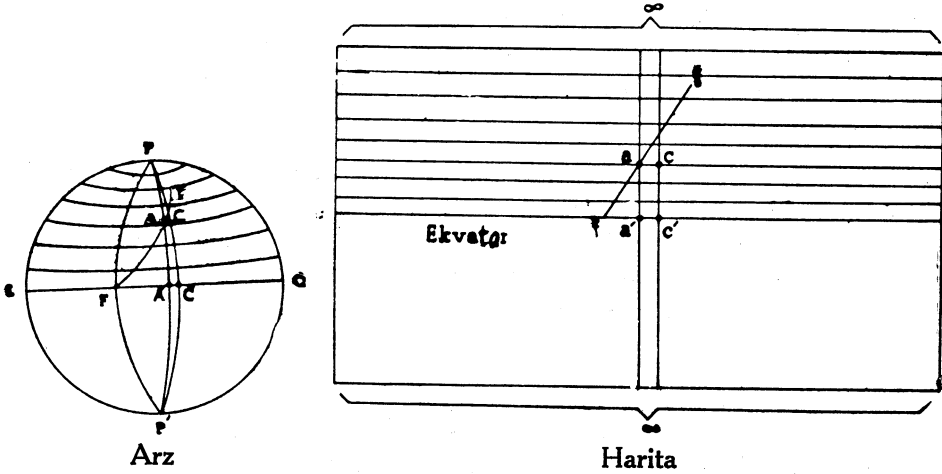


Loksodrom (kerteriz hattı) ile büyük daireyi gösteren gromonik haritadan bir parça

Koyu olarak çizilmiş olan hat büyük daireyi, noktalı hat loksodromu göstermektedir. Loksodrom hattı ekvator cihetinde bulunmaktadır.

BÜYÜK DAİRE ve LOKSODROM (Kerteriz hattı)

Küre şeklindeki bir cismin sathı üzerinde bulunan iki nokta arasındaki en kısa hat bu iki noktadan geçen büyük daire kavsidir. Fakat arzın hakiki şekline (= geoid'e) en yakın bir geometrik şekil olan elipsoid yüzeyi üzerindeki iki noktanın arasında en kısa yol bu noktolardan geçen geotetik hattır. Arz üzerinde en kısa yol meselesi mütalea edilince arz küre kabul edilir. Bununla beraber, bir çok işlerde arzın küre olarak kabul edilmesi maksadı karşılamaktadır.



Arz ve Merkator projeksiyonu

Arz yüzeyi üzerindeki F-T kerteriz hattı (Loksodrom) harita üzerinde f-t doğrusu ile gösterilmiştir. Arz üzerinde ekvator ve meridyenlerden başka (ki bunlar da birer loksodromdur) bütün loksodrom hatları birer eğriden ibarettir.

A - C ve A' - C' paralelleri (enlemler) haritada a - c ve a' - c' doğruları ile gösterilmiştir.

Loksodrom veya diğer tabiri ile, kerteriz hattı, bir birini takip eden bütün meridyenleri aynı kuzey açısı ile kesen bir eğriden ibarettir.

Aynı semt açısı (rota ile meridyen arasındaki açı) ile durmadan hareket eden yeni veya diğer bir vasıta her an kutba yaklaşırsa da hiç bir

vakit kutba varamaz. Bu sebep, kerteriz hattı (loksodrom) üzerinde hareket eden bir gemi bu hat üzerindeki bütün mevkilerden geçer.

Böyle bir eğrinin doğru bir hatla temsil edilmesi imkânını veren yalnız bir nevi harita mevcuttur ki, buna Merkator Haritası denilmektedir. Diğer taraftan arzın sathı üzerinde en kısa yolu teşkil eden büyük dairenin (geodetik hat) bir doğru ile gösterilmesi imkânını veren yegâne harita, Gnomonik Projeksiyon sistemine göre yapılmış olan haritadır. Fakat, meyilli olan bir büyük daire (= ekvator ve meridyenden gayri büyük daireler) meridyenleri bir birinden farklı açılar ile kestiklerinden, bu hattı takip etmek için gemi veya diğer vasıtanın rota açısını daima değiştirmesi icab eder ki bu pratik bir iş değildir. Buna göre rota olarak bu iki eğriden, yani loksodrom veya büyük daire eğrilerinden birinin seçilmesi icab eder. Bunlardan birincisi meridyenleri daima aynı açı ile kesmekte, diğer tabirle Kuzey istikametten daima aynı miktarda inhiraf etmektedir, fakat en kısa yol değildir. Diğer, en kısa yoldur, fakat istikamet açısı her an değişmektedir.

Bu problem şöyle çözülmüştür. Bir birinden pek uzak olan iki mevki arasından geçen büyük daire münasip ve maksada uygun şekilde kısımlara ayrılır. Bu kısımların uçları birleştirilirse büyük daire, loksodrom hatlarından ibaret bir takım parçalara ayrılmış olur. Bu parçaların üzerlerinde, kuzey istikametle teşkil ettikleri açılara göre hareket edilirse, bir kaç defa rota değiştirmek suretiyle, büyük daireye pek yakın bir rota takip edilmiş olur.

Bu noktalar bir birine ne kadar yakın alınırlarsa, takip edilen rota da o nisbette büyük daireye yakın olur, yani seyir yolu kısalmır. Diğer bir projeksiyona göre yapılmış olan bir harita üzerinde bir doğru hat çizilirse denizci bu hattı değil, loksodrom hattını takip eder.

Bu sebeple, yüksek arz daireli bölgeleri hariç, merkator projeksiyonu arz yüzeyi üzerindeki seyrüseferde mühim bir mevki işgal etmektedir. Gnomonik projeksiyonlu bir haritadan faydalanmak suretiyle takip edilmesi istenen büyük daire yolları merkator haritasına geçirilebilir.

Takip edilecek rotanın meridyenler ile yapacağı semt açıları bir min-kale ile ölçülebilir. Bu suretle elde edilen rota için manyetik inhiraf ve varyasyon düzeltmeleri de tayin edildikten sonra denizci puslası ile bu yolu takip edebilir. Gnomonik haritalarından muayyen noktaların arz ve tülleri alınmak suretiyle büyük daire parçaları merkator haritasına nakledilmiş olur.

Şurasını da not olarak ilâve etmek icap ederki, pratik sahada daima en kısa yolun takip edilmesi doğru değildir. Arazi ve suların gayri muntazam olarak dağılmış olmaları kayalık veya sığlıklar, akıntıların tesirleri ve rüzgârın cihet ve şiddeti rotanın değiştirilmesini icap ettiren muhtelif sebeplerdir. Bu sebeple rotanın inkıtaa uğrayan veya pratik olmıyan yerlerinin tesbit edilmesine ihtiyaç vardır. Buna göre de, inkıtaa uğramayacak olan yol tayin edilir. Mamafi, bir yere giden rota tesbit edilirken ilk iş olarak büyük dair istikametleri tesbit edilmelidir.

Merkator Projeksiyonun Faydaları

1) Bu projeksiyon, cetvellerin hazır bulunması, tersimindeki kolaylık, dik bir sistem olması ve kullanılmasıdaki kolaylıklar sebebiyle haritacılar tarafından makbuldür.

2) Meridyenlerin Doğu ve Batı kenar hatlarına paralel hatlardan ibaret olması kolaylık sağlar.

3) Hakiki Kuzey, Güney, Doğu ve Batı istikametleri ile haritanınkiler bir birine intibak eden en iyi harita Merkator haritasıdır.

4) Meridyenler harita üzerinde eğrilerle temsil edildiği takdirde navigasyonda güçlükler doğurur. Merkator projeksiyonunda ise meridyenler doğrulardan ibarettir.

5) Her hangi bir noktadan itibaren Kuzey açısı nazarı itibara alınmak suretiyle meridyene göre rota çizilir. İki noktayı birleştiren ve lokodrom denilen hat bu iki nokta arasındaki rotadan ibarettir.

6) Rotanın meridyana raslıyan parçaları, üzerindeki mikyasa göre, rotanın uzunluğunu verir.

7) Meridyenler eğri olmadığı için kenar meridyenlerin üzerindeki taksimattan istifade edilir.

8) Meridyenler eğri olmadığı için taksimatın arası interpolate edilebilir.

9) Her hangi bir yerin arz ve tûlü doğrudan doğruya bu yerin harita üzerindeki mevkiinden bulunabilir. Aynı şekilde, kenardaki taksimata göre bir noktanın tesbiti kolaydır.

10) Pusla gülü üzerindeki bir istikamat, cetveli yardımıyla hatasız olarak haritanın herhangi bir yerine nakledilebilir.

11) Kenar taksimatı (kitabe) haritanın bütün kısımları için kolay bir mikyas vazifesini görür. Kitabenin arz mikyası paraleller üzerindeki mesafeler için doğru değer verir. Küçük mikyaslı haritalarda ise muh-

telif arzlar üzerindeki mkyası vermek üzere diyagram şeklinde ayrı bir mkyas mevcuttur.

12) Kutup bölgeleri hariç, haritanın üzerinde paralel istikametteki dar kuşakları istenen mkyasa tahvil etmeğe imkân vardır. Bu da muhtelif mkyaslı haritaların hatasız olarak birleştirilmesini mümkün kılar.

13) Müsterek bir tül dairesi mkyası kullanmak suretiyle tulâni veya arzânı büyük bölgeleri bir biriyle birleştirmek kabildir. Bu mkyas genel olarak ekvatöre göre seçilir.

14) Merkatör phojeksiyonu cetvel, tabele ve aletleri itibariyle nevi-gasyona çok müsaittir.

15) Projeksiyonun özelliği bakımından aynı bir harita üzerinde dünyanın her tarafına ait ticari yollar gösterilebilir.

16) Bilhassa şurasını belirtmek icab eder ki, bu tip haritalar eşit sahâlî, yani alanda sadakat tipi harita değildir. Bu hususta dikkatli olmak icap eder.

17) Arzın 60° veya 40° kuzey veya güney bölgelerine ait merkator haritalarında mesaha ve mesafeler şaşırtacak derecede mubalâğalıdır. Bu sahalarda mkyas % 100 artmaktadır. Mamafi, kenar mkyası bu farkı gösterdiğine göre hataya düşülmemelidir.

18) Meridyenler arasındaki mkyas değışikliğı bir hata kabul edilmemeli, fakat sistematik bir mkyas değışimi olarak alınmalıdır.

19) İki nokta arasındaki uzun bir mesafe loksodrom üzerinde değil, muhtelif arz daireleri üzerindeki mkyaslar nazari itibare alınmak üzere, büyük daire rotası üzerinde ölçülmelidir. Bu muhtelif mkyas birimleri, harita üzerindeki ufki diyagramdan alınır.

20) Bir markator haritası üzerinde, iki nokta arasındaki büyük daire eğrisi üzerinde madde (17) ye göre ölçülen uzunluğun bu noktalar arasındaki loksodrom üzerinde ölçülen mesafeden kısa olduğu görülür. Bunun sebebi, yüksek arzlarda loksodrom üzerinden geçen büyük dairenin mkyas birimleri altta bulunan (loksodromun bulunduğu arzlarda) arzların birimlerinden büyük olmasıdır. Bu sebeple, ölçülen mesafe mkyası birimine vurulunca küçülmektedir.

21) 60° nin kuzey ve güneyine ait merkator haritalarında meridyenlerin arası ve satırlar fazlasiyle değıştiğinden (büyüdüğünden) bu bölgelerin haritaları, arazi doğu - batı istikametinde genişlerse lambert komform projeksiyonu sisteminde, arazi kuzey - güney istikametinde uzadığı takdirde polikonik veya transvers markator (= Gaus - Krüger) projeksiyonunda,

kutup bölgeleri ise iki paralelli lambart konform projeksiyonu veya polar stereografik projeksiyonunda yapılır.

22) Küçük makyaslı haritalar için, büyük sahaları bir arada gösterme imkânını bahsetmesi sebebiyle, Merkator projeksiyonu çok müsaittir. Fakat, makyas büyüdüğüçe diğer projeksiyonlarla olan fark azalmaktadır. Meselâ, portolanlar diğer müsait projeksiyonlarda hazırlanır. Bununla beraber tahvil ve kenarlaştırmada güçlük olmaması için umumiyetle bütün deniz haritaları Merkator projeksiyonuna göre yapılır.

23) Umumiyetle zan edilir ki, Merkator projeksiyonu, ekvatora teğet bir silindir üzerine, arzın merkezi, projeksiyon merkezi olmak üzere, perspektif geometrik bir projeksiyon sistemidir. Bu düşünce tamamen yanlıştır.

24) Kürenin Merkator projeksiyonundaki makyası enlemin secant'ı ile büyür. Silindirik perspektif projeksiyonunda ise makyas enlem secant'ının karesi ile artar.

Merkator projeksiyonunda (Φ) arzındaki bir yerde (daha doğrusu, bu arzda iki meridyen arasındaki) mesafe :

$$S = \frac{\text{Ekv. Mesaf.}}{\text{Secon } \Phi} \times \text{Makyas.}$$

$$\Phi = 30^\circ$$

$$\text{Secon } \Phi = \frac{1}{\text{Cos } 30} = 1,16$$

İki meridyen arası harita üzerinde 5 cm. ve makyas 1/100.000 olduğuna göre iki meridyenin $\varphi = 30^\circ$ deki aralığı :

$$\frac{5}{1,16} \times 100.000 \text{ olur.}$$

25) Arz üzerindeki herhangi bir noktada iki büyük daire arasındaki açı ne ise, haritada bu nokta arasında iki hat elemanı arasındaki açı da aynıdır.

26) Merkator projeksiyonunda herhangi bir noktada makyas her istikamette sabittir. Bu sebeple, meridyenler üzerindeki makyas da arzın secantı ile orantılıdır. Halbuki perspektif silindirik projeksiyonunda $\sec^2 \Phi$ ile orantılıdır.

27) Merkator projeksiyonu konform olduğundan, mevzii makyaslar dikkat nazarına alınmak suretiyle alanların hakiki değerleri hesaplanabilir.

28) Radyo dalgalarının istikametleri büyük daire kavislerini takip ettiğinden Merkator haritaları kullanılırken gerekli düzeltme yapılır.

29) Bir uçak veya geminin takip edeceği rotaya istikamet verilirken Merkator projeksiyonunda çıkış noktasındaki meridyene göre semt verilir. Lambert veya diğer konik projeksiyonlarında ise rotanın takriben ortala-rındaki rota hakiki istikameti nazarı itibara alınır. Her iki usul de aynı derecede iyidir.

30) Ara vasıtası olarak gnomonik projeksiyonun kullanılmasıyla radyo sinyallerinin istikametlerini tespit etmekteki güçlük hal edilmemektedir. Çünkü gnomonik projeksiyonunda açı dağılması pek fazladır. (Teget nok-ta hariç). Bu müşkülât iki şekilde hal edilebilir.

- a) Haritanın muhtelif ve mühim noktalarındaki istikamet gülleri.
- b) Gnomonik semt cetvelleri.

31) Maddelerin hakiki şeklini ve nisbi büyüklüğünü muhafaza etmek için tül derecelerinin artması nisbetinde arz dereceleri de aynı nisbet da-hilinde büyütülür.

— F o r m ü l l e r —

Merkator projeksiyonu perspektif bir projeksiyon değildir. Matematik analizi ile çıkarılan formüllere göre konform bir projeksiyondur. Ekvator, mikyasa sadık bir şekilde bir doğru ile temsil edilir.

Meridyenler, ekvator üzerindeki aralıklarına müsavi aralıklarda ve ek-vatora dik hatlar ile gösterilir. Paraleller, ekvatöre paralel (veya meridyen-lara dik) hatlardan ibarettir. Aralarındaki mesafeler için bir şart yoktur. Böyle bir şartın konması da kabil değildir. Her hangi bir noktada her istikamette mikyasa aynı olması prensibine göre paraleller ve aralarındaki mesafeler değer alır.

Teferruata geçilmeksizin esas formüller aşağıda gösterilmiştir :

Herhangi bir arz dairesi üzerindeki bir uzunluk elemanın değeri :

$$dp = \frac{a \cos \Phi d\lambda}{(1 - e^2 \sin^2 \Phi)^{1/2}}$$

Her hangi bir meridyen dairesi üzerindeki bir uzunluk elemanın değeri :

$$dm = \frac{a (1 - e^2) d\Phi}{(1 - e^2 \sin^2 \Phi)^{3/2}}$$

Meridyenler arasındaki mesafeler, projeksiyonun şartından ötürü :

$$a d\lambda \text{ dir.}$$

Buna göre arz dairesinin harita üzerindeki makyası :

$$\frac{dp}{a d \lambda} = \frac{a \cos \Phi d \lambda}{a d \lambda (1 - e^2 \sin^2 \Phi)^{1/2}} = \frac{\cos \Phi}{(1 - e^2 \sin^2 \Phi)^{1/2}}$$

olur.

Diğer taraftan, harita üzerindeki meridyen uzunluk elemanı ds ile gösterilecek olursa, harita üzerinde ve meridyen boyunca olan makyas :

$$\frac{dm}{ds} = \frac{a (1 - e^2) d \Phi}{ds (1 - e^2 \sin^2 \Phi)^{3/2}} \text{ olur.}$$

Projeksiyonun konform olabilmesi için herhangi bir noktada her istikamette makyasların aynı olmaları icab eder, dolayısıyla :

$$\frac{dp}{a d \lambda} = \frac{d s}{d s} \cdot \frac{\cos \Phi}{(1 - e^2 \sin^2 \Phi)^{1/2}} = \frac{a (1 - e^2) d \Phi}{d s (1 - e^2 \sin^2 \Phi)^{3/2}} \text{ olur.}$$

Buradan :

$$d s = \frac{a (1 - e^2) d \Phi}{(1 - e^2 \sin^2 \Phi) \cos \Phi}$$

$$S = \int_0^{\Phi} \frac{\Phi a (1 - e^2) d \Phi}{(1 - e^2 \sin^2 \Phi) \cos \Phi}$$

$$S = a \log_e \left[\tan \left(\frac{\pi}{2} + \frac{\Phi}{2} \right) \cdot \left(\frac{1 - e \sin \Phi}{1 + e \sin \Phi} \right)^{e/2} \right] \text{ olur.}$$

Bir başlangıç meridyani (= merkez meridyani) üzerindeki meridyen uzunluğunu S' ile gösterirsek :

$$S' = a \int_0^{\lambda} d \lambda = a \lambda \text{ olur.}$$

Bu açıklama dikkat nazarına alınacak olursa, merkez meridyani ve ekvatorün kesişme noktasından itibaren her hangi bir noktanın harita üzerindeki koordineleri :

$$S = y = a \log_e \left[\tan \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\Phi}{2} \right) \cdot \left(\frac{1 - e \sin \Phi}{1 + e \sin \Phi} \right)^{e/2} \right]$$

$$S' = x = a \lambda$$

olur.

$\left(\frac{1 - e \sin \Phi}{1 + e \sin \Phi} \right)^{e/2}$ faktörü herhangi bir sferoid için Φ ye göre cetvel halinde hesaplanabileceğinden, araya izometrik arz katılmak suretiyle (S) formülü basit bir şekle konabilir :

ψ izogonik arzı gösterdiğine göre :

$$\tan \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\psi}{2} \right) = \tan \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\Phi}{2} \right) \left(\frac{1 - e \sin \psi}{1 + e \sin \psi} \right)^{e/2}$$

ve

$$\psi = \frac{\pi}{2} - Z ; \Phi = \frac{\pi}{2} - p$$

olarak alınırsa :

$$\text{Cotan } \frac{Z}{2} = \text{Cotan } \frac{p}{2} \left(\frac{1 + e \cos p}{1 - e \cos p} \right)^{e/2} \text{ olur.}$$

Bu değere göre :

$$Y = a \log_e \cos \frac{Z}{2} \text{ olur.}$$

Veya umumi (= Bridge) logaritmasına göre :

$$Y = \frac{a}{M} \log_{10} \cot \frac{Z}{2} \text{ olur.}$$

$\log M = 9.6377843113 - 10$ ve (a) yarı çapı ekvator üzerinde dakika birimi, $a = \frac{10800}{\pi}$ cinsinden ifade edilirse :

$$\log \left(\frac{a}{M} \right) = 3.8984895715 \text{ ve}$$

$$\log y = 3.8984895715 + \log \left(\log \cot \frac{Z}{2} \right) \text{ olur.}$$

Buna göre x değeri de :

$$x = \frac{10800}{\pi} \lambda \text{ veya } x = \lambda \text{ olur. (derece dakikası)}$$

(ψ) izometrik arzı için, muhtelif ellipsoidlere göre cetveller hazırlanmıştır.

Bu formüllerde :

a = Ekvator yarıçapı (= muhtelif ellipsoidlerde değişir)

Φ = Herhangi bir noktanın arzı.

$d p$ = Herhangi bir arz dairesi üzerinde uzunluk elemanı.

λ = Herhangi bir noktanın tülü.

e = Ellipsoidin basıklığı $\left(= \frac{a-b}{a} \right)$

ψ = İzometrik arz.

S = Ekvatordan itibaren bir noktanın meridyen üzerinde ve Merkator projeksiyonuna göre mesafesi.

S' = Merkez meridyeninden itibaren merkator projeksiyonunda bir noktanın uzaklığı.

M = Tabii logaritmayı bridç logaritmasına çevirmek için kullanılan modül.

b = Bir ellipsoidte küçük yarı çap.

$$Z = \frac{\pi}{2} - \Phi$$

