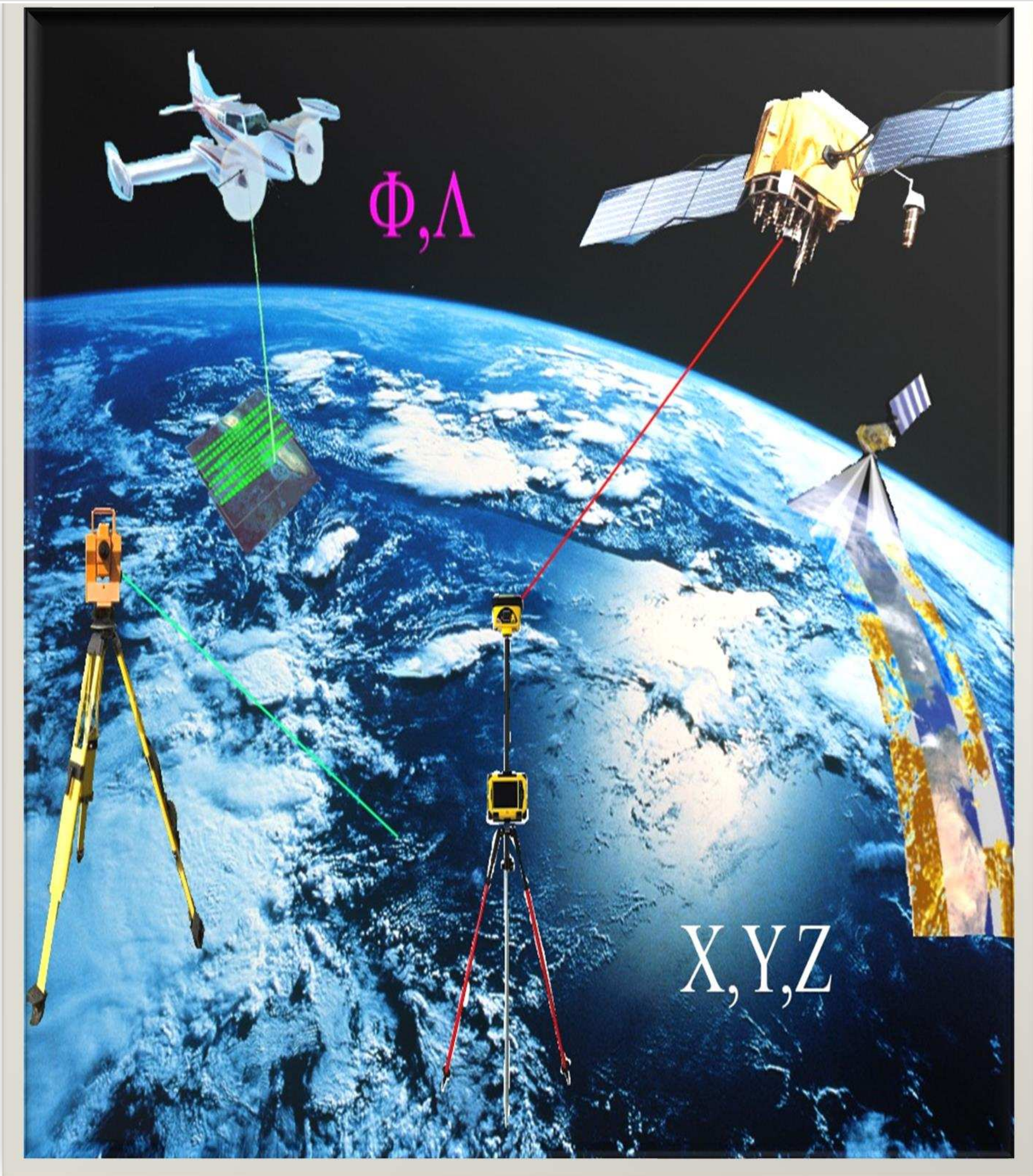
ARAZİ ÖLÇMELERİ



İçindekiler

Harita nedir? Haritaları Kimler Üretir?

Harita

Haritanın temel işlevi, haritası olduğu bölgenin topografyası ya da bu bölge ile mekânsal olarak ilişkili diğer konular (bu bölgenin jeolojisi, jeomorfolojisi, iklimi, trafiği, yeraltı kaynakları, değişik bakış açılarından ekonomisi vb.) hakkında bilgi vermektir. Bu haliyle harita, insandan (haritayı üreten- kartograf) insana (harita kullanıcısı) mekânsal referanslı bilgi aktaran, genel olarak basılı, bir iletişim aracıdır. Harita, Uluslararası Kartografya Birliği tarafından son olarak 1991 yılında tanımlanmıştır.

Bu tanım, Harita, belirlenmiş bir kullanım amacı için gerçek doğa (haritası yapılan bölge) ile ilişkili seçilmiş bilgilerin aktarımını yapan bütüncül yapıda görsel, dokunsal ya da sayısal kartografik ürün biçimindedir. Dokunsal kavramıyla görme özürlüler için üretilmiş ve dolayısıyla haritadan bilgileri ancak parmaklarıyla dokunarak alabilenler için üretilmiş haritalar ifade edilmektedir. Sayısal kavramı ise bilgisayar ortamındaki haritalar için kullanılmaktadır.

Kartografya

Yukarıdaki ifadelerde geçen Kartografya kavramı, her tür ve her ölçekteki harita planlanması, tasarımlanması, üretilmesi, basılması ve kullanılmasına yönelik teknikler geliştirmeyi ve uygulamasını yapmayı kendisine konu edinmiş bir akademik disiplindir biçiminde açıklanabilir.

Topografik Harita

Eğer haritada gösterilen bilgiler ağırlıklı olarak topografik karakterli ise bu tür kartografik ürünler topografik harita, buna karşın mekânsal diğer konularla ilişkili ise tematik harita olarak adlandırılmaktadır.

Topografik haritalar, haritası oldukları bölgelerde bulunan yapay objeler (binalar, köprüler, yollar, akarsu ve durgun su objeleri, bitki örtüsü ve arazi engebesini kartografik işaretlerle göstererek bilgi veren ürünlerdir. Akarsu ve durgun su objesi kavramı, dereler, çaylar, nehirler, kanallar, göller, baraj gölleri ve denizleri kapsamaktadır. Haritanın ölçeğine bağlı olarak burada anılan objelere ait aktarılan bilginin ayrıntısı değişmektedir. Genel olarak, büyük ölçekli bir harita, aynı bölgenin daha küçük ölçekli bir haritasına göre daha fazla bilgi içerir.

Tematik Harita

Tematik haritalar bir topografik altlık üzerinde o bölge ile mekânsal referanslı olan her konuda bilgi aktaran kartografik ürünlerdir. Örneğin mekânsal referanslı konu olarak sayısız örnekten birkaçı burada sayılabilir. Jeoloji, ulaşım, taşımacılık, hava sıcaklığı, hava basıncı, tarımcılık, madencilik, ekonomi, üretimler, denizcilik, hava ve toprak kirliliği, turizm v.b.

Haritaları kimler üretir?

Haritaların, ülkenin değişik amaçlı kalkınmasına ve taşınmaz mal hukukunda kullanılmak üzere üretilmesi genellikle devletin temel görevlerinden biridir. Bu nedenle ülkemizde de büyük ölçekli topografik içerikli haritalar devlet eliyle üretilir, ya da devlet, ihale yoluyla özel firmaların bunları üretmesini sağlar. Bu bağlamda 1: 5000 ölçeğine kadar taşınmaz mal hukukunda hizmet verecek haritalar yer ölçmeleri ya da fotogrametrik yöntemlerle Başbakanlık'a bağlı Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü sorumluluğunda üretilir ve güncel tutulur. Buna karşın belediye hizmeti verilen yerleşim merkezlerinde özellikle teknik alt yapı tesislerinin projelendirilmesinde kullanılan haritalar ise yerel yönetimler tarafından, yine özel firmalara ihale yöntemiyle ürettirilir.

Buna karşın ülke kalkınmasında diğer mühendislik projelerinin (karayolları, baraj inşaatları, ormancılık, enerji dağıtım hatları, sulama, demiryolları) hayata geçirilmesi için gerekli haritalar, ilgili kurumlar teşkilatlarının sorumluluğunda üretilir. Bu özel amaçlar için üretilen haritalar genellikle sade vatandaşın kullanıma sunulacak nitelikte kartografik ürünler değillerdir. Maalesef bir kurumun yaptığı bu anlamdaki bir çalışmadan, başka bir kurum yeterli derecede yararlanamamaktadır. Bu bağlamda her bir kamu kurumunun kendi amacı için ilgili bölgede yeniden benzer haritacılık çalışması yapması, ekonomik bakımdan uzmanlar tarafından genellikle eleştiri konusu olmaktadır.

Buna karşın özellikle tarihi süreç bakımından ülke savunması amacıyla üretilmesi zorunlu orta ölçekli topografik haritaların üretimi için gerekli tüm çalışmalar Harita Genel Komutanlığı tarafından yürütülmektedir. Harita Genel Komutanlığı askeri bir kurumdur. Burada sözü edilen tüm çalışmalar ifadesi ile her tür jeodezik, astronomik, topografik, fotogrametrik, kartografik karakterli haritacılık çalışmaları kastedilmektedir. Bu kamu kurumumuz çalışmalarını kendi imkânları ile yürütmektedir ve müteahhitlik hizmeti pek alınmamaktadır. Harita genel Komutanlığı tarafından üretilen 1: 25.000, 1: 50.000, 1: 100.000, 1:250.000, 1: 500.000 ve 1: 1.000.000 ölçekli topografik haritalar, Harita Bilgilerini Kullanma Yönetmeliği çerçevesinde kendine özgü kurallar altında diğer kamu kurumlarına ya da sade vatandaşın hizmetine verilebilmektedir.

Tematik haritalar ise, daha çok ülkenin sosyal ve doğasal içerikli konularının analizinde uzmanlara yardımcı olmaktadırlar. Bu bağlamda tematik haritalar daha çok eğitimciler, coğrafyacılar, tarihçiler, istatistikçiler, ziraatçılar, jeologlar ya da jeoloji mühendisleri tarafından yaygın biçimde kullanılır. Genellikle bu alanlarda çalışan özel ya da kamu kurumlarına, ilgili alanda harita üretiminde deneyimli eğitilmiş kartograf çalıştırmaları önerisi yapılmalıdır.

İyi Bir Harita Hangi Özelliklerde Olmalıdır?

İyi bir harita, haritası olduğu bölgedeki topografik objelerin (binalar, yollar, köprüler, bitki örtüsü, akarsu ve durgun su objeleri, arazi engebesi) geometrilerini, ölçeğin ve harita projeksiyonunun izin verdiği ölçüde doğru vermesi beklenir. Ayrıca bu objelerle referanslı bilgilerin de haritaya doğru aktarılmış olması gerekir. Örneğin dünya ülkelerinin nüfus yoğunluğunu gösteren bir haritada bu değerin hep aynı zaman (örneğin 1996 yılı değerlerine gibi) için verilmiş olması gerekir.

Bir haritanın mekân referanslı bilgi vermedeki temel görevini tam yapabilmesi için ayrıca, bilgi bakımından eksiksiz, açık, okunaklı ve güzel olması gerekir.

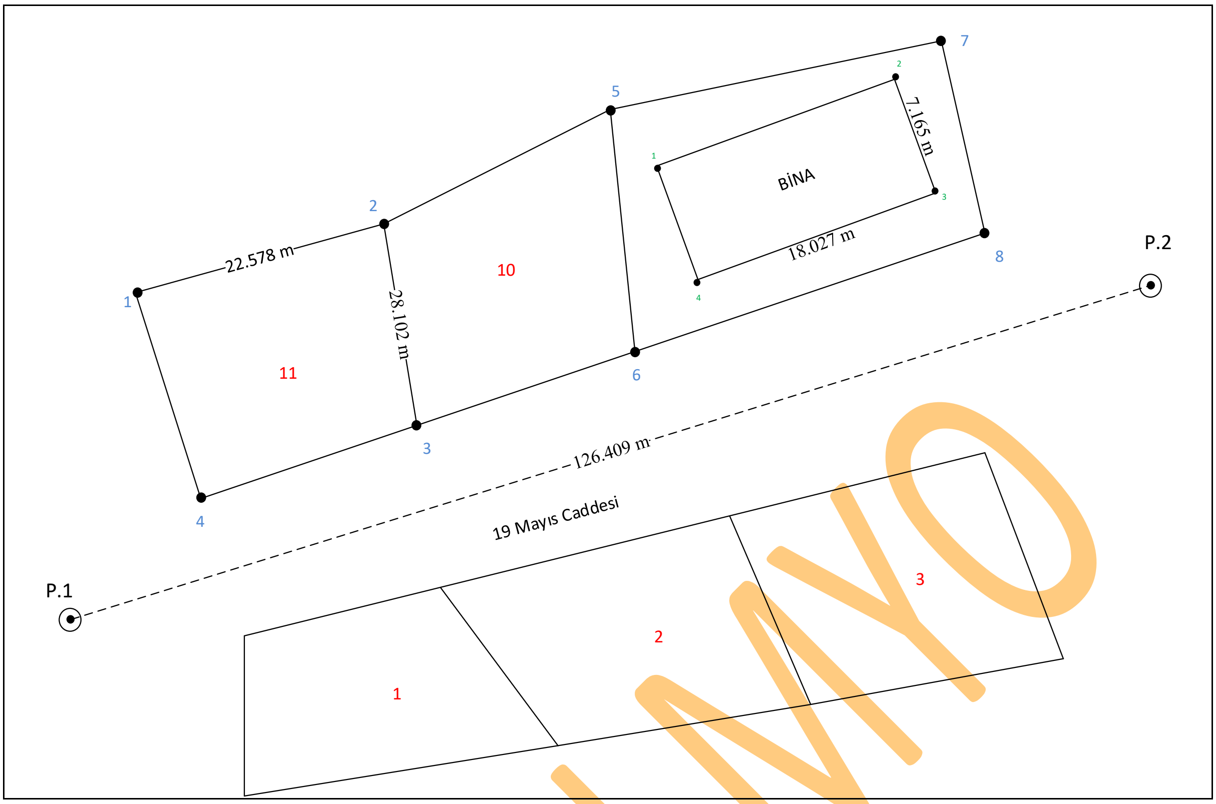
İyi bir haritada bir isim, ölçek (hem 1:M şeklinde oransal ölçek, hem de çizgisel ölçek), çerçeve, hangi yılda, hangi kurum tarafından üretildiği, varsa projeksiyonu, hangi işaret ya da rengin hangi topografik obje ya da bilgiyi gösterdiğini belirten işaretler tablosu mutlaka bulunmalıdır. Ayrıca küçük ölçekli haritalarda uygun aralıklarda gösterilmiş coğrafi koordinat çizgileri mutlaka bulunmalıdır. Kullanılma amacı bakımından belli beklentileri yerine getirmeyen kartografik ürünlere vatandaşın ilgi göstermemesi gerekir. Örneğin Türkiye'de gazetelerin okuyucularına verdiği, genellikle karayolları haritaları, maalesef övünülecek haritalar değillerdir. Bu kalitesiz haritaların ücretsiz de olsa vatandaşa sunulmasını uygun karşılamak mümkün değildir. Diğer taraftan bu tür haritaların biçim olarak da (katlama biçimi ve katlama formatı gibi) uygun sunulduğunu söylemek zordur (Uçar 2000).

ÖLÇÜ BİRİMLERİ

Haritaların elde edilmesinde bazı ölçme işlemleri yapılacak ve bu ölçüm sonuçlarına göre nicel değerler elde edilecektir. Elde edilen nicel değerler, ulusal harita yapımında kullanılan ölçü birimleri ile temsil edilmesi gerekmektedir. "ÖLÇÜ BİRİMLERİ" konusunda bu birimler tanıtılacak, ölçülen kavrama göre (uzunluk, açı, alan) temel ölçü birimi, bu birimin alt ve üst ölçü birimleri arasındaki dönüşümler konu içinde anlatılacaktır. Konunun iyi kavranması için bölüm sonunda örnekler ile konu pekiştirilmelidir.

Uzunluk Ölçü Birimleri:

Uzunluk kavramı iki nokta arasındaki mesafenin ölçülmesidir. Diğer bir bakışla uzunluk, çizgi objelerinin sahip olduğu bilgilerden biridir. Şekil 1 uzunluk ölçümü yapılan coğrafik objelere ait tasvir. 11 numaralı parselin, 1 ile 2 numaralı köşelerinin arasındaki uzunluğu 25.578 m, 2 ile 3 numaralı köşelerin arasındaki uzunluğu 28.102 m ölçülmüş; Binanın 4 ile 3 numaralı köşelerinin arasındaki uzunluk 18.027 m, 2 ile 3 numaralı köşelerin arasındaki uzunluk 7.165 m ölçülmüş; P.1 ve P.2 numaralı noktaların arasındaki uzunluk 126.409 m ölçülmüş ve krokide gösterilmiştir.



Şekil 1

Uzunluk ölçü temel birimi metredir ve m ile gösterilir. Bazı ülkelerde farklı ölçü birimleri kullanılmasına karşın dünya genelinde ölçü birimi olarak genelde metre kullanılır.

Metrenin katları ve askatlarını incelediğimizde:

1000 m = 1 km = 1 kilometre

100 m = 1 hm. = 1 hektometre

10 m = 1 dam.= 1 dekametre

0.1 m = 1 dm. = 1 desimetre

0.01 m = 1 cm. = 1 santimetre.

0.001 m = 1 mm. = 1 milimetre.

Örnekler:

1) 125.678 m içindeki metre, santimetre ve milimetre birimlerini ayırın.

   125.678 m = 125 metre, 6 desimetre, 7 santimetre, 8 milimetre.

2) 64.082 m içindeki santimetre değeri nedir.

   0.08 m = 8 cm

3) 72.810 m değerindeki cm ve mm değerlerini yazınız.

72m, 8 dm, 1 cm ve 0 mm

Uzunluk değerlerindeki ondalık hane sayısı, en küçük uzunluk değeri milimetre (mm). olduğu için noktadan sonra 3hanedir. Hesaplamalar yapıldıktan sonra uzunluk değeri hesap makinesinde fix işlemine tabi tutulup noktadan sonra 3 haneye yuvarlatılmalıdır.

Ondalık hanesini 3 haneli ondalık sayı hanesi yuvarlatma (Fix işlemi) örneği:

325.258742 → ondalık hanesi 3 haneli olacak şekilde yuvarlatıldıktan sonra→325.259

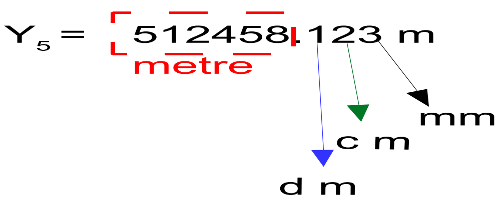
78.364125→ ondalık hanesi 3 haneli olacak şekilde yuvarlatıldıktan sonra→78.364

Coğrafik objelere ait uzunluk bilgileri dışında, nokta koordinat değerleri eğer yatay koordinatlar (X – Y koordinatları) ve/veya düşey koordinat değeri (Z koordinatı) ile ifade edilecekse bu koordinat değerleri metre uzunluk birimi ile ifade edilir. Bu değerler Koordinat sisteminin başlangıç noktasına (orijin) olan birer uzunluktur.

Örnek:

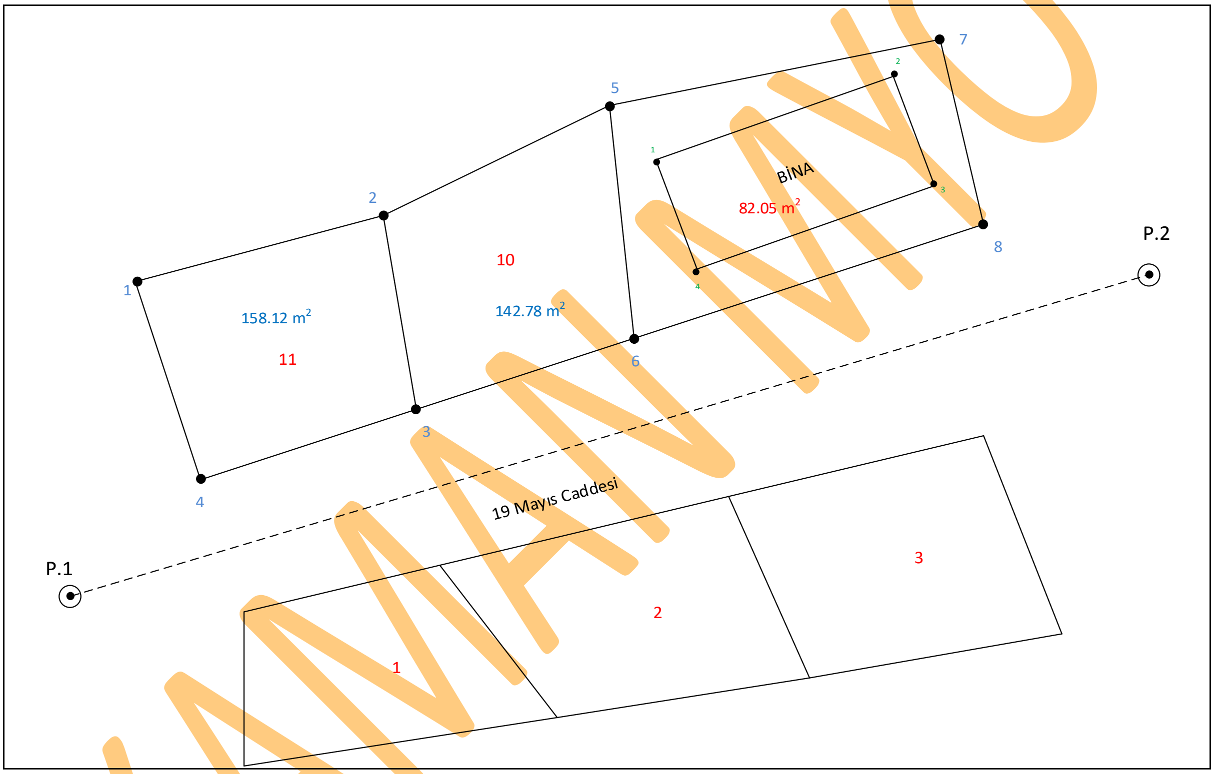
NNO	Y (m)	X (m)	Z (m)
5	516478.567	4315705.065	658.487

5 numaralı noktaya ait verilen koordinat örneği incelendiğinde, her bir koordinat parametre değeri metre uzunluk biriminde verilmiş ve her bir koordinat parametre değerinin ondalık hane sayısı üçtür. Her koordinat parametre değerinin hassasiyeti milimetredir.



Alan Ölçü Birimleri:

Çokgen, Latin kökenli polygon kelimesinden türemiştir. Latincede *Poly* kelimesinin Türkçe 'de ki karşılığı çok, Gon kelimesinin Türkçe 'de ki karşılığı ise köşe anlamına gelir ve gen eki olarak Türkçe'ye kazandırılmıştır. En az 3 köşeden (noktadan) oluşan, çizimi yapılırken başlangıcı ve bitişi aynı nokta olan geometrik objelere çokgen denir. Şekil 2'de çokgen şeklinde objelerin alan tasvirleri gösterilmiştir. Örneğin 2, 5, 6, 3 numaralı noktalardan oluşan çokgenin alan değeri 142. 78 m^2, bina objesi 1, 2, 3 ve 4 numaralı köşelerden oluşmakta ve alan değeri 82.05 m^2 olarak krokide gösterilmiştir.



Şekil 2

Alan ölçü birimlerinde temel ölçü birimi olarak metre kare (m^2) kullanılır. Aşağıda m^2 alan biriminin ast ve üst katları aşağıda belirtilmiştir:

$$1000000\ m^2 = 1\ km^2 = 1\ kilometrekare$$

$$10000\ m^2 = 1\ ha = 1\ hektar$$

$$1000\ m^2 = 1\ dekar = 1\ dönüm$$

$$100\ m^2 = 1\ ar$$

$$0.01\ m^2 = 1\ dm^2 = 1\ Desimetrekare$$

$$0.0001\ m^2 = 1\ cm^2 = 1\ santimetrekare$$

$$0.000001\ m^2 = 1\ mm^2 = 1\ milimetrekare$$

$$1\ hektar = 1\ ha = 10\ dekar = 10\ dönüm$$

Dikkat edilmesi gereken uzunluk ve alan bilgileri anlatılırken her bir ölçü değeri nokta grafik objesi ile sınırlandırılarak anlatılmıştır. Uzunluk bilgisi iki nokta arasındaki ölçü değeri ve alan bilgisi de en az 3 noktadan oluşan başlangıcı ve bitişi aynı nokta olan objelerdir. Bu bağlamda, haritacılıkta objelere ait bilgiler elde edilirken nokta grafik objesi önem kazanmaktadır.

Örnekler:

1) 1287 m^2 kaç dönüm ve dekardır?

   1287 m^2 = 1dönüm 287 m^2= 1dekar 287 m^2

2) 15678 m^2 içindeki dönüm hektar ve m^2 değerlerini yazınız.

   15678 m^2= 1 hektar 5 dönüm 678 m^2.

3) 2 hektar 202 m^2 değerini sadece m^2 cinsinden gösteriniz?

   2 hektar 202 m^2=20202 m^2.

4) 80125.65 m^2 değerini m^2 biriminin üst ve alt birimleri olacak şekilde ayrınız

   8 hektar 125 m^2 65 dm^2

5) 30004.81 m2 değerini m^2 biriminin üst ve alt birimleri olacak şekilde yazınız

   3 hektar 4 m^2 81 dm^2

Alan değerlerinde ondalık hane sayısı, m2 biriminden sonraki alt birimler 100'ün katları oldukları için 2 hanedir.

$$129.44789\ m^2 = 129.45\ m^2$$

$$258.34782\ m^2 = 258.35\ m^2$$

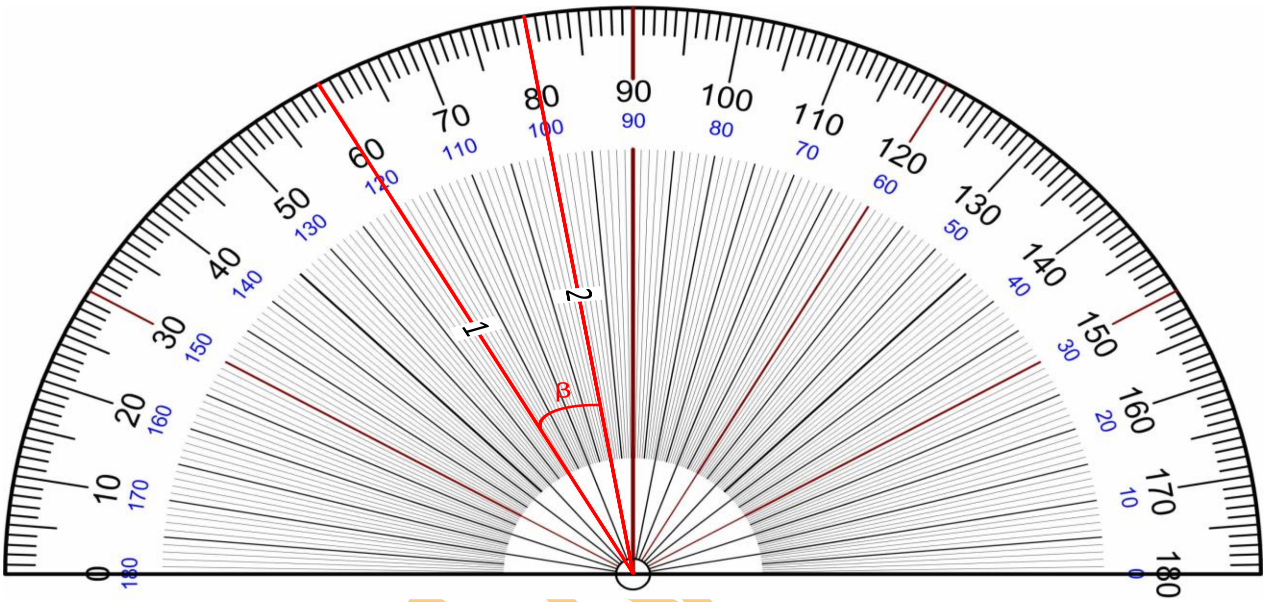
Alan ölçü birimi, mesleki uygulamalarda parsel, bina, göl, imar adası gibi alan objelerinin alan bilgilerinin belirtilmesinde kullanılır. Bu coğrafik objelere ait kamu ölçmeleri uygulamalarında, gereken resmi belgelerde alan bilgisinin hassasiyeti desimetrekare (dm^2) olarak belirtilmelidir. Sayısal alan bilgisi reel sayı olarak ifade edilirken ondalık hane sayısı iki olmalıdır.

Örnek:

1) $1453.65\ \mathrm{m}^2$ = 1 dönüm 453 m^2 65 dm^2
2) $22081.11\ m^2$ = 2 ha 2 dönüm 81 m^2 11 dm^2
3) $372291.46\ m^2$ =37 ha 2 dönüm 291 m^2 46 dm^2

Açı Ölçü Birimleri:

Başlangıç noktaları aynı olan iki ışının birleşim kümesine (aralarında kalan kısma) açı denir. Şekil 3 bir açının oluşumu tasvir edilmiştir. β açısı (kırılma açısı[1]) 1 ve 2 numaralı ışınlar arasında kalan bölgedir. Bir açı değerini elde etmek için **iki ışın (vektörün) açı büyüklüğü kullanıldı**. $\beta = 80^\circ - 60^\circ = 20^\circ$



Şekil 3

Açı Birimleri:

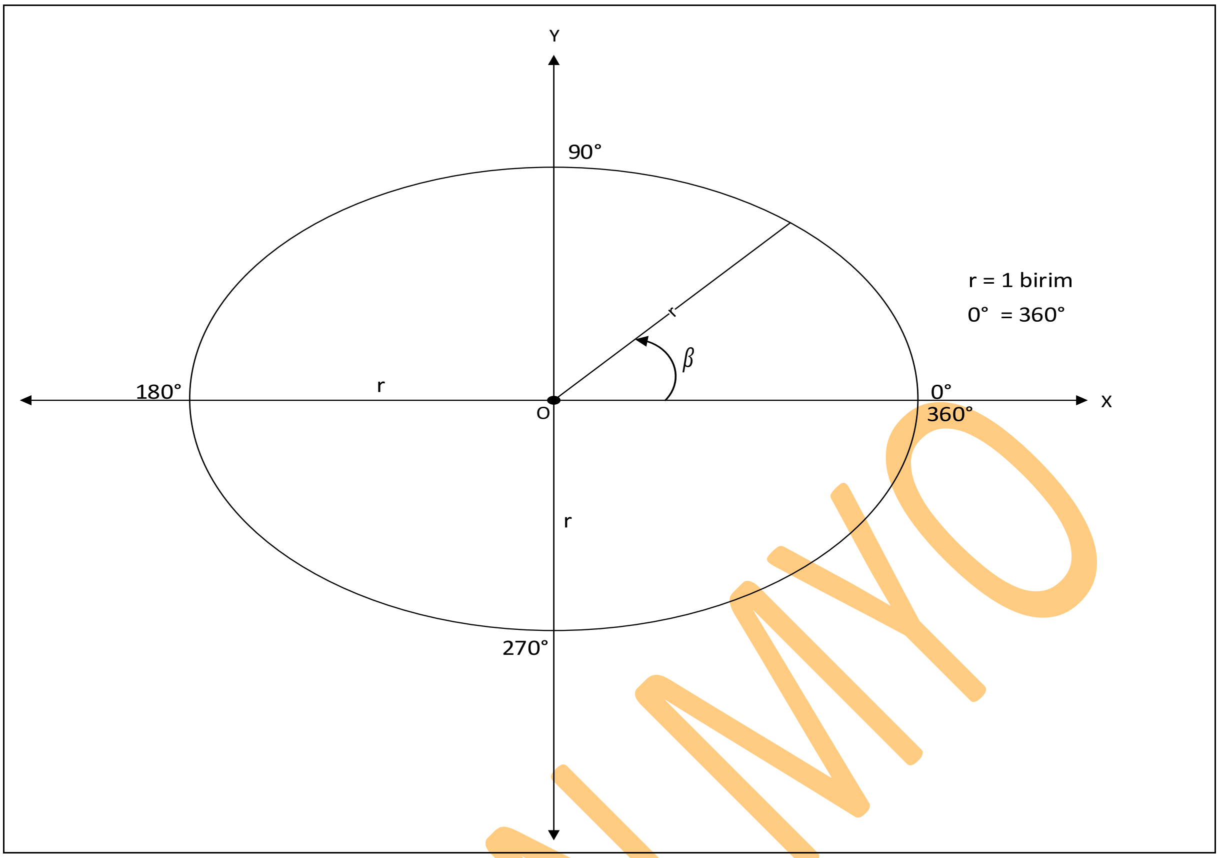
Derece, Grad ve radyan olmak üzere 3 farklı açı birimi vardır. Her bir açı birimi, aynı birim daireyi temsil eder. Farkları: birim daireyi farklı sayıda parçaya bölmeleri veya açı değerini yay uzunluğundan almalarıdır. Açı birimleri alt konu başlıklarında 1 birimlik daire üzerinde anlatılacaktır. Birimden kastedilen, yarıçapı 1 m veya 1 cm veya 1 km olan dairedir. Her bir dairenin yarıçapı aynı anlamına gelmektedir.

Derece Açı Birimi:

Derece açı birimi birim daireyi 360 eşit parçaya böler. Şekil 4 derece açı biriminin, birim dairedeki tasviridir. Derece açı birimi coğrafi koordinatlar olan enlem ve boylamın gösteriminde de kullanılır.

Her açı biriminde, Açı Artış Yönü X Ekseninden, Y Eksenine Doğrudur

[1] Kırılma açısı, “HARİTA YAPIMI ile İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR” başlığı altında anlatılacaktır.



Şekil 4

Derece açı biriminin alt katları derece dakikası ve derece saniyesidir.

$$1^{\circ} = 60' \rightarrow 1 \text{ derece } 60 \text{ dakikaya eşittir}$$

$$1' = 60'' \rightarrow 1 \text{ dakikaya } 60 \text{ saniyeye eşittir}$$

$$1^{\circ} = 3600'' \rightarrow 1 \text{ derece } 3600 \text{ saniyeye eşittir}$$

Derece açı birimi, alt katları ile ilişkisi 60'ın katları şeklinde olduğundan bazı kaynaklarda 60'lık açık birimi olarak geçer (Karaali ve Dilaver 1997).

Enlem boylam değerleri, Jeosantrik Yersel Koordinat sisteminde, bir noktanın konum değerini verir. Dünya üzerinde bir noktanın konum değeri sadece derece ile ifade edilemez. Enlem – boylam koordinatları ile nokta objesinin koordinatlarını ifade ederken, derece birimindeki değere ek olarak, derece açı biriminin alt birimleri olan dakika ve saniye de kullanılmalıdır. Enlem boylam değerlerine örnek aşağıda belirtilmiştir:

Örnek: GNSS sinyal alıcı cihazından elde edilen konum değerine göre dünya üzerindeki bir noktanın enlem - boylam koordinatları:

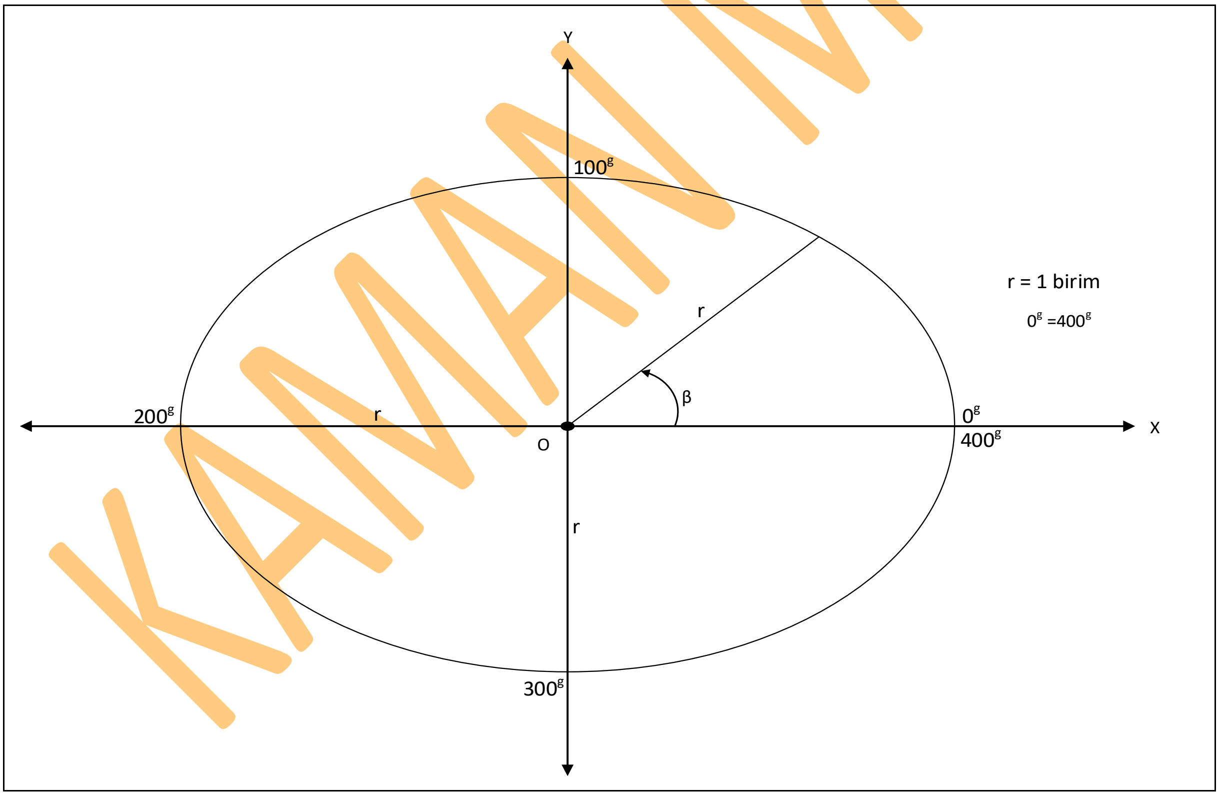
Enlem: K (KUZEY): 39° 42’ 36.1234’’ = $39° + 1° * \frac{42'}{60'} + 1° * \frac{36.1234''}{3600''}$ =39.7100343°

Boylam: D(DOĞU): 33° 17’ 1.8714’’ = $33° + 1° * \frac{17'}{60'} + 1° * \frac{1.8714''}{3600''}$ =33.2838532°

Grad Açı Birimi:

Grad açı birimi, birim daireyi 400 eşit parçaya böler. Şekil 5 grad açı biriminin birim dairede tasviridir. Grad açı birimi, derece açı birimine göre aynı birim daireyi daha fazla parçaya bölmektedir. Bu farklılıktan dolayı detaylı açı ölçüm işlemlerinde grad açı ölçü birimi tercih edilir.

Haritaların oluşturulması amaçlı yapılacak konum ölçümlerinde yüksek hassasiyet gerektiğinden, açı değerlerinin elde edilmesinde grad açı birimi kullanılır.



Şekil 5

Grad açı birimi, derece açı birimi gibi grad dakikası ve grad saniyesi alt katlarına sahiptir.

$$1^{g} = 100^{c} \rightarrow 1\ grad, 100\ grad\ dakikasına\ eşittir$$

$$1^c = 100^{cc} \rightarrow 1\ grad\ dakikası, 100\ grad\ saniyesine\ eşittir$$

$$1^g = 10000^{cc} \rightarrow 1\ grad, 10000\ grad\ saniyesine\ eşittir$$

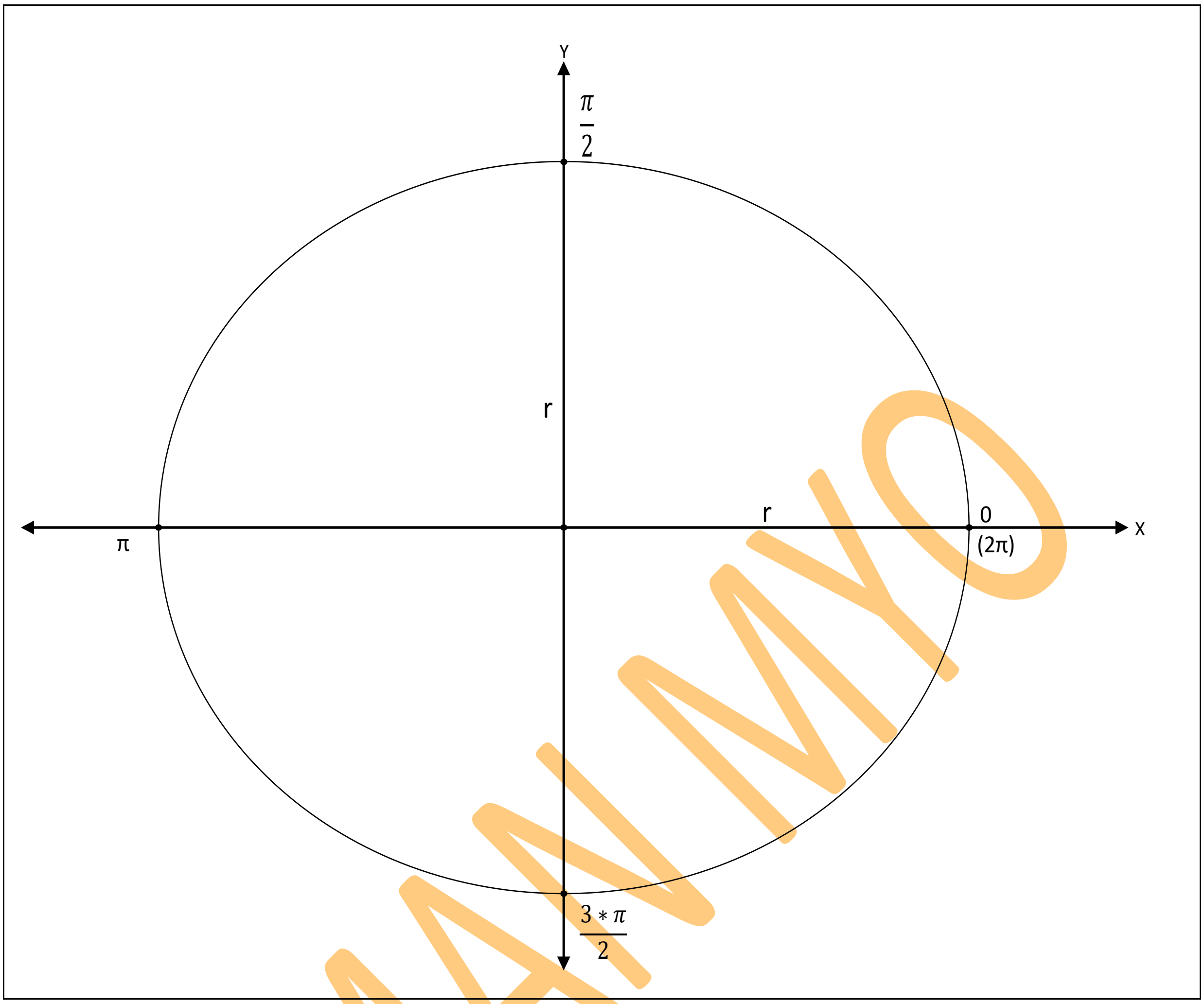
Grad açı birimi ve alt katları arasında 100'ün katları olduğu için bazı kaynaklarda 100'lük açı birimi olarak geçer (Karaali ve Dilaver 1997).

Grad → $45^g\ 24^c\ 12.465^{cc} = 45^g + 24^c / 100 + 12^{cc}.465 / 10000 = 45.2412465^g$

Derece → $45^\circ\ 24'\ 12.465'' = 45^\circ + 24' / 60 + 12''.465 / 3600 = 45.4034625^\circ$

Radyan açı birimi:

Radyan açı birimi, bir daire içinde açının gördüğü yayın uzunluğunun yarıçap değerine oranı ile elde edilir. Şekil 6, birim dairenin yatay düzlemin eksenlerini kestiği yerlerde, π (pi) değeri karşılığı olacak şekilde radyan biriminde açıların tasviri vardır.



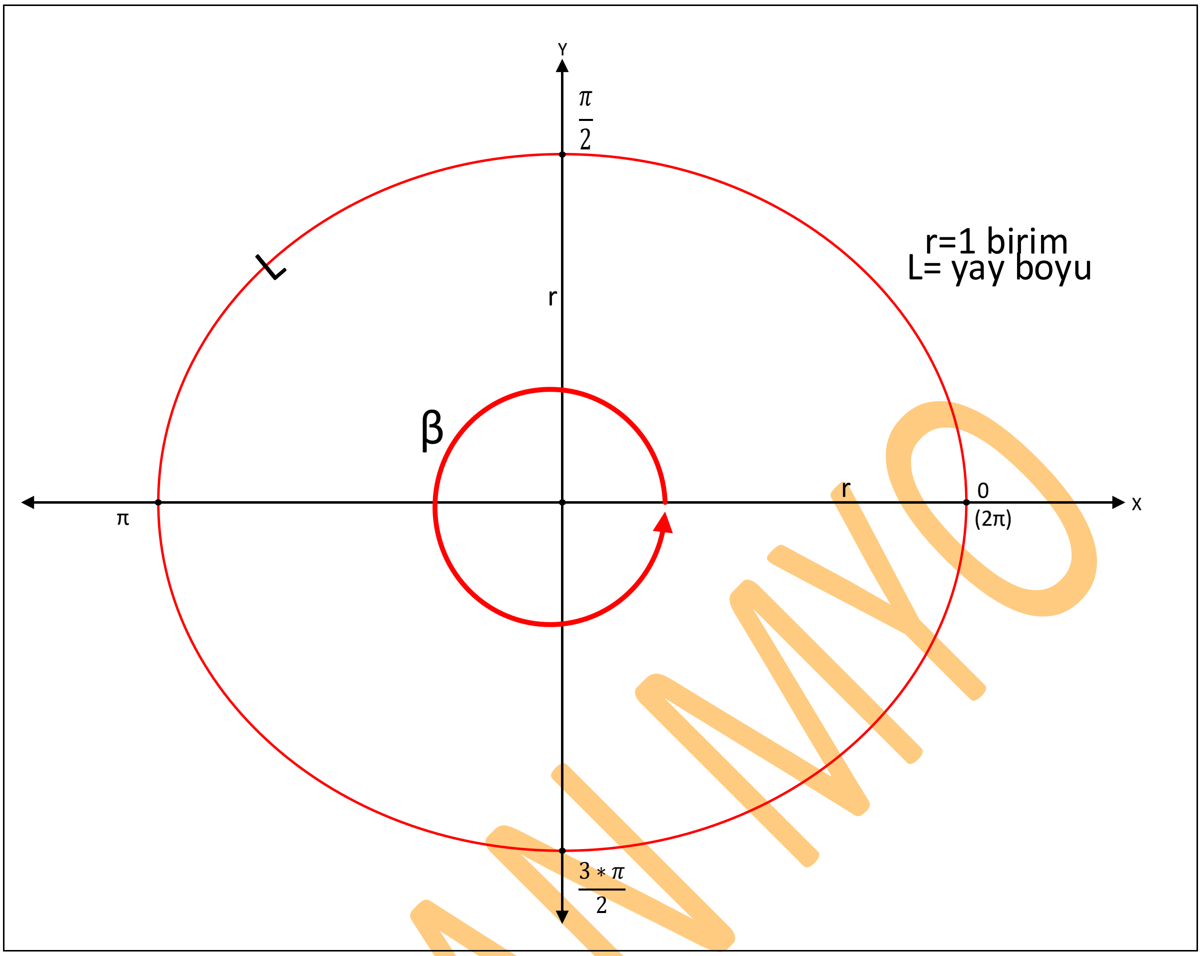
Şekil 6

Radyan biriminde açı tanımı, birim dairede tam açının (360° $veya$ 400^{g}) gördüğü yay hesabı ile daha kolay anlaşılır. Şekil 7, birim dairede β merkez açısının (tam açı) ve bu açının gördüğü yay boyu uzunluğunu temsil eden L uzunluğunun tasviri vardır. Eğer β merkez açısı Şekil 7'de olduğu gib tam açı (360° $veya$ 400^{g}) olursa, gördüğü yay uzunluğu dairenin çevresine eşit olacaktır. Bu değer:

$$L = 2 * \pi * r$$

β açısının radyan açı cinsinden değerinin bulunması için gördüğü yay uzunluğunun, daire yarıçap değerine oranlanması gerekir.

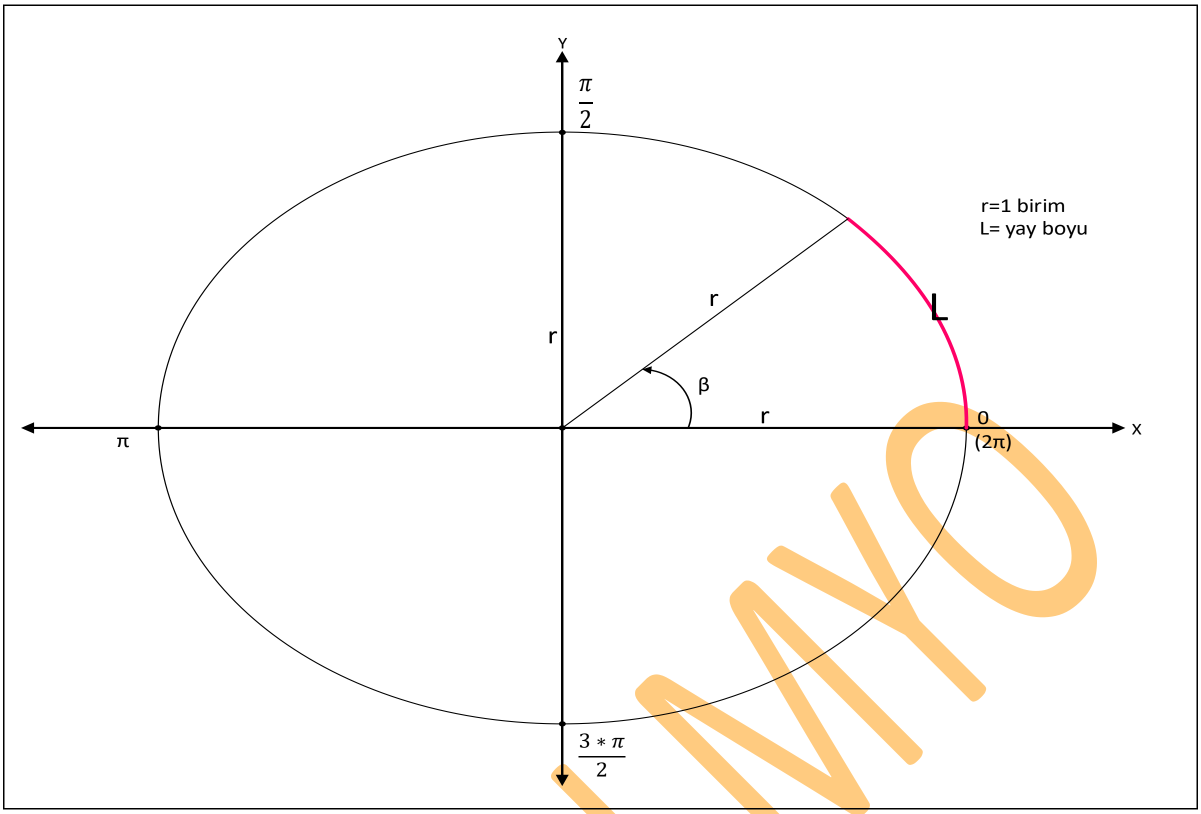
$$\beta = \frac{L}{r} = \frac{2 * \pi * r}{r} = 2 * \pi \rightarrow tam\ açının\ radyan\ karşılığı\ 2 * \pi\ değeridir$$



Şekil 7

Şekil 8 belirli bir yay uzunluğuna (L) karşılık gelen merkez açının (β) tasviridir. Eğer L yay uzunluğu ve yayın bulunduğu dairenin yarıçap değeri biliniyorsa, yayı gören merkez açısı değeri radyan açı biriminde ifade edilir. β açı değerinin radyan açı cinsinden formülü:

$$\beta = \frac{L}{r}$$



Şekil 8

Radyan açı biriminde değer elde edilirken pay ve payda kısmındaki uzunluk değerleri olan yarıçaplar sadeleştiği ve π değerinin birimi olmadığı için radyan açı değerinin birimi yoktur.

Açı birimleri anlatılırken, her birini aynı birim daireyi temsil edecek şekilde anlatıldı. Eğer her biri aynı birim daireyi temsil ediyorsa aralarında dönüşüm için bir oran kurulabilir:

$$\frac{D}{360^{\circ}} = \frac{G}{400^{g}} = \frac{R}{2\pi} \rightarrow \frac{D}{180^{\circ}} = \frac{G}{200^{g}} = \frac{R}{\pi}$$

Bilimsel hesap makinelerinde, açı birimi (Derce, Grad veya Radyan) belirtildikten sonra trigonometrik fonksiyonlar o açı biriminde çalışacaktır.

Trigonometrik fonksiyon kavramını anlamadan evvel fonksiyon kavramının genel yapısına bakılmalıdır. Fonksiyon matematikte $f(x) = y$ ile genel bir gösterime sahiptir. f fonksiyonun adı, x belirli değer kümesi içinden fonksiyona eklenecek olan değer, y ise fonksiyonun sonuç olarak verdiği (geriye döndürdüğü) değerdir.

Örneğin,

$\sin(30^{\circ}) = 0.5$ → sinüs trigonometrik fonksiyon

30° derece açı biriminde değer

0.5 sonuç değerdir

Dikkat edilirse trigonometrik fonksiyonlar açı biriminde (derece, grad) değerler alır, sonuç olarak geriye radyan açı biriminde (birimi olmayan) değer döndürür.

Ters fonksiyon olarak tanımlanan fonksiyonlar ise normal fonksiyonun tam tersinde işlem yaparlar. Normal fonksiyon işleminde sonuç olan değer (y), ters fonksiyonda değer olarak kullanılır. $f^{-1}(y) = x$ gösterim şeklidir. Gösterim şeklinden de anlaşılacağı gibi ters fonksiyonun kullanım amacı, normal fonksiyonda hangi x değeri kullanılsa y sonucu elde edilirin cevabını bulmakta kullanılır.

Trigonometrik fonksiyonda ters fonksiyon kullanımı örneklersek:

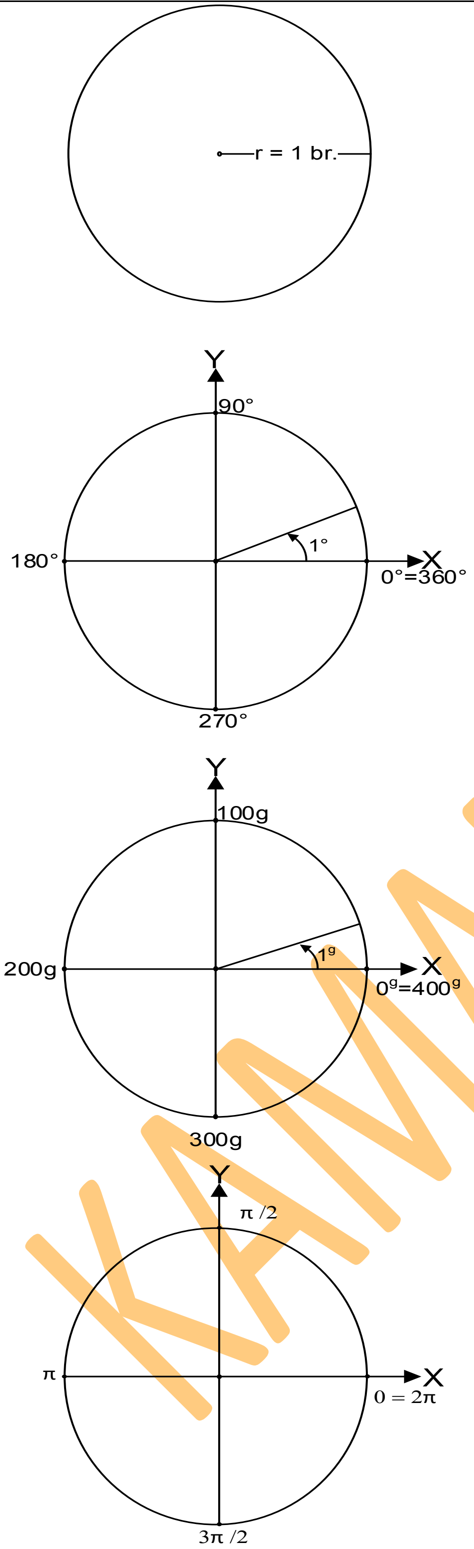
$\arcsin(0.5) = 30^{\circ}$ veya $sin^{-1}(0.5) = 30^{\circ}$

Yukarıdaki örnek incelenirse, sinüs fonksiyonunun ters trigonometrik fonksiyonu arcsinüs fonksiyonuna değer olarak 0.5 radyan veri tipinde değer veriliyor ve sonuç değer olarak 30° elde ediliyor. Ters trigonometrik fonksiyonlar radyan veri tipinde değer alır ve açı biriminde sonuç döndürür. (sonuç olan 30°, kullanılan hesap makinesi açı birimi derece açı birimi olarak ayarlandığında bu sonucu verecektir.)

Açı birimlerinin alt birimleri ile İfade Edilmesi

Açı birimleri üçe ayrılır. Bu birimler Derece, Grad ve Radyan olarak ifade edilir ve bir önceki konuda anlatılmıştır. Birim daire, Grad açı birimi ile 400 eşit ayrı parçaya; derece ile 360 eşit parçaya bölünür. Açı değeri hem yersel ölçüm yöntemlerinde hem de coğrafik objelerin detaylarına ait coğrafik koordinatlarının enlem boylam parametreleri ile temsilinde kullanılır. Açı değerinin sadece tek bir tam sayı değerle ifadesi, ölçüm işlemlerinde elde edilecek konum hassasiyetini düşürür. Aynı şekilde konum değerini tek bir tam sayı açı değeri kullanarak enlem boylam değerleriyle tanımlayamayız. Açı değerleri reel sayı olarak ifade edilmelidir. Açı değerinin ondalık hane sayısı, bahsi geçen her iki durum için de hassasiyeti arttıracaktır. Açının ondalık kısmındaki değerleri, açının dakika ve saniye kısmına karşılık gelir.

Şekil 9



Yanda yarıçapı 1 birim olan dairenin tasviri vardır

Yanda yarıçapı 1 birim olan dairenin eksenleri kestiği yerlerde derece açı birimi değerlerinin tasviri vardır.

Yanda yarıçapı 1 birim olan dairenin eksenleri kestiği yerlerde grad açı birimi değerlerinin tasviri vardır.

Yanda yarıçapı 1 birim olan dairenin eksenleri kestiği yerlerde radyan açı birimi değerlerinin tasviri vardır.

Her açı birimi aynı 1 birimlik daireyi temsil ettiğine göre aralarındaki orantı aşağıdaki formülle sağlanır.

$$\frac{G}{400^g} = \frac{D}{360^\circ} = \frac{R}{2\pi}$$

Örnek: 38° 15’ 24’’= 38° + 15’/60 + 24’’/3600 ≅ 38.256667°

Örnek: 27.5896487547° = 27°

$27.5896487547° - 27° =$ 0.5896487547° * 60=35.378925282’

$35.378925282' - 35' =$0.378925282’ * 60 = 22.73551692’’

$27.5896487547^\circ = 27^\circ\, 35'\, 22.7355'$ olarak derece dakika arasında dönüşüm sağlanmış olur.

Örnek: 42° 18’ 34.4567’’ olarak verilen açıyı grad açı birimine dönüştürülüp grad açı dakika ve saniye olarak yazılması istenmektedir.

İlk yapılması gereken verilen açıyı ondalıklı sayıya çevirmek. Bunun için dakika ve saniyeyi dereceye çevirip derece tam kısım olacak şekilde eklenecek.

$$42° + \frac{18'}{60'} + \frac{34.4567''}{3600''} = 42.30957131°$$

Elde edilen reel sayı değeriyle grad açı birimine dönüşüm yapılabilir. Dönüşüm yapılması için dönüşüm orantısını kurmalıyız.

$$\frac{D}{360} = \frac{G}{400} = \frac{R}{2\pi}$$

Kurulan orantıda bulunan reel sayı değerini ***D*** yerine koyup, grad olarak karşılık gelen değer bulunur. Hesaplama sonucu = 47.01063478^g

Bulunan grad açı birimindeki değeri grad (^{g}) – grad dakikası (^{c}) – grad saniyesi (^{cc}) alt birimlerinde yazılması istenirse → $47^g\ 1^c\ 6.3478^{cc}$ olarak hesaplanır.

Alıştırmalar:

1) (Grad) Sin(58^g) = 0.790155012

Arcsin(0.790155012) =58^g ←→ $\sin^{-1}$(0.790155012) =58^g

2) (Derece) Arctan(1.089657727) = 47.456795°←→$\tan^{-1}$(1.089657727)=47.456795°

tan(47.456795°) = 1.089657727

3) (Grad) $\cot(78.99246874^g) = \frac{1}{\tan\,(78.99246874)} = 0.342508699$

$$\text{arccot}(0.342508699) = \frac{1}{tan^{-1}(0.342508699)} = 78.99246874^g$$

3. örnekte cotanjant trigonometrik fonksiyonunu kullanırken $\cot(x) = \frac{1}{\tan\,(x)}$ veya $\tan(x) = \frac{1}{\cot\,(x)}$ eşitliklerinden yararlanıldı. Çünkü gerek hesap makineleri veya hesaplama programlarında cotanjant fonksiyonu oluşturulmamıştır.

4) 23° 12’ 52.8346’’ açı değerinin grad ve radyan açı birimlerindeki karşılıklarını bulunuz.

Çözüm: ilk olarak açı değeri ondalıklı açı sayısal açı değerine dönüştürülmelidir.

$$23°12'8346'' = 23° + \frac{12\prime}{60\prime} + \frac{52.8346\prime\prime}{3600\prime\prime} = 23.21467628$$

$$\frac{23.21467628°}{360^{\circ}} = \frac{G}{400^g} = \frac{R}{2\pi}$$

$$G = 400^g * \frac{23.21467628°}{360°} = 25.79408475^g$$

$$R = 2\pi * \frac{23.21467628°}{360°} = 0.40517254$$

ÖLÇEK

Ölçek, yerküredeki coğrafik objelerin haritaya aktarılmasındaki küçültme oranı katsayısıdır. Oran katsayısı Matematikte oran / orantı konularında bahsi geçer. Oran, aynı tür iki niceliğin birbirine bölünmesi, orantı ise birden fazla oranın eşitliğine denir. Diğer bir değişle orantı, aynı tür (örneğin ağırlık, uzunluk, hız) ve aynı birimdeki (ağırlık türünde ise kg, uzunluk ise m. gibi) iki oranın eşitliğiyle oluşur. Orana örnek verirsek a ve b değerleri uzunluğu temsil eden iki değişken iseler, bu iki değişken arasında oran kurulabilmesi için aynı uzunluk biriminde olmalılar. a=10m., olarak verilsin, eğer b gibi bir uzunluk değeri ile oranlanacaksa b değeri de m. uzunluk biriminde olmalı veya dönüştürülmelidir.

a=10 m. ve b=20m. olarak verildiğini düşünelim → a ile b nin oranı

$$\frac{a}{b} = \frac{10\ m.}{20\ m.} = \frac{10}{20} = \frac{1}{2}$$

sonucunu bize verecektir. Örnek incelendiğinde sonuç değerin birimi yoktur. Metre değerleri pay ve paydada sadeleşmiştir. Oran sonucu olan değer

$$\frac{1}{2}$$

bize oran katsayı değerini verecektir.

Yukarıdaki anlatımda dikkat edilmesi gereken husus, oran sonucunda birimsiz bir değer elde ediliyor. Çünkü pay ve paydada bulunan birim değerleri sadeleşiyor.

Ölçek bir orandır. Ölçek, haritada iki nokta arasında ölçülen uzunluk değerinin, arazi ortamında aynı iki nokta arasındaki uzunluk değerine olan oranı anlamındadır.

$$Ölçek = \frac{Haritadaki\ Uzunluk}{Arazideki\ Uzunluk}$$

Oranın anlatımında dikkat edilecek olan ikinci en önemli şeyse, oranı oluşturan değerlerin aynı birimde olmaları gerektiğidir. Uzunluk birimi metre veya milimetre olması fark etmeyecek, oran sonucunda uzunluk birimi sadeleşecek ve değer birimsiz kalacaktır. Fakat haritacılıkta ölçek değeri kullanılırken, pay ve payda cm uzunluk biriminde kullanılmalıdır. Eğer ölçek oran katsayısı olarak kurulacaksa bu değerler önce cm birimine dönüştürülmeleri gerekir.

Orantı, iki farklı oranın eşitlenmesi ile oluşur. Yukarıdaki $\frac{a}{b}$ oranına devam eden bir örnek verilirse: c=30 m ve d=60m olarak veriliyor. c ve d arasında kurulan oran

$$\frac{c}{d} = \frac{30\ m.}{60\ m.} = \frac{30}{60} = \frac{1}{2}$$

a/b ve c/d oranlarının sonuçları aynıdır. O takdirde a/b ve c/d arasında orantı kurulabilir.

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d} = \frac{1}{2}$$

Orantı kurulmuştur. Oran sonucu olan 1 / 2 değeri orantı katsayıdır. Orantı katsayısı sabit bir değerdir kurulan orantı için değişmez. Orantı katsayısı sayesinde verilen a değerinden b değeri veya verilen c değerinden d değeri elde edilir.

Ölçek değeri de bir orantı katsayıdır. Haritada verilen ölçek değeri o harita için geçerli olan katsayıdır. Verilen harita uzunluğundan, karşılığı olan arazi uzunluğunu veya tam tersinin bulunmasında kullanılır.

Ölçek değeri ile harita uzunluğundan arazi uzunluğunun bulunmasında elde edilecek sonuç yaklaşık değerdir. Çünkü harita üzerinde elde edilen değer kuş uçuşu olarak tabir edilen değerdir ve arazinin topoğrafyası (arazinin 3 boyutlu gerçek yapısı) dikkate alınmaz.

Örnek: 1/1000 veya 1:1000 ölçeğinin bize anlattığı: haritada iki nokta arasında ölçülen 1 cm uzunluğu arazi ortamında 1000 cm

$$1\ 000\ \text{cm} \ = 10\ \text{m}$$

Değerine karşılık gelir.

Örnek: 1/25000 ölçeği haritadaki 1 cm'nin arazi ortamında 25000 cm=250 m'ye karşılık gelmektedir.

Örnek: 1/500 ölçekli bir haritada 4.25 cm olarak ölçülen iki nokta arasındaki uzaklık arazi ortamında kaç m'ye karşılık gelir?

Çözüm: izlenecek yol orantı kurmaktır. Orantı aynı oran katsayısını veren değerlerin eşitlenmesi ile elde edilir. Haritada ölçülecek herhangi bir değerin arazideki karşılığına oranı haritanın ölçeğine eşit olacak şekilde orantı kurulur.

$$\frac{1}{500} = \frac{4.25}{x}$$

$$x = \frac{4.25(cm) * 500(cm)}{1(cm)} = 2125 cm. = 21.25 m.$$

Örnek: Harita üzerinde 12 cm olarak ölçülen uzunluk, arazi uzunluğu olarak ölçüldüğünde yaklaşık 20.16 km'ye karşılık geliyor. Kullanılan haritanın ölçeğini hesaplayınız?

Çözüm: Çözüm için kurulacak oranın değerleri aynı birime getirilmeli. Oranın pay ve paydası cm. biriminde olmalı. Çözümde istenen ölçek, 1/x değeri olacak şekilde oran kurulacak.

20.16 km = 20.16 km* 10^5=2016000 cm

$$\frac{1}{x} = \frac{12}{2016000} = \frac{1}{16800}$$

Harita Çiziminde Ölçek

Ölçek, gerçekte var olan obje uzunluğunun, haritadaki karşılık gelen uzunluğu değerini bulmak için kullanılan; ya da tam tersi olacak şekilde harita üzerinde ölçülen uzunluk değerinin gerçekteki karşılığının bulunmasında kullanılan oran katsayıdır. Dikkat edilirse ölçek, ölçülen uzunluğun diğer durumdaki karşılığı bulunmak için kullanılıyor.

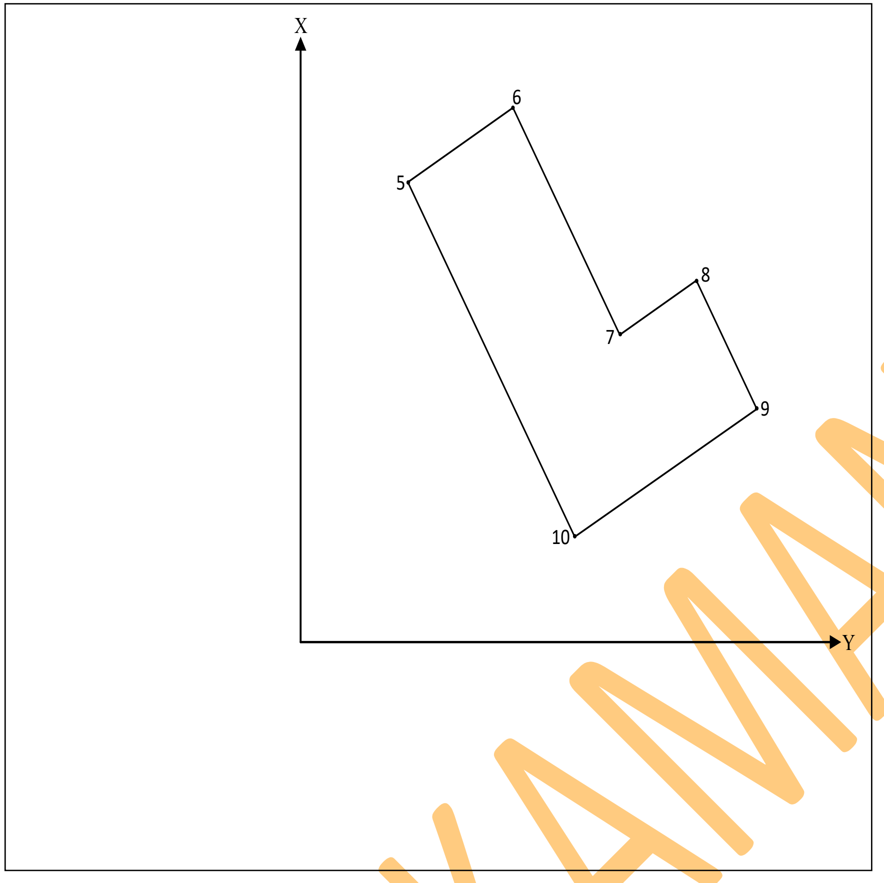
Coğrafik objelerin harita düzlemine aktarılmasında objelerin kırılma noktaları veya köşe noktaları kullanılır. Her bir köşe noktasının yatay düzlemdeki koordinatları olan X – Y koordinatları objenin düzleme aktarılmasında kullanılır. Koordinatlar kendi eksenlerinde orijin noktasına olan uzunluk değerleridir. Her bir koordinat değerinin orijin noktasına olan uzunluk değeri belirlenen ölçek değeriyle orantılanır. Sonrasında koordinatsın eksen üzerindeki yeri belirlenir. Noktanın hem X hem de Y eksenindeki harita düzlemi üzerindeki yerleri kesiştirilerek, noktanın düzlemdeki yeri belirlenmiş olur. Dikkat edilirse coğrafik objenin iki köşesi arasındaki uzunluk değeri ölçeklenmez, her bir köşe noktanın X – Y koordinat değerlerinin orijin noktasına göre uzunluk değerleri ölçekle orantılanır ve noktanın düzlemdeki yeri bulunur. Tablo 1 6 noktadan oluşan bir alan objesinin (bina, arsa,…) köşe koordinatlarını içerir.

Tablo 1

Nno	Y (m)	X (m)
5	541304.387	4213422.098
6	541328.882	4213436.240

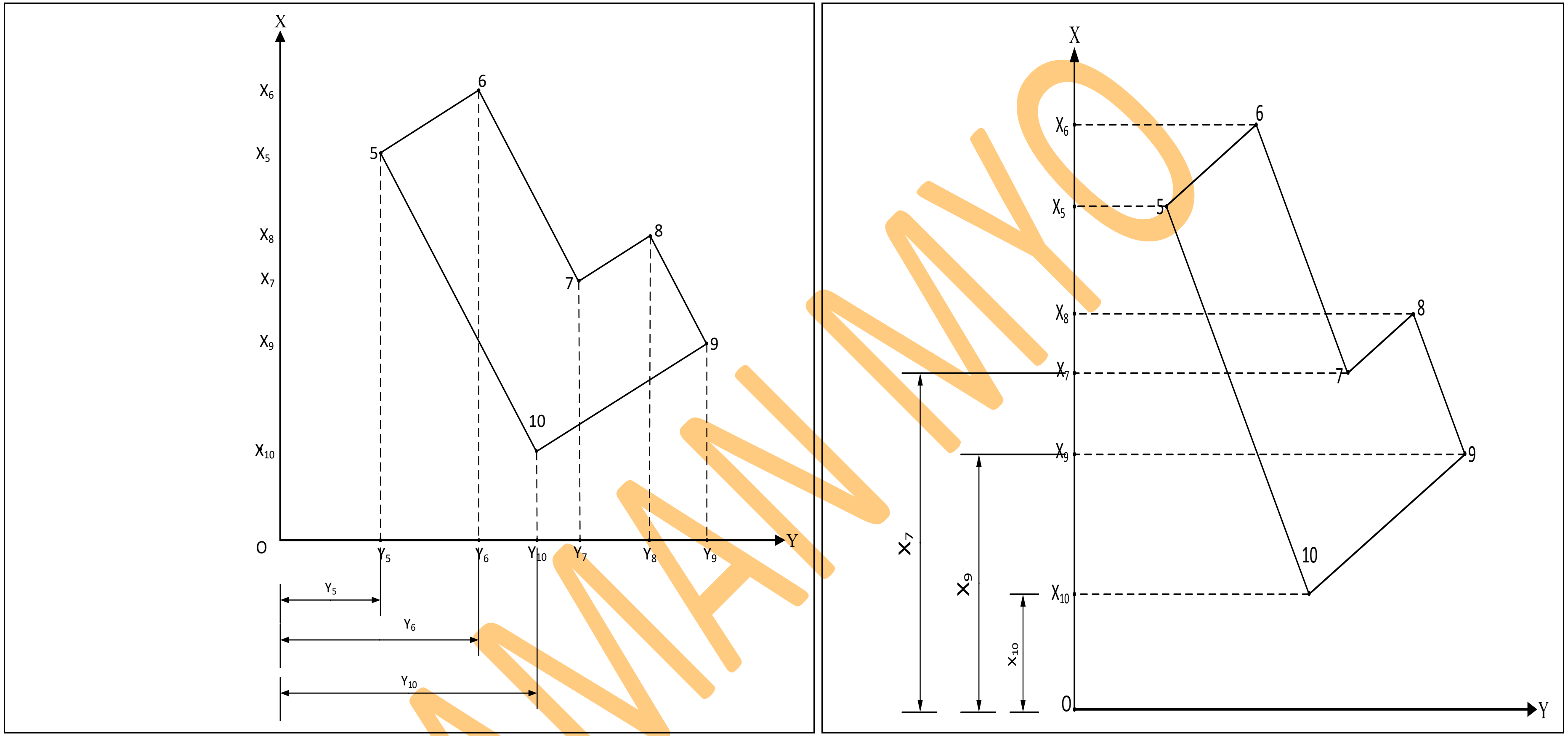
7	541353.782	4213393.112
8	541371.628	4213403.415
9	541385.720	4213379.008
10	541343.278	4213354.737

Tablo 1'de yer alan noktaların koordinatları kullanılarak alan objesi oluşturulduğunda Şekil 10'de görülen obje oluşacaktır.



Şeklin çizilebilmesi için X – Y koordinatlarından yararlanılır. X ve Y koordinatları metre uzunluk birimiyle ifade edilen orijin noktasına olan uzunluklardır. *Koordinat değerleri, belirli bir koordinat sisteminin başlangıç noktasına (*Şekil 11 O noktası*) olan mesafe değerleridir*. Bu koordinat değerlerinin, harita düzlemine aktarılması için O noktasının X ve Y değerleri 0 (sıfır) alınır (ki bu durumda objenin çıktı alınacak kağıda sığdırılması için ölçek çok küçük olacaktır) ya da O noktasına, çıktı alınacak kağıt boyutu dikkate alınarak koordinat değerleri atanır. Eğer O noktasına koordinat değeri atanırsa her noktanın X ve Y koordinatları, O noktasının X -Y koordinat değerleri ile farkı alınır ve bu fark haritanın ölçeği ile oranlanır.

Şekil 10



Şekil 11

Obje (Şekil 10) A4 boyutunda (ISO standartlarına göre 210 mm * 297 mm boyutlu kağıt) bir kağıda çıktı alınacağı düşünüldüğünde O noktasına atanacak değer verilen noktaların koordinatları dikkate alınarak seçilir. Örneğe göre Tablo 1 içindeki koordinatları göz önüne alarak, en küçük Y değeri ve en küçük X değerinden daha da küçük X ve Y değeri seçilmelidir. Çünkü en küçük X ve Y değerleri de harita üzerinde gözükmelidir. Bu mantığa göre O noktasının koordinatları:

$Y_O = 541264.000\ m$, $X_O = 4213353.000\ m$ olarak atanabilir.

Üstte atanan değerler örnek olarak verilmiştir. Bu değerler dışında başka değerler de atanabilir. <u>Atanacak farklı değerlerde şekil değişmeyecek, atanacak farklı $X_O ve\ Y_O$ değerleri sonucunda şekil X veya Y yönünde ötelenecektir</u>.

Çıktı ölçeği 1/1000 olduğu varsayılırsa, O başlangıç noktası olarak belirlenecek bir noktadan çıkacak X ve Y eksenlerinde, 5 ve 10 numaralı noktaların O noktasına olan uzaklarının harita uzunluğu olarak hesaplanması aşağıda 5 numaralı nokta için gösterilmiştir. Diğer noktalar benzer şekilde hesaplanır.

5 numaralı nokta için:

1) Y ekseni üzerinde O ile 5 arasındaki mesafe farkı:

$$Y_5 - Y_O = 541304.387 - 541264.000 = 40.387\ m$$

2) O ile 5 arasındaki mesafesinin, 1/1000 ölçeğince (kağıt üzerinde) Y ekseni üzerinde O noktasından itibaren mesafesi doğru orantı ile bulunmalıdır:

$$\begin{array}{cc} 1\ cm & 1000\ cm = 10\ m \\ mesafe_y & 40.387\ m \end{array} \quad , mesafe_y = 4.0cm$$

Bulunan bu değer, O noktasından itibaren ve Y ekseni üzerinde 5 numaralı noktanın yerini belirleyecektir.

3) Y ekseni üzerinde O ile 5 arasındaki mesafe farkı:

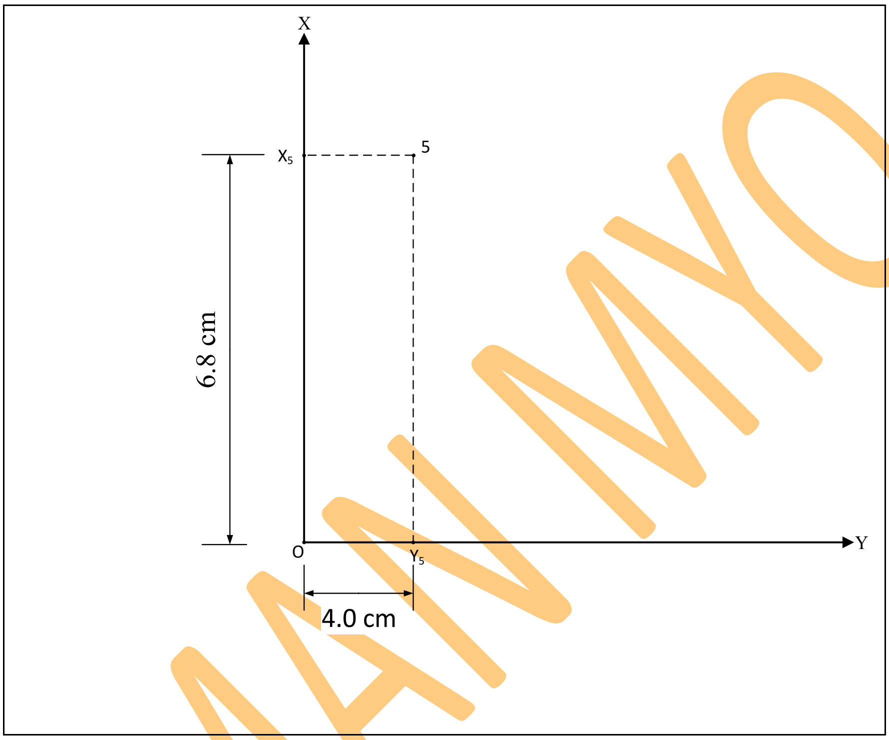
$$X_5 - X_O = 4213422.098 - 4213353.000 = 69.098\ m$$

4) O ile 5 arasındaki mesafesinin, 1/1000 ölçeğince (kağıt üzerinde) X ekseni üzerinde O noktasından itibaren mesafesi doğru orantı ile bulunmalıdır:

$$\begin{array}{cc} 1\ cm & 1000\ cm = 10\ m \\ mesafe_X & 69.098\ m \end{array} \quad , mesafe_y = 6.8cm$$

Bulunan bu değer, O noktasından itibaren ve X ekseni üzerinde 5 numaralı noktanın yerini belirleyecektir.

Bulunan her iki değer sonucu, 5 numaralı noktanın Y ve X eksenindeki yerleri işaretlenecektir. 5 numaralı noktanın X ve Y eksenindeki işaretli noktalardan çıkılacak diklerin kesişimi harita üzerinde 5 numaralı noktanın yerini belirleyecektir (Şekil 12).



Şekil 12

Büyük Ölçek – Küçük Ölçek Kavramı

Ölçek oran değerleri sayısal olarak incelersek, 1/1000 ile 1/10000 ölçeklerinde gösterilen iki harita olduğunu varsaydığımızda:

1/1000=0.001,

1/10000=0.0001 sonuçlarını verecektir.

1/1000 ölçeği, 1/10000 ölçeğinden daha büyük sayısal değerdir (oran katsayısı). Burada dikkat edilmesi gereken kavram ,1/1000 ölçeğindeki bir haritada ölçülen 1 cm uzunluğunun arazideki karşılığı 10m iken; 1/10000 ölçeğindeki bir haritada 1 cm uzunluğu arazi ortamındaki yaklaşık karşılığı 100m uzunluğuna denk gelmektedir. Fark nedir?

Yukarıdaki paragrafta yapılan karşılaştırmanın farkı, 1/1000 ölçekli bir haritada 10 m cepheli bir bina harita üzerinde gösterilebilirken, 1/10000 ölçekli bir haritada ise 10 metre cepheli bir bina 1/10000 ölçeğinde **gözükmeyecektir**. 1/10000 ölçekli haritada her türlü detaya ait hassas ölçümler haritada gözükmeyecektir. 1/1000 ölçekli harita için yapılan ölçüm ile arazi ortamında 10 m uzunluğuna kadar olan ölçüm değerleri hassas olarak sunulacaktır.

Haritanın Hassasiyeti

Önceki örneği göz önünde bulundurursak, harita üzerinden ne kadar hassasiyet ile ölçüm yapabileceğimizi göz hassasiyetimiz (Cetvel hassasiyeti) ve ölçek yardımıyla belirleyebiliriz. Diğer bir anlamla, ölçüm esnasında hangi objeleri ölçmeliyiz ki bu objeler haritada gösterilebilsin veya hangi büyüklükten küçük objeleri haritada gösterilemeyeceği için ölçmemize gerek olmadığını cetvel hassasiyeti ve ölçekle belirleyebiliriz. İnsanın göz hassasiyeti cetvelin üzerindeki 1 mm'nin 1/5'i kadar yani 0.2 mm = 0.02 cm. İnsan gözü bu hassasiyetten daha hassas bir ayırım yapamaz. O takdirde 1/1000'lik bir haritada ölçülebilecek en küçük uzunluk değerinin arazideki karşılığı:

$$\frac{1}{100} = \frac{0.02}{x} \to x = 2cm.$$

$$\frac{1}{1000} = \frac{0.02}{x} \to x = 20cm.$$

$$\frac{1}{2500} = \frac{0.02}{x} \to x = 50\ cm.$$

$$\begin{array}{cc} HU & AU \\ 1cm & 1000cm = 10m \\ 0.02cm & x = 20cm = 0.200m \end{array}$$

$$\frac{0.02}{x} = \frac{1}{250} \to x = 5cm. = 0.05m$$

$$\frac{0.02}{x} = \frac{1}{500} \to x = 10cm. = 0.1m$$

$$\frac{0.02}{x} = \frac{1}{5000} \to x = 100cm. = 1m$$

$$\begin{array}{cc} HU & AU \\ 1cm & 5000cm = 50m \\ 0.02cm & x = 100cm = 1.000m \end{array}$$

$$\frac{0.02}{x} = \frac{1}{10000} \to x = 200cm. = 2m$$

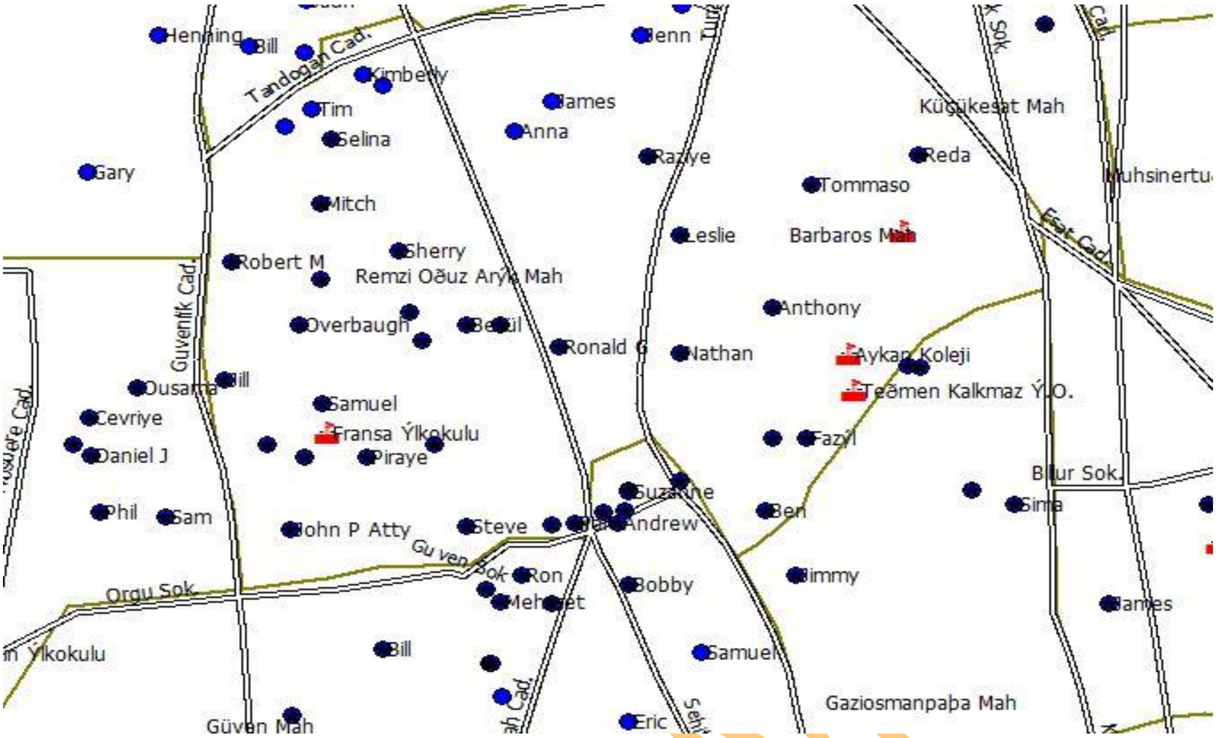
1/100 > 1/1000 > 1/2500

Ok yönünde ölçek küçülüyor, haritada çizimi yapılacak olan objeler için yapılacak ölçümün hassasiyeti azalıyor.

Büyük ölçekli harita ve harita üretim bilgileri yönetmeliği, 1. bölüm 1. Madde "***1/5000 ve daha büyük ölçekli haritaları büyük ölçekli haritalar***" olarak tanımlamıştır. 1/1000, 1/2000 ve 1/5000 ölçekli haritalar büyük ölçekli haritalardır.

Şekil 13

Şekil 13 ve Şekil 14aynı haritanın farklı ölçeklerde gösterimi yapılmıştır. Şekil 13'de ki harita 1/5000 ölçeğindedir. Şekil 14'de ki harita 1/10000 ölçeğindedir. Haritalar incelendiğinde 1/10000 ölçeğinde nokta objeleri birbirine yaklaşmış ve seçilmekte zorlanılmaktadır.



Şekil 14

HARİTA YAPIMI ile İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR

Düşey Düzlemde Vektör ve Yatay Düzlemde Vektör

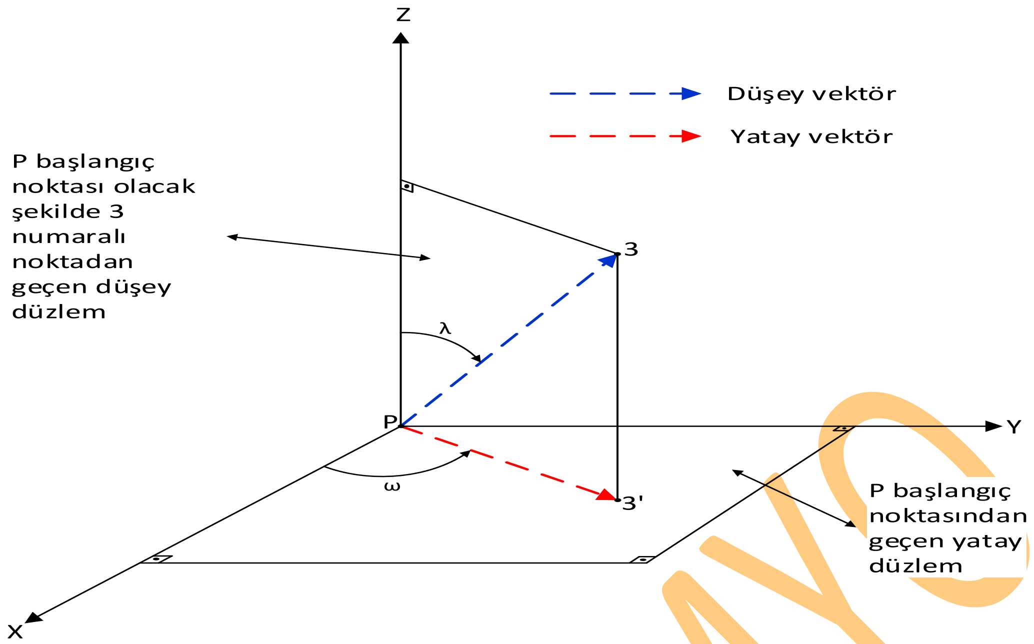
Skaler sadece büyüklüğü olan matematiksel bir niceliktir (fizikte, kütle, basınç veya hızda iyi örneklerdir). Farklı olarak bir vektör, miktarının büyüklüğü ve yönü vardır. Yer değiştirme, hız, momentum, kuvvet ve ivmenin tümü vektör miktarlarıdır. İki boyutlu vektörler üç şekilde gösterilebilir. Bir vektörü temsil etmek için bir ok kullanıyoruz (Şekil 15). Uzunluğu ***büyüklüğüdür*** ve yönü ***ok yönüyle*** belirtilir (Gresham 2015).

Harita yapımında vektör, coğrafik objelerin detaylarına ait koordinatların bulunmasında kullanılır. Coğrafik objelerin detaylarının koordinatları sayesinde objeleri haritaya aktarabilir, haritaya aktardığımız objelerin öznitelik verileri (uzunluk, alan, köşe sayısı) ve objenin komşuluk ilişkilerini (parselin içinde bulunduğu ada, komşu parsel, komşu parselle olan sınır uzunluğu) sorgulayabiliriz. Koordinatları bulurken de vektörleri kullanırız. Objeler 3 boyutlu olduğu için hem yatay düzlemdeki hem de düşey düzlemdeki vektörler sayesinde objeleri haritaya aktarabiliriz. Vektörler, ölçüm esnasındaki *ölçüm noktası* ile *koordinatı bulunacak nokta* arasındaki kısımdır. **Koordinatların bulunması için** vektörler kutupsal büyüklükler ile ifade ediyor, yönlerini iki ayrı düzlemde gösteriyoruz. Kutupsal parametreler ile vektörün büyüklüğünü belirtmek için mesafe ve açı değerleri kullanılıyor. Mesafe *ölçüm noktası* ile *koordinatı bulunacak nokta* arasındaki vektörün ***uzunluğunu*** belirtir.

Şekil 15, 3 numaralı detay objesi için yatay düzlemdeki ve düşey düzlemdeki vektörü göstermektedir. Yatay düzlemdeki vektör (kırmızı ile çizilmiş) büyüklüğü mesafedir. P ile $3'$ numaralı nokta (3 numaralı noktanın yatay düzlemdeki iz düşümü) arasındaki mesafeyi (uzunluğu) verir. Bu uzunluğa *yatay mesafe* denir. Yatay düzlemde ***vektörün yönünü oluşturan açı***, X ekseninden itibaren başlar ve yatayda oluşan vektörde son bulur. Oluşan bu açıya, *yatay açı* (semt açısı) denir (Şekil 15 ω açısı).

Düşey düzlemdeki vektör (mavi ile çizilmiş) büyüklüğü mesafedir. P ile 3 numaralı nokta arasındaki mesafeyi (uzunluğu) verir. Bu uzunluğa *eğik mesafe* denir. Düşey düzlemde ***vektörün yönünü oluşturan açı***, Z ekseninden başlar ve düşey düzlemde oluşan vektörde son bulur. Oluşan bu açıya *düşey açı* denir (Şekil 15 λ açısı).

Harita yapımı amaçlı ölçümlerde yatay ve düşey düzlemlerdeki vektörler elektronik takeometre veya daha eski mekanik ölçüm cihazları olan teodolit (theodolite) ile oluşturulan ışınlardır. Işın cihazın kurulduğu nokta ile hedef alınan nokta arasında oluşur. Şekil 15 P noktasına kurulacak cihaz ile hedef alınacak olan 3 arasında oluşur. Işın kelimesinde elektronik bir lazer atımı kastedilmiyor, alınan hedef bakılan nokta anlatılmak isteniyor. Şekil 16 elektronik takeometreden bakılan hedefe oluşan ışın (vektör) gözükmektedir.



Şekil 15

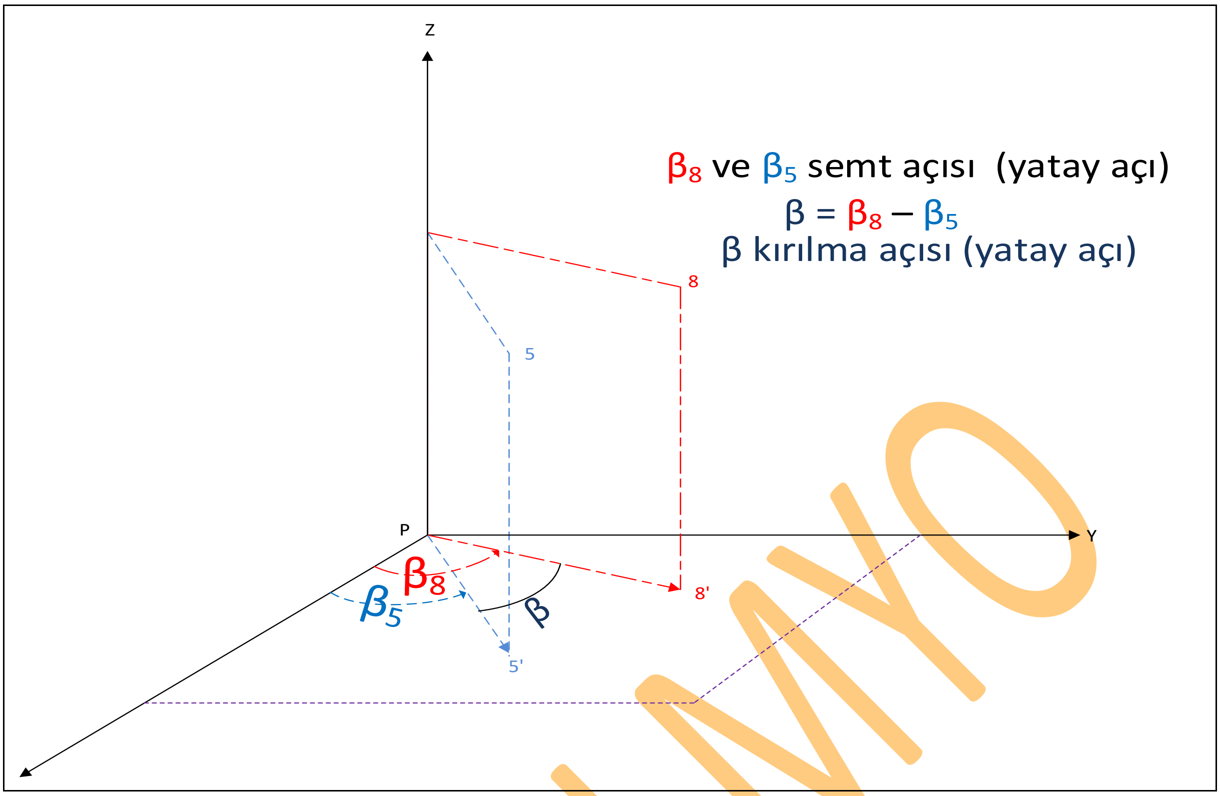
Şekil 16

Açı:

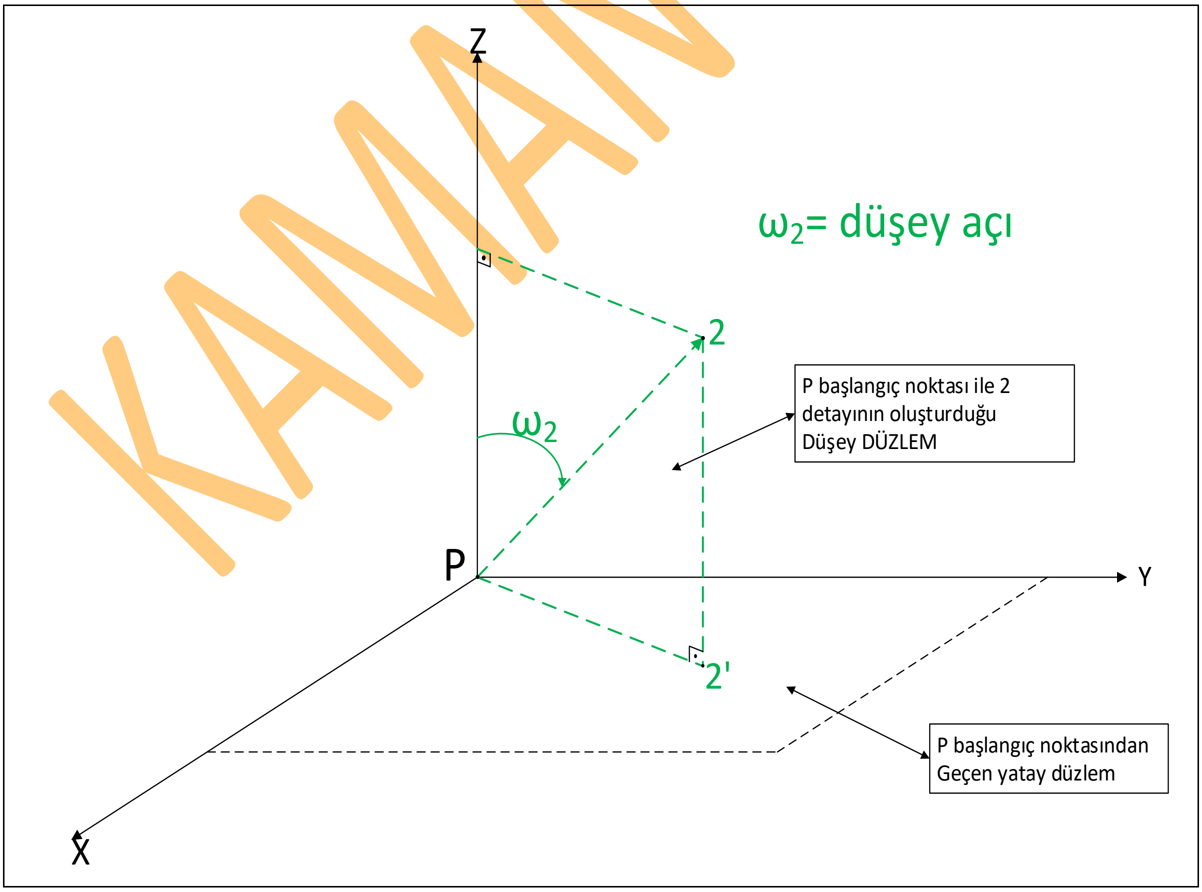
iki ışın (vektör) arasında kalan kısma açı denir. Harita yapımında 2 temel açı tipi vardır. Bunlar *yatay açı* ve *düşey açı*. Yatay açı kendi içinde *kırılma açısı* ve *semt açısı* olarak ikiye ayrılır. Şekil 17 bu üç açı kavramını tasvir etmektedir. Açı oluşması için iki ışın gereklidir. *Her ışın gerçekte bir düşey vektördür ve düşey düzlem oluşturur* (Şekil 15). Elektronik takeometre (veya teodolit) ile coğrafik objenin detayına hedef alındığında oluşan ışın (düşey vektör) ölçüm noktası ile detay arasında bir düzlem (düşey düzlem) oluşturur (Şekil 16). Düşey vektörün iz düşümü yatay vektördür. Yatay vektör yatay düzlemde oluşur.

İki yatay vektör arasında kalan açı *kırılma açısıdır* (Şekil 17 β açısı). Kırılma açısı, iki düşey düzlem arasında kalan açı olarak da tanımlanır. Kırılma açısı yatay düzlemde oluştuğu için yatay açı tanımındadır. Eğer açının oluşması için gerekli iki ışından birisi X ekseni (coğrafik kuzey), diğer ışın bir yatay vektör ise oluşan açıya *semt açısı* denir (Şekil 17 β_5 veya β_8). Semt açısı yatay düzlemde oluştuğu için yatay tanımındadır. β kırılma açısı iki şekilde bulunabilir. Birinci yol, $\overrightarrow{P8'}$ ile $\overrightarrow{P5'}$ yatay vektörlerinin açısal büyüklüklerinin farklarının alınmasıyla bulunabilir. İkinci yol ise $(P-8')$ ile $(P-5')$ semt açılarının farkı ile bulunabilir.

Eğer açının oluşması için gerekli iki ışından birisi Z ekseni (çekül doğrultusu), diğer ışın bir düşey vektör ise oluşan açıya *düşey açı* denir (Şekil 18 Aω_2 açısı).



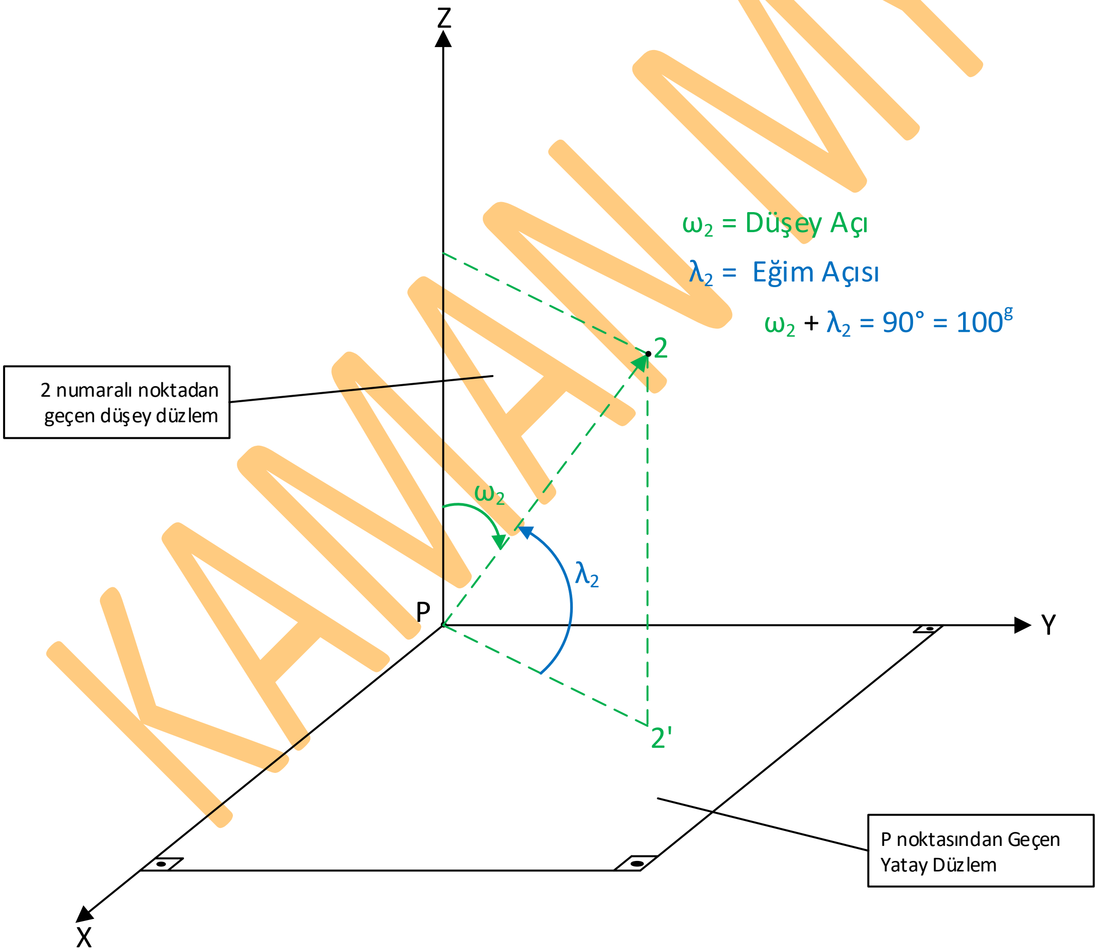
Şekil 17



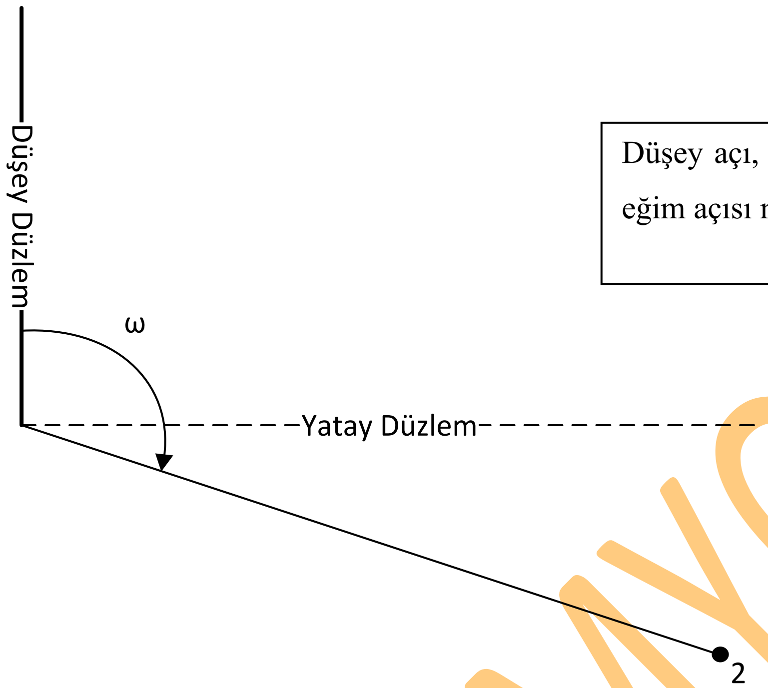
Şekil 18

Eğim Açısı

Coğrafik objenin detayının koordinatının bulunması için yapılan yersel ölçümlerde, kullanılan elektronik takeometre ile detay arasında kalan düşey vektörün (ışın) yatay düzlem arasında kalan açıya eğim açısı denir (Şekil 19). Yatay açı ve düşey açı kavramlarının tanımlarında iki ışın arasında kalan kısma açı denmişti. Eğim açısı, ışın ile yatay düzlem arasında kalan açıdır. P ölçüm noktası olmak üzere 2 detay noktası için eğim açısı, P noktasından geçen yatay düzlemden başlayıp $\overrightarrow{P2}$ düşey vektörüne kadar olan açıdır. Şekil 19'da λ_2 olarak sembolize edilmiştir. P ölçüm noktası olmak üzere 2 detay noktası için düşey açı ω_2 açısıdır. Eğim açısı ile düşey açı tümler açılardır. Toplamları derece açı biriminde 90°; grad açı biriminde 100^g olmalıdır (Şekil 19).



Şekil 19



Düşey açı, 100g’dan büyükse, eğim açısı negatif değer alır.

Eğim açısı ve düşey açı koordinatları belirlenecek olan noktaların yükseklik değerlerinin hesaplanmasında kullanılır.

Şekil 20

Eğim

Ölçüm noktasından (Şekil 21 P noktası), detay noktasına (Şekil 21 3 numaralı nokta) olan ışın, eğik mesafe ve düşey açı değerlerini elde etmemizi sağlar. Eğik mesafe ve düşey açı değerleri kullanılarak yatay mesafe ve/veya eğim açısı elde edilir. Şekil 21'de gösterilen parametreler kullanıldığında:

- P ölçüm noktasından 3 detay noktasına olan E_3eğik mesafe ölçülüyor, ω_3 düşey açısı elektronik takeometre ile okunuyor. Bu değerlerin kullanılmasıyla Yatay mesafe hesabı:

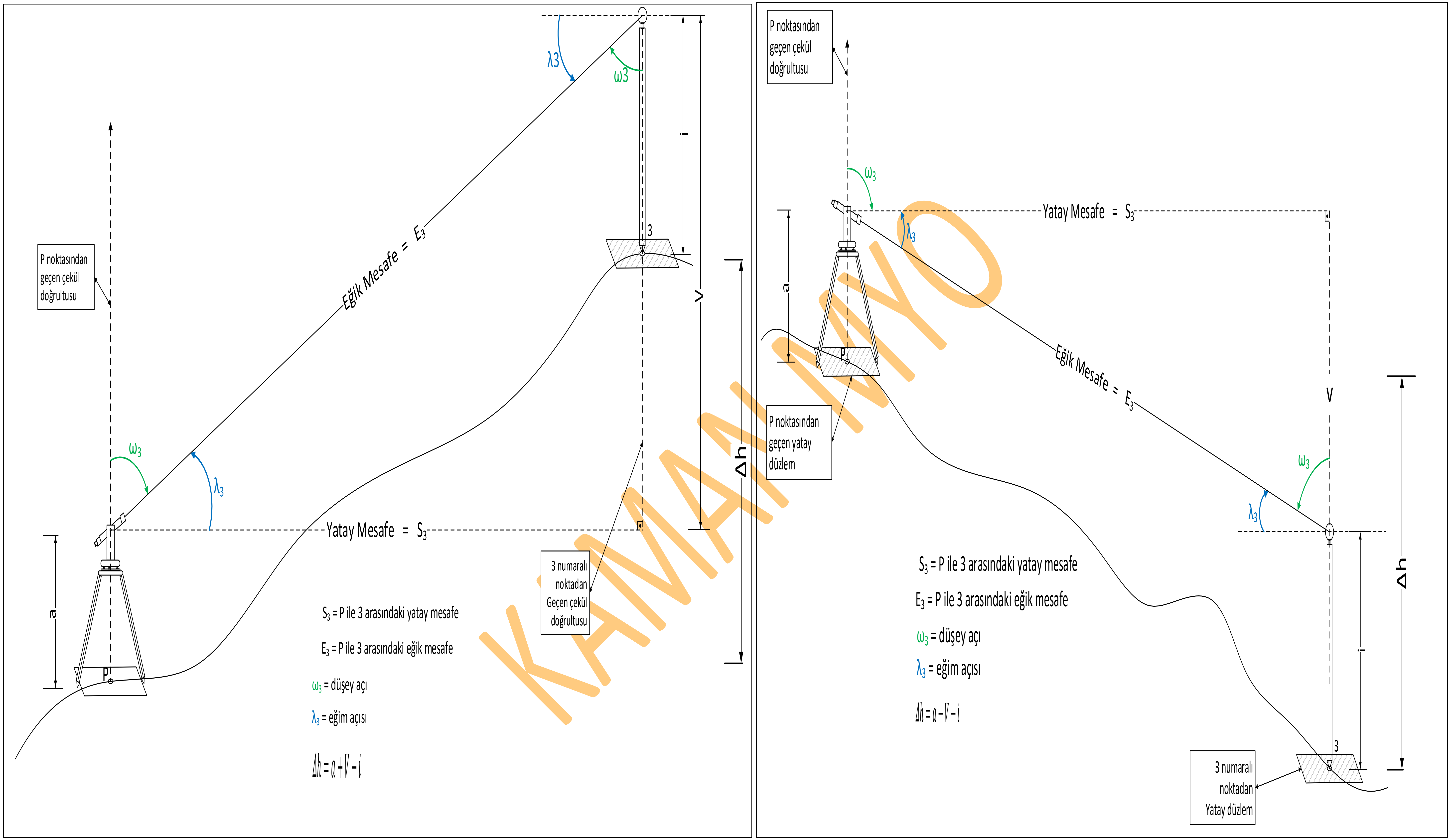
$$\sin(\omega_3) = \frac{S_3}{E_3} \rightarrow S_3 = E_3 * \sin(\omega_3)$$

- Okunan ω_3 düşey açı değeri ile eğim açısının hesabı:

$$\omega_3 + \lambda_3 = 100^g \rightarrow \lambda_3 = 100 - \omega_3$$

Bulunan değerler ve Şekil 21 tasviri yardımıyla, şu yorum yapılabilir. P noktasından S_3mesafesi kadar gidildiğinde V kadar yükseklik artmış (Şekil 21 sol tasvir) veya V kadar yükseklik azalmıştır (Şekil 21 sağ tasvir). Bu anlatımların oran olarak nicel değeri bize eğimi verir.

$$Eğim = \tan(\lambda_3) = \frac{V}{S_3}$$



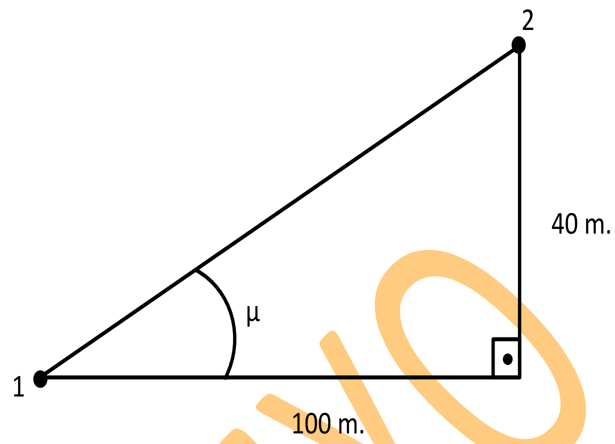
λ3
ω3
i
3
Eğik Mesafe = E_3
P noktasından geçen çekül doğrultusu
V
Δh
ω_3
λ_3
a
P
Yatay Mesafe = S_3
3 numaralı noktadan Geçen çekül doğrultusu
S_3 = P ile 3 arasındaki yatay mesafe
E_3 = P ile 3 arasındaki eğik mesafe
ω_3 = düşey açı
λ_3 = eğim açısı
$\Delta h = a + V - i$
P noktasından geçen çekül doğrultusu
ω_3
Yatay Mesafe = S_3
λ_3
a
P
Eğik Mesafe = E_3
P noktasından geçen yatay düzlem
V
ω_3
λ_3
Δh
S_3 = P ile 3 arasındaki yatay mesafe
E_3 = P ile 3 arasındaki eğik mesafe
ω_3 = düşey açı
λ_3 = eğim açısı
$\Delta h = a - V - i$
i
3
3 numaralı noktadan Yatay düzlem

Şekil 21

Eğimin Gösterimine Örnekler

% 40 Eğim

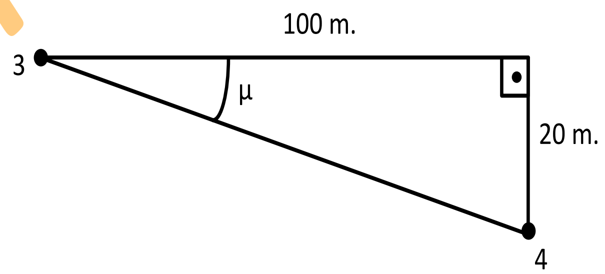
% 40 eğimin bir diğer anlamı 100 m. Gidildiğinde, yatay düzlemden 40 m. yükselecek. Yatay düzlemden yükseleceğini eğim değerinin + (pozitif), olmasından kaynaklanmaktadır.



Verilen eğime göre, 1 nolu noktadan 2 nolu noktaya gidilirken %40 eğime göre hareket edileceği düşünüldüğünde 100 m. gidildiğinde 1 nolu noktadaki yatay düzlemden itibaren 40 m. yükseklik artacak. Doğru orantı kurulursa 10 m. gidildiğinde +4 m. yatay düzlemden yükselecek. Eğer 1 nolu noktadan 2 nolu noktaya doğru 5 m. gidildiğinde 5. metrede 1 nolu noktadaki yatay düzlemin yüksekliğinden 2 m. daha yüksekte olması lazım.

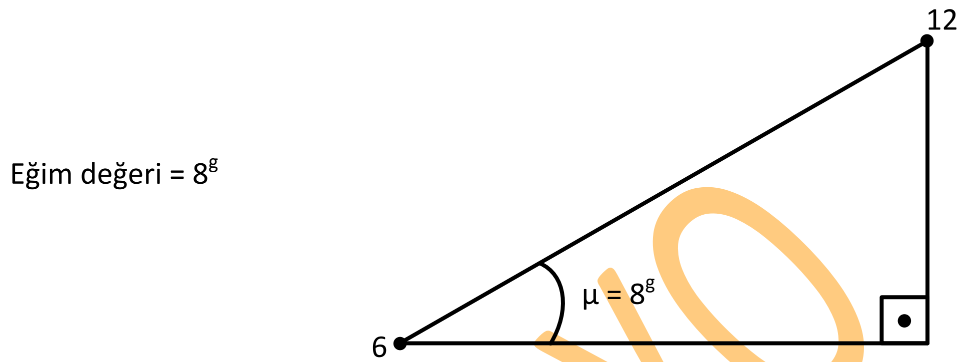
- % 20 Eğim

- % 20 eğimin bir diğer anlamı 100 m. gidildiğinde, yatay düzlemden 20 m. alçalacağı. Yatay düzlemden alçalacağını eğim değerinin - (negatif), olmasından kaynaklanmaktadır.



Verilen eğime göre, 3 nolu noktadan 4 nolu noktaya gidilirken - %20 eğime göre hareket edileceği düşünüldüğünde 100 m. gidildiğinde 3 nolu noktadaki yatay düzlemden itibaren 20 m. yükseklik azalacak. Doğru orantı kurulursa 10 m. gidildiğinde -2 m. yatay düzlemden alçalacak. Eğer 3 nolu noktadan 4 nolu noktaya doğru yatayda 5 m. gidildiğinde 5. metrede 3 nolu noktadaki yatay düzlemin yüksekliğinden 1 m. daha alçakta olması lazım.

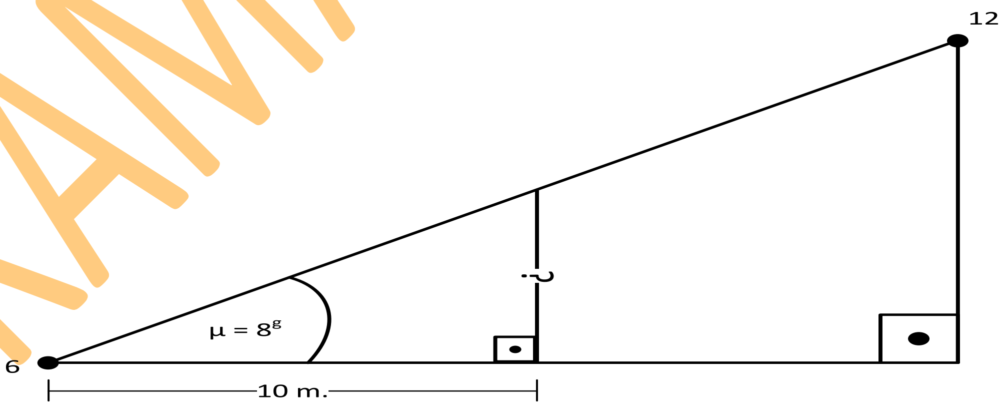
Eğim değeri açı değeri olarak da verilebilir. O takdirde arazide uygulamasını yapabilmek için başlangıç değeri ile gidilecek mesafeye göre tanjant fonksiyonu kullanılarak olması gereken yükseklik değeri belirlenebilir.



Şekil 22

Şekil 22'de eğim değerinin açı ile verilmesi tasviridir. Örneği ele alırsak 6 numaralı noktadan 12 numaralı noktaya doğru 10 m. gidildiğinde:

$\tan(8^g) = \frac{?}{10} \rightarrow ? = 10 * \tan(8^g) = 1.26\, m.$ Yukarı çıkılmaktadır. Çünkü eğim açısı pozitiftir.

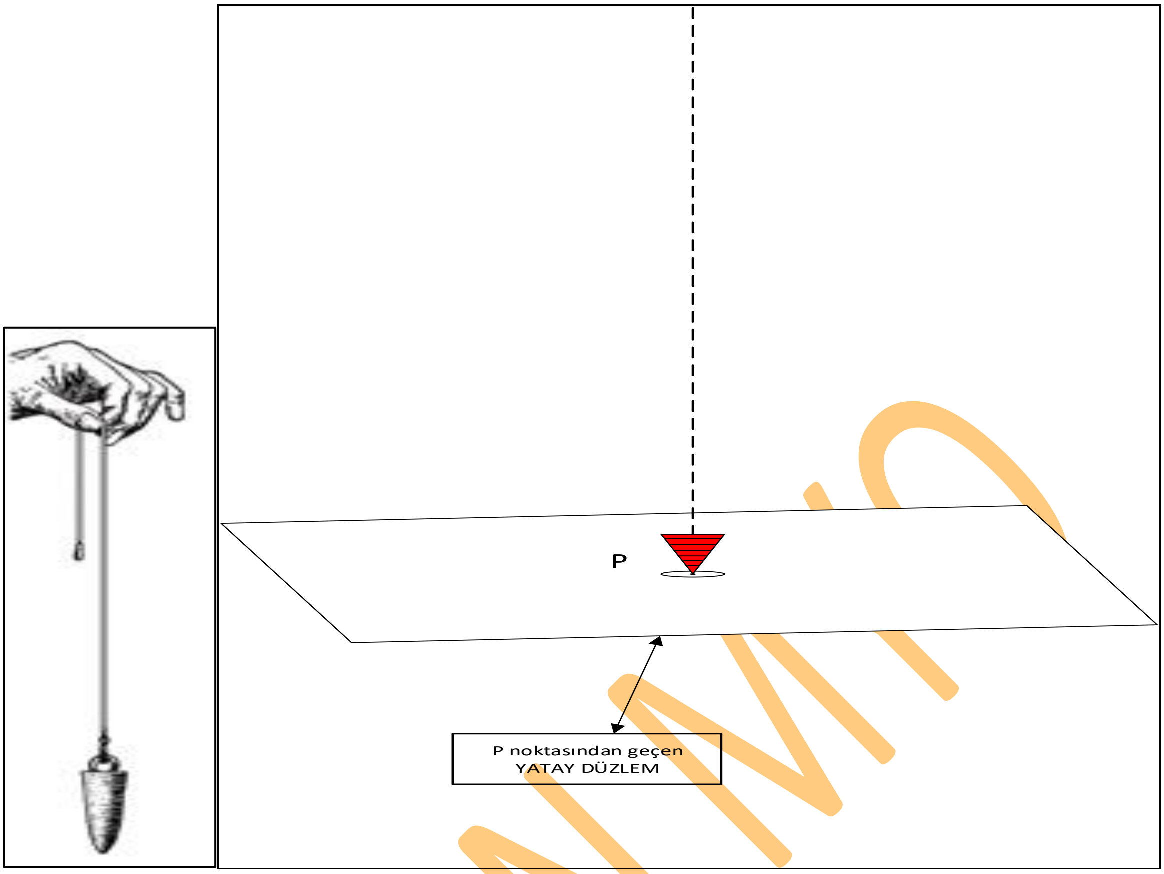


Verilen örnekler güncel haritacılık uygulamalarında kullanılmaktadır. Özellikle karayolları uygulamalarında yapılacak yol için verilen eğime göre, yol olması düşünülen alanın ne kadar malzeme dökülmesi (ne kadar yükseltilmesi) gerektiği veya yolda ne kadar kazı yapılması gerektiğinin (mevcut alanın yüksekliğinin düşürülmesi) belirlenmesinde kullanılmaktadır. Aynı mantıkta bir arazi veya arsa parçasının belirli bir tesviye yüzeyine getirilmesi (Örneğin bir stadyum olarak belirlenmiş olan alanın her noktasının aynı yüksekliğe getirilmesi) gibi birçok uygulamada kullanılan bir metottur.

Açı kavramı ve açı tipleri incelenmiş bundan sonraki konularda ise açıyı kullanan fonksiyonlar, fonksiyonların koordinat sistemindeki durumları anlatılacaktır. Konuların anlatımında ezberden kaçınmak için görsel şekiller ile anlatıma gidilecektir. Konuları daha iyi anlayabilmek için, konu tekrarlarında şekillerin okuyucu tarafından çizilerek çalışılması yararlı olacaktır.

Çekül Doğrultusu (Noktadan Geçen düşey doğrultu):

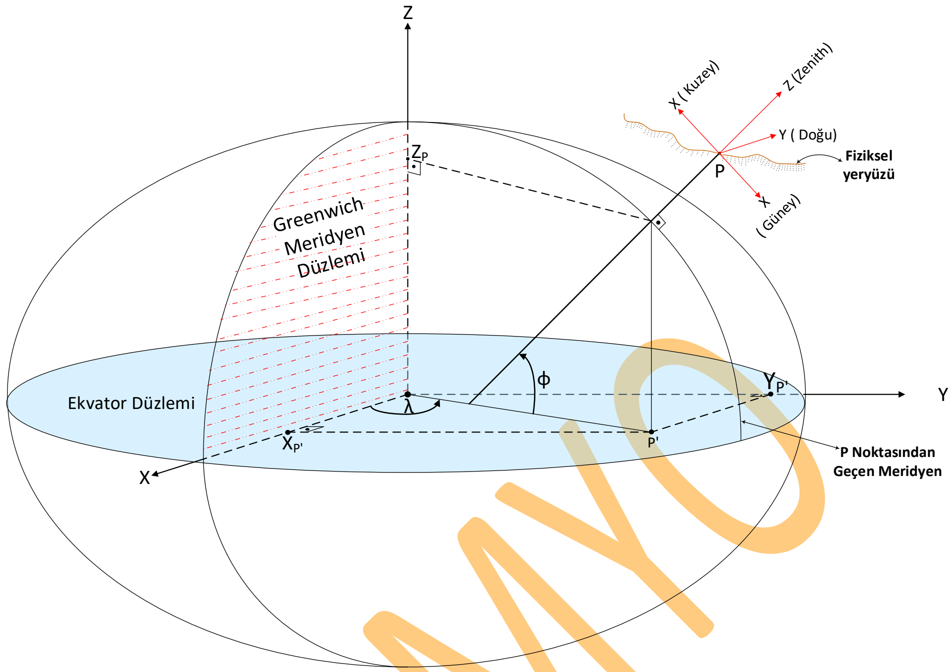
Çekül, yeryüzünde bulunulan noktadan geçen manyetik çekim kuvvetine doğru düşey doğrultuyu (çekül doğrultusu) belirtir. Çeküle bağlı bir ipi tutup sarkıttığımızda, çekim kuvvetinin doğrultusunu belirlemiş oluruz (Şekil 23 sol resim). Çekül doğrultusu, noktadan geçen yatay düzleme ile dik kesişir (Şekil 23 sağ resim).



Şekil 23

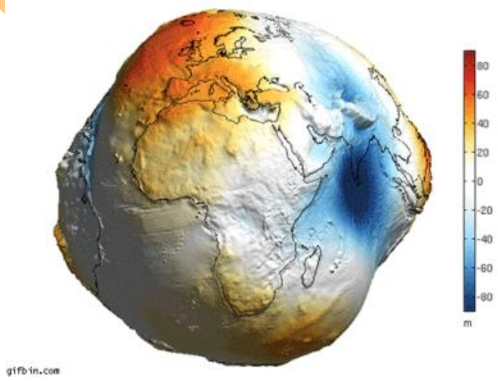
Şekil 24 yeryüzü üzerindeki P noktası ve bu noktada oluşan jeosantrik [2]koordinat sisteminin tasviri vardır. Tasvirdeki P noktasında oluşan üç boyutlu jeosantrik koordinat sisteminde Z $(Zenith)$ olarak gösterilen eksen, P noktasından geçen çekül doğrultusunu (düşey doğrultuyu) temsil eder. Çekül doğrultusu, P noktasından geçiyor ve dikkat edilirse dünyayı temsil eden elipsoit yüzeyine dik olacak şekilde yeryüzünün (Dünyanın) ağırlık merkezine doğru gidiyor.

[2] Jeosantrik Koordinat Sistemi, "Koordinat Sistemleri" başlığı altında detaylı bir şekilde anlatılmaktadır.



Şekil 24

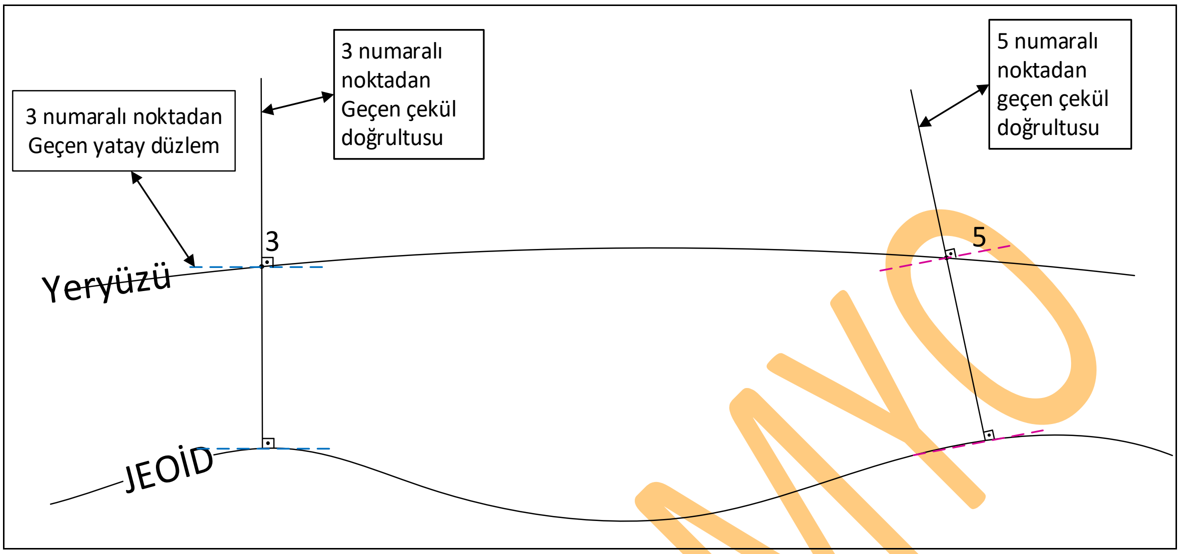
Çekül doğrultusu (noktadan geçen düşey doğrultu), detay noktasından geçen yatay düzleme diktir ve çekim kuvvetinden dolayı yerin ağırlık merkezine doğru gider. Fakat dünyanın her noktasında yer çekimi kuvveti aynı değildir. Tüm dünyada yerin çekim kuvvetinin farklılığı ölçülüp modellendiğinde, Geoid (Türkçe'de jeoit olarak ifade edilir) olarak isimlendirilen bir model oluşur (Şekil 25). Çekül doğrultusu, çekim kuvvetine göre noktadan geçen yatay düzlemi dik kesen doğrultuysa, çekim kuvveti ile modellenen jeoiti de dik kesecektir.



Şekil 25

Unutulmaması gereken yer yüzeyinin altındaki kayaç yapısı ve maden yapısı her yerde aynı olmadığından dolayı, dünyanın her yerinde aynı yer çekim kuvveti bulunmamaktadır

(Şekil 25 jeoit modelinin düzgün bir şekilde olmamasının temel nedeni bu sebeptendir.). Eğer yer çekimi kuvveti dünyanın her yerinde aynı değilse, noktalardan geçecek çekül doğrultuları da birbirine paralel olmayacaktır (Şekil 26).



Şekil 26

Yersel Ölçüm Yöntemleriyle Harita Yapımında Kullanılan Ölçüm aletleri

Konum, bir objenin belirli bir koordinat sistemine göre koordinatlarını tanımlamak için kullanılan tabirdir. Harita yapımında en önemli olan işlemlerden biri doğal veya yapay objelere ait olan konum değerlerinin elde edilmesidir. Çünkü objeleri harita üzerinde göstermek, objelerin komşu objeler olan durumlarını gerçekteki gibi yansıtabilmek için her bir objenin aynı koordinat sisteminde, detaylarına ait konumlarının belirlenmesi gerekmektedir.

Konum değerlerinin elde edilmesinde kullanılan yöntemlerde, mesafe ve açı değerlerinin elde edilmesi gerekmektedir. Bu değerlerin bulunmasında birçok ölçüm aleti kullanılmaktadır. Ölçüm aletlerinin bazıları mekanik, bazıları elektronik aletlerdir. Yapılacak işlemlerde hangilerinin kullanılması gerektiği, yapılacak işten beklenen hassasiyete göre farklılaşır. Aşağıda bu ölçüm aletleri tanıtımı, kullanılmasına dair kriterler, her bir ölçüm biriminde olabilecek hatalar ve hataların nasıl ölçüler üzerine dağıtılması gerektiği gibi bilgiler verilecektir.

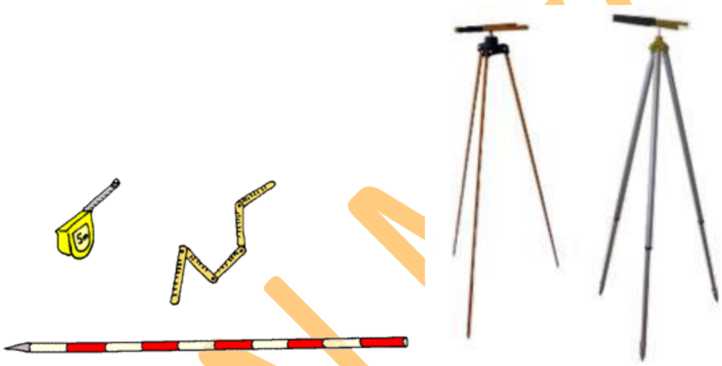
Jalon

Bir arazi parçası ölçülürken, iki noktadan oluşan ölçü doğrultularını zeminde belirli hale getirmek için, bu doğrultuların uçları beton, demir çivi veya boru çakılmak suretiyle tespit edilir. Bu işaretler toprağa zemin seviyesine kadar gömüldükleri veya çakıldıkları için uzaktan görünmelerine imkân yoktur. Bu işaretlerin uzaktan görünebilmelerini sağlamak için, üzerlerine düşey doğrultuda olmak üzere jalonlar dikilir.

Jalon iki metre (veya daha fazla) uzunlukta, her yarım metresi değişik (kırmızı ve beyaz) renge boyanmış, 3-4 cm. çapında, ucunda çarık denilen sivri bir demir bulunun alettir. Ucundaki sivri demir, jalonun yere kolayca saplanmasını, kırmızı ve beyaz boyalar uzaktan görünmesini sağlamak içindir. Her yarım metrede bir ayrı renkte boyanması sayesinde gerektiğinde jalonun ne kadar kısmının göründüğünü tespit edebilmek içindir.



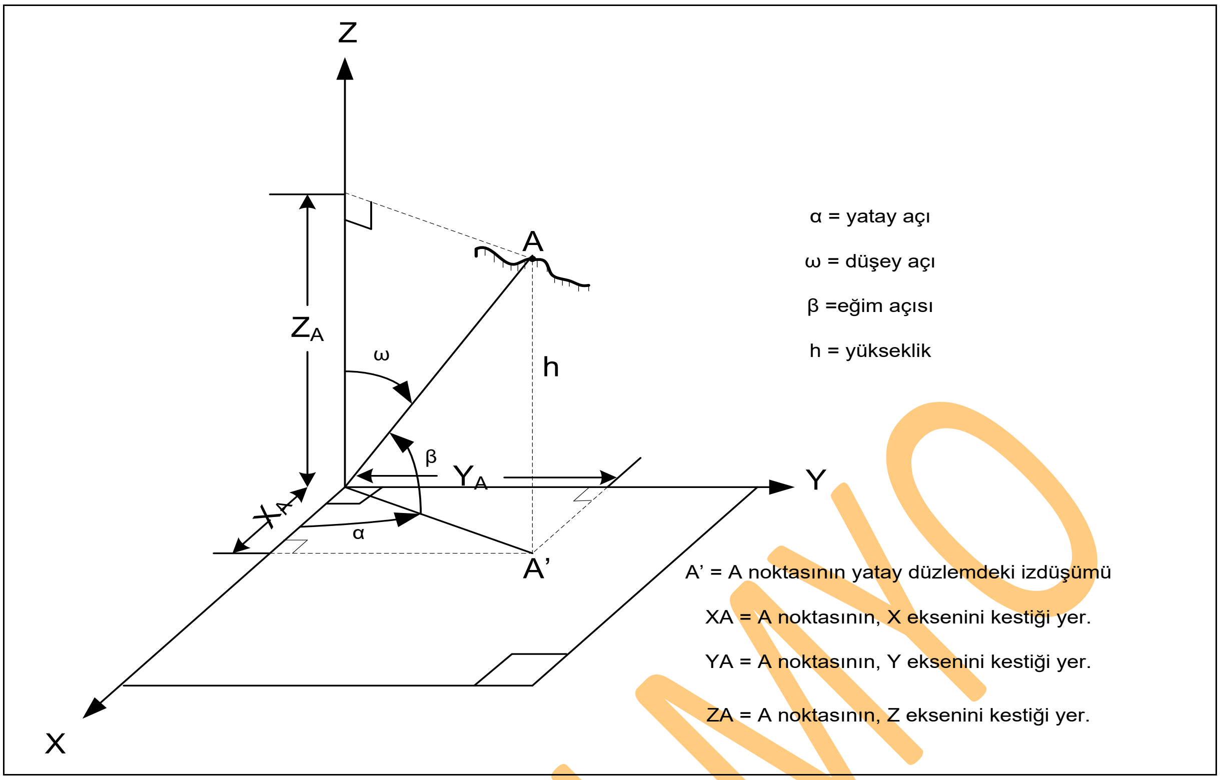
Şekil 27



Şekil 28

Jalonun hatasız olmaları için düşey doğrultuya (çekül doğrultusuna) paralel olması gerekir. Jalonun ortasından geçen eksenin çarığın sivri ucundan geçmesi gerekir. Hatasız olup olmadığını anlamak için jalon kendi ekseni etrafında hızlı olarak döndürülür. Dönme esnasında jalon yalpa yapmamalıdır. Yalpa yapan jalon düzgün değildir. (SONGU 1998)

Şekil 27'de jalon örnekleri vardır. Şekil 28 sağ resimde ise jalon sehpası gözükmektedir. Jalon sehpası, jalonun kendi başına zeminde durabilmesini sağlamak için kullanılır.



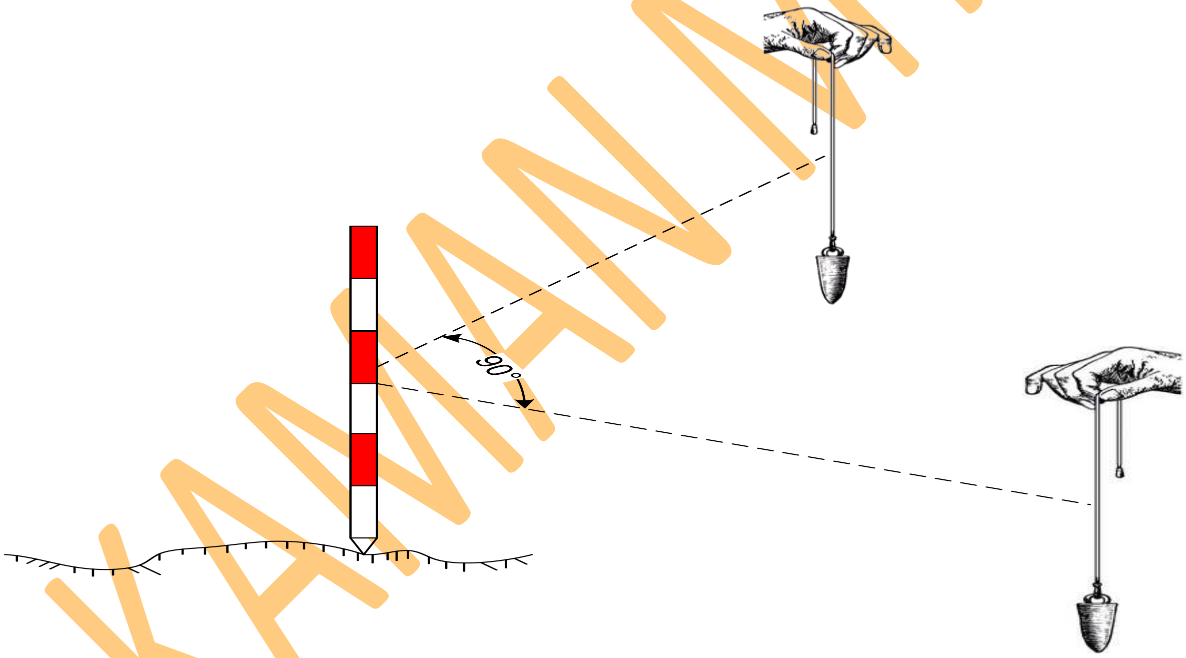
Şekil 29

Çekül

  Arapça'da şakül- şakul olarak geçer. Şakül koni biçiminde, topaça benzer bir yapıdadır. Baş kısmında ipli bağlıdır. İp sarkıtıldığında, çekül ağırlığından dolayı aşağı doru süzülecek ve ipi gergin bir yapıda tutacaktır. Çekül, sarkıtıldığı konumdaki yerçekimi doğrultusu boyunca salınır. İpe verdiği gerginlik sayesinde bulunulan konumdaki düşey doğrultuyu belirtir. Bu düşey doğrultu 3 boyutlu Kartezyen koordinat sistemindeki Z eksenine karşılık gelir (Şekil 29).

Zemin üzerindeki noktaların yerlerini daha iyi görülmesini sağlamak, belirlemek için jalon kullanılmaktadır. Fakat jalonun ucundaki çarık kısmı, sadece iki boyutlu yatay düzlemde konum belirtir. Jalonun bulunduğu noktadaki düşey doğrultuyu da belirtmesi gerektiğinde bu işlem için, jalon bulunduğu konumdaki düşey doğrultuya sokmak gerekmektedir. Bu işlemi yapabilmek için çekül kullanılır.

Jalonu düşey doğrultuya paralel hale getirmek için, jalonun herhangi bir tarafında karşısına geçip çeküle salınım yapıp, jalonun yanındaki kişiye talimatlar verilir. Talimatlar jalonu düşey doğrultuya paralel hale getirmek içindir, bu talimatlara göre jalon bulunduğu noktada kalmak koşulu ile hareket ettirilir. Sonrasında çeküle salınım yapılan konum ile jalon arasındaki doğrultuya tam dik olacak şekilde diğer bir konuma geçilir. Çekül yeni konumdan yeniden salınım yapılıp elde edilen çekül doğrultusuna göre jalon bir kez daha talimatlar ile düşey doğrultuya paralel hale getirilir. İki aşamada yapılan işlem kontrol edilir ve jalon düşey doğrultu ile çakışması sağlanır (Şekil 30).

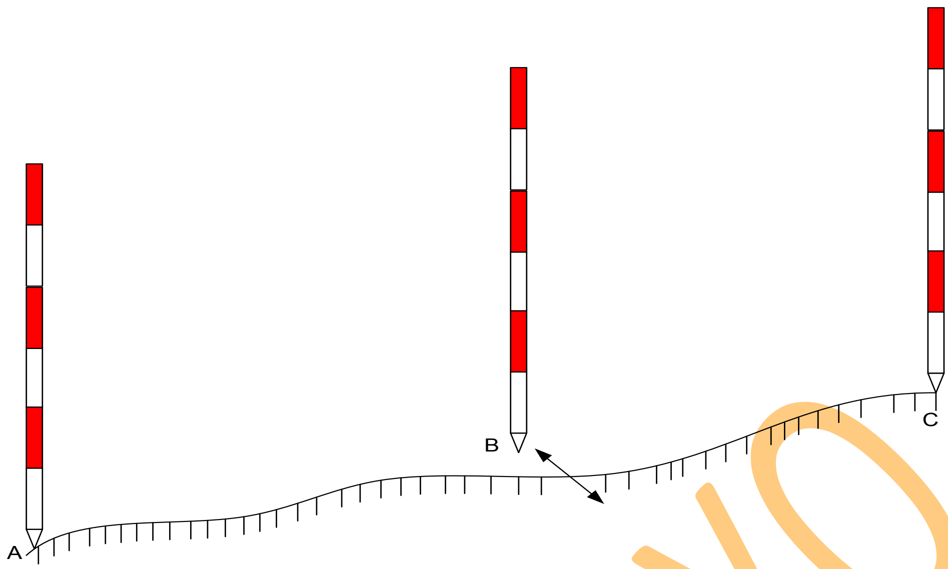


Şekil 30

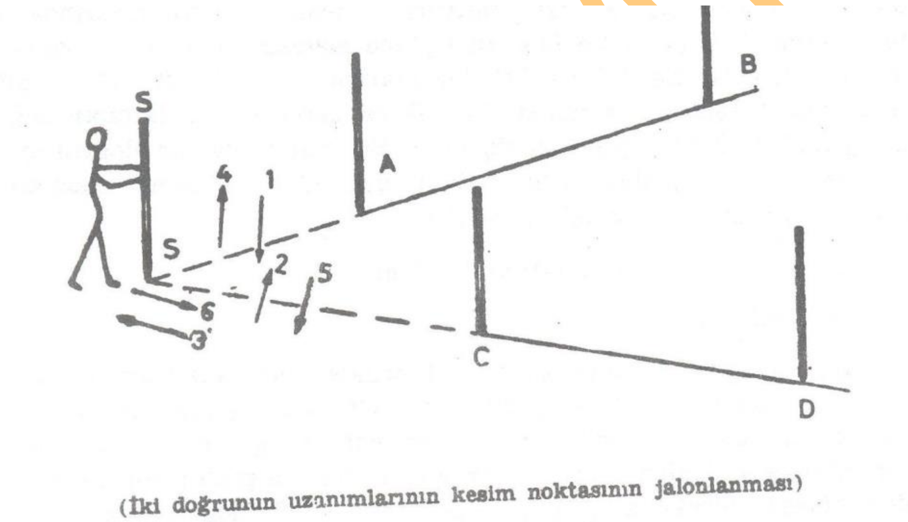
Jalon ve çekül yardımı ile arazide doğrultuların belirlenmesi

Jalon noktaların yerlerinin yatay ve düşey olarak belirlenmesini sağlar. Çekül ile Jalonların düşeyliğini belirlemede kullanırız. İki jalon arasında bir doğrultu oluşur. Bazı durumlarda bu doğrultu arasında bir den fazla nokta eklenmesi istenebilir.

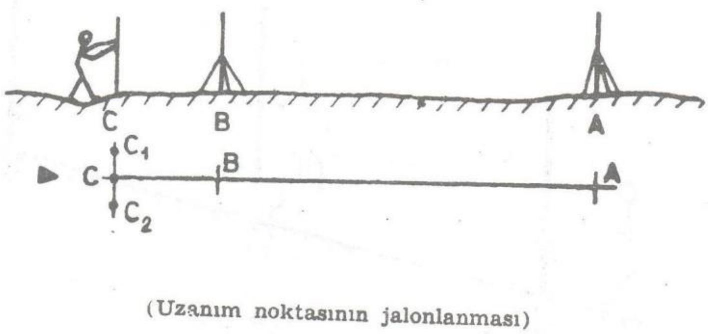
Şekil 31’deaki örnekte A ve C noktalarına yerleştirilen jalonlar düşeylendikten sonra, oluşturdukları doğrultu arasında ve A ve C ile aynı doğrultuda olacak bir B noktasının belirlenmesi işlemi tasvir edilmektedir. İşlemin yapılabilmesi için, A noktasında yardımcı olacak bir kişi A jalonunun arkasından C jalonu ile olan doğrultuyu kontrol ederken, B jalonunu tutan kişiyi yönlendirip yaklaşık olarak doğrultunun arasında girmesi sağlanır.



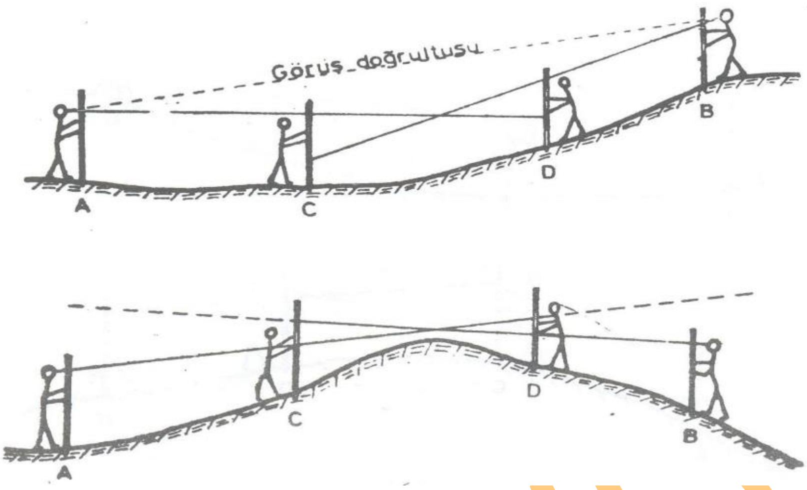
Şekil 31



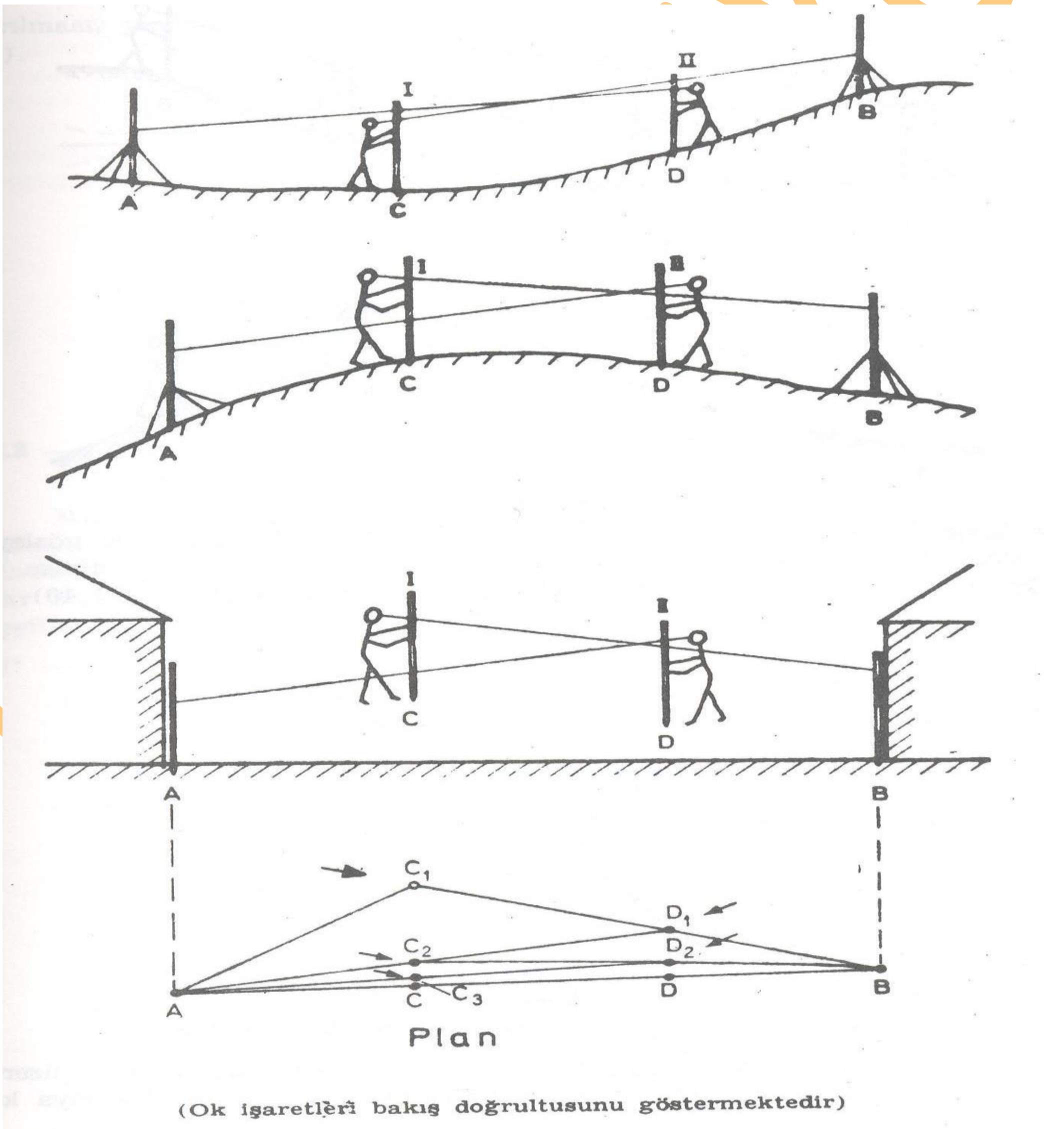
Şekil 32 (Özgen 1993)



Şekil 33 (Özgen 1993)

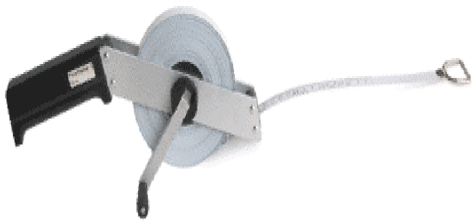


Şekil 34 (Özgen 1993)

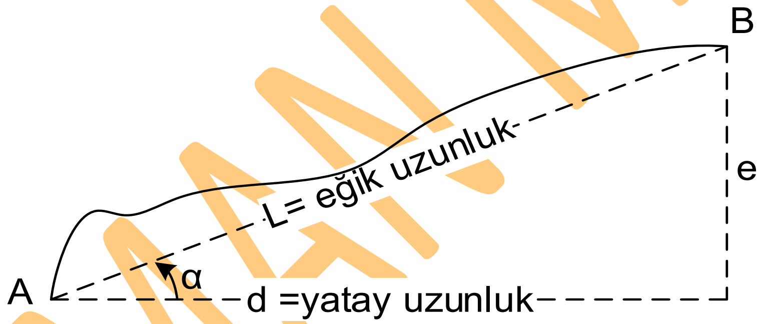


Şekil 35 (Özgen 1993)

Çelik şerit metre



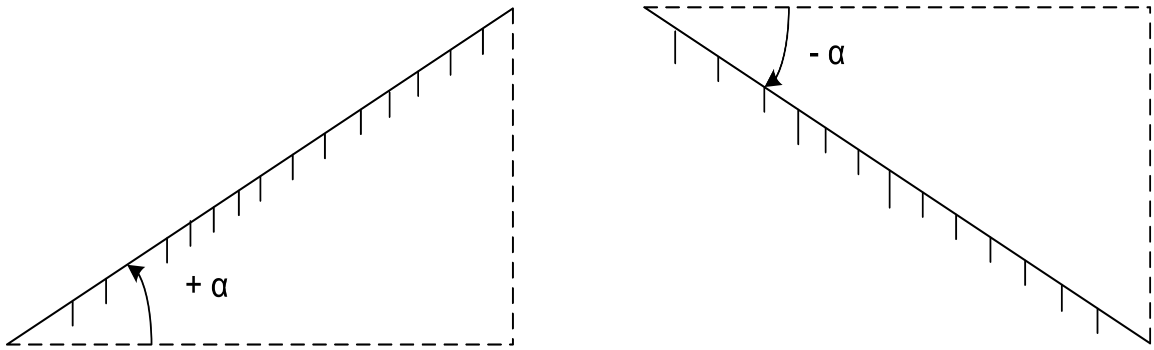
Coğrafik objelerin iki detay noktası arasındaki uzunluğun ölçülmesinde kullanılan ölçüm aletidir. Bir ucunda sabit bir mafsala bağlı olan diğer ucunda ise makaraya dolanmış çelik şerit metreden oluşan mekanizması vardır. Makara etrafında sarılmasını sağlayan bir sapı bulunan bir yapıdadır.



$$d = L * \cos(\alpha)$$
$$e = L - L * \cos(\alpha)$$

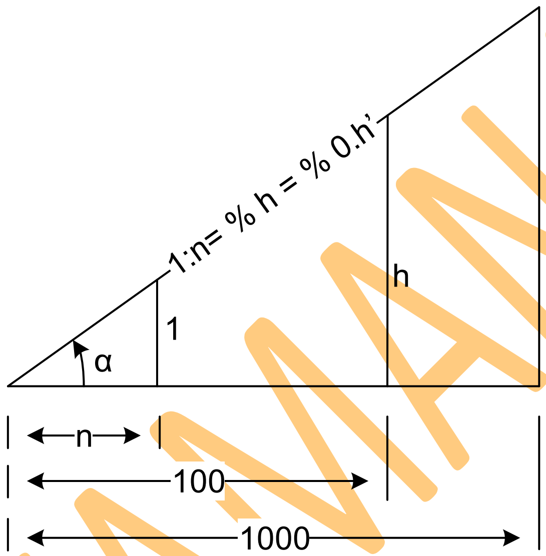
Şekil 36 (ÖZGEN 1993)

Çelik şerit metre, yatay mesafe değerlerinin belirlenmesi için kullanılır. Şekil 36 incelendiğinde yatay mesafe değeri (X – Y yatay düzlemindeki uzunluk değeri) *d* değeri olarak sembolize edilmiştir. Şekildeki L değeri A ile B noktaları arasındaki eğik mesafe değeridir, α sembolü ise eğimin açısal değerini verir. Eğim değeri özellikleri karayollarında kullanılan bir bilgidir. Eğim değeri yüzdesel veya oransal olarak da temsil edilir. Çelik şerit metre ile yatay mesafe (d), çekül gibi yardımcı cihazlar kullanılsa da, göz kararı olarak belirlenir.



Şekil 37

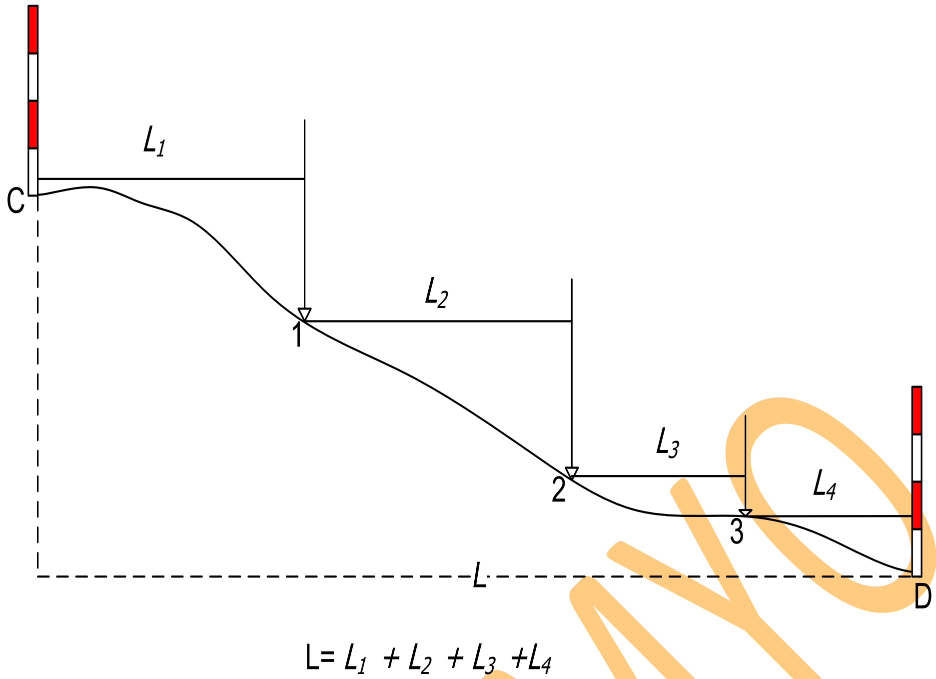
Şekil 37'de gösterilen örnekte + ve – eğim değerleri açısal olarak değil sembolik göstergedir. Bir nevi yolun yokuş (+) veya iniş (-) mantığı gibi eğimin yönünü gösterir.



Şekil 38 (ÖZGEN 1993)

Şekil 38'de görüldüğü üzere eğim değeri belirtilirken oransal olarak ya da yüzdesel olarak gösterilebilir.

$$\tan(?) = \frac{1}{n} = \frac{h}{100} = \frac{h'}{1000}$$



Şekil 39

Yeryüzü üzerindeki iki noktanın arasındaki mesafenin ölçülmesi işlemine şenaj denir. Ölçümü yapana şenör denir. Şekil 39 eğimli bir arazide yatay mesafenin çelik şerit metre ile ölçümü tasvir edilmiştir. Daha önce de belirtildiği gibi iki nokta arasındaki mesafe değeri yatay mesafe değeriyle ifade edilmelidir. Şekil 39'de verilen örnekte eğimli bir arazide C ve D noktaları arasında yatay mesafe değeri çelik şerit metre ile elde edilmek istenmektedir. Bu uygulamada çekül, çelik şerit metre ve jalon kullanılacağı tasarlanmıştır.

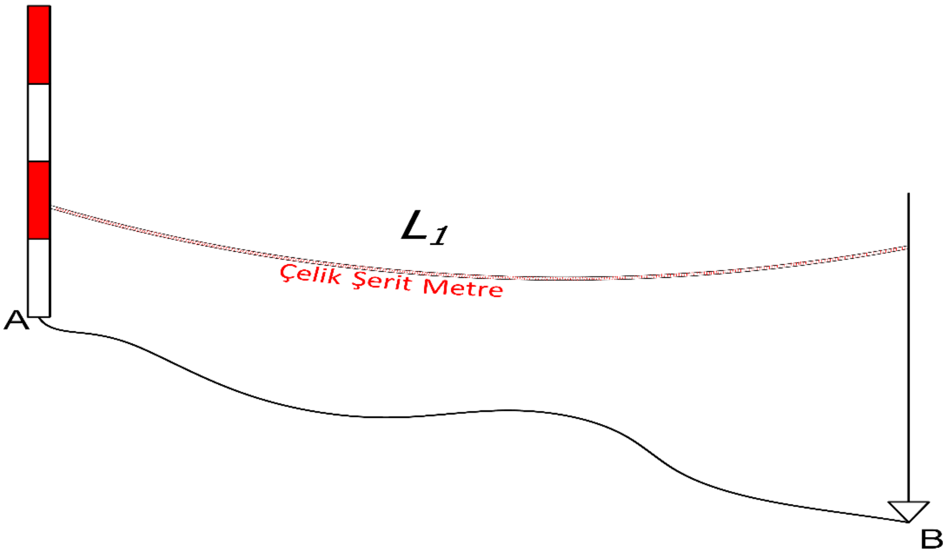
a) Yapılması gereken ilk işlem, aralarındaki yatay mesafe değeri belirlenecek noktaların arazide algılanmasını kolaylaştırmak (görüş doğruluğu) olmalıdır. Bunun için noktaların üzerine çekül yardımıyla (jalon üzerinde varsa küresel düzeç de kullanılır) düşeylenecek jalonlar kurulur.
b) İkinci işlem olarak, C noktasında şenörlerden biri çelik şerit metrenin başlangıç haklısından tutar ve çelik şerit metrenin sıfır çizgisini C noktasındaki jalona dayar. Diğer şenör ise çelik şerit metreyi gergin bir şekilde tutar ve D noktasına doğru hareket eder. Bu esnada D noktasına doğru giden şenörün <u>C ve D noktaları arasındaki doğrultu üzerinde olması gerekmektedir.</u>
c) Eğer D noktasına bir kerede ulaşılamıyor ise, C noktasından D noktasına doğru belirli bir mesafede veya çelik şerit metrenin uzunluğu kadar C ve D noktaları arasında birden fazla sayıda yatay mesafe ölçümü yapılır. D noktasına doğru giden şenörün, C ve D arsındaki doğrultuya girmesine C noktasındaki şenör yardımcı olur. D noktasına doğru giden şenör

elindeki çelik şerit metrenin gergin ve yatay olarak tutulmasını sağlamalı ve ölçüm yapacağında diğer elindeki çekül ile ölçümünü yapacağı noktaların üzerinde düşey olarak yerlerini belirlemelidir. Hatta ölçüm yaptığı noktayı belirtmek için çekülün değdiği noktaya demir çivi saplayabilir. Şekil 39 örneğinde $C - 1$, $1 - 2$, $2 - 3$ ve $3 - D$ noktaları arasında ölçümler ayrı ayrı yapılmış ve sonuç L yatay mesafe uzunluğu her bir ölçü değerinin toplamı ile elde edilmiştir.

Çelik Şerit Metreyle Yapılan Ölçümlerde Dikkat Edilmesi Gerekenler

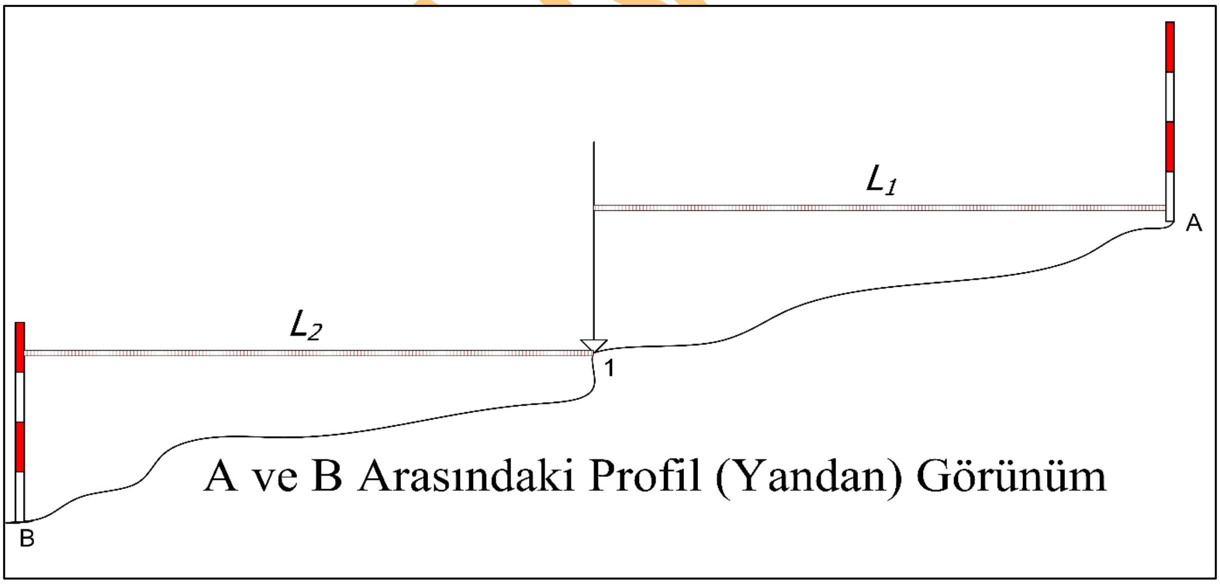
Çelik şerit metre üretimi sonrası belirli bir hava sıcaklığı değerinde doğru ölçüm sonucu verecektir. Çelik şerit metrenin ölçüm yapıldığı yerdeki çok sıra dışı hava sıcaklıklarına (hava aşırı soğuması veya hava sıcaklığının aşırı ısınması) maruz kalması (etkilenmesi) sonucu metre genleşebilir veya büzülebilir. Çelik şerit metrenin üretiminde kullanılan çeliğin karışımında kullanılan malzemeye göre, metrenin gerdirilmesinde gerektiğinden fazla esneyebilir. Bu gibi durumlarda **düzenli hatalar** oluşur. Ölçüm sonucunu etkileyecek bu düzenli hataları değiştirme imkânı yoktur. Ama ölçümlerde oluşabilecek **düzensiz hatalar** (insan kaynaklı hatalar) dikkat edilecek ölçüm yöntemleriyle giderilebilir. Çelik şerit metreyle ölçülecek olan yatay mesafelerde dikkat edilmesi gerekenler:

a) Çelik şerit metrenin gerginliği ve (Şekil 40) $A - B$ arasındaki doğrultu boyunca ölçüm insan dikkatine bağlıdır. Gergin olmadığı durumda, okunacak mesafe değeri yanlış olacaktır. $A - B$ arasında birden fazla ölçüm yapılırsa, metrenin eğik olup olmadığına dikkat edilmediği takdirde toplam olarak yanlış bir mesafe değeri elde edilecektir.



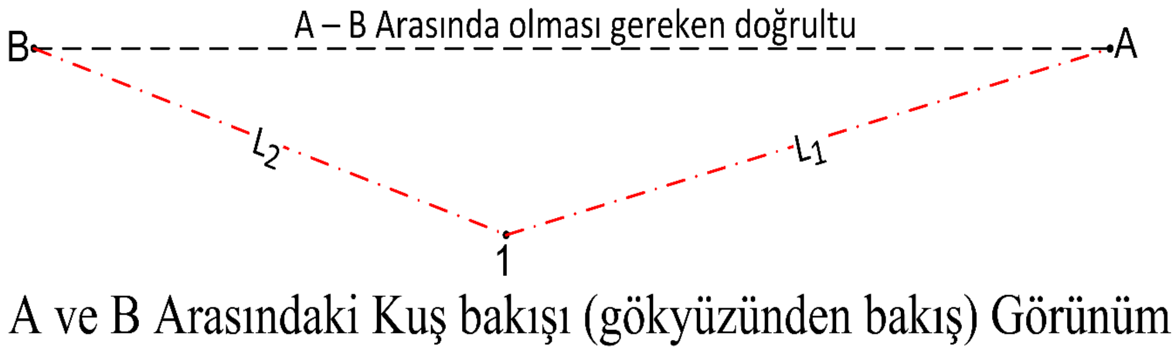
Şekil 40

b) İki nokta arasındaki (Şekil 41 A ve B noktaları) yatay mesafe çelik şerit metreyle ölçülecekse ve yatay mesafe ölçümünde tek bir çelik şerit metre ölçümü yeterli olmuyorsa (Şekil 41), ara noktaların (Şekil 41 1 numaralı nokta) A ve B noktaları arasında oluşan doğrultuda olmasına dikkat edilmelidir.



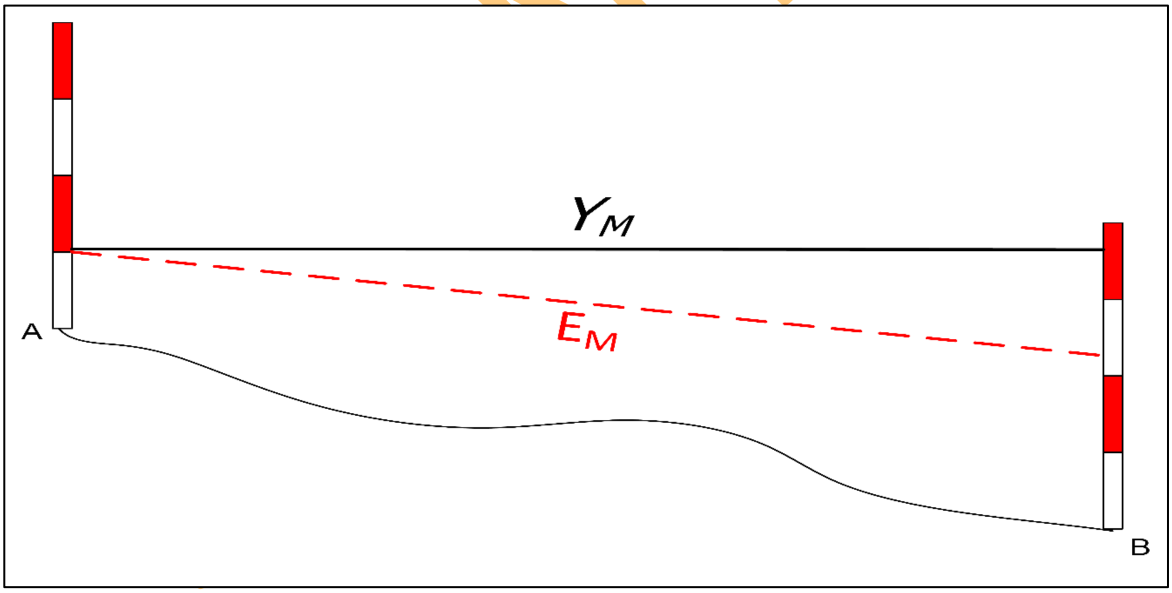
Şekil 41

Şekil 41 A ve B noktaları arasındaki profil görüntüyü göstermektedir. Şekil 42 A ve B arasındaki durumun kuş bakışı görünümüdür (Gökyüzünden yeryüzüne doğru bakış). 1 numaralı ara nokta A ve B arasındaki doğrultudan sapmıştır. A ve B arasındaki yatay mesafe değeri ($Yatay\ Mesafe = L_1 + L_2$) yanlış hesaplanacaktır.



Şekil 42

c) İki nokta arasındaki yatay mesafe çelik şerit metre ile ölçülecekse, çelik şerit metre muntazam yataylığı sağlayacak şekilde tutulmalı ve çelik şerit metre gerdirilmelidir. Şekil 43 A ve B noktaları arasında çelik şerit metre ölçümünün tasviri bulunmaktadır. Çelik şerit metre ile ölçülmesi gereken mesafe Y_M olarak ifade edilen yatay mesafedir. Yatay mesafe ölçüm anında göz kararı belirlenir. Ölçülen değer E_M değeridir.



Şekil 43

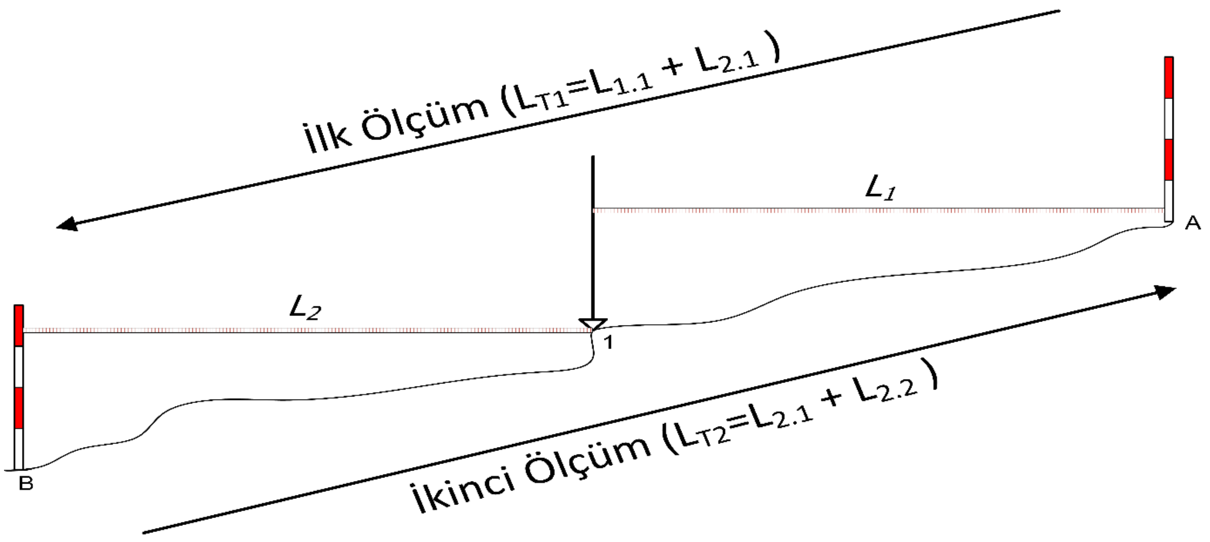
Çelik şerit metre ile yapılan yatay mesafe ölçümleri gerçeği yansıtmayacaktır. Aşağıda bunun sebepleri sıralanmıştır.

- çelik şerit metrenin mükemmel yataylığı sağlanamamakta, yatay mesafe göz kararı belirlenmektedir,
- Çelik şerit metre yatay mesafe değeri belirlenirken, metrenin her iki ucundaki şenör metreyi germeye çalışmakta fakat mesafe uzadıkça metre gerginliğini yitirmektedir,
- Eğer iki nokta arasındaki (A ve B noktaları) mesafe ölçümü birden fazla ara nokta içeriyorsa, ara nokta iki ana noktanın oluşturduğu doğrultu üzerinde olmalıdır. Bu durum çoğunlukla sağlanamamaktadır.

23/06/2005 tarihinde yürürlüğe giren ve daha sonra bazı maddeleri değiştirilecek olan Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliğinde, Poligon noktaları arasının çelik şerit metre ile ölçülmesi gerekiyorsa en büyük mesafenin 150 m'yi geçmemesi gerektiği belirtilmiştir.

Çelik Şerit Metre ile Ölçülecek Mesafe İçin En Fazla Hata Miktarının Tespiti

Çelik şerit metre ile iki nokta arasındaki mesafe değeri ölçülecekse ölçümler, bir ölçüm gidiş bir ölçüm de dönüş olacak şekilde iki kere yapılmalıdır (Şekil 44).



Şekil 44

Yapılan iki ölçümün eşit çıkması beklenir. Fakat ölçümlerde oluşabilecek düzenli veya düzensiz hatalardan dolayı sonuç aynı çıkmayabilir. Bu durumda iki ölçüm arasında olabilecek en fazla fark miktarının sınırı belirlenmelidir. Bu sınır miktarı hesaplanırken iki ölçüm değerinin tam kısımları aynıysa tam kısımları formülde *S* değeri olacak şekilde formül ifade 1'de görüldüğü gibidir.

ifade 1

$$d_s = 0.006 * \sqrt{(S + 0.02)}$$

Bulunan hata sınır miktarının sonucu metre olarak çıkacaktır. Eğer iki ölçüm arasındaki fark d_s miktarından küçük ise iki kere yapılan ölçümün ortalaması alınır ve yatay mesafe değeri hesaplanmış olur.

$$Yatay\ Mesafe = S = \frac{(L_{T1} + L_{T2})}{2}$$

Örnek: A ve B noktaları arasındaki yatay mesafe çelik şerit metreyle ölçülmektedir. Ölçüm ilk olarak A noktasından başlamış ve B noktasında bitirilmiştir (S_1). İkinci ölçüm B noktasından başlamış ve A noktasında bitirilmiştir (S_2). $S_1 = 43.157\ m$ bulunmuştur. $S_2 = 42.892\ m$ bulunmuştur. Yapılan ölçüm sonucu yatay mesafe değeri nedir?

Çözüm: İlk yapılması gereken hata sınır miktarının (d_s) hesaplanmasıdır.

$$d_s = 0.006 * \sqrt{(43 + 0.02)} = 0.039\ m$$

$$Ölçüm\ farkı = |S_1 - S_2| = 0.265\ m$$

$$Ölçüm\ farkı > d_s \quad olduğu\ için\ ölçüm\ yeniden\ yapılmalıdır.$$

Yatay Mesafe ve Eğik Mesafe Arasındaki Bağlantı

Düşey açı noktadan geçen düşey doğrultudan (çekül doğrultusu) başlar, iki nokta arasında kalan doğru parçasında son bulur. Şekil 45'de λ sembolü ile gösterilen açı düşey açıdır. Eğim açısı yatay mesafe ile eğik mesafe arasında kalan açıdır. Şekil 45'de α açısı ile gösterilen açı eğim açısıdır. Eğim açısı ve düşey açısı arasında ifade 2'de belirtildiği bağlantı vardır.

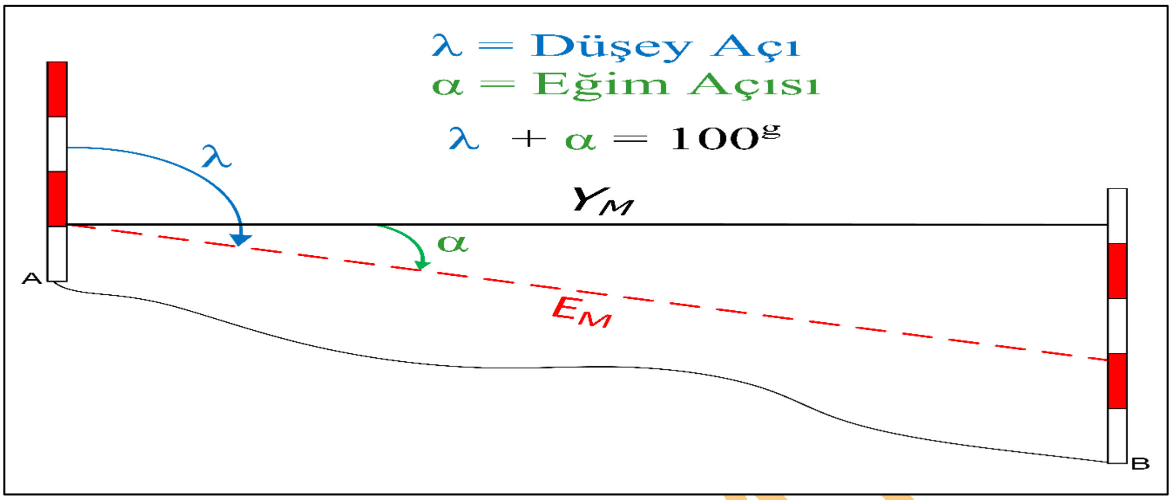
ifade 2

$$\lambda + \alpha = 100^g$$

Çelik şerit metre ile Şekil 45 veya Şekil 47'de tasvirlerindeki durumlarla karşılaşılabilir. Her iki örnekte de çelik şerit metre ile ölçüme başlangıç noktası A noktası olarak tasarlanmıştır.

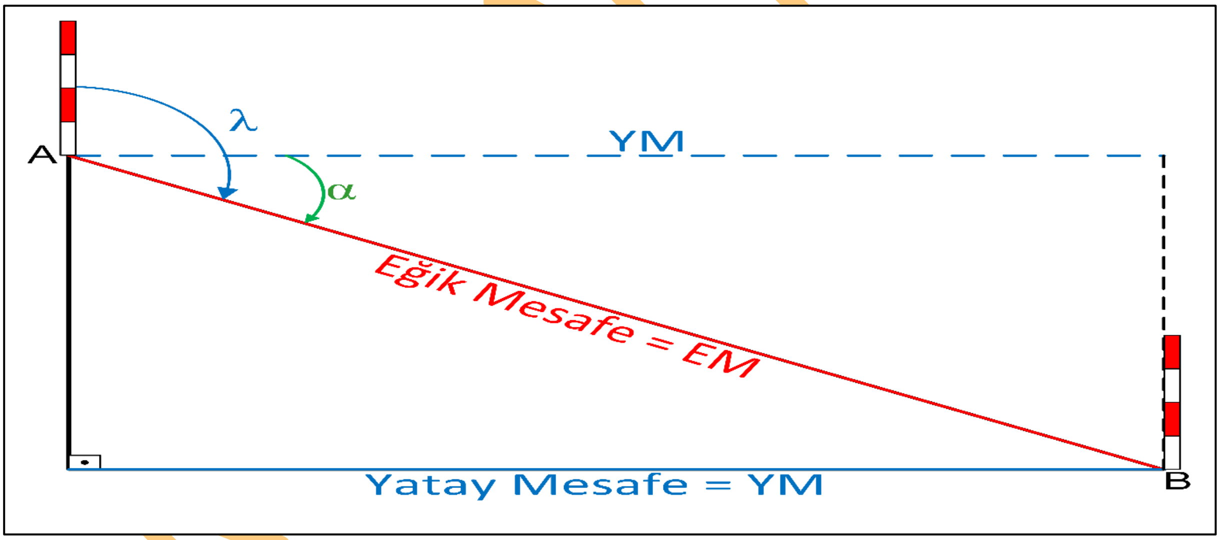
Bir önceki konuda çelik şerit metreyle yapılan ölçümlerde yatay mesafenin ölçülmesinin zorluğundan bahsedilmişti. Yapılan ölçümlerin yatay mesafe yerine eğik mesafe olduğundan bahsedilmişti.

Eğer çelik şerit metre ile yapılan ölçümlerde düşey açı veya eğim açısı ölçülebilseydi ölçülen eğik mesafe değeriyle, yatay mesafe hesaplanabilirdi.



Şekil 45

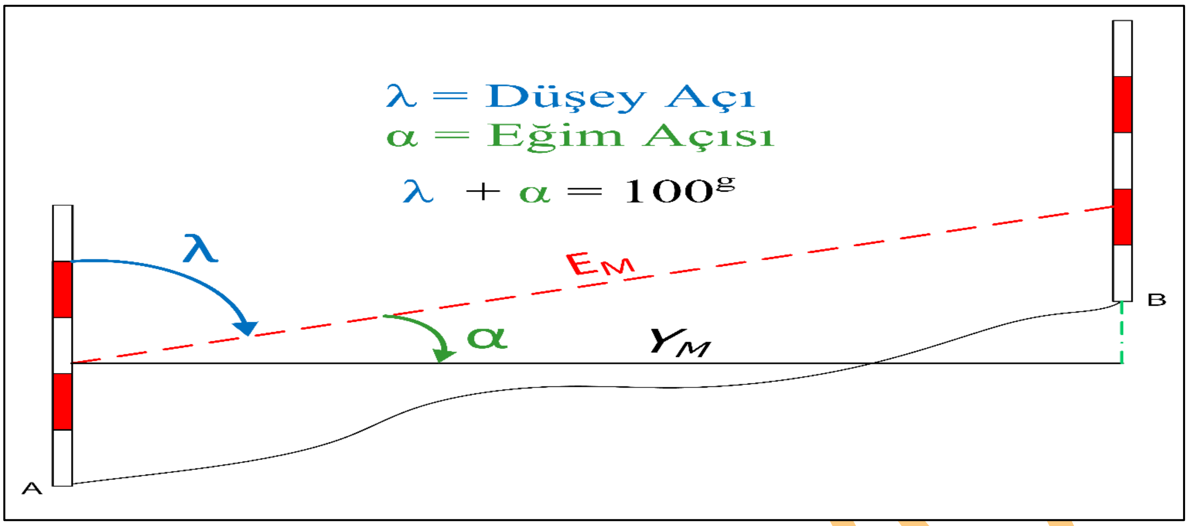
$$\sin(\lambda) = \frac{YM}{EM} \rightarrow YM = \sin(\lambda) * EM$$



Şekil 46

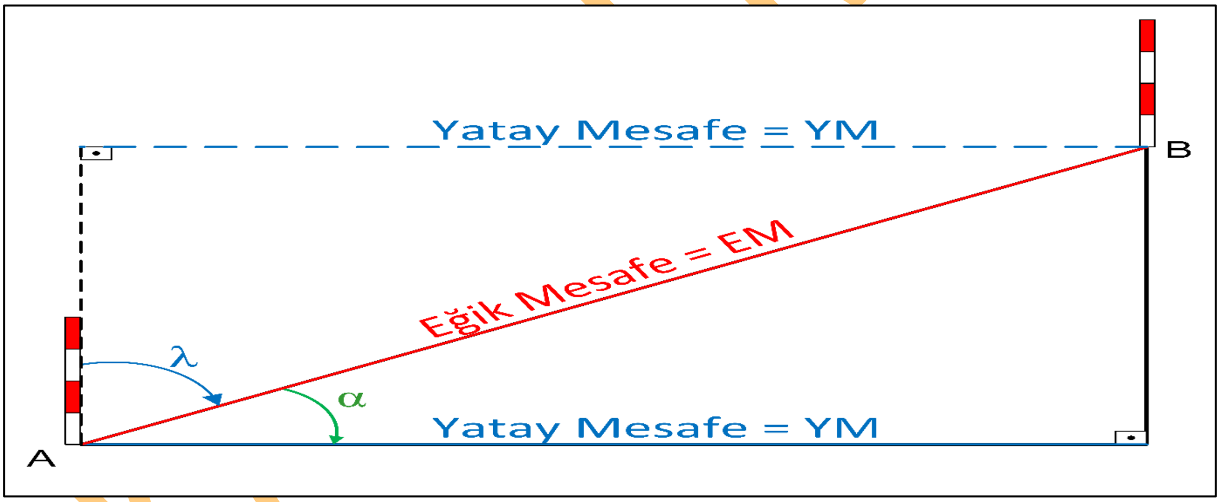
$$\cos(\alpha) = \frac{YM}{EM} \rightarrow YM = \cos(\alpha) * EM$$

Eğer λ Şekil 46'da olduğu gibi 100^g değerinden büyük çıkarsa eğim açısı (α) negatif alınır.



Şekil 47

$$\sin(\lambda) = \frac{YM}{EM} \rightarrow YM = \sin(\lambda) * \ EM$$



Şekil 48

$$\cos(\alpha) = \frac{YM}{EM} \rightarrow YM = \cos(\alpha) * \ EM$$

Örnek: Eğik mesafe değeri $EM = 24.640\ m$ ölçülüyor. Düşey açı değeri $\lambda = 116^g$ ölçülüyor. Yatay mesafe değeri YM sonucunu hesaplayınız.

Çözüm:

$$\sin(\lambda) = \frac{YM}{EM} \rightarrow YM = \sin(116^g) * \ 24.640\ m = 23.866\ \text{m}$$

$$\cos(\alpha) = \frac{YM}{EM} \rightarrow YM = \cos(-16^g) * \ 24.640\ m$$

Örnek: Eğik mesafe değeri $EM = 33.564\ m$ ölçülüyor. Düşey açı değeri $\lambda = 46^g$ ölçülüyor. Yatay mesafe değeri YM sonucunu hesaplayınız.

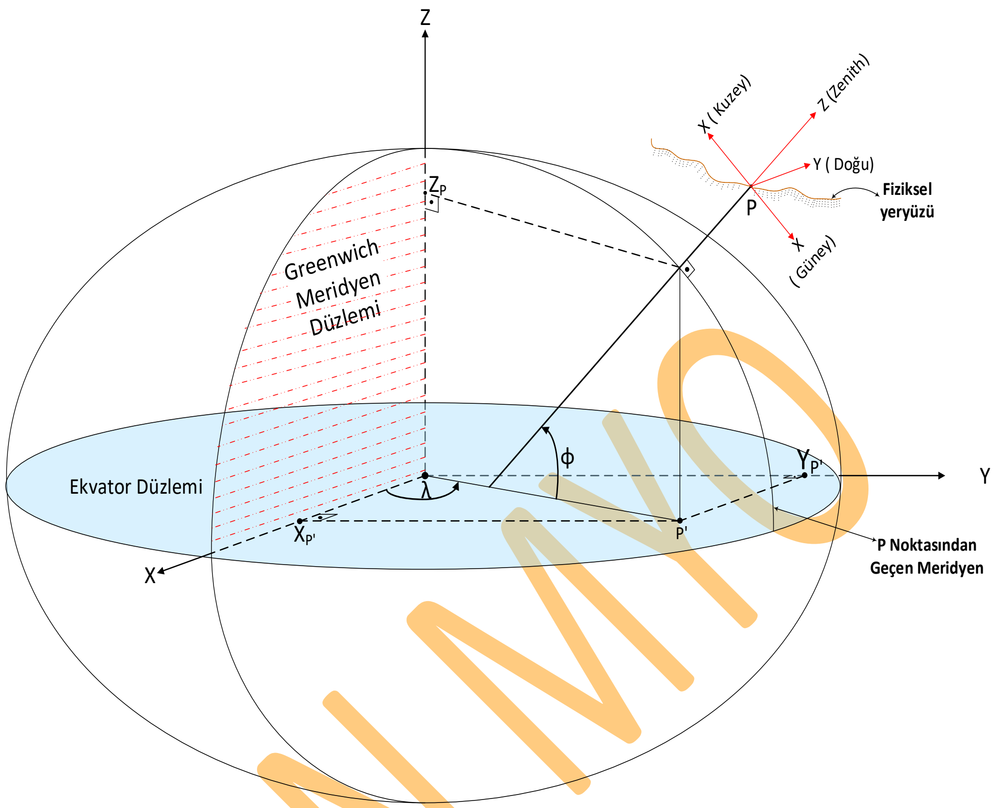
Çözüm:

$$\sin(\lambda) = \frac{YM}{EM} \rightarrow YM = \sin(46^g) * \ 33.564\ m = 22.196\ \mathrm{m}$$

$$\cos(\alpha) = \frac{YM}{EM} \rightarrow YM = \cos(54^g) * \ 33.564m$$

Elektronik Takeometre (Total Station)

Takeometre, toposentrik koordinat sistemine göre coğrafik objelerin detaylarına ait yatay ve düşey koordinatlarının bulunması için kullanılan ölçüm aletidir. Toposentrik koordinat sistemi, yeryuvarı üzerindeki bir noktanın koordinat sisteminin başlangıcı olduğu koordinat sistemidir. Toposentrik koordinat sisteminde, elektronik takeometre cihazı yeryüzü üzerinde bir nokta üzerine kurulur (Şekil 49). Şekil 49 P noktasının Toposentrik koordinat sisteminin başlangıç noktası olduğu tasvirdir.



Şekil 49

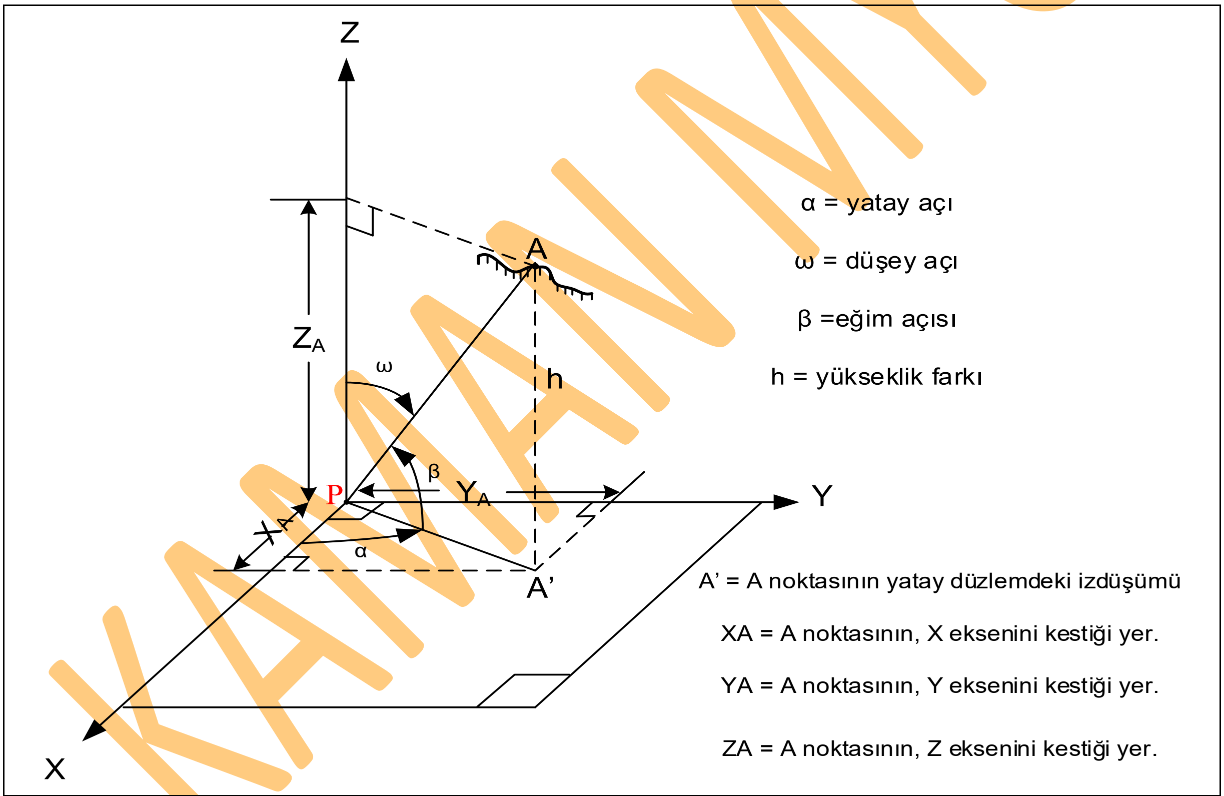
P noktası fiziksel olarak yeryüzünde bir nokta olarak farz edilmelidir. P noktasından geçen, Z ve X – Y eksenlerinin yönleri:

- Z ekseni (Zenith doğrultusu), P noktasından geçen çekül doğrultusu ile çakışık olan eksendir,
- X ekseni, P noktasından geçen yatay düzlemde **Coğrafik kuzey ile çakışık olan eksendir**,
- Y ekseni, P noktasından geçen yatay düzlemde ve X eksenine dik olan eksendir.

Elektronik takeometre, bu P noktasına konumlandırılır ve coğrafik objelere ait detayların koordinatlarını bulmak için ölçüm amaçlı kullanılır. Güncel elektronik takeometre cihazları kullanılarak yatay açı, düşey açı, eğik mesafe ve yatay mesafe, eğim değerleri ölçülebilir. Hatta cihaz ölçüm değerleri kullanarak yatay ve düşey koordinatları bulabilir.

Elektronik takeometre, coğrafi objelere ait detayların koordinatlarını bulmak için yeryüzünde bir nokta üzerine kurulur. Bu nokta yapılacak ölçüm için Toposentrik koordinat sisteminin başlangıcını oluşturmaktadır. Bu noktadan detaylara yapılacak açı ve mesafe ölçüm değerleri kullanılarak detayın koordinatları bulunur. Fakat yersel ölçüm yöntemleri kullanılarak detayların koordinatları bulunmak isteniyor ise:

1) **Ölçüm noktası (Şekil 49 P noktası) tek başına detayların koordinatlarını bulmak için yeterli olmayacaktır**. Şekil 50, P noktasından yapılan ölçümler ile A noktasının X -Y yatay koordinatları ve P noktası ile arasındaki yükseklik farkının bulunmasının tasviridir. A noktasının X -Y yatay koordinatları bulunmak isteniyorsa, α açısı (semt açısı) için bir başlangıç doğrultusuna ihtiyaç vardır. Başlangıç doğrultusu coğrafik kuzeyle çakışık olan X eksenidir. Fakat X eksenini ölçüm anında hassas bir şekilde elde edemeyiz. P noktası, detayların koordinatlarını elde etmek için, tek başına yeterli olmayacaktır.



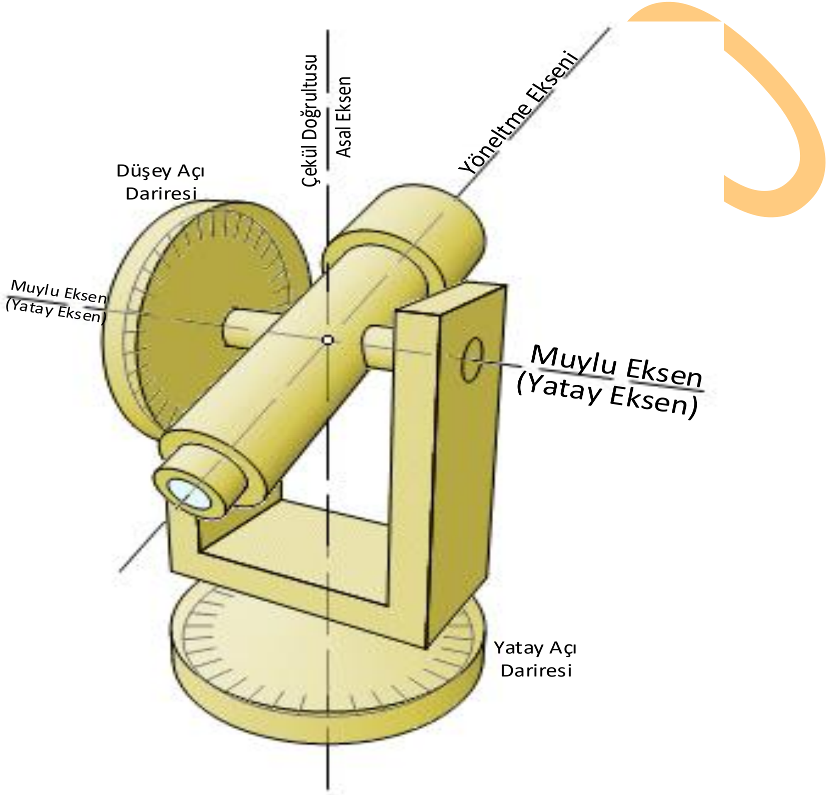
Şekil 50

2) P ölçüm noktası, yeryüzünde bir noktadır. Coğrafik objelere ait detay noktalarının koordinatları, P ölçüm noktası olacak şekilde yersel ölçüm yöntemleri kullanılarak bulunacaksa. **P noktasının da bir koordinat sistemine göre koordinatının bilinmesi gerekir**.

Özet: Elektronik takeometre aleti ile coğrafik objelerinin koordinatları bulunacaksa, *P noktasının koordinatları bilinmeli ve α açısı (semt açısı) için gerekli başlangıç doğrultusu belirlemek için koordinatı bilinen başka ek bir nokta veya noktalara ihtiyaç vardır.*

Elektronik Takeometre Yapısı ve Eksen özellikleri

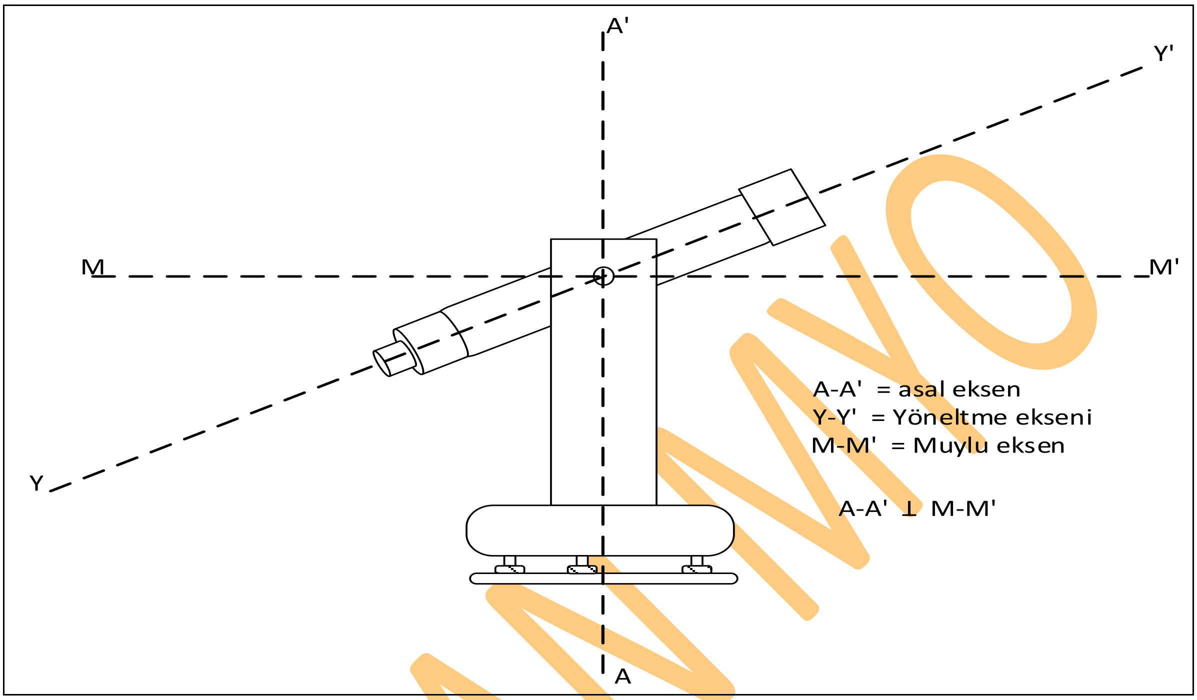
Elektronik Takeometre, yersel ölçüm tekniğinde kullanılan ölçüm aletidir. Elektronik takeometre kullanarak, Coğrafik objelerin detaylarının koordinatlarının bulunması için ölçüm aleti, koordinatı bilinen bir nokta (Şekil 49, Şekil 50 P noktası) üzerine konulmalıdır. Detayların koordinatları, P noktasından geçen yatay ve düşey düzlemlere göre bulunacaktır. Fakat gerekli ölçümler tam olarak P noktasından değil, P noktası üzerine kurulmuş olan Takeometreden yapılacaktır.



Şekil 51

O takdirde takeometre kurulurken tam P noktası üzerine gelecek şekilde olmasına dikkat edilmeli ve takeometre P noktasından geçen düzlemlere paralellik sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır. Üstte takeometre için kullanılan mekanik olan teodolit ölçüm aletinin tasviri vardır. Takeometri işlemlerinde kullanılır. Yatay ve düşey açıların elde edilmesinde elektronik takeometreyle aynı çalışma prensibine sahiptir. Cihazda 3 temel eksen vardır. Bunlar: Muylu Eksen (Yatay Eksen), Asal Eksen (çekül doğrultusu), Yöneltme Ekseni (Şekil 51) (Kunkel 2012).

Şekil 52 elektronik takeometrenin profil görünümünü tasvir eder. Asal eksen olarak ifade edilen eksen, takeometrede düşey eksendir (A-A' ekseni). Muylu eksen (M-M' ekseni),Şekil 51'de gösterilen muylu eksen ile aynıdır. Muylu eksen, takeometrede dürbünün ana yapıya bağlandığı noktadan geçen yatay düzlemdir. Yöneltme ekseni (Y-Y' ekseni), oküler ile objektif arasında kalan, okülerden hedef alınan noktaya kadar olan eksendir. Elektronik takeometredeki eksenler arasında en önemli şart asal eksen (A-A') ile muylu eksen (M-M') birbirine dik olmalıdır.

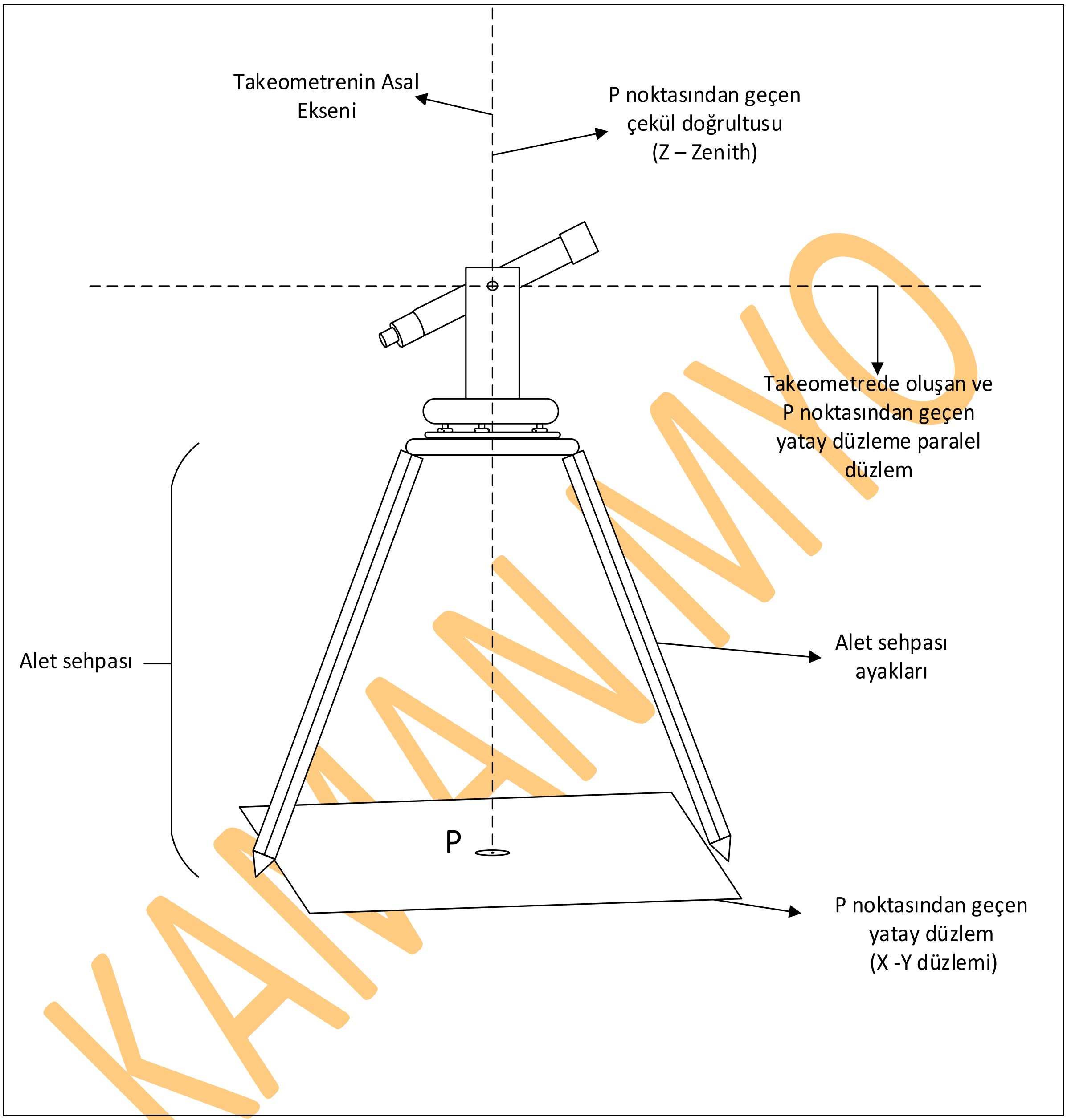


Şekil 52

Konuya ilk başlandığında elektronik takeometre kullanılarak, coğrafik objelerin koordinatları Toposentrik koordinat sistemine göre bulunduğu belirtilmişti. Bu koordinat sisteminin başlangıcı koordinatları bilinen bir nokta olacağının izahı yapılmıştı. Şekil 53 elektronik takeometrenin, bir nokta üzerine kurulu olduğunun tasviridir. Coğrafik objelere ait detayların koordinatları bu P noktasına göre bulunacaktır. Koordinatları bulabilmek için P noktasından detaya olan yatay mesafe (veya eğik mesafe) ve semt açısına ihtiyaç vardır. Ölçümleri P noktasından yapmak zordur. Yersel ölçüm yöntemleriyle koordinatların bulunması için, ölçümler hassas bir şekilde elektronik takeometreyle yapılır. Elektronik takeometreyi, direkt olarak zeminde P noktasına konumlandırmak yerine, elektronik takeometre bir alet sehpası üzerine yerleştirilir. Bu durumda takeometre P noktasında olmayacaktır. Takeometre, P noktasından ölçüyormuş gibi, ayarlamalar yapılıp, alet sehpası üzerinden ölçülür. Bu ayarlamalardan kastedilen:

- Takeometrenin muylu ekseni (yatay eksen), P noktasından geçen yatay düzleme paralel olmalıdır,

- Takeometrenin asal ekseni ile P noktasından geçen çekül doğrultusu çakışmalıdır.



Şekil 53

Yukarıda belirtilen iki kriter sağlanırsa, coğrafik objelere ait detayların koordinatları için gerekli ölçüm değerleri, P noktasından ölçüyormuş gibi hassas bir şekilde gerçekleştirilir. Belirtilen kriterlerin sağlanabilmesi için elektronik takeometrelerin üzerinde iki ayrı düzeç bulunur (Şekil 54).

Şekil 54 elektronik takeometrenin hem ön yüzden hem de arka yüzden tasviri vardır.

Taşıma Sapı: Cihazın alet sehpasına takılmasında taşıma amaçlı kullanılır.

Hedefleyici (Yönlendirici): Takeometreyi, coğrafik objenin detayına kaba

Oküler: Dürbünün Gözlem yapılan kısmıdır. Okülerin dışında ki halka, dürbün içindeki yakalama çizgisinin netliğini sağlar

Objektif: Dürbünün mercek kısmıdır. Odaklama halkası ile yapılan netlik ayarında mercekte değişim olur.

Odaklanma (Yakınlaştırma halkası): Objektifteki mercekleri hareket ettirerek görüntü netliği sağlanan kısım.

Optik Şakul: Takeometrenin Zemindeki P noktası üzerine kurulabilmesi için, takemometrenin alt kısmından zeminin görülmesini sağlar. Bazı elektronik takeometrelerde lazer şakul bulunmaktadır.

Silindirik Düzeç: Elektronik takeometrenin, P noktasındaki yatay düzleme paralel hale gelmesini sağlayan düzeçtir. Mekanik veya elektronik olabilir.

Küresel Düzeç: Elektronik takeometrenin asal ekseni ile P noktasından geçen çekül doğrultusunun çakışmasını sağlar.

Yatay Hareket Sıkıştırma Vidası: Koordinatının bulunması için ölçüm yapılacak coğrafik obje kesin hedefte görünüyorsa, takeometrenin yatayda hareket etmemesi için kullanılan sabitleyicidir. Bazı marka takeometrelerde sıkıştırma yoktur.

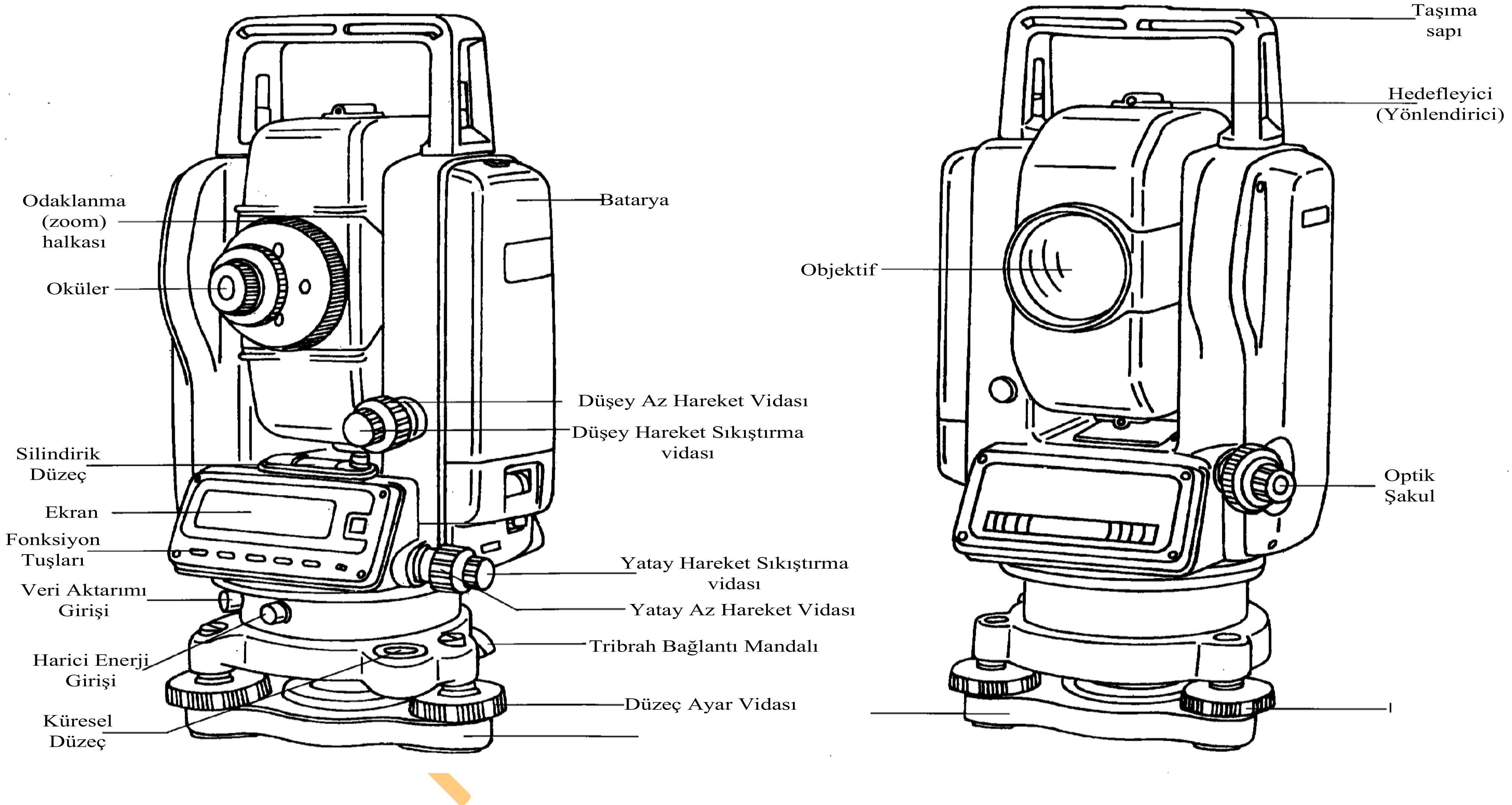
Yatay Az Hareket Vidası: Yatayda sıkıştırma yapılan takeometrenin hedefteki objeye, yatayda daha hassas hedefleme yapmak i için kullanılan vidadır.

Düşey Hareket Sıkıştırma Vidası: Koordinatının bulunması için ölçüm yapılacak coğrafik obje kesin hedefte görünüyorsa, takeometrenin düşeyde hareket etmemesi için kullanılan sabitleyicidir. Bazı marka takeometrelerde sıkıştırma yoktur.

Düşey Az Hareket Vidası: düşeyde sıkıştırma yapılan takeometrenin hedefteki objeye, düşeyde daha hassas hedefleme yapmak için kullanılan vidadır.

Tribrah: Takeometrenin üst yapısına bir mandal ile kilitlenen alt yapıdır. Tribrah, takeometrenin alet sehpasına vida ile birleştirilmesi için kullanılır.

Düzeç Ayar Vidaları: Tribrahın alt kısmına sabitlenen ve silindirik düzecin düzeçlenmesinde kullanılan ayar vidalarıdır. 3 adet ayar vidası vardır.

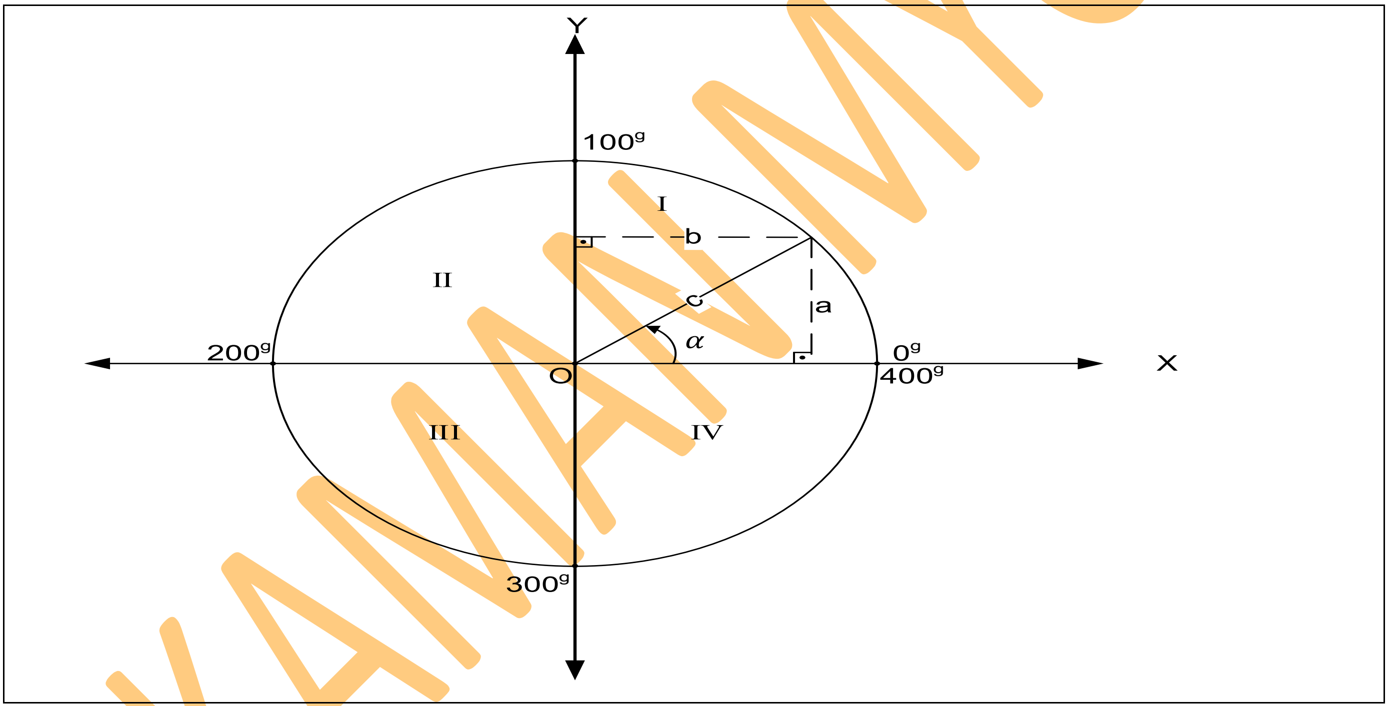

Taşıma sapı
Hedefleyici (Yönlendirici)
Odaklanma (zoom) halkası
Batarya
Objektif
Oküler
Düşey Az Hareket Vidası
Düşey Hareket Sıkıştırma vidası
Silindirik Düzeç
Optik Şakul
Ekran
Fonksiyon Tuşları
Yatay Hareket Sıkıştırma vidası
Veri Aktarımı Girişi
Yatay Az Hareket Vidası
Tribrah Bağlantı Mandalı
Harici Enerji Girişi
Düzeç Ayar Vidası
Küresel Düzeç

Şekil 54

Yatay Düzlemde Eksenlerin durumu ve Birim dairedeki Açı Bölgeleri

Şekil 55 **geometride tanımlanan** 2 boyutlu kartezyen koordinat sisteminin (yatay düzlem) tasviri bulunmaktadır. Önceki konularda bahsedildiği gibi, X – Y eksenleri ile tanımlanan yatay düzlemde yatay açı, X ekseninden başlayıp Y eksenine doğru artmaktadır. Birim daire içindeki açı bölgeleri de bu açı artış yönüne göre belirlenir. Bu bölgeler Şekil 55 tasvirine göre:

- $0^g - 100^g açı\ aralığında\ \rightarrow I.Bölge,$
- $100^g - 200^g\ açı\ aralığında \rightarrow II.Bölge,$
- $200^g - 300^g\ açı\ aralığında \rightarrow III.Bölge,$
- $300^g - 400^g\ açı\ aralığında \rightarrow IV.Bölge$ olduğu görülmektedir.



Şekil 55

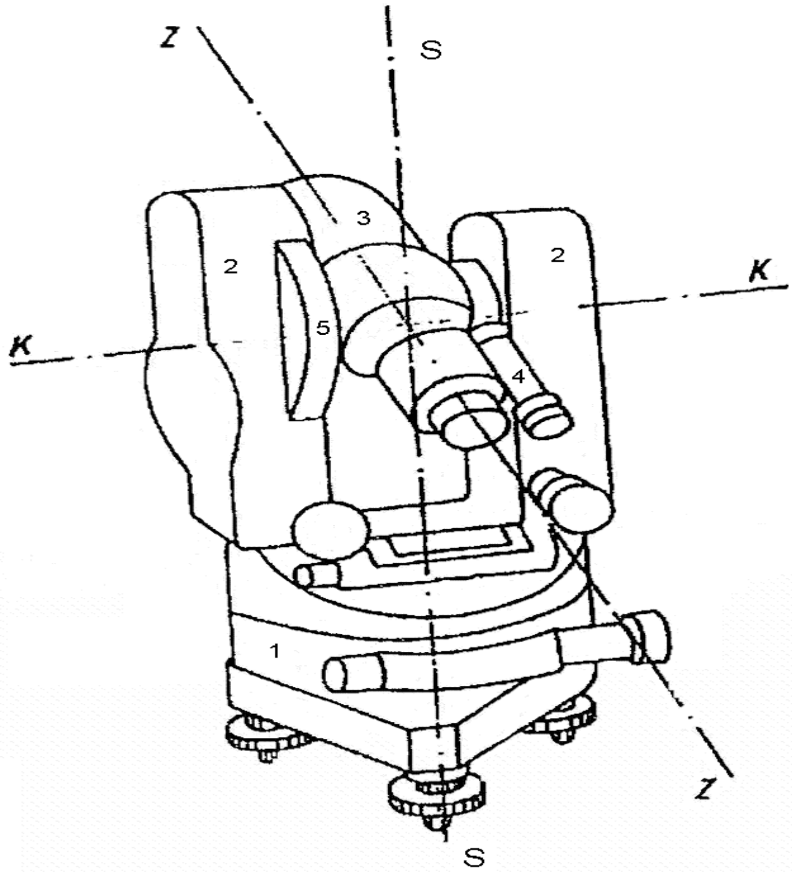
Şekil 56 yatay ve düşey açıların belirlenmesinde kullanılan elektronik takeometre (Teodolit) ölçüm aletinin tasviridir. Bu tasvirde takeometre yatayda ve düşeyde düzeçlendiği kabul edilmektedir. Şekil 56'ye göre düzeçlenen takeometre:

- S ekseni: Asal eksen (Düşey eksen). Noktadan geçen *Z* ekseni ile çakışır.
- K ekseni: Muylu eksen (Yatay Eksen). Ölçüm aletinin kurulduğu noktadan geçen X – Y yatay düzlemine paralel olan düzlemin geçtiği eksendir.
- Z ekseni: Yöneltme ekseni. Dürbün ile hedeflenen noktaya olan ışının oluştuğu eksen.

- S ve K ekseni arasında diklik şartı vardır. $S \perp K$
- Z ve K ekseni arasında diklik şartı vardır. $Z \perp K$

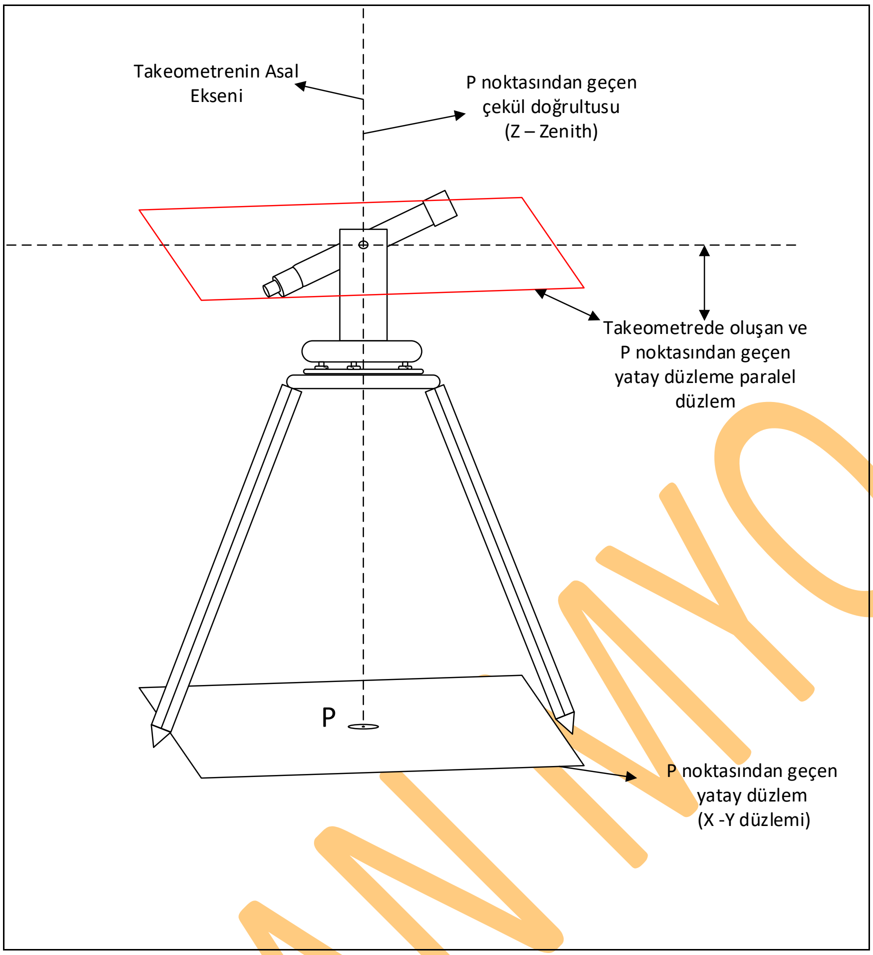
Takeometre, S ekseni etrafında döndüğünde yatay açı değeri değişir. Takeometre dürbünü, K ekseni etrafında döndüğünde, düşey açı değeri değişir.

Yöneltme ekseni (Şekil 56 Z ekseni) ile asal eksen (Şekil 56 S ekseni) çakışık durumda olduğunda **düşey açı değeri** 0^g (sıfır grad) veya 400^g olur ve dürbün K ekseni etrafında aşağı yönlü döndükçe düşey açı değeri artar. S ile Z ekseni dik olduklarında düşey açı değeri 100^g veya 300^g olur.



Şekil 56

Takeometre yatay ve düşey eksende düzeçleme işlemi yapılmış olduğu kabul edildiğinde: K ekseninde takeometrenin kurulu olduğu noktadan (Şekil 53 P noktası) geçen yatay düzleme paralel bir düzlem oluşur (Şekil 57).

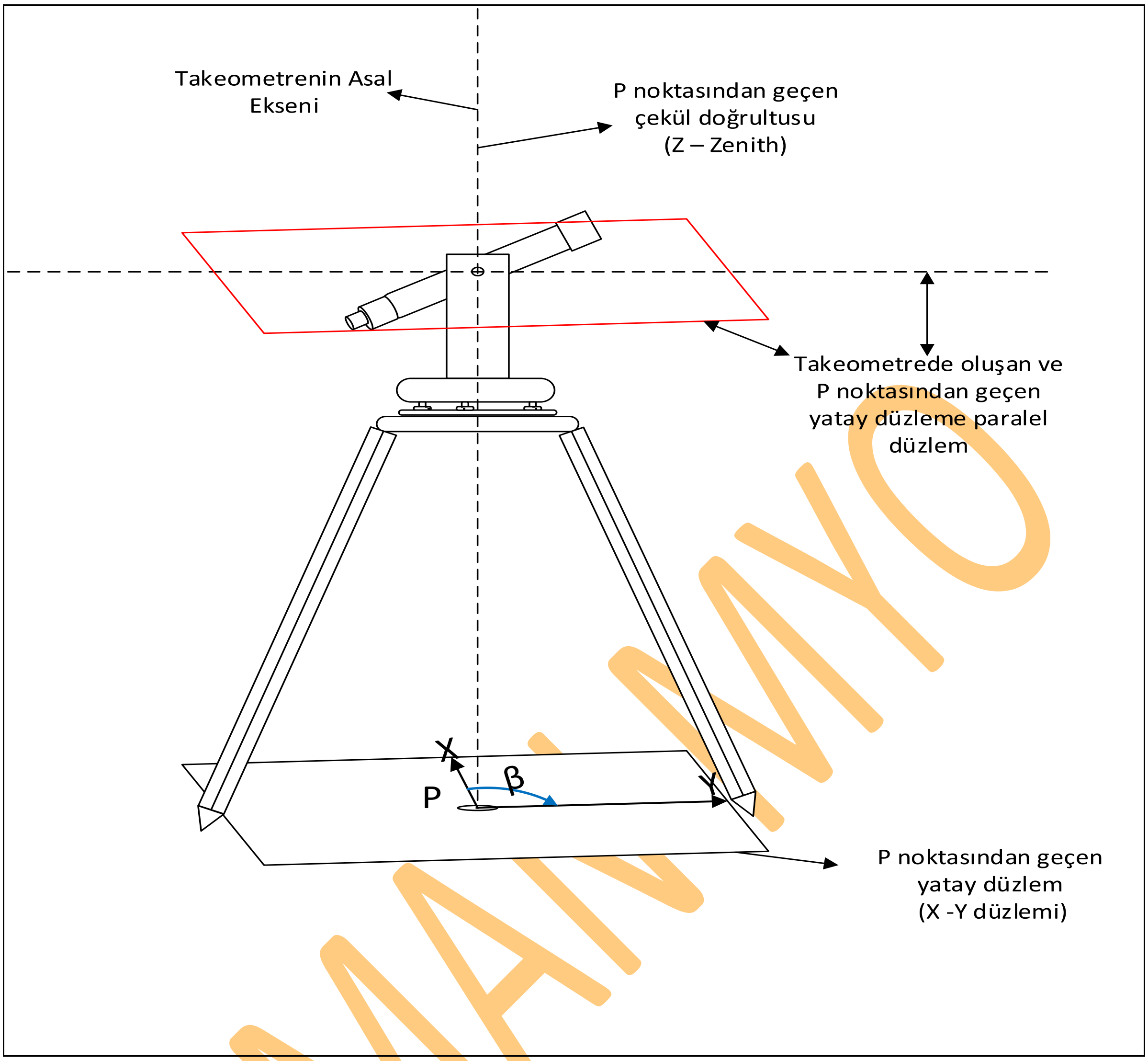


Şekil 57

Eğer yatay açı değeri, asal eksen etrafında **saat yönünde dönünce artıyorsa, geometride kullanılan yatay düzlem kullanılamaz**. **Çünkü geometrideki X – Y koordinat sisteminde açı artış yönü saatin tersi yönündedir. Bu sorunu çözmek için X ile Y eksenlerinin yer değiştirilmesi yeterli olacaktır. Tek bilinmesi gereken açı artış yönü X eksininden Y eksenine doğru olduğudur.**

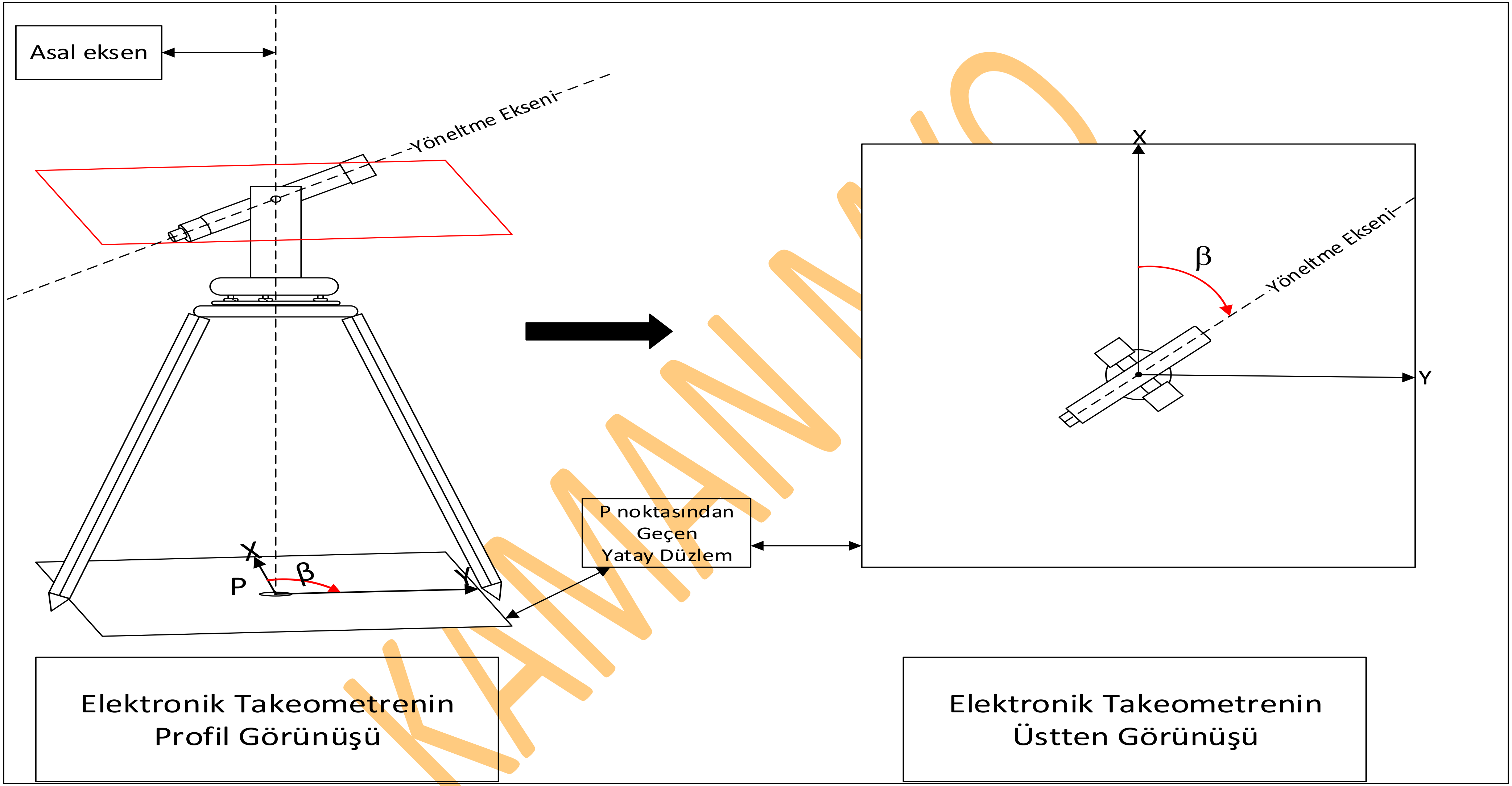
Harita yapımı için yapılan yersel ölçümlerdeki yatay ve düşey açı okumalarında, ölçüm aletleri (genelde) asal eksen (Şekil 56*S* ekseni) etrafında **saat yönünde döndüğünde yatay açı değeri artar**.

Şekil 58 elektronik takeometrenin kurulduğu *P* noktasındaki yatay düzlemin X – Y eksenlerinin durumunun tasviridir. Şekil 58 *P* noktasındaki yatay düzlemde β yatay açısı X ekseninden Y eksenine doğru artmakta ve yatay açı artış yönü saatin artış yönüyle aynıdır.



Şekil 58

Elektronik takeometre (veya teodolit), yatay düzlemde saat yönünde döndüğünde yatay açı arttığı için yatay düzlemdeki X ve Y yönlerinin yerlerinin değiştiğini ama açı artış yönünün değişmediği (X ekseninden Y eksenine doğru yatay açı artar) bu konuda anlatıldı. Eksenlerinin yönünün değişmesi ile birim dairedeki yönler ve trigonometrik fonksiyonların durumları konu devamında incelenmiştir.

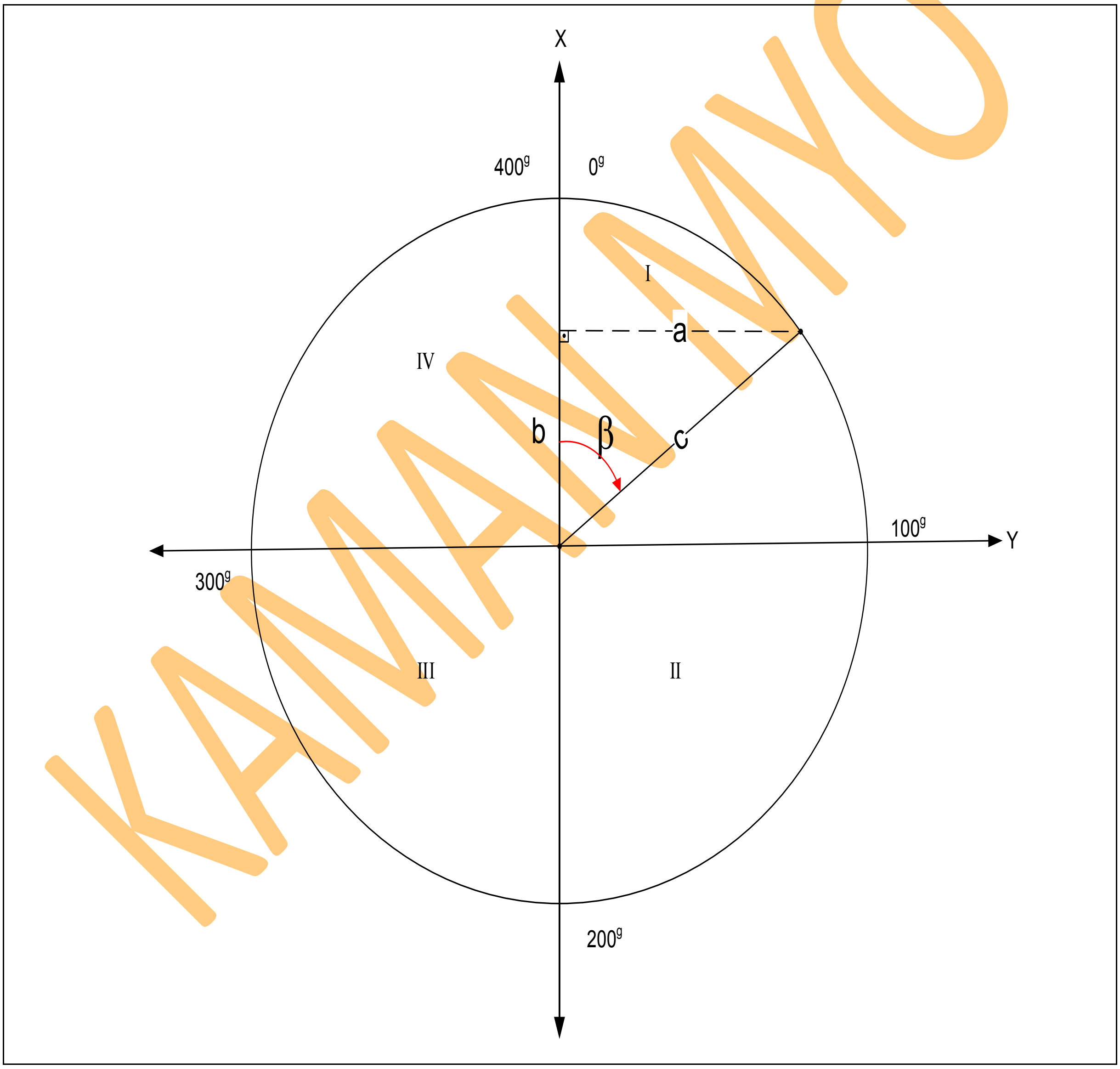


Asal eksen
Yöneltme Ekseni
X
P
β
Y
P noktasından
Geçen
Yatay Düzlem
X
β
Yöneltme Ekseni
Y
Elektronik Takeometrenin
Profil Görünüşü
Elektronik Takeometrenin
Üstten Görünüşü

Şekil 59

Şekil 59 elektronik takeometrenin üzerine kurulduğu *P* noktasından geçen yatay düzlemdeki X – Y eksenlerinin durumunun tasviri vardır. Şekil 59 sol tasvir, takeometrenin *P* noktasına üzerindeyken profil görüntüsünü; sağ tasvir ise takeometre *P* noktası üzerindeyken üstten görünüşü vermektedir. Takeometrede açı saat yönünde arttığı için yatay düzlemdeki X – Y eksenlerinin yönlerinin değişimi ve yatay açının artışı Şekil 59'de görülmektedir.

Şekil 60 yönleri değişmiş olan X – Y yatay düzleminde trigonometrik fonksiyonları ifade etmek için tasvirdir.



Şekil 60

Trigonometrik ifadeleri, Şekil 60 temel alarak incelendiğinde:

$$\sin(\beta) = \frac{a}{c} \qquad \cos(\beta) = \frac{b}{c} \qquad \tan(\beta) = \frac{b}{c}$$

$$\tan(\beta) = \frac{b}{c} \qquad \operatorname{cosec}(\beta) = \frac{c}{a} \qquad \sec(\beta) = \frac{c}{b}$$

$$\tan(\beta) = \frac{1}{\cot(\beta)} \qquad \sin^2(\beta) + \cos^2(\beta) = 1$$ şeklinde olmalıdır.

Alttaki tabloda trigonometrik fonksiyonların grad açı biriminde, yatay düzlem üzerindeki birim dairenin bölgelere göre aldığı sonuç değerlerin işaretleri gösterilmiştir.

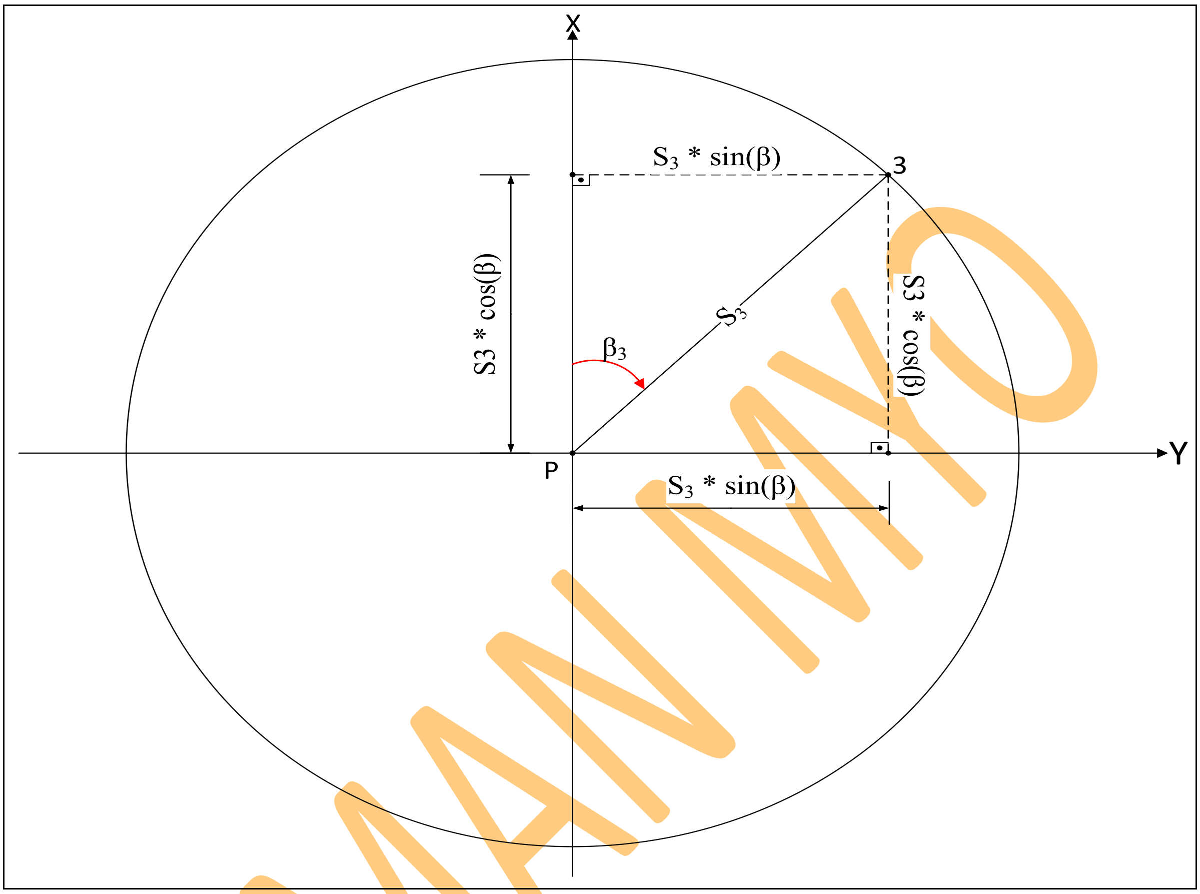
Trigonometrik Fonksiyon	$0^g - 100^g$ (I. Bölge)	$100^g - 200^g$ (II. Bölge)	$200^g - 300^g$ (III. Bölge)	$300^g - 400^g$ (IV. Bölge)
sin	+	+	-	-
cos	+	-	-	+
tan	+	-	+	-
cot	+	-	+	-

Trigonometrik bir fonksiyonun alacağı değerin pozitif veya negatif değer alacağı değerleri **ezberlenmemelidir.** Yapılması gereken trigonometrik fonksiyonların birim daire üzerindeki işlevlerini incelemek yeterli olacaktır. X ekseni üzerindeki değerler cosinüs, Y ekseni üzerindeki değerler Sinüs trigonometrik fonksiyonu yardımı ile bulunmaktadır. Fonksiyonların 4 bölgede de gösterimi takip eden şekillerde gösterilecektir.

Şekil 61 P başlangıç noktasından S_3 mesafe uzaklıktaki 3 numaralı noktanın yatay düzlemdeki koordinatlarının sinüs ve cosinüs fonksiyonları ile bulunmasına dair tasvir vardır. Koordinatların bulunması için β_3 semt açısına[3] (yatay açı) ihtiyaç vardır. Şekil 61 incelendiğinde mesafe ve semt açısı kullanılarak, noktanın X ve Y ekseni üzerindeki izdüşümleri ile oluşan X_3 koordinat değer ve Y_3 koordinat değeri bulunmuştur. Koordinatlar, X ve Y ekseni üzerinde orijin noktasına (Şekil 61 P noktası) olan mesafedir. Bulunan:

[3] Semt açısı, Temel Ödevler başlığı altında anlatılmıştır.

$Y_3 = S_3 * \sin(\beta_3)$ ve $X_3 = S_3 * \cos(\beta_3)$ koordinatları sonuçları mesafe olarak bulunur. Sinüs trigonometrik fonksiyonu Y_3; cosinüs trigonometrik fonksiyonu X_3 koordinatını bulmakta kullanılmıştır.



Şekil 61

X ve Y eksenlerinin yerleri değiştiğinde trigonometrik fonksiyonların X – Y yatay düzlemindeki durumlarını incelemek için ve yapılacak bazı hesaplamalarda bölgelerin daha kolay anlaşılması için, sonraki konu başlıklarında yatay düzlemdeki dört bölgedeki durum ayrı ayrı incelenecektir.

Yatay Düzlemde Birinci Bölge

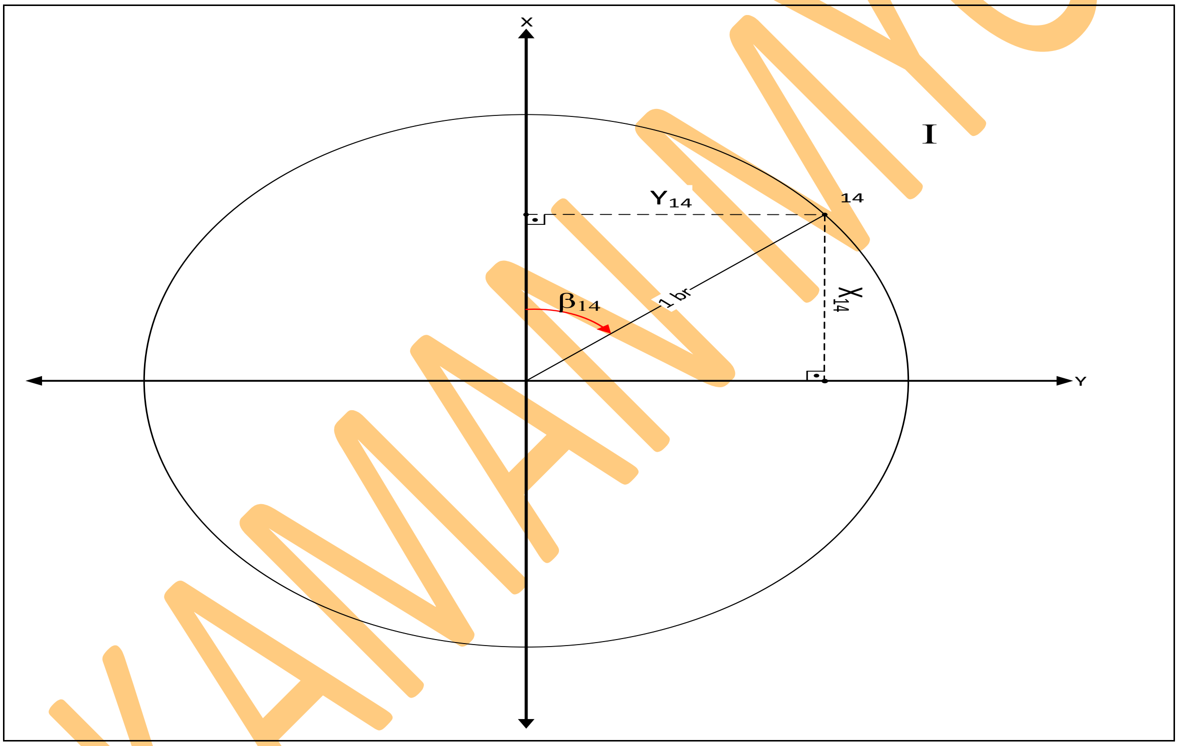
Birinci bölge incelemesi diğer bölgelere birer örnek oluşturacaktır. Yatay düzlem merkezine yerleştirilmiş birim daire (yarıçapı 1 birim = 1 cm = 1 m =…) üzerinde inceleme yapılacaktır. Her bölge için ayrı çizim yapılmıştır. Bölge incelenirken birim daire üzerinde bir noktanın incelemesi yapılacak şekilde bir nokta belirlenmiştir.

Şekil 62 14 numaralı noktadan X ve Y eksenlerine dikler inildiğinde, her bir eksenin pozitif kısmını mı yoksa eksenin negatif kısmını mı kestiği belirlenmelidir. Bu sayede trigonometrik fonksiyonun o bölgede alacağı bir açı değeriyle, vereceği sonucun negatif veya pozitif olacağı bulunabilir. Şekil 62'e göre 14 numaralı noktadan inilen dikler X ekseninin ve Y ekseninin pozitif kısmını kestiği görülmektedir. O takdirde kosinüs ve sinüs fonksiyonlarının geriye döndürdüğü değer pozitif olacaktır.

$0^g \leq \beta_{14} \leq 100^g$

$\sin(\beta_{14}) = \dfrac{Y_{14}}{1\ br} = Y_{14}$

$\cos(\beta_{14}) = \dfrac{X_{14}}{1\ br} = X_{14}$



Şekil 62

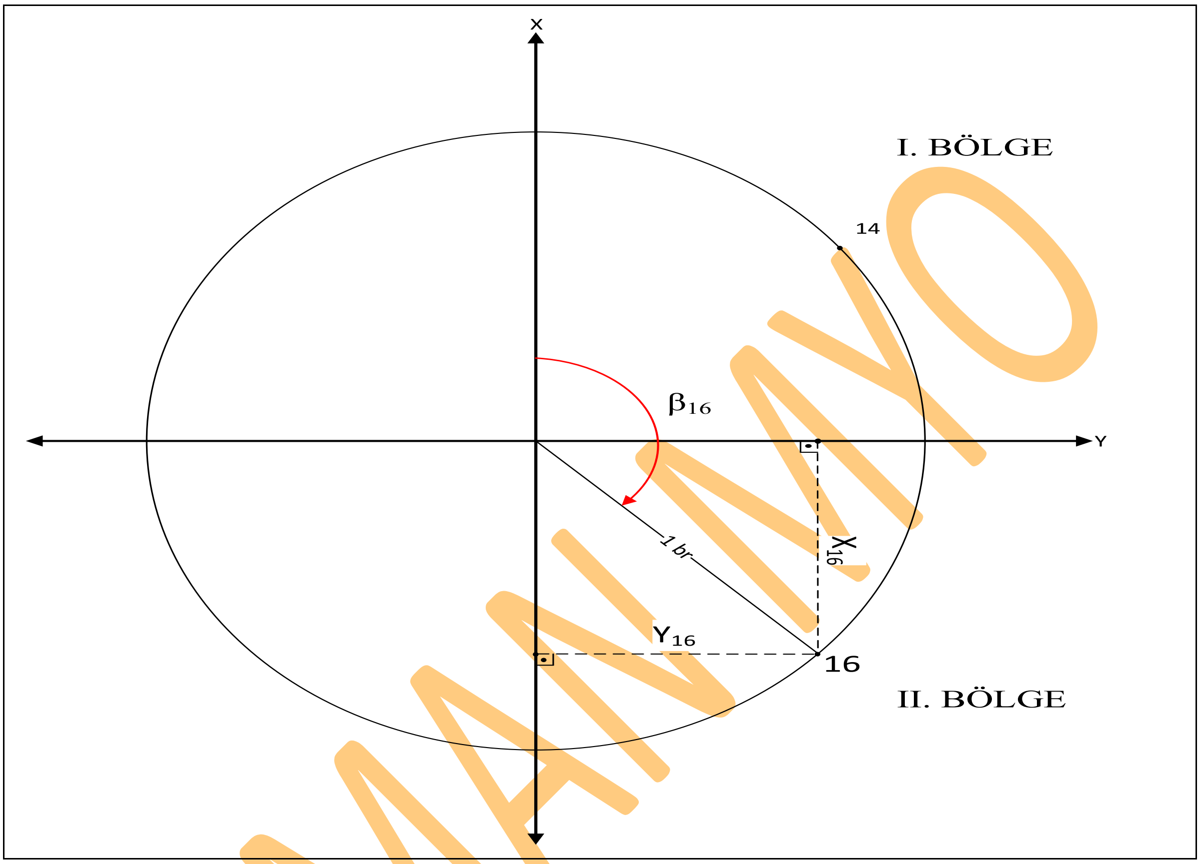
Yatay Düzlemde ikinci Bölge

Şekil 63'de ikinci bölgeye denk gelen 16 numaralı noktadan X ve Y eksenlerine dikler inildiğinden X ekseni negatif kısmından kesilmektedir, bu yüzden kosinüs trigonometrik fonksiyonunun geriye döndürdüğü değer negatif olacaktır. Y ekseni ise pozitif kısmında kesilmektedir, sinüs fonksiyonunun geriye döndürdüğü değer pozitif olacaktır.

$100^g \leq \beta_{16} \leq 200^g$

$$\sin(\beta_{16}) = \frac{Y_{16}}{1\ br} = -Y_{16}$$

$$\cos(\beta_{16}) = \frac{X_{16}}{1\ br} = X_{16}$$



Şekil 63

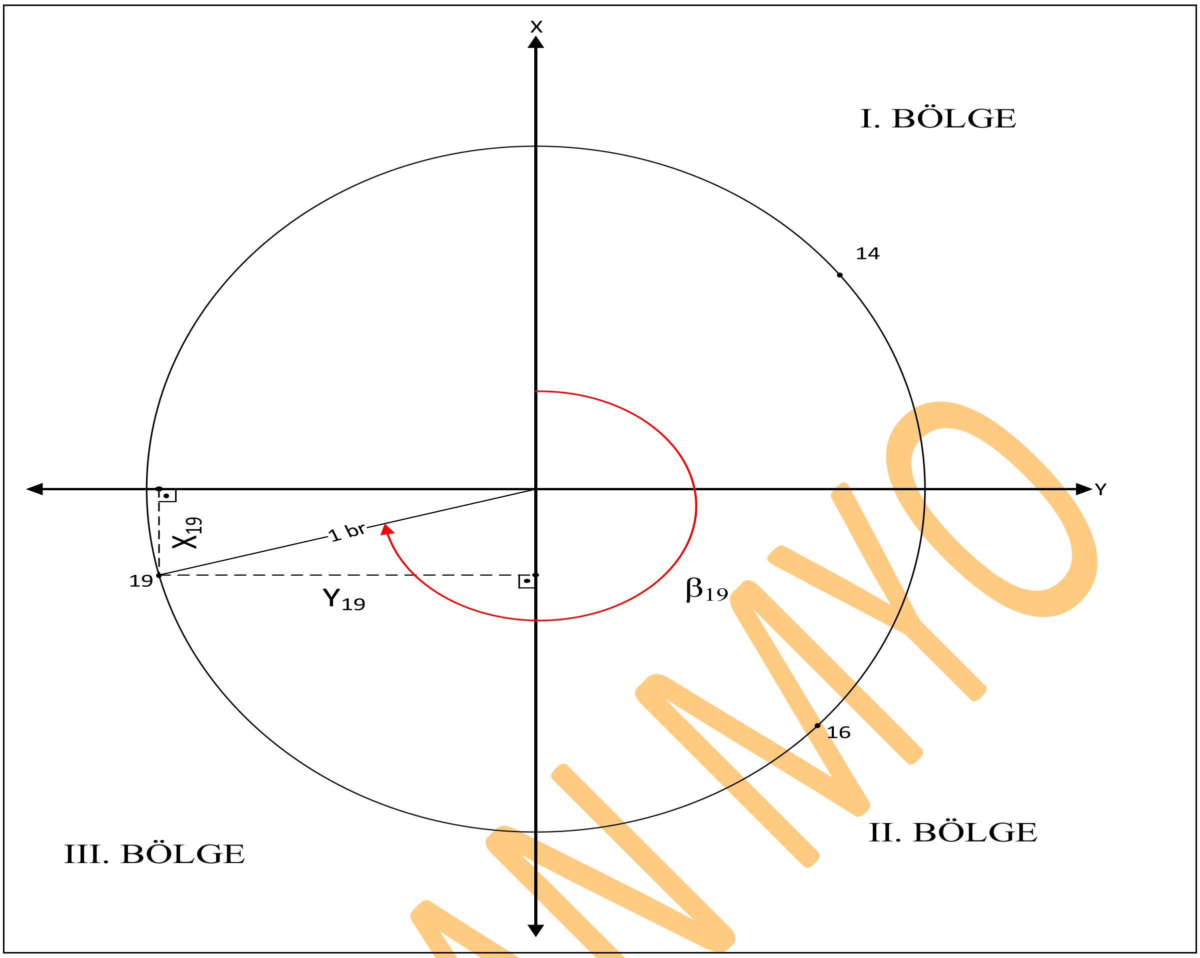
Yatay Düzlemde Üçüncü Bölge

Şekil 64 incelendiğinde üçüncü bölgeye denk gelen 19 numaralı noktadan X ve Y eksenlerine dikler inildiğinde, dik X eksenini negatif kısımda kesmektedir. Bu sebepten kosinüs trigonometrik fonksiyonunun geriye döndürdüğü değer negatif olacaktır. Dik Y eksenini negatif kısımda kesmektedir, sinüs fonksiyonunun geriye döndürdüğü değer de negatif olacaktır.

$$200^g \leq \beta_{19} \leq 300^g$$

$$\sin(\beta_{19}) = \frac{Y_{19}}{1\ br} = -Y_{19}$$

$$\cos(\beta_{19}) = \frac{X_{19}}{1\ br} = -X_{19}$$



Şekil 64

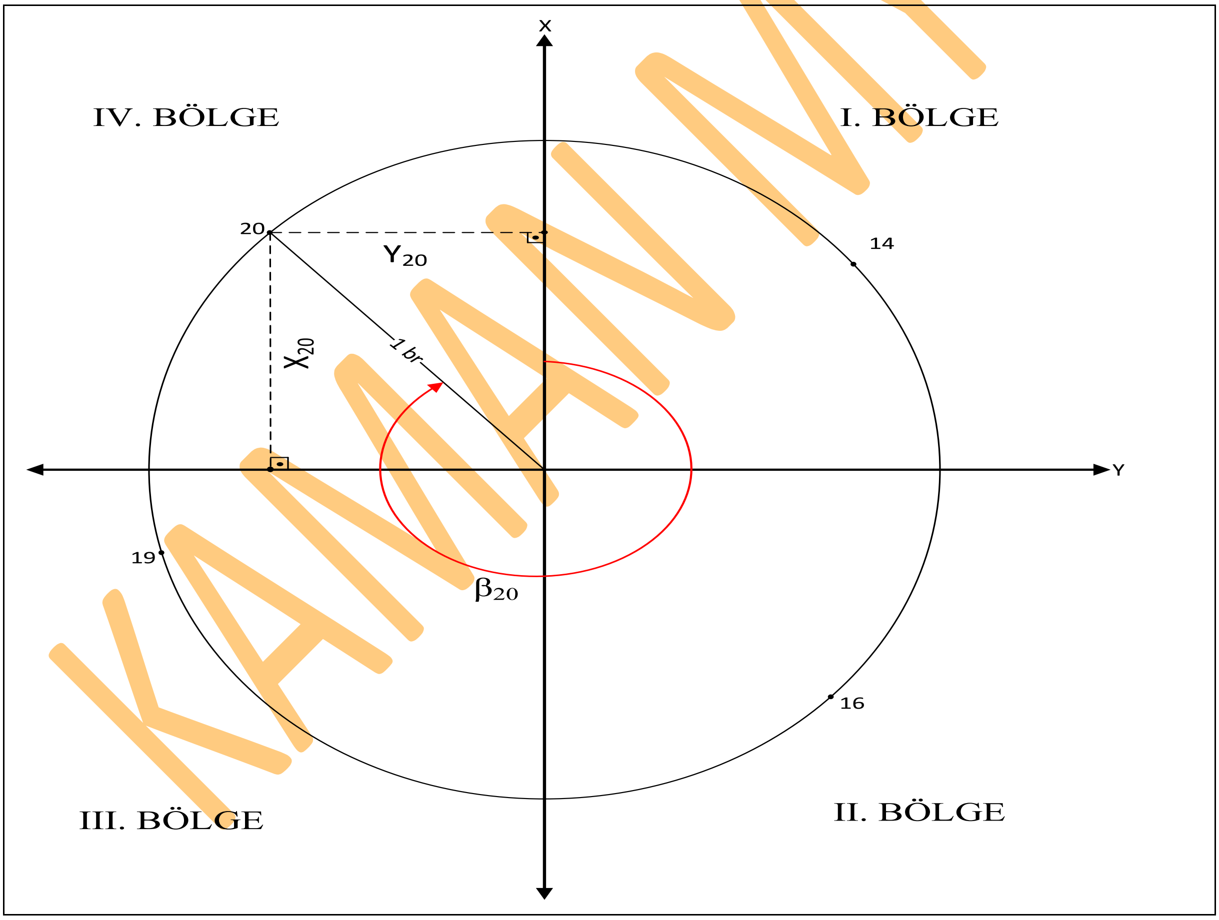
Yatay Düzlemde Dördüncü Bölge

Şekil 65 incelendiğinde dördüncü bölgeye denk gelen 20 numaralı noktadan X ve Y eksenlerine dikler inildiğinde, dik X eksenini pozitif kısmında kesmektedir, bu yüzden kosinüs trigonometrik fonksiyonunun geriye döndürdüğü değer pozitif olacaktır. Dik Y eksenini negatif kısımda kesmektedir, sinüs fonksiyonunun geriye döndürdüğü değer negatif olacaktır.

$$300^g \leq \beta_{20} \leq 0^g$$

$$\sin(\beta_{20}) = \frac{Y_{20}}{1\ br} = -Y_{20}$$

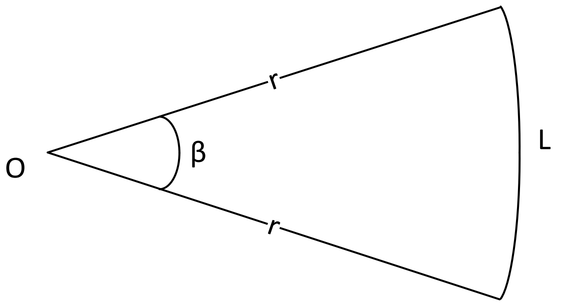
$$\cos(\beta_{20}) = \frac{X_{20}}{1\ br} = +X_{20}$$



Şekil 65

Dördüncü bölgede dikkat edilirse, trigonometrik fonksiyonların alabileceği değer aralığı $300^g \leq \alpha \leq 0^g$. En büyük değer 400^g değildir. Birim dairede 0^g açısından itibaren saat yönünde açı değeri arttırıldığında, 399^g değerindeki açıdan sonra tekrar başlangıç açısı olan 0^g değerindeki açıya ulaşılır.

Konunun devamında bazı trigonometrik fonksiyonların açı eşitlikleri vardır. π sembolü, radyan birimindeki açı değerinin karşılığı olarak eşitliklerde kullanılmıştır.



L: Yay boyu

r: yarıçap değeri

$$\beta = \frac{L}{r}$$

β radyan cinsinden değeri verecektir. Eğer yay boyu (L) değeri yarıçap değerine (r) eşit olursa açının radyan olarak değeri 1 R (1 radyan) olur. Birim daireyi ele aldığımızda Şekil 65'de ki gibi gözükmektedir. Gösterilen eşitliklerde, π yerine açı olarak 180° veya 200^{g} ve α değeri olarakda $0^{\circ} \leq \alpha \leq 180^{\circ}$ veya $0^{g} \leq \alpha \leq 200^{g}$ aralığındaki değerleri kullanarak denemeler yapabilir ve eksen değişikliğinin sonuçları sınanabilir. **Önemli olan açının artış yönünün X ekseninden Y eksenine doğru olduğudur.**

Açı birimleri arasındaki dönüşümde aşağıdaki orantının kullanılacağı unutulmamalıdır.

$$\frac{D}{360} = \frac{R}{2\pi} = \frac{G}{400}$$

$\sin\left(\frac{\pi}{2} + \alpha\right) = \cos(\alpha)$ $\quad$ $\sin(\pi - \alpha) = \sin(\alpha)$

$\cos\left(\frac{\pi}{2} + \alpha\right) = -\sin(\alpha)$ $\quad$ $\cos(\pi - \alpha) = -\cos(\alpha)$

$\tan\left(\frac{\pi}{2} + \alpha\right) = -\cot(\alpha)$ $\quad$ $\tan(\pi - \alpha) = -\tan(\alpha)$

$\cot\left(\frac{\pi}{2} + \alpha\right) = -\tan(\alpha)$ $\quad$ $\cot(\pi - \alpha) = -\cot(\alpha)$

$\sin(3\pi/2 - \alpha) = -\cos(\alpha)$ $\quad$ $\sin(\pi + \alpha) = -\sin(\alpha)$

$\cos(3\pi/2 - \alpha) = -\sin(\alpha)$ $\quad$ $\cos(\pi + \alpha) = -\cos(\alpha)$

$\tan(3\pi/2 - \alpha) = \cot(\alpha)$ $\quad$ $\tan(\pi + \alpha) = \tan(\alpha)$

$\cot(3\pi/2 - \alpha) = \tan(\alpha)$ $\qquad$ $\cot(\pi + \alpha) = \cot(\alpha)$

$\sin(\alpha + \beta) = sin\alpha * cos\beta + \cos\alpha * \sin\beta$

$\cos(\alpha + \beta) = cos\alpha * cos\beta - \sin\alpha * \sin\beta$

$\sin(\alpha - \beta) = sin\alpha * cos\beta - \cos\alpha * \sin\beta$

$\cos(\alpha - \beta) = cos\alpha * cos\beta + \sin\alpha * \sin\beta$

$$\tan(\alpha + \beta) = \frac{tan\alpha * tan\beta}{1 - tan\alpha * tan\beta}$$

$$\cot(\alpha + \beta) = \frac{cot\alpha * cot\beta - 1}{cot\alpha + cot\beta}$$

$$\tan(\alpha - \beta) = \frac{tan\alpha - tan\beta}{1 + tan\alpha * tan\beta}$$

$$\cot(\alpha + \beta) = \frac{cot\alpha * cot\beta + 1}{cot\alpha - cot\beta}$$

$\sin(2\alpha) = 2sin(\alpha)\cos(\alpha)$

$\cos(2\alpha) = \cos(\alpha)^2 - \sin(\alpha)^2$

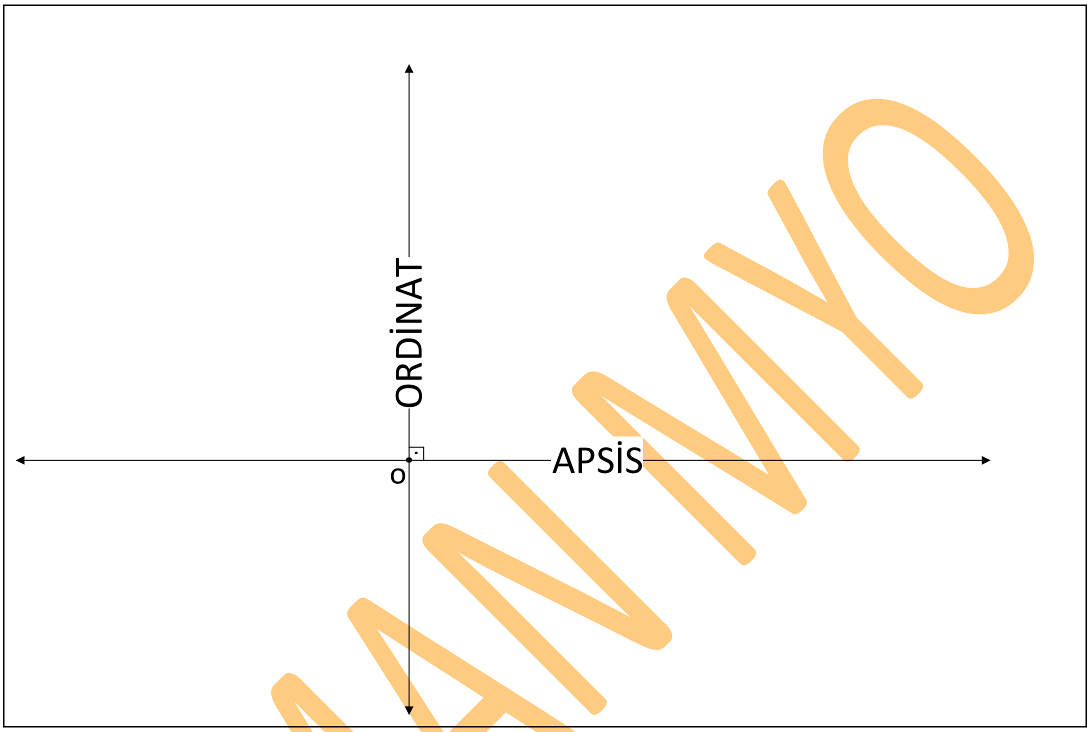
Koordinat sistemleri

Coğrafik objelerin haritaya aktarılması, objelerin detaylarına (köşeleri, kırılma noktları,…) ait koordinatların düzleme aktarılmasıyla oluşur. Obje detaylarına ait koordinatlarının hesaplanması için yapılan ölçümlere **alım** işlemi (ya da sadece alım olarak ifade edilir) denir. Gerektiğinde haritaya aktarılmış olan, obje detayına ait koordinatlar, detayın zemindeki yerinin tespit edilmesi için gereklidir. Obje detayının, koordinatlar yardımıyla zeminde tespiti için yapılan ölçümlere aplikasyon işlemi (ya da sadece aplikasyon olarak ifade edilir) denir. Alım işlemi veya aplikasyon işleminin yapılabilmesi için gerekli detay koordinatları, belirli bir koordinat sistemine göre tanımlanmış olmalıdır. İşlemler kullanılacak ölçüm yöntemi (yersel ölçümler, küresel navigasyon uydu sistemleri ile ölçümler, fotogrametrik yöntemler,…) veya kullanılan ölçüm aletine (elektronik takeometre, GNSS sinyal alıcısı, insansız hava araçları,…) göre farklılık gösterebilir. Seçilecek yöntem veya kullanılacak ölçüm aletinden bağımsız olarak, işlemlerde koordinatları daha önce elde edilmiş sabit noktalara (veya kontrol noktaları) ihtiyaç vardır. Gereken sabit noktaların koordinatları ile alımı veya aplikasyonu yapılacak detayın koordinatı aynı koordinat sisteminde olmalıdır. Yersel ölçüm yöntemlerinde Toposentrik koordinat sistemi kullanılır. Küresel Navigasyon (seyrüsefer) uydu sistemlerinde yapılacak alım ve aplikasyon işlemlerinde (Global Navigation Satellite System – GNSS) Jeosantrik yersel koordinat sistemi kullanır. Koordinat sisteminin seçiminde, haritanın yapılmasında uyulmak zorunda olan yönetmelikler dikkate alınmalıdır. Koordinat sistemleri kendi içlerinde kartezyen koordinat sistemi, kutupsal koordinat sistemi ve coğrafi koordinat sistemleri olarak üçe ayrılır.

Kartezyen Koordinat Sistemi

Fransız Filozof ve matematikçi olan René Descartes, uzaydaki bir noktayı numaralar seti olarak işaretleyebilmeyi ve cebirsel denklemleri iki boyutlu koordinat sisteminde geometrik şekiller olarak göstermeyi (ve tam tersini) sağlayan Kartezyen koordinat sistemini bulmuş ve ismini vermiştir (Makshud, COORDINATE GEOMETRY BOOSTER with Problems & Solutions for JEE Main and Advanced 2017).

Koordinat, bir yüzey üzerinde veya uzayda bir noktanın yerini bulmaya yarayan veridir (Türk Dil Kurumu 2019). Kartezyen koordinat sisteminde bir noktanın düzlem üzerindeki konumu, birbirleriyle dik kesişen (kesiştikleri nokta orijin olarak adlandırılır) koordinat eksenleriyle belirlenir (Makshud, COORDINATE GEOMETRY BOOSTER with Problems & Solutions for JEE Main and Advanced 2017). Bir diğer değişle noktanın yatay konumu, Descartes'in tanımladığı 2 boyutlu Kartezyen koordinat sistemi üzerinde belirlenir. Şekil 66 birbirleriyle dik kesişen eksenlerin oluşturduğu koordinat sistemini tasvir etmektedir. O noktası iki eksenin kesişim yeri olan orijin noktasını temsil eder. Sağa ve sola doğru yön belirten (kuvvet değerleri) eksen ***Apsis***; yukarı ve aşağıya yön belirten eksen ***Ordinat*** olarak adlandırılır. Apsis ekseni orijin noktasından itibaren sağa doğru pozitif değerli şekilde artarken, ordinat ekseni orijin noktasından itibaren yukarı doğru pozitif değerli artış gösterir.



Şekil 66Geometride Kullanılan İki Boyutlu Kartezyen Sistem (Yatay Düzlem)

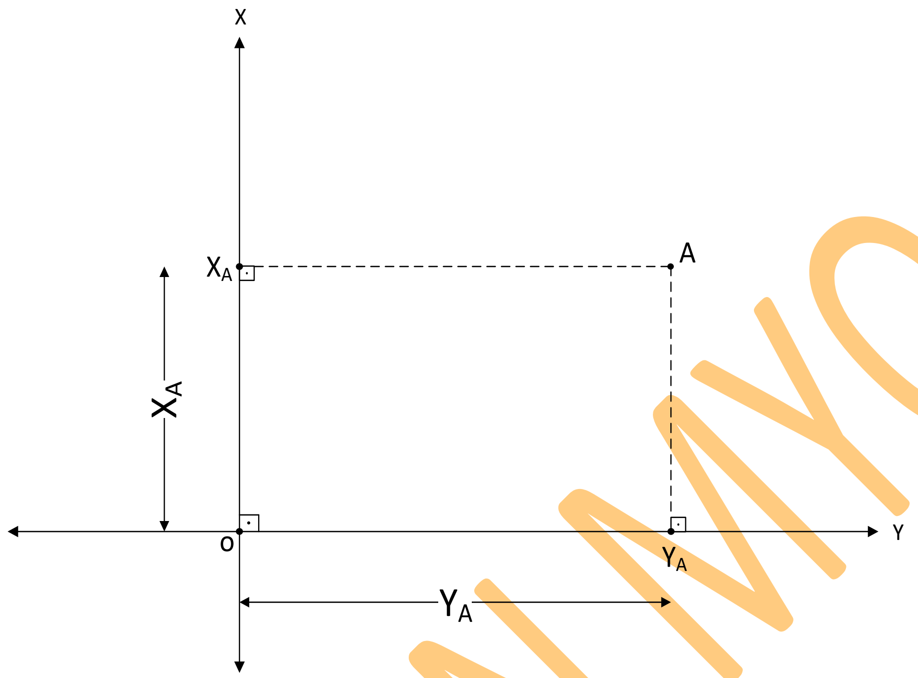
Şekil 67 Geometride kullanılan iki boyutlu Kartezyen koordinat sistemini tasvir etmektedir. Kartezyen kelimesi eksenlerin birbirine dik olmasını ifade eder. İki boyutlu Kartezyen koordinat sistemi aynı zamanda yatay düzlem olarak adlandırılır. Şekil 67 tasvirinde ordinat ekseni Y ile Apsis ekseni X ile gösterilmektedir. Şekil 67 tasvirinde yatay düzlemdeki bir A noktasının konum değerini ifade eden koordinatlar olan X_A ve Y_A değerlerinin, A noktasından eksenlere inilen diklerle oluştuğu görülmektedir. *X_A ve Y_A koordinat değerleri A noktasının her bir eksende orijin noktasına olan uzaklığıdır.* Koordinat değerleri metre uzunluk biriminde ifade edilir.

Şekil 67

Haritacılıkta Kullanılan İki Boyutlu Kartezyen Koordinat Sistemi (Yatay Düzlem)

Şekil 68 Haritacılıkta kullanılan iki boyutlu Kartezyen koordinat sisteminin tasviri vardır. Geometride kullanılan koordinat sisteminden farklı olarak sağa doğru artan koordinatlar *Y* ekseninde; yukarı doğru artan koordinatlar *X* ekseninde gösterilmektedir. Şekil 69 ve Şekil 70. incelendiğinde geometride kullanılan Kartezyen koordinat sistemi ile haritacılıkta kullanılan Kartezyen koordinat sistemi arasındaki fark daha kolay anlaşılacaktır. Harita yapımı için kullanılan elektronik takeometre ölçüm aletlerinde oluşan yatay düzlemdeki yatay açının artışı saat yönünde olduğu için sadece *X* ile *Y* eksenlerinin yönleri değişmiştir. Açı her iki sistemde de X ekseninden Y eksenine doğru artmaktadır.

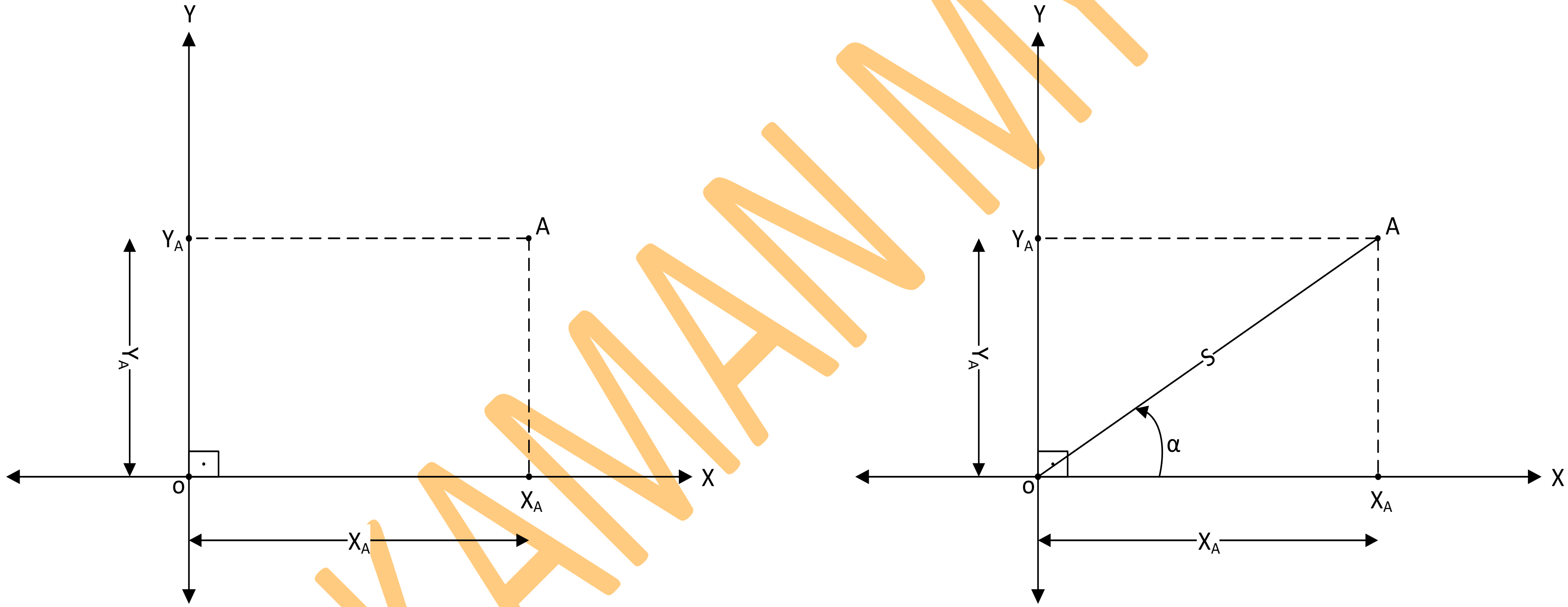
HARİTACILIKTA KULLANILAN İKİ BOYUTLU KARTEZYEN KOORDİNAT SİSTEM (YATAY DÜZLEM)



Şekil 68

Haritacılıkta Kullanılan 2 Boyutlu Kartezyen Koordinat Sisteminin Geometride Kullanılandan Farkı

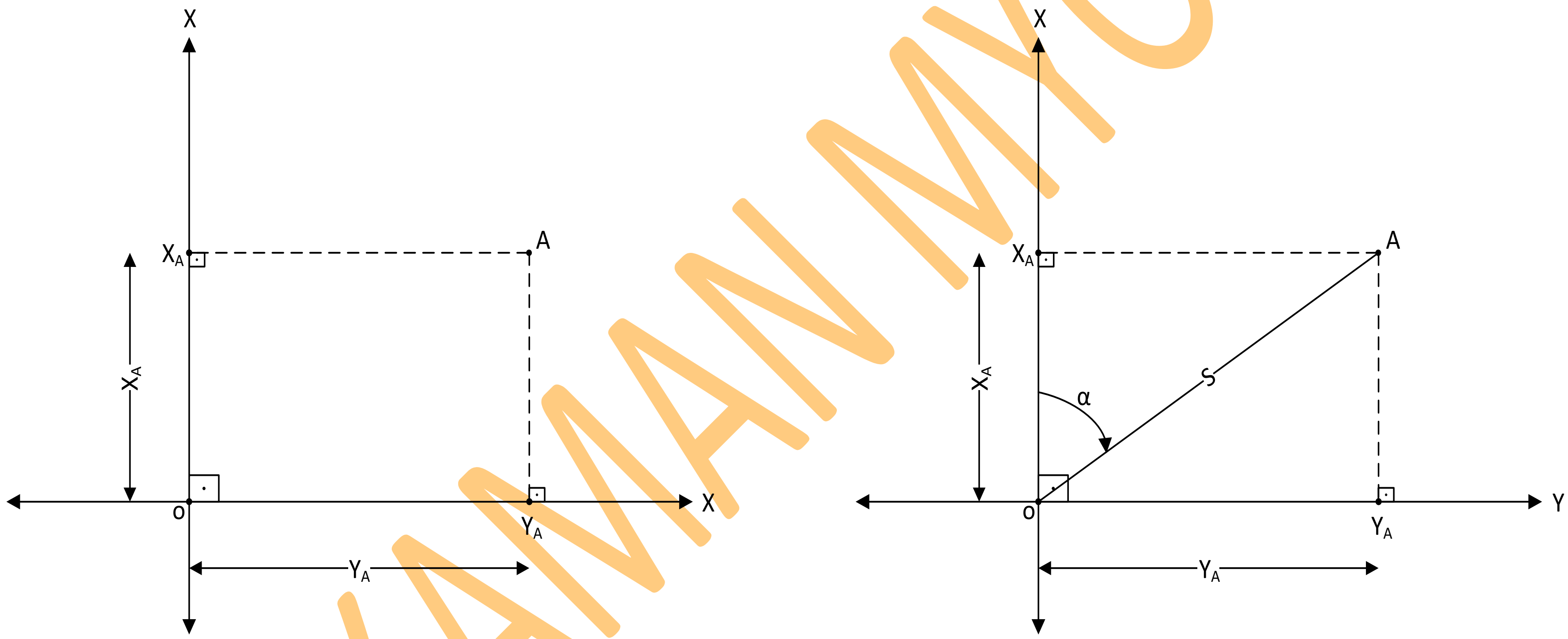
GEOMETRİDE KULLANILAN İKİ BOYUTLU KARTEZYEN KOORDİNAT SİSTEMİ (YATAY DÜZLEM)



Açı saatin ters yönünde X ekseninden Y eksenine doğru artıyor.

Şekil 69

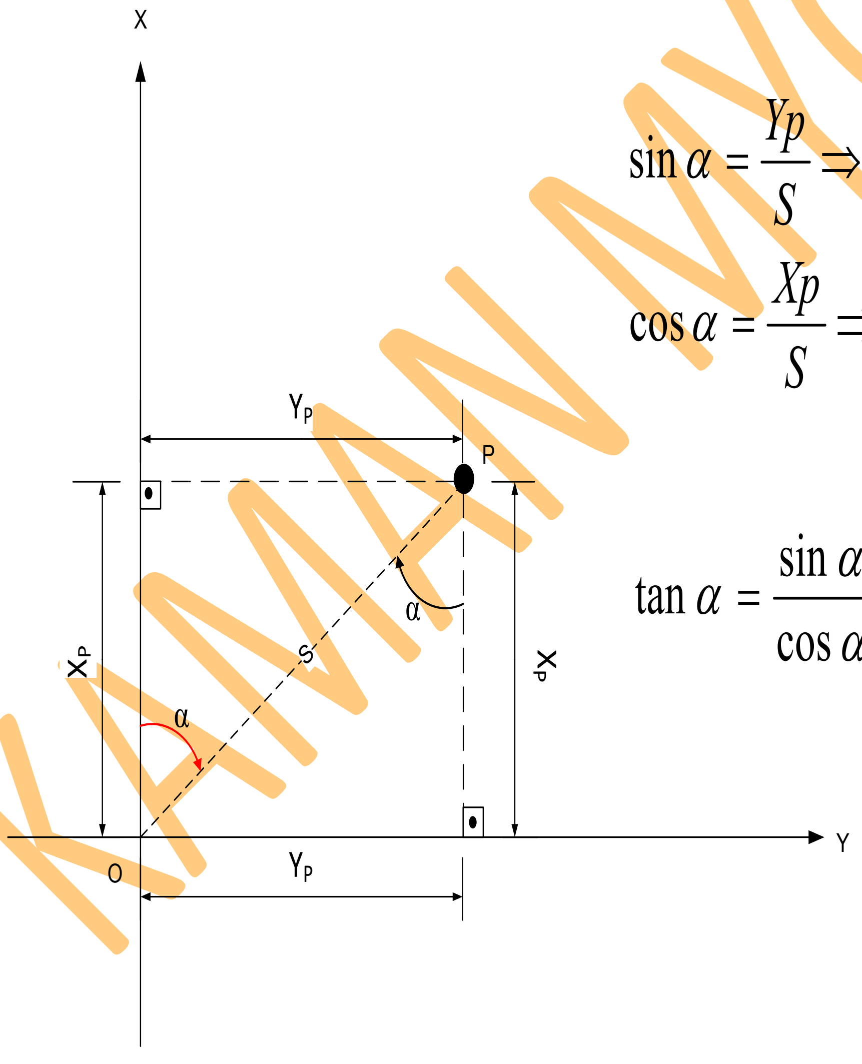
HARİTACILIKTA KULLANILAN İKİ BOYUTLU KARTEZYEN KOORDİNAT SİSTEMİ (YATAY DÜZLEM)



Açı saat yönünde X ekseninden Y eksenine doğru artıyor.

Şekil 70.

2 Boyutlu Kartezyen koordinat Sistemi (2BKKS), X ve Y eksenlerinin oluşturduğu yatay düzlemden oluşur. Yatay Düzlem harita düzlemi üzerinde coğrafik objelerin temsil edilmesinde kullanılan koordinat sistemidir. Coğrafik objelerin birbirine göre mesafe ve açı olarak durumlarının nicel sorgulanmasında, X – Y yatay düzlemindeki koordinatlar kullanılacaktır. Şekil 71'de 2BKKS örneği gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde daha önce bahsedildiği açının artış yönü gösterilmiştir. Açı artış yönü X ekseninden başlayıp Y eksenine doğru artış göstermektedir. Eksenlerin yerlerinin değişiminin, doğrultuların açısal değerlerini bulmak için kullanılan elektronik takeometre aletlerinin, açı artış yönünün saat yönünde olduğundan dolayıdır.



$$\sin\alpha = \frac{Yp}{S} \Rightarrow Yp = S * \sin\alpha$$

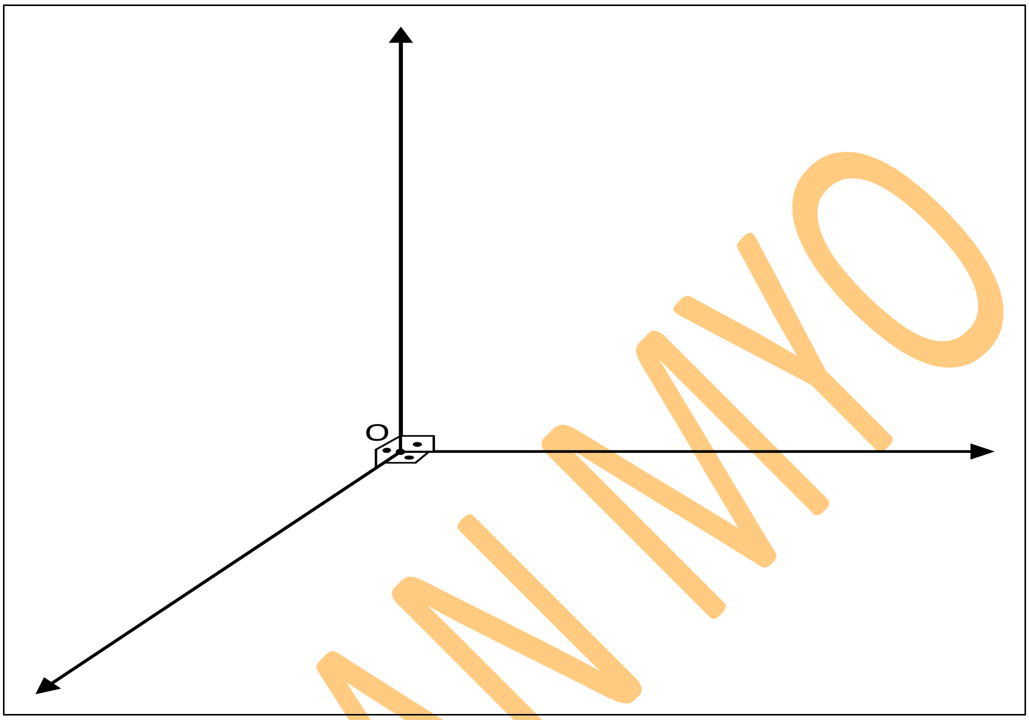
$$\cos\alpha = \frac{Xp}{S} \Rightarrow Xp = S * \cos\alpha$$

$$\tan\alpha = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \frac{\frac{Yp}{S}}{\frac{Xp}{S}} = \frac{Yp}{Xp}$$

Şekil 71

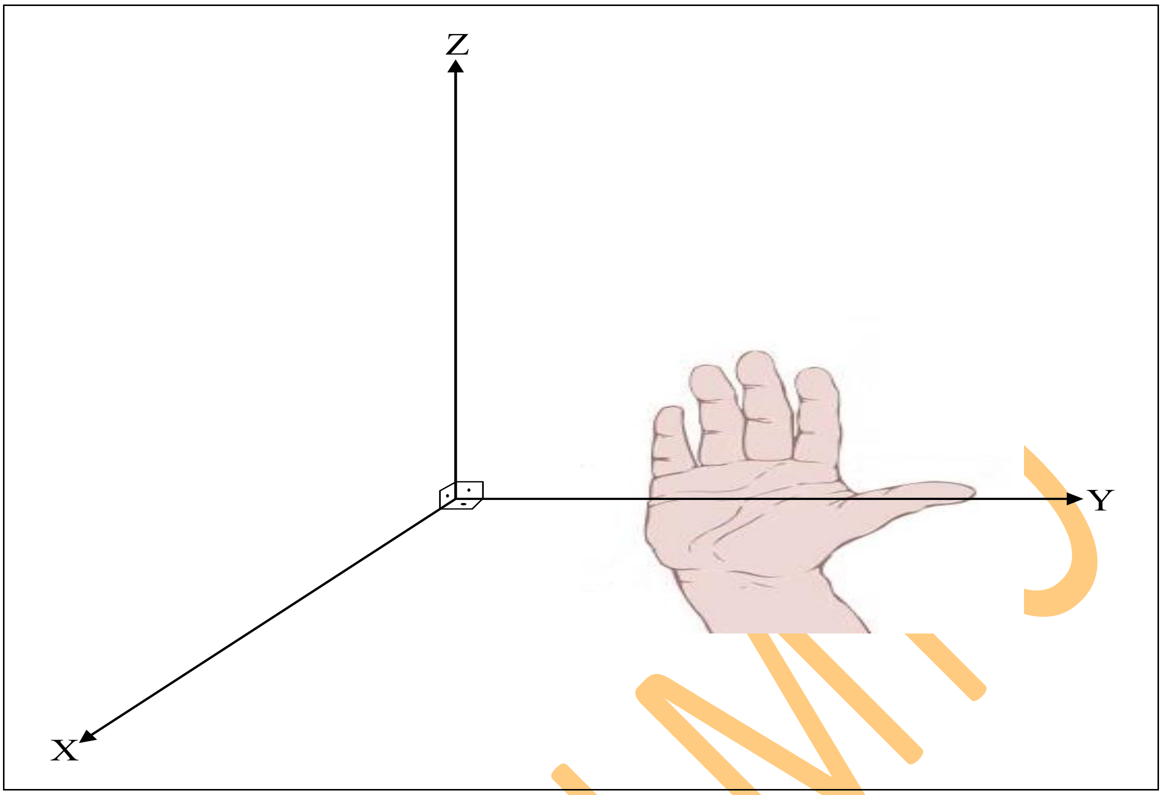
Reference Frame (Referans Çerçevesi - Sistemi) ve 3 Boyutlu Kartezyen Koordinat Sistemi:

Referans çerçevesi, objelerin 3 boyutlu uzaydaki hareketini algılamada kullanılan bir fiziki tabiridir.



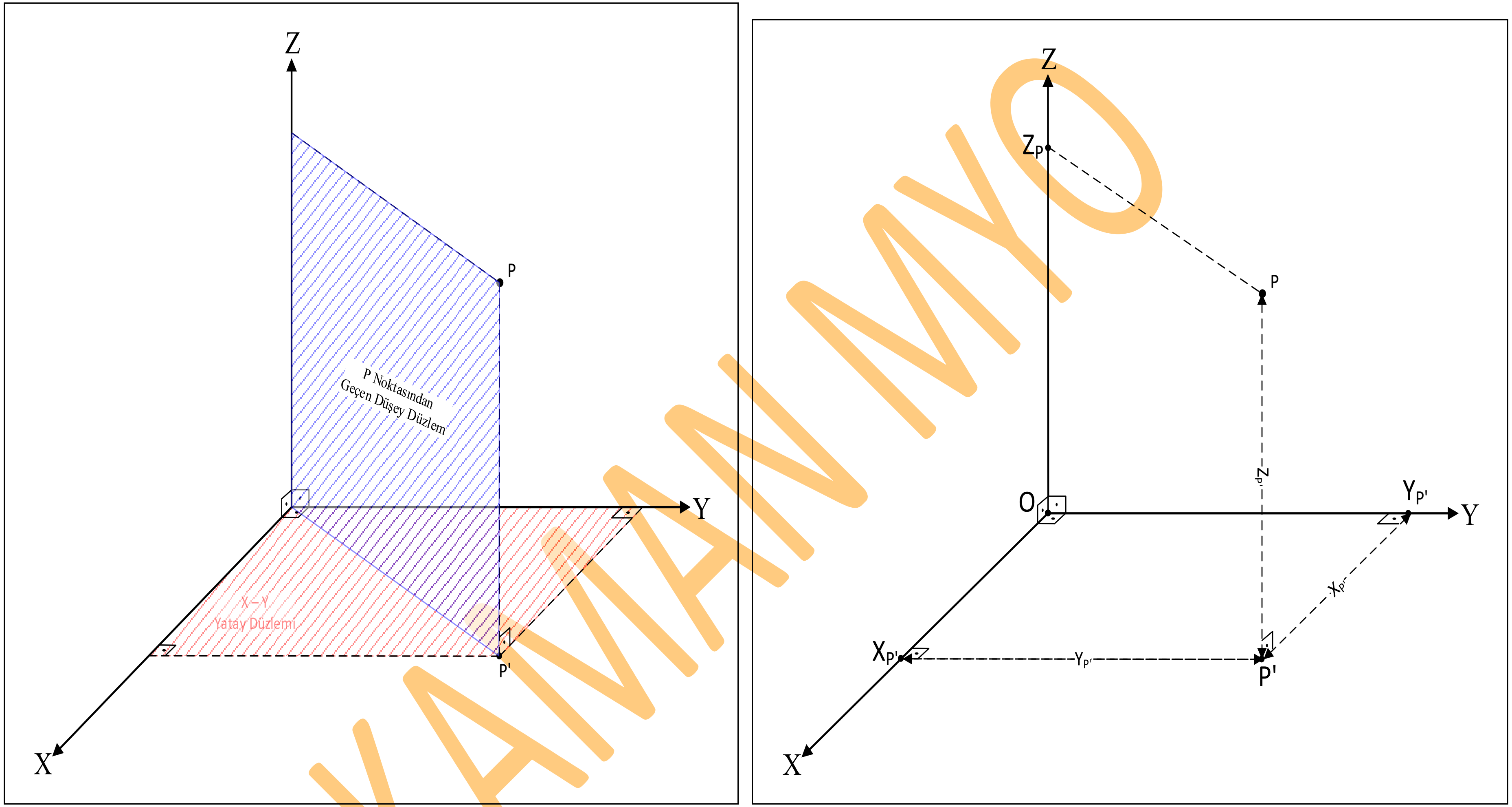
Şekil 72

Coğrafik objeleri sadece 2 boyutlu bir koordinat sistemi (X – Y yatay düzlemi) kullanarak gerçekteki konum değerlerini belirleyemeyiz. Nokta konum değerlerini ifade etmek için 3 boyutlu Kartezyen koordinat sisteminin kullanılması gerekir. Referans çerçevesi 3 boyutlu Kartezyen koordinat sisteminin şeklini oluşturmaktadır. Şekil 72 koordinat sisteminin eksenleri belirtilmeden tasvir edilmiştir. Eksenler sağ el kuralına göre belirlenir. Şekil 73 sağ el kuralına göre referans çatısında koordinat eksenlerinin tanımlanması için kullanımı tasvirdir. *Sağ el kuralına göre, sağ el avuç içi Y eksenini kavrayacak ve sağ el baş parmağı Y ekseni artış yönünü gösterecek şekilde yerleştiğinde diğer eksenlerin artış yönleri belirlenmiş olacaktır*. X ekseni, Y eksenine dik olacak şekilde aynı düzlemde oluşur. Z ekseni X ve Y eksenlerinin kesişim noktası olan O (orijin noktası) noktasından, X ve Y eksenlerinin oluşturduğu yatay düzleme dik olacak şekilde oluşur (Şekil 73). Z ekseni, referans çatısının başlangıç noktasına göre (orijin noktasının dünyanın ağırlık merkezi olması veya ölçüm noktası olmasına göre) düşey doğrultu, Nadir, çekül doğrultusu olarak da adlandırılır.



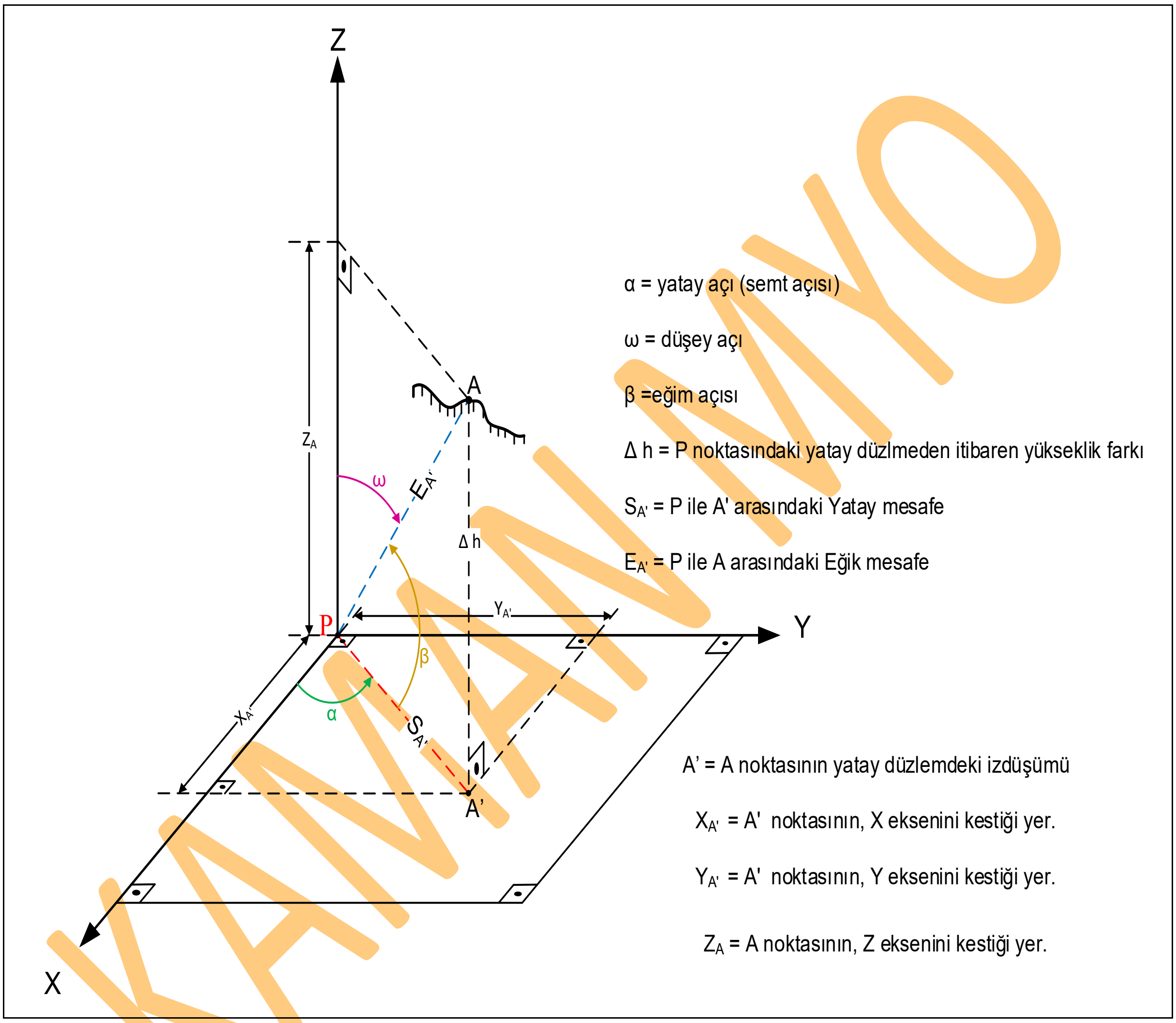
Şekil 73

Şekil 74, 3 boyutlu Kartezyen koordinat sisteminde bir P noktasının koordinatlarının eksenler üzerindeki temsili yapılmıştır. Şekil 74 incelendiğinde koordinat sisteminde P noktasının eksenler üzerindeki koordinatlarını bulabilmek için iki farklı düzlem kullanılmıştır. Z ekseni üzerindeki koordinatı bulabilmek için P noktasından geçen *düşey düzlem* kullanılmıştır. P noktasından geçen düşey düzlemde, P noktasından Z eksenine dik inilmiştir. X ve Y ekseni üzerindeki koordinatları bulabilmek için P noktasından, $X - Y$ eksenlerinin oluşturduğu yatay düzleme dik inilmiş ve yatay düzlemi kestiği nokta olan P' noktasından X ve Y eksenlerine dik inilerek P noktasının yatay koordinatları elde edilmiştir (Şekil 74). P' noktası, P noktasının X – Y düzleminde oluşturduğu izdüşümüdür. 3 Boyutlu Kartezyen Koordinat Sisteminin orijin noktası, *detayların koordinatlarının yersel ölçümler kullanılarak* bulunması için **ölçüm noktası olarak kullanılıyorsa** bu sisteme Toposentrik koordinat sistemi denir. Eğer 3 Boyutlu Kartezyen Koordinat Sisteminin orijin noktası, **dünyanın ağırlık merkezi ile çakışık olursa** bu sisteme Jeosantrik koordinat sistemi denir. Jeosantrik koordinat sistemi uydu bazlı konum belirleme işlemlerinde kullanılmaktadır.


Z
P
P Noktasından
Geçen Düşey Düzlem
Y
X – Y
Yatay Düzlemi
P'
X
Z
Z_P
P
$Z_{P'}$
O
$Y_{P'}$
Y
$X_{P'}$
$X_{P'}$
$Y_{P'}$
P'
X

Şekil 74

3 Boyutlu Kartezyen Koordinat Sistemi (3 BKKS), X – Y yatay düzlemi ve Z düşey düzleminden oluşur. Coğrafik objelerin topografik durumlarını belirtmede 3 BKKS kullanılır. Şekil 75 P noktası başlangıç noktası olacağı 3 boyutlu kartezyen koordinat sisteminin tasviridir. Toposentrik koordinat sistemidir. A noktasının, P noktasına göre kartezyen koordinatlarının bulunması için gereken parametreler gösterilmiş ve açıklamaları Şekil 75'da yapılmıştır.



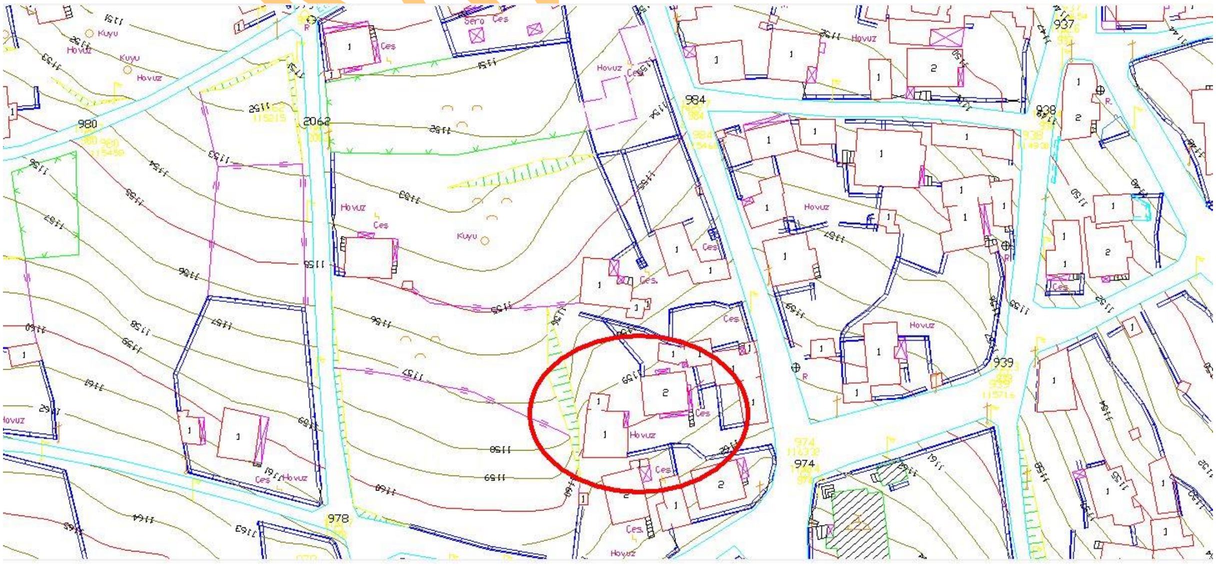
Şekil 75

$X_{A'}$ ve$Y_{A'}$ koordinatları, A noktasının P noktasından geçen yatay düzleme dik izdüşümü sonucu oluşan A' noktasının X ve Y eksenlerine dik inilmesi ile oluşuyor. A' noktası ile A noktası arasında hiçbir fark yoktur. A noktası, yeryüzü üzerindeki her hangi bir noktadır. A noktasının, P noktasından geçen yatay düzlemdeki koordinatlarını bulabilmek için, A noktasının P noktasından geçen yatay düzlemdeki yerini bulunması gereklidir. Bunun için A noktasından, P noktasından geçen yatay düzleme bir dik indirilmesi gerekir. Bu sayede A' noktası elde edilir.

A noktasından inilen dik, gerçekte A noktasından geçen düşey doğrultu yada çekül doğrultusudur. X_A, veY_A, koordinatları, A noktasının düzlem haritaya aktarılmasında kullanılacaktır.

$Z_A$veya Δh, A noktasının yükseklik bilgisi ile alakalı değerlerdir. Eğer P noktası Toposentrik koordinat sisteminin başlangıcı ise (yani P noktası ölçüm noktasıysa), ölçüm sonucu hesap ile bulunan değer Δh değeridir. Δh değeri, P noktasından geçen yatay düzlem ile A noktasından geçen yatay düzlem arasındaki düşey mesafedir. Bu durumda P noktasının bir yüzeye göre yüksekliği (örneğin deniz yüzeyine göre yükseklik) biliniyorsa, bulunan Δh değeri P noktasının bilinen yüksekliğine eklenerek A noktasının belirli yüzeye olan yüksekliği bulunur. Eğer P noktası jeosantrik koordinat sisteminin başlangıcı ise (yani P noktasının başlangıç noktası olduğu çerçeve, dünyanın ağırlık merkeziyle çakışıksa) Z_A oluşan çerçeveye göre A noktasının Z eksenindeki değeri belirlenir.

Yükseklik değerleri eşyükselti eğrileriyle de gösterilebilir. Arazinin topoğrafik durumunu belirlemek için yapılacak olan plankote veya enkesit ölçümleriyle elde edilen detay noktaları yardımıyla arazi yüzeyi üçgenlerle kaplanır. Üçgen kenarları üzerinde yapılacak olan enterpolasyon yöntemiyle basit oranlar kurularak belirli yükseklik değerlerinin geçtiği yerler belirlenir. Aynı yükseklik değerlerine sahip noktalar birleştirilerek eş yükselti eğrileri oluşturulur. Belirlenen aralıklarla haritada gösterilir (Şekil 76'de eğriler 1 m aralıklarla geçirilmiştir.). Daha sonraki konularda yüksekliklerin hesaplanması ve harita üzerinde temsil edilmesi detaylı olarak anlatılacaktır.



Şekil 76

Kartezyen koordinat sistemi, metrik sistemdir ve X – Y – Z koordinat değerleri metre ile ifade edilir. Hassasiyet milimetre ile ifade edilir. Koordinat değerlerinin ondalık hane sayısı 3 olmalıdır.

Kutupsal koordinat sistemi

Kutupsal koordinat sistemi, üç boyutlu kartezyen koordinat sisteminde noktaların hem X – Y yatay düzlem koordinatlarını hem de yatay düzlemden itibaren olan düşey mesafe değeri olan Z değerinin bulunmasında gerekli olan **parametrelerden** oluşur.

Kutupsal koordinat sistemi, üç boyutlu kartezyen koordinat sisteminde noktaların yer tespitinin yapılması (aplikasyon işlemleri) için gerekli olan parametrelerden oluşur.

Yukarıdaki tanımlara göre bir noktanın kutupsal koordinat sistemindeki parametreleri sayesinde, hem noktanın kartezyen koordinat sistemindeki koordinatları hesaplanıyor hem de noktanın zemindeki yer tespiti yapılabiliyor. Noktanın koordinatlarının bulunması işlemine alım; noktanın yer tespiti yapılması işlemine aplikasyon denilmektedir.

Noktanın kutupsal koordinat sistemindeki parametrelerinin oluşması için bir **başlangıç noktası** ve bir **de başlangıç doğrultusunun** oluşması gerekmektedir. Nokta alımı veya nokta aplikasyonu işlemlerinde kullanılan **ölçüm aletine göre** başlangıç doğrultusunun belirlenmesi farklılık gösterecektir. Kutupsal koordinat sistemi noktanın koordinatlarının bulunması (nokta alımı) yada aplikasyonun yapılması için kullanılıyorsa, **kutupsal koordinat sistemindeki parametreler nokta için ölçüm işlemi esnasında oluşan bir koordinat sistemidir.** Bu sebeple konu anlatımında hem elektronik takeometre hem de GNSS sinyal alıcısı için ölçüm esnasında oluşan kutupsal koordinat sistemindeki parametrelere dair anlatımlar yapılacaktır.

Elektronik Takeometre Kullanımında Nokta Alımı İçin Oluşan Kutupsal Koordinat Sistemi:

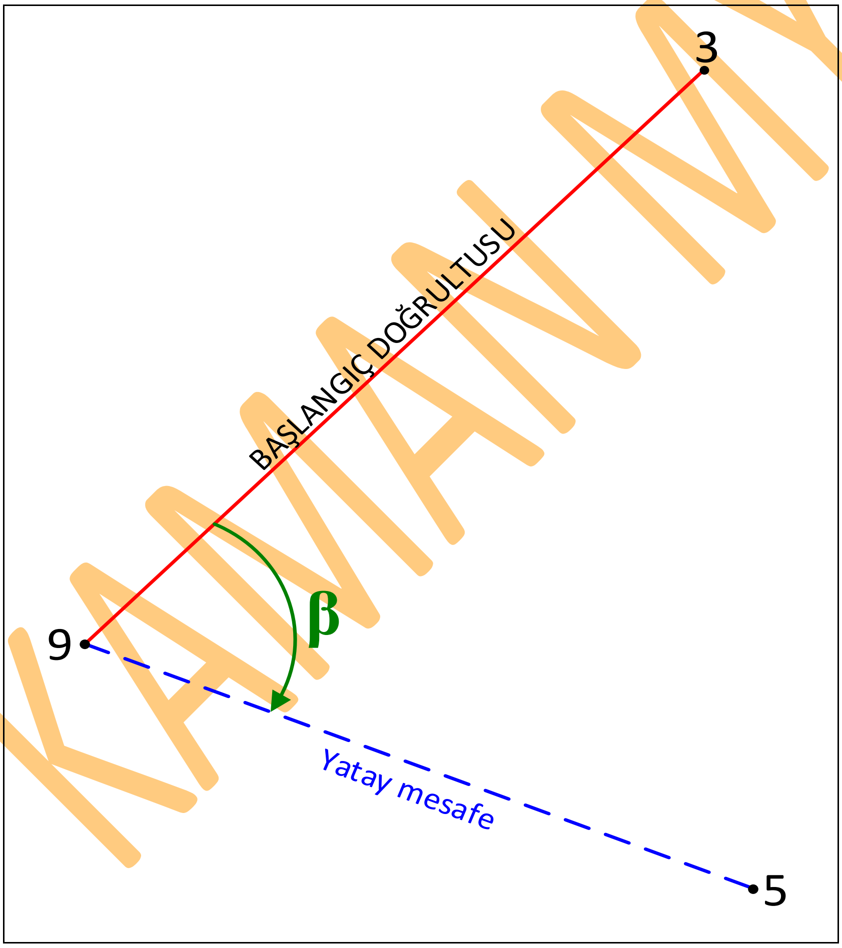
Bir noktanın Kutupsal koordinat sistemindeki parametreleri, o noktanın alım işlemi veya o noktanın aplikasyon işlemlerinin yapılması için gereken parametrelerden oluşur. Bu parametrelerin oluşması içinde başlangıç noktası ve başlangıç doğrultusunun oluşması gerekir.

- Eğer Nokta alımı (noktanın 3 boyutlu kartezyen koordinatlarının hesaplanması) işleminde elektronik takeometre kullanılıyorsa **başlangıç noktası** ölçüm aletinin üzerine kurulu olduğu ölçüm noktasıdır.

- Eğer Nokta alımı (noktanın 3 boyutlu kartezyen koordinatlarının hesaplanması) işleminde elektronik takeometre kullanılıyorsa **başlangıç doğrultusu** ölçüm aletinden, koordinatı bilinen ikinci noktaya hedef alınarak oluşan doğrultudur.

Şekil 77, 9 nokta adlı noktadan 5 nokta adlı noktanın alım işleminin tasviri vardır. 3 numaralı nokta alım işlemi için koordinatı bilinen ikinci noktadır. 5 nokta adlı noktanın alım işleminin yapılması için gerekli kutupsal parametrelerin belirlenmesi için gereken:

- Başlangıç noktası: 9 nokta adlı ölçüm noktası,
- Başlangıç doğrultusu: 9 numaralı noktadan 3 numaralı noktaya oluşan doğrultudur.



Şekil 77

5 numaralı noktanın alım işlemi için gerekli kutupsal parametrelerin oluşması için gereken başlangıç noktası (9 adlı ölçüm noktası) ve başlangıç doğrultusu (9 ile 3 arasında oluşan doğrultu) belirlenmiştir. Dikkat edilirse, başlangıç noktası 9 adlı nokta ölçüm noktası tüm ölçüm işlemi boyunca kutupsal koordinat sisteminin *başlangıç noktası* olacaktır. Benzer şekilde

9 ile 3 arasında oluşan doğrultu tüm ölçüm işlemi boyunca *başlangıç doğrultusu* olacaktır. Oluşan kutupsal koordinat sistemine göre 5 adlı noktanın kutupsal koordinat sistemindeki parametreleri:

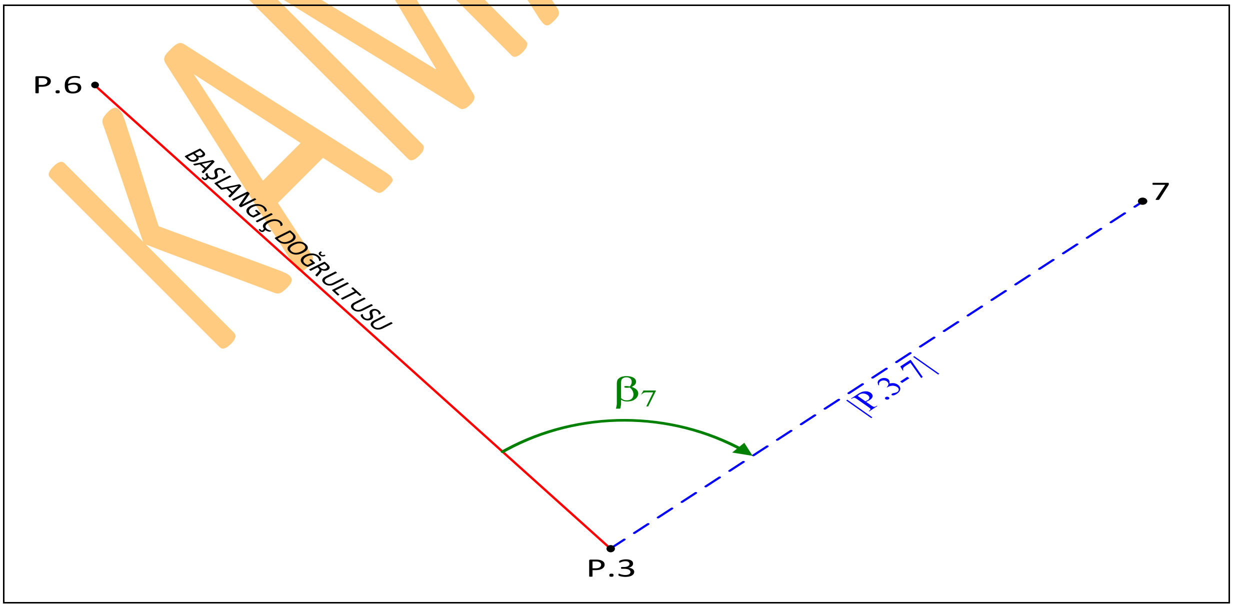
- Başlangıç doğrultusundan başlayıp ve 9 ile 5 arasındaki doğruya kadar olan β açısı,
- 9 adlı ölçüm noktası ile koordinatları bulunacak olan 5 numaralı nokta arasındaki yatay mesafe

5 numaralı noktanın ölçüm anında oluşan kutupsal koordinat sistemi parametreleridir.

β açısı, 9 ölçüm noktasından 3 yardımcı noktasına bakılan hedef ile oluşan doğrultunun açı değeri ile 9 ölçüm noktasından 5 adlı koordinatı bulunacak noktaya bakılan hedef ile oluşan açı değerinin farkı β açısını verecektir. β açısı ölçülen değil hesaplanan bir açıdır.

9 adlı ölçüm noktasından, koordinatları bulunacak olan 5 adlı noktaya oluşturulan hedef sonucu oluşan doğrultunun mesafe değeri ölçülerek elde edilen büyüklüktür.

Şekil 78 P.3 ölçüm noktasından 7 adlı noktanın alım işleminin temsili vardır. 7 adlı noktanın alım işlemi sonucunda kartezyen koordinatlarının bulunması için gerekli olan kutupsal koordinat sistemi:



Şekil 78

- **Başlangıç noktası:** P.3 adlı ölçüm noktası,

- **Başlangıç doğrultusu:** P.3 ile P.6 arasında oluşan doğrultu

ölçüm anında oluşan kutupsal koordinat sistemini oluşturur. 7 adlı nokta için:

- Başlangıç doğrultusundan başlayıp, P.3 ile 7 numaralı nokta arasındaki doğruya kadar oluşan β_7 açısı,
- P.3 başlangıç noktası ile 7 numaralı nokta arasındaki doğrultunun uzunluk değeri

ölçüm esnasında oluşan kutupsal koordinat sistemine göre kutupsal koordinat sistemi parametreleridir. 7 adlı noktanın alım işlemi sonucu noktanın koordinatlarının hesaplanması için kutupsal koordinat sistemine göre parametrelerinin bulunması gerekmektedir.

β_7 açısı, 7 adlı noktanın P.3 noktasına göre koordinatlarının hesaplanmasında gerekli olan $(P.3-7)$ semt açısının hesaplanmasında kullanılacaktır. Temel Ödev 4 konu başlığı altında detaylı anlatımı bulunmaktadır.

P.3 ile 7 arasındaki yatay mesafe değeri, 7 adlı noktanın P.3 noktasına göre koordinatlarının hesaplanmasında kullanılacaktır. Temel Ödev 5 konu başlığı altında detaylı anlatımı bulunmaktadır.

Elektronik takeometre ile alım işleminde ölçüm esnasında oluşan kutupsal koordinat sistemine iki örnek verilmiştir. Örneklerdeki 5 ve 7 numaralı noktalar için oluşan kutupsal koordinat sistemi parametrelerinden açı değerleri (β_5 *ve* β_7), başlangıç doğrultularından başlayıp saat yönünde artmakta olduklarına dikkat edilmelidir. Mesleki teknik kitaplarda, bu açı değerinden *kırılma açısı* olarak da bahsedilmektedir.

Elektronik Takeometre Kullanımında Nokta Yer Tespiti (Aplikasyon) İçin Oluşan Kutupsal Koordinat Sistemi:

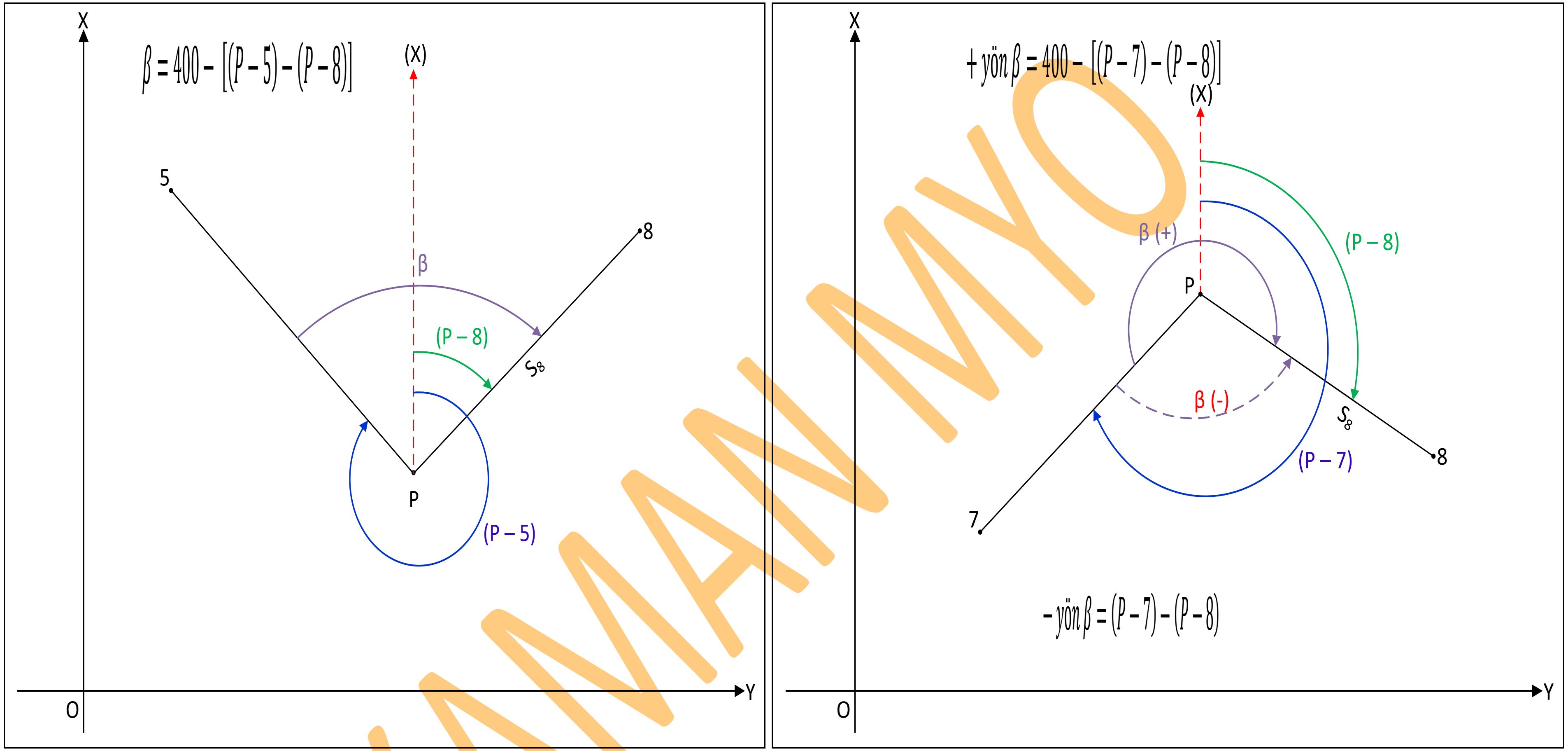
Coğrafik objeye ait noktanın koordinatlarının, elektronik takeometre kullanılarak yapılacak ölçüm değerleriyle, bulunmasında kutupsal koordinat sistemi kullanılmaktadır. Koordinatları bilinen noktanın zeminde yerinin tespiti (aplikasyon) işleminde de kutupsal koordinat sistemi kullanılmaktadır. Farklı olarak yer tespiti yapılacak olan noktanın koordinat değerleri bilinmektedir. Bu koordinat değerleri, zeminde yeri ve koordinatları bilinen diğer iki nokta yardımıyla yer tespiti işlemi yapılır.

Noktanın zeminde yer tespitinde kutupsal koordinat sistemi kullanımı alım işlemindeki işlem adımlarına benzemektedir. Yer tespiti işleminde kutupsal koordinat sistemi parametrelerinin bulunması için başlangıç noktası ve başlangıç doğrultusuna ihtiyaç vardır. Noktanın koordinat bilgilerine göre zeminde yerinin tespiti için:

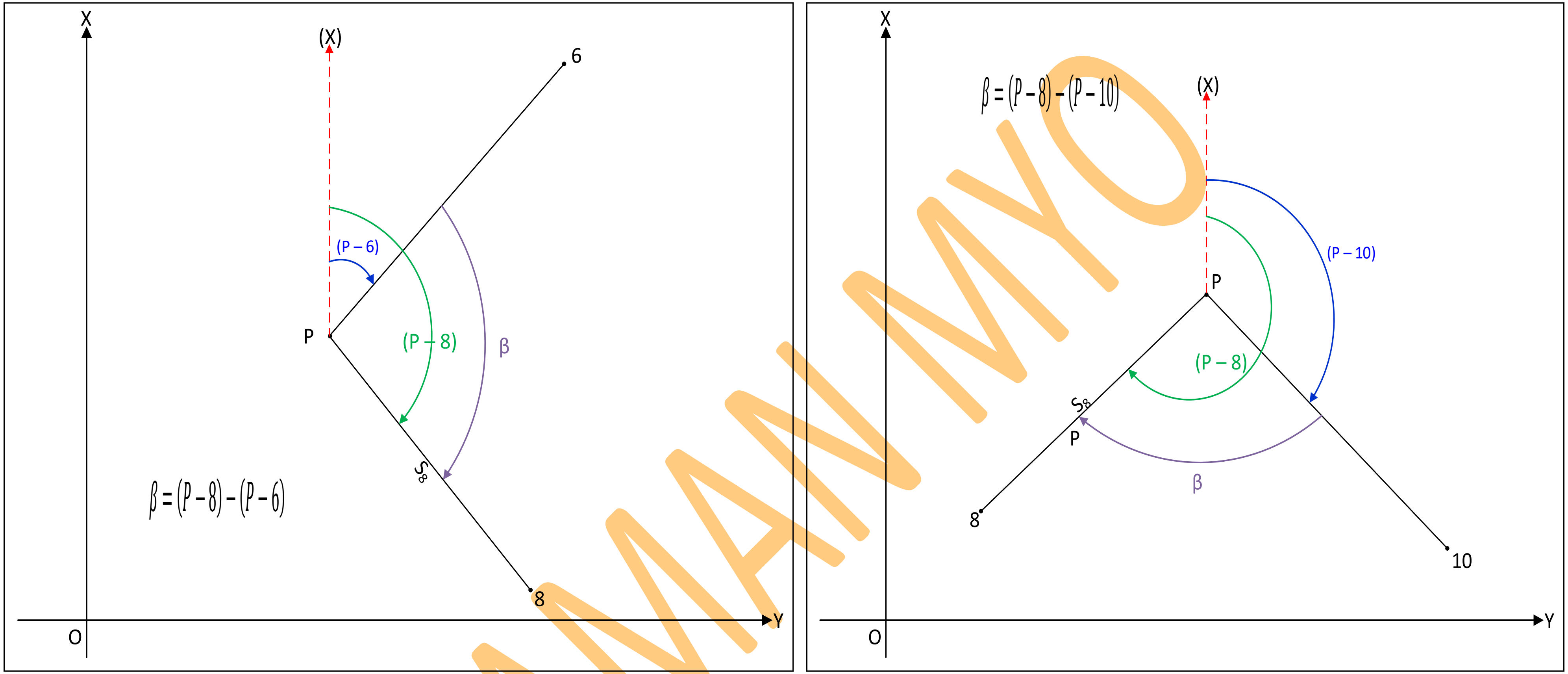
Elektronik takeometrenin üzerine kurulu olduğu ölçüm noktası kutupsal koordinat sisteminin **başlangıç noktası**

Ölçüm noktasından, Zeminde yeri ve koordinatı bilinen ikinci bir noktaya alınan hedef **başlangıç doğrultusu** olacak şekilde noktanın zemindeki yeri tespit edilir.

Şekil 79, Şekil 80 nokta aplikasyonu için gerekli ikinci noktanın kullanımını tasvir etmektedir. 5, 7, 6 ve 10 numaralı noktalar koordinatları belirli ve zemindeki yerleri bilinene noktalardır. Bu noktalar koordinatı bilinen 8 numaralı noktanın aplikasyonu için kullanılacak noktalardır. Şekil 79 ve Şekil 80 tasvirlerindeki β açısı ve S_8 mesafesi 8 numaralı noktanın kutupsal koordinat sisteminde koordinatlarıdır. β açısı 8 numaralı noktanın aplikasyonunda kullanılacak olan açıdır. Bu açı P başlangıç noktası ile ikinci koordinatı bilinen nokta arasındaki doğrultudan başlayacaktır. Örneğin Şekil 79 sol resim incelendiğinde, β açısı $\overrightarrow{P-5}$ doğrultusundan başlayıp, $\overrightarrow{P-8}$ doğrultusunda son bulmaktadır. S_8 mesafe değeri ise P noktası ile 8 numaralı aplikasyonu yapılacak nokta arasındaki mesafe değeridir. Şekil 79'de ve Şekil 80'de solda ve sağda olmak üzere ikişer resim bulunmaktadır. Resimlerde yardımcı noktaların (5, 7, 6 ve 10 numaralı noktalar) koordinat değerleri ve 8 numaralı noktanın koordinat değerlerine göre farklı durumlar incelenmiştir. Her durumdaki β açısı farklılık gösterecektir. β açısının hesaplanması Temel Ödevler konu başlığı altında Temel Ödev IV konusunda anlatılacaktır.


X
β = 400 - [(P - 5) - (P - 8)]
(X)
5
8
β
(P – 8)
S8
P
(P – 5)
O
Y
X
+ yön β = 400 - [(P - 7) - (P - 8)]
(X)
β (+)
P
(P – 8)
β (-)
S8
8
(P – 7)
7
- yön β = (P - 7) - (P - 8)
O
Y

Şekil 79



Şekil 80

GNSS Sinyal Alıcısı Kullanımında Nokta Yer Tespiti (Aplikasyon) İşlemi İçin Oluşan Kutupsal Koordinat Sistemi:

Koordinatları bilinen bir noktanın zeminde yer tespiti GNSS sinyal alıcısı ile yapılacağı zaman kutupsal koordinat sistemi parametreleri kullanılmaktadır. Kutupsal koordinat sisteminin oluşabilmesi için:

- Başlangıç noktası,
- Başlangıç doğrultusuna ihtiyaç vardır.

GNSS sinyal alıcısı ile aplikasyon işlemine başlandığı an ki nokta oluşan kutupsal koordinat sisteminin başlangıç noktasıdır.

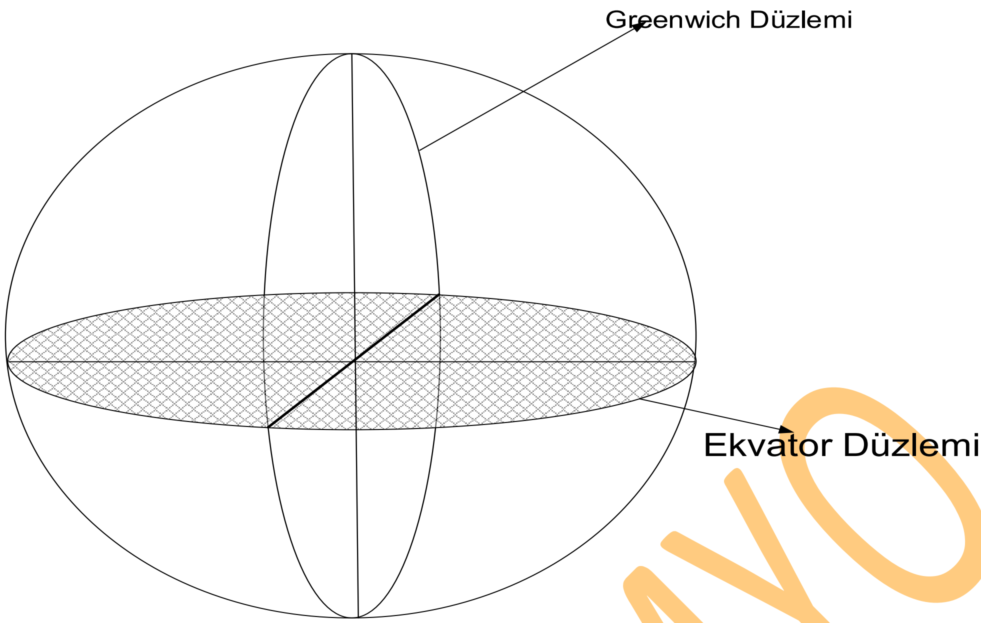
GNSS sinyal alıcısı ile aplikasyon işlemine başlandığı an coğrafi kuzey doğrultusu kutupsal koordinat sisteminin başlangıç doğrultusudur.

GNSS sinyal alıcısı için kullanılan jalon üzerindeki pusulanın temel amacı aplikasyon işleminde ortaya çıkar. Kullanıcının aplikasyon işleminde sinyal alıcının kontrol ünitesi tarafından yönlendirilir. Yönlendirme işleminde başlangıç noktasına göre mesafe ve coğrafik kuzeye göre doğrultu ile oluşur. Eğer kontrol ünitesi kullanıcıyı ileri yönde giderek noktaya ulaşacağını belirtiyorsa kuzey yönünde hareket edilmesini söylüyordur. Eğer sağa doğru gidilmesi gerekiyorsa coğrafik kuzeyin sağı yani doğu yönlü hareket edilmesi gerektiği belirtilmektedir.

Coğrafi Koordinat Sistemi

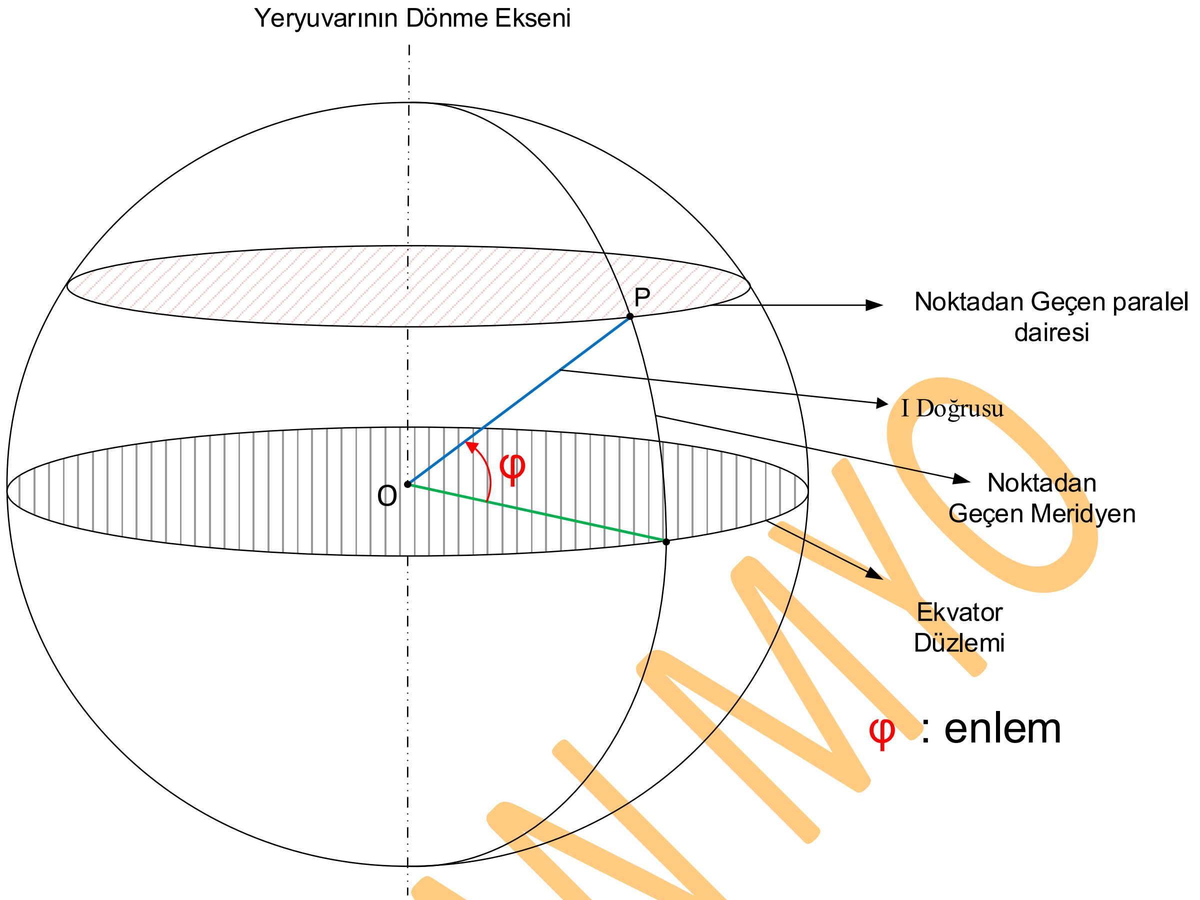
Coğrafi koordinat sistemi, yeryüzü üzerindeki doğal veya yapay objelerin referanslandırılmasında kullanılan koordinat sistemidir. Coğrafi koordinat sistemi, jeosantrik koordinat sistemidir. Kartezyen jeosantrik yersel koordinat sisteminde, X – Y – Z çerçevesi yerin ağırlık merkezi ile çakışıktır. Bu koordinat sisteminin düzleme aktarılabilmesi için dünyaya benzer bir referans yüzey üzerinde ifade edilecek koordinatlara ihtiyaç vardır. X – Y – Z koordinatları ile ifade edilen Kartezyen jeosantrik yersel koordinat sistemi, ilk olarak jeosantrik olan coğrafi koordinat sistemine dönüştürülecek (yani noktalar enlem, boylam ve elipsoit yüksekliği ile ifade edilecek), sonrasında bu noktalar düzleme aktarılacaktır.

Coğrafik koordinat sistemi tüm yeryuvarını kapsayacak bir koordinat sistemidir ve bölgesel değildir. Coğrafi koordinat sisteminde, koordinatlar Enlem ve Boylam değerleriyle temsil edilir. Enlem değerlerini belirlerken paralelleri, boylam değerlerini ifade ederken meridyenler kullanılır. Enlem ve boylam değerleri derece açı biriminde ifade edilir. Açı, iki doğrultu arasında kalan veya bir doğrultu bir düzlem arasında kalan kısım (bölge) olarak ifade edildiği düşünülürse, objelerin enlem ve boylam değerlerinin belirlenmesinde başlangıç doğrultusu veya başlangıç olarak kullanılacak bir düzleme gereksinim vardır. Enlemin belirlenmesinde kullanılan başlangıç düzlemi Ekvator düzlemidir. Boylamın belirlenmesinde kullanılan düzlem ise Greenwich meridyen düzlemidir. Şekil 81 ekvator düzlemi ve Greenwich başlangıç meridyenine ait düzlemin tasviridir.



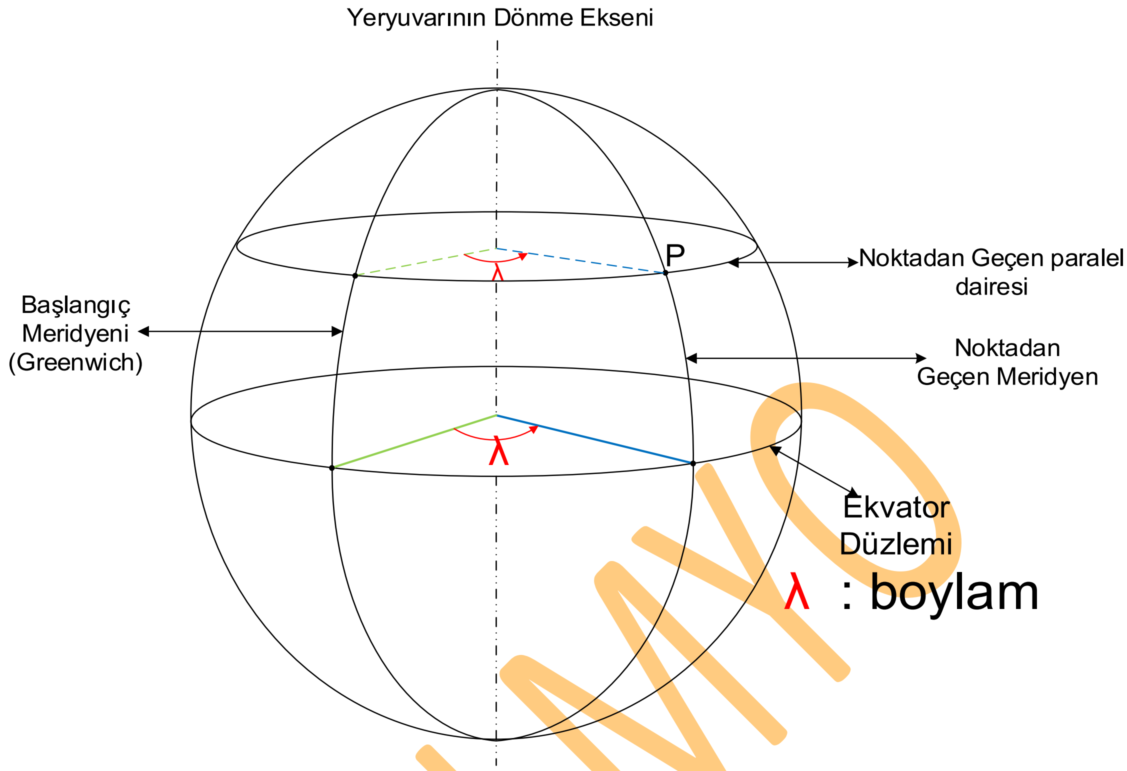
Şekil 81

Bir coğrafik objeye ait nokta için enlem değeri, noktadan geçen paralel dairesi ile ekvator düzleminden geçen yerin dönme eksenini kesiştiren doğru (Şekil 82 I doğrusu) ile ekvator düzlemi arasında kalan açıya noktanın enlemi denir (Şekil 82 φ açısı). Açı sembolü olarak gösterilen sembol enlem kullanımında genel bir semboldür. Okunuşu Phi (küçük Phi) olarak okunur.



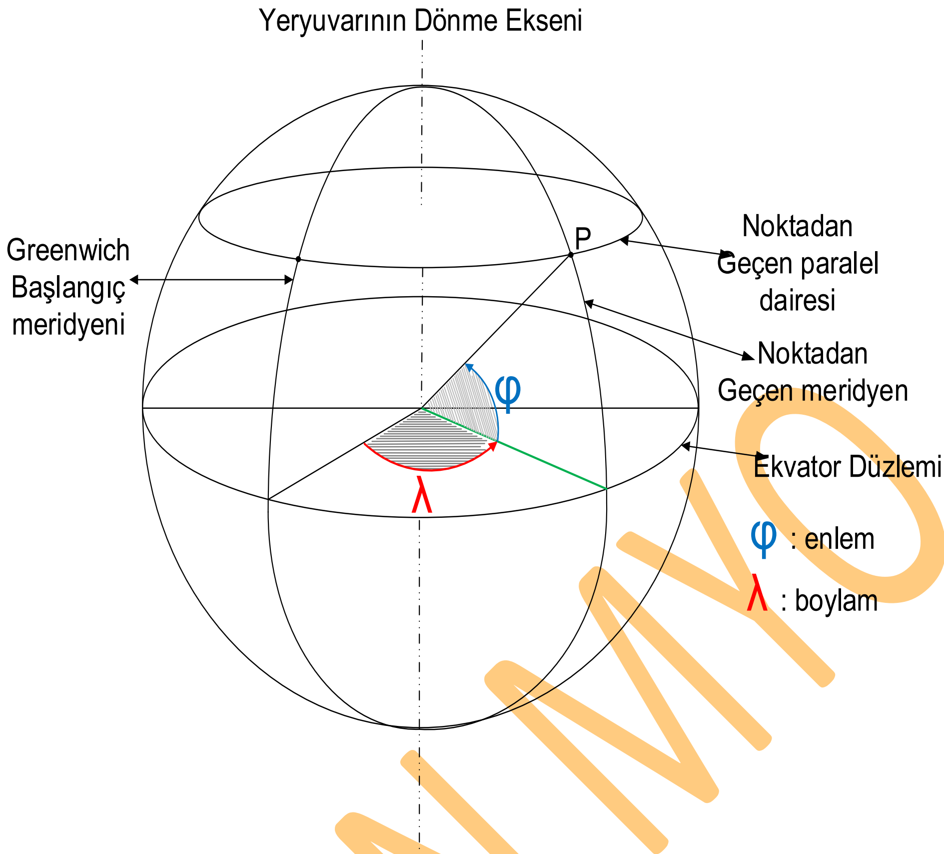
Şekil 82

Coğrafik obje için boylam değeri, noktadan geçen meridyen dairesinin ekvator düzlemini kestiği düzlem ile başlangıç meridyeni olarak kabul edilen Greenwich meridyeninin ekvator düzlemini kestiği düzlem arasında kalan açıya boylamı noktanın boylam değeri denir (Şekil 83 λ simgesi). Latin harfi olan simge Lamda (küçük lamda) olarak okunur.



Şekil 83

Şekil 84 yeryuvarı üzerindeki bir P noktasının hem enlem (φ) hem de boylam (λ) değerlerinin aynı yerküre tasviridir.



Şekil 84

Ekvator düzlemi, yerküreyi kuzey güney olacak şekilde iki yarı küreye ayırır. Türkiye kuzey yarı kürede kalır. Ekvator 0° li başlangıç paralel dairesi olacak şekilde, kuzeye doğru artan enlem değerleri dikkate alındığında, Türkiye 36° ile 42° kuzey enlemleri arasında kalır. Şekil 85 incelendiğinde enlem değerleri kuzey yarım kürede kuzeye doğru artar. Ekvatorun güney kısmında ise enlem değeri güneye doğru artar. Kuzey yarım kürede 90, güney yarım kürede 90 adet olmak üzere, yerkürede 180 adet paralel daire vardır.

Greenwich meridyeni, yerküreyi doğu batı olmak üzere ikiye böler. Türkiye greenwich meridyeninin doğusunda kalır. Greenwich 0° li meridyen olacak şekilde doğuya doğru artan boylam değerleriyle, Türkiye 26° ile 45° Doğu meridyenleri arasında kalır. Boylam değerleri Şekil 85 incelendiğinde Greenwich'den başlayarak doğu yönünde artar. Greenwich'in batı yönünde ise boylam değeri batıya doğru artar. Greenwich meridyeninden batıya doğru tekrar meridyenler 1° 'den başlayarak artar. Greenwich meridyeninin batısında 180, doğusunda 180 tane olmak üzere 360 adet **yarım** daire şeklinde meridyen bulunmaktadır.

Şekil 85

Türkiye 36 ile 42 paralelleri, 26 ile 45 meridyenleri arasında kalmaktadır. Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri (Global Navigation Satellite System - GNSS) enlem – boylam koordinat de sisteminde koordinat belirler. Açı biriminde ve açı birimi olarak da derece açı biriminde çalışır. Yeryuvarı üzerindeki herhangi bir noktanın coğrafi koordinat değeri sadece derece ile ifade edilemez. Şekil 85 incelendiğinde enlem boylam değerleri 2° aralıklarla çizilmiştir. Enlem ve boylam değerleri kullanarak nokta konumu belirlenecekse, sadece derece değeriyle hassas bir şekilde konum belirlenemez. Konum değeri derece – dakika – saniye değerleriyle hassas bir şekilde belirlenir. Derece ve dakika değerleri tam sayı olarak ifade edilir. Saniye deri reel sayı olarak ifade edilir ve hassasiyeti saniye değerinin ondalık hane sayısı belirler.

Örnek: 1 numaralı noktanın coğrafi koordinatları

Enlem değeri: $\varphi = 39° \, 16' \, 28.4268''$ ve

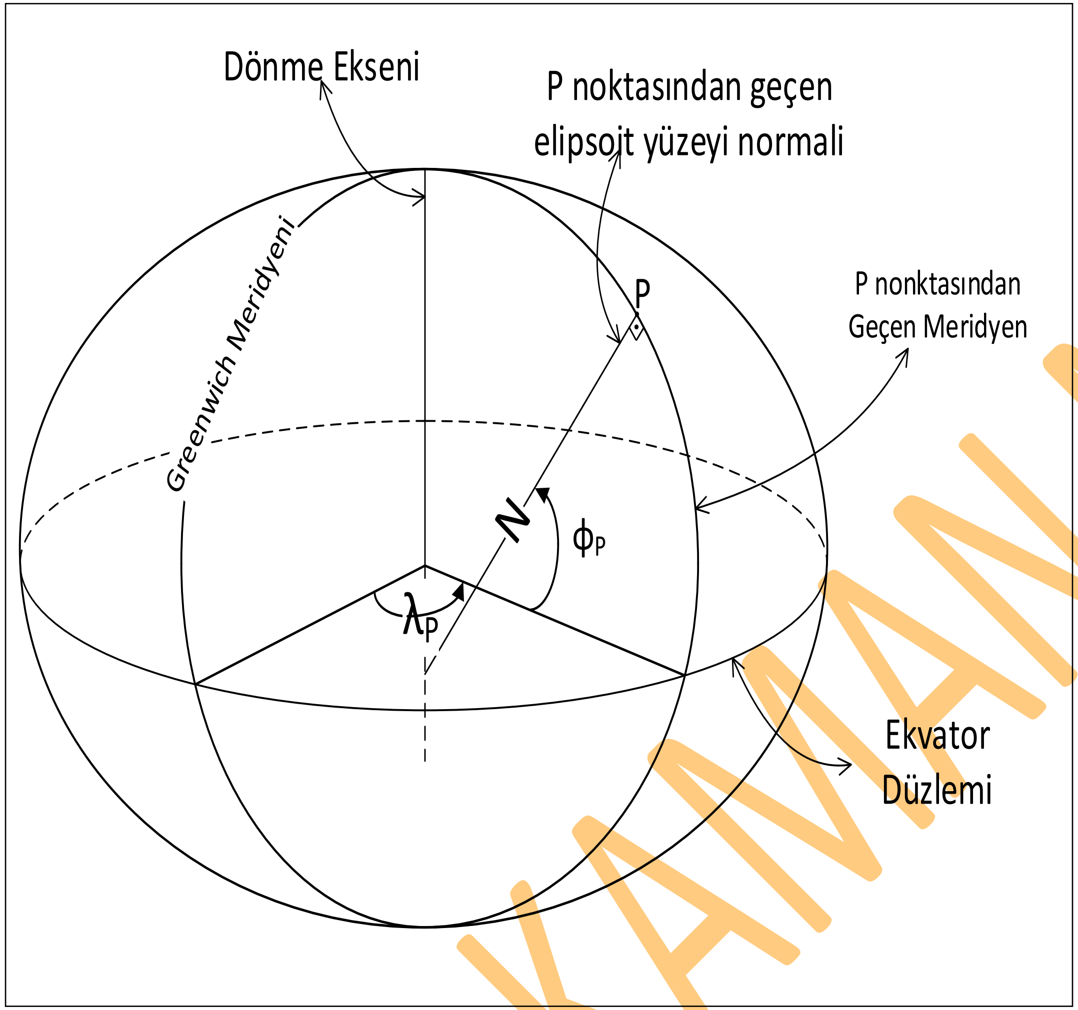
Boylam değeri: $\lambda = 33° \, 21' \, 48.1008''$, 2 numaralı noktanın coğrafi koordinatları

enlem değeri: φ = 39° 24' 24.71'',

Boylam değeri: λ = 33° 17' 48.52''

Verilen bu iki nokta arasında konum hassasiyetini karşılaştırın.

Cevap: Konum hassasiyetinden kasıt, noktanın yerinin kesin olarak belirlenmesidir. 1 numaralı noktanın konum değerinde saniye kısmında ondalık kısmı 4 hanedir. 2 numaralı noktada ise ondalık hane kısmı 2 hanedir. Bu değerler 1 numaralı noktanın konum hassasiyetinin daha fazla olduğunu gösterir. Değerleri uzunluk değerleri ile yaklaşık olarak anlatmak istersek 1 numaralı noktanın konumu cm hassasiyetinde elde edilebilirken, 2 numaralı noktanın hassasiyeti m veya dm hassasiyetinde elde edilir.



Şekil 86 Coğrafi koordinat sisteminin dönel elipsoit yüzeyi üzerindeki tasviridir. Dünya yerine referans yüzey olarak en uygun düzgün geometrik yüzey dönel elipsoittir. Sonraki konulardaki anlatımlara paralellik sağlaması için Coğrafik Koordinat sisteminin ifadesinin tasvirinde dönel elipsoit kullanılmaktadır. Coğrafik koordinat sisteminde koordinat parametreleri enlem (φ) ve boylam (λ) değerlerinin derece açı birimindedir. Alman literatüründe enlem "Breite" (enlem) ve "Länge" (Boylam) kelimelerinin baş harfleri kullanılarak B ve L harfleriyle de ifade edilir (TORGE, Geodesy 1991). P noktasının Enlem koordinatı (φ_p), P noktasından geçen meridyen yüzeyi üzerindeki, P noktasının elipsoit normalinin ekvator düzlemi arasındaki açı değeridir.

Şekil 86

Coğrafik Objelerin Temsili

Yeryuvarı (yerküre veya dünya) üzerindeki coğrafik objelerin haritaya aktarılması aşamasında, ilk olarak ölçüm aletleri kullanılarak ve gerekli hesaplamalar kullanılarak coğrafik objelere ait detaylarının koordinatları elde edilir. Sonrasında objelere ait koordinat değerleri ölçek kullanılarak oranlanıp küçültülür ve haritaya aktarılır. Koordinat değerleri harita üzerine aktarıldıktan sonra objelerin çizimleri yapılır.

Objelerin çizimleri yapılırken, objelerin haritada temsillerini yapmakta kullanılacak üç adet grafik objesi bulunur. Bu grafik objeler:

- Nokta,
- Çizgi,
- Alan objeleridir.

Bu üç objeyi kullanarak haritaya objeleri çizerken dikkat edilmesi gereken, hangi coğrafik objeyi hangi grafik obje ile haritada temsil edileceğidir.

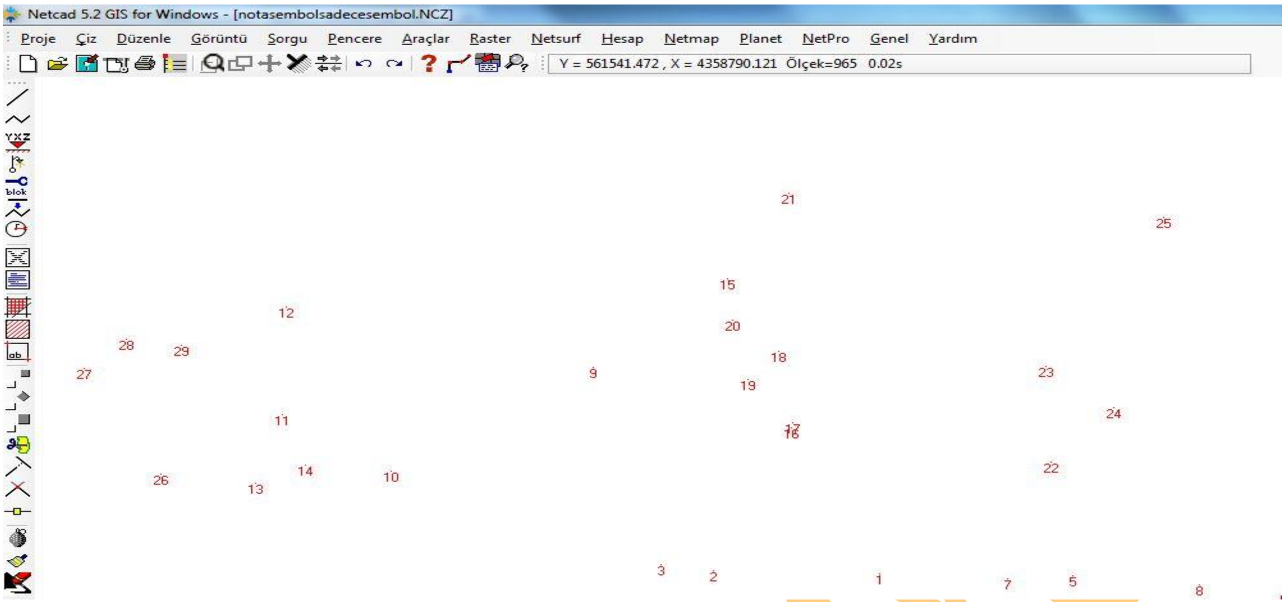
Nokta:

Harita üzerinde nokta olarak temsil edilecek objeler sadece tek bir detaya dolayısıyla tek bir X–Y-Z koordinat değerine sahip olan coğrafik objelerdir. Bu objeler bir binanın köşesi olabildiği gibi, tek başına bir objede olabilir. Bu objeleri harita üzerinde sadece tek bir nokta ile göstermek haritanın okunuşu açısından uygun olmayacaktır.

Nokta grafik objesi ile haritada tek başına temsil edilecek coğrafik objelere örnek verirsek: elektrik direği, telefon direği, rogar kapağı, ağaç, heykel, kuyu, musluk gibi tek bir detaya sahip objeler nokta objesine verilebilecek örneklerdir. Şekil 87 elektrik direği, telefon direği, çeşme, kuyu gibi haritada nokta grafik objesi ile temsil edilecek bazı objelere ait örneklerin resimlerinin temsilidir.

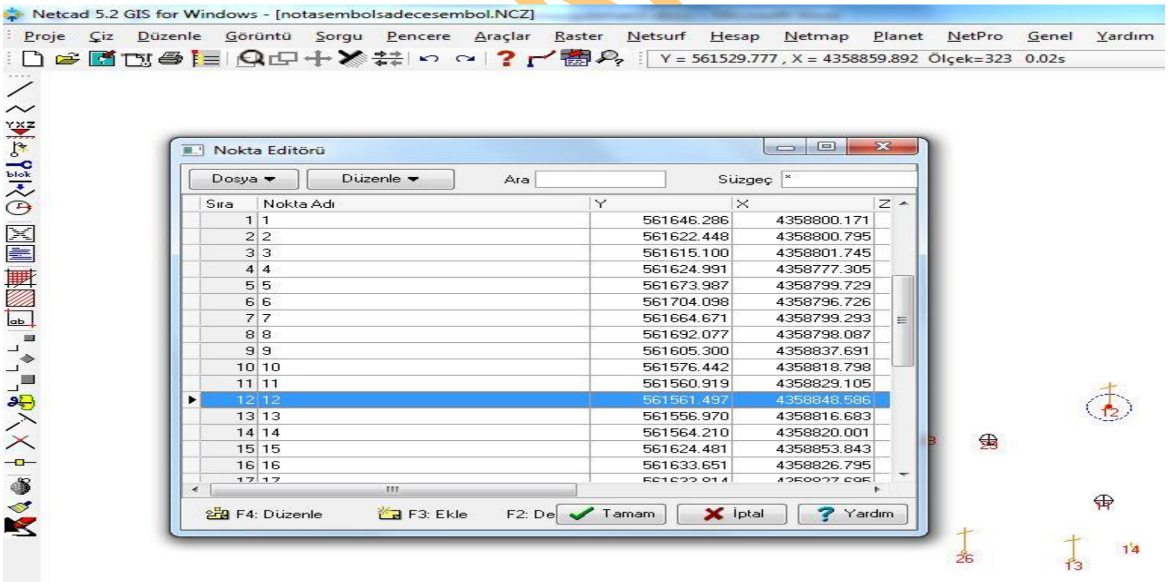
Şekil 87

Şekil 88 incelendiğinde, oluşturulan noktalar ile harita çıktısı alınırsa herhangi bir harita kullanıcısı için noktalar bir anlam ifade etmeyecektir.



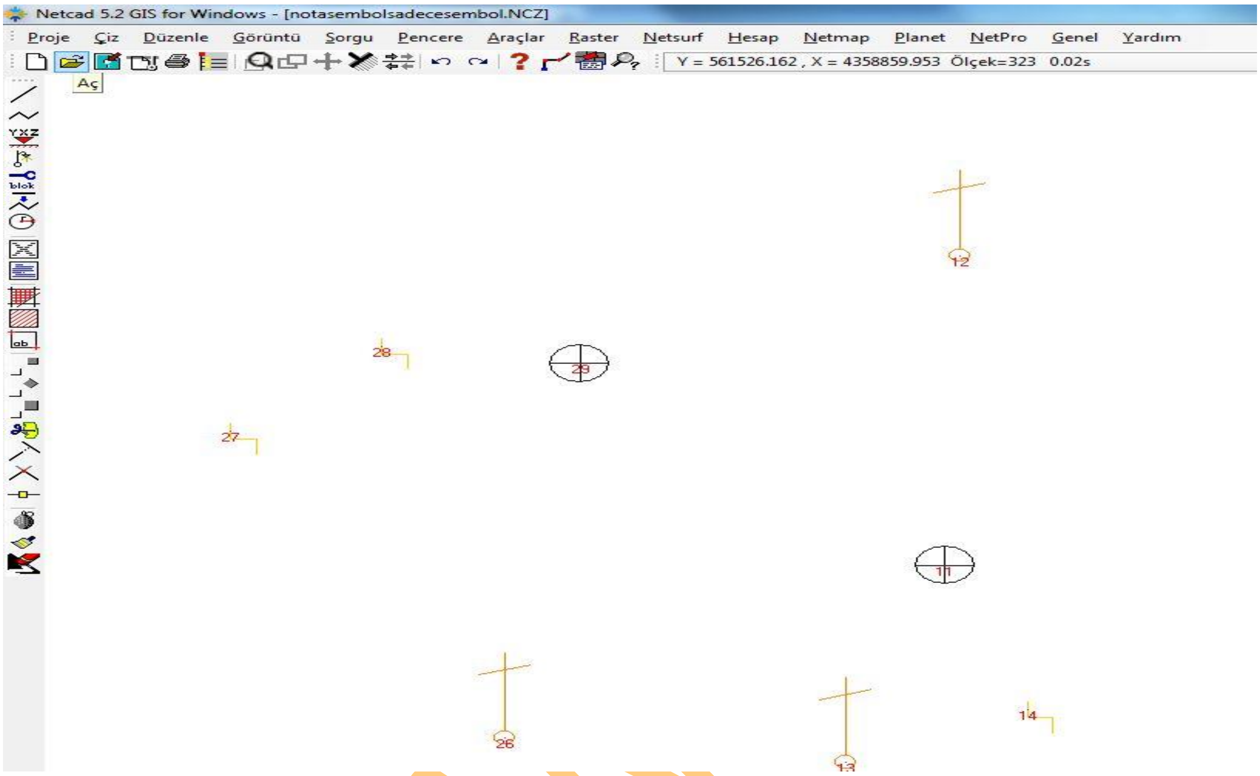
Şekil 88

Objelerin koordinatları bulunmuş, harita oluşturmak amaçlı kullanılan bir yazılıma aktarılmıştır. Yazılım noktaların koordinat değerleri arasındaki farkları belirleyip oranlayarak nokta grafik objelerini oluşturur (Şekil 89).



Şekil 89

Nokta grafik objelerinin harita kullanıcısına bir anlam ifade etmesi için nokta objesinin sembolle gösterimi yapılır. Semboller yapılacak harita çeşidine (1/1000 ölçekli İmar planı, 1/5000 ölçekli İmar planı, 1/10.000 ölçekli İmar planı, halihazır harita, v.b.) göre standart hale getirilmiş ve ilgili yönetmeliklerde tanımlanmıştır veya kullanıcının kendi çalıştığı iş kolu için türetilmiş semboller bulunmaktadır. Nokta grafik objesi ile temsil edilecek coğrafik objeler haritanın ilgili son kullanıcısının anlayacağı şekilde sembolle sunulurlar (Şekil 90).



Şekil 90

Şekil 90 noktaların sembol ile gösterilmesine dair tasvirdir. Örneğin 12 numaralı nokta elektrik direğidir ve ilgili sembolle sunulmuştur. 29 numaralı nokta rogar kapağı, 27 numaralı nokta bir çeşme coğrafik objesini temsil eden semboldür.

Birden fazla detayı bulunan bazı coğrafik objeler, harita üzerinde her bir detayı (köşesi) ile haritada alan objesi olarak gösterilmek yerine tek bir sembol ile ifade edilebilir. Maden, petrol kuyusu, telefon ve bekçi kulübesi, benzin istasyonu gibi bazı objeler semboller ile haritada temsil edilir.

Bir nokta objesinin içerdiği bilgiler:

Bilgi	**Açıklaması**
Nokta adı	Her bir uygulamada noktaları birbirinden ayırt edilmesi için gerekli olan bilgidir.
X	Noktanın X koordinatı
Y	Noktanın Y koordinatı
Z	Noktanın Z koordinatı
Kod	Nokta hakkında ek bilgidir. Tersimat esnasında kartografa çizimde yardımcı olacak ek bilgi. Ölçüm esnasında alet operatörü tarafından kayıt altına alınır.

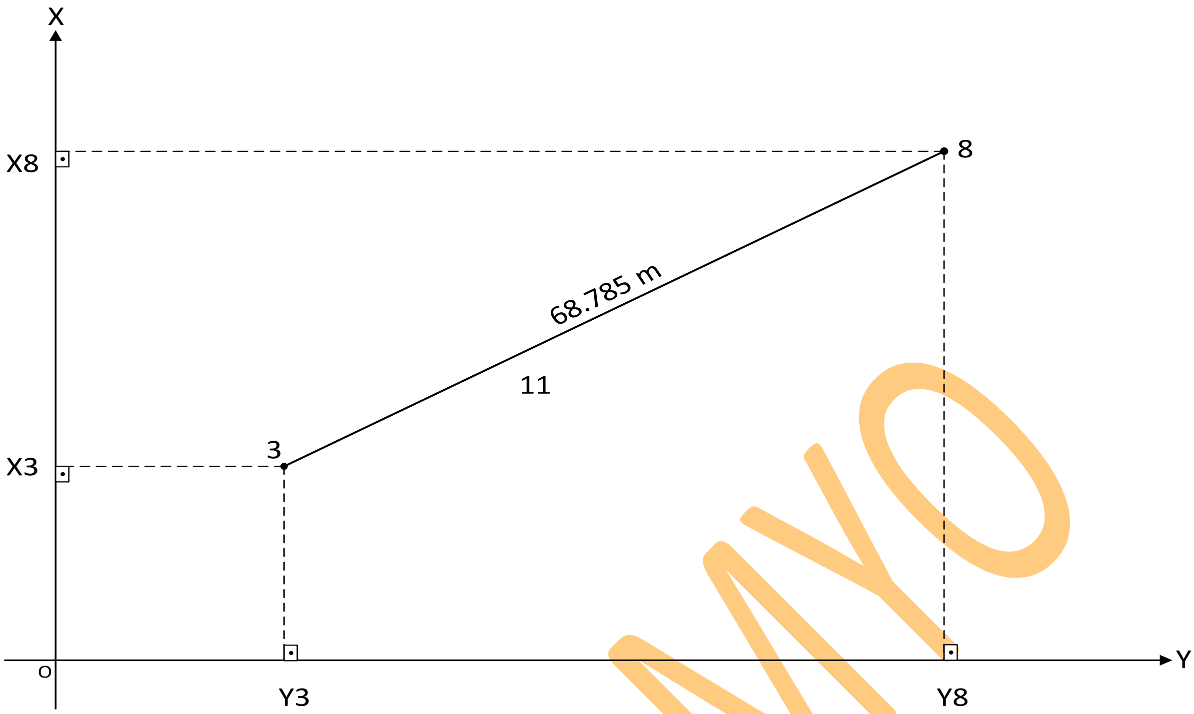
Her nokta, proje içinde tekil ada sahiptir. Coğrafik uygulamalara ait detaylar 1,10, 965 gibi tam sayı değerler ile adlandırılır. Poligon, nirengi gibi koordinatları belirli, zeminde sabit olan ve detayların koordinatlarını belirlemede kullanılacak olan noktaların belirli isimlendirme standarttı vardır. Poligonlar P.1, P.167 şeklinde isimlendirilir. Nirengiler ise N.1, N.5 olarak isimlendirilir. Detay noktalarından farklılıkları belirlenmesi için harita üzerinde belirli gösterim şekilleri vardır.

Çizgi:

Çizgi, en az iki noktanın birleşmesi ile oluşan doğru parçasıdır. Şekil 91, Tablo 2'de verilen nokta ve noktaların bilgilerine göre, iki nokta arasında oluşacak olan çizginin tasviri yapılmıştır.

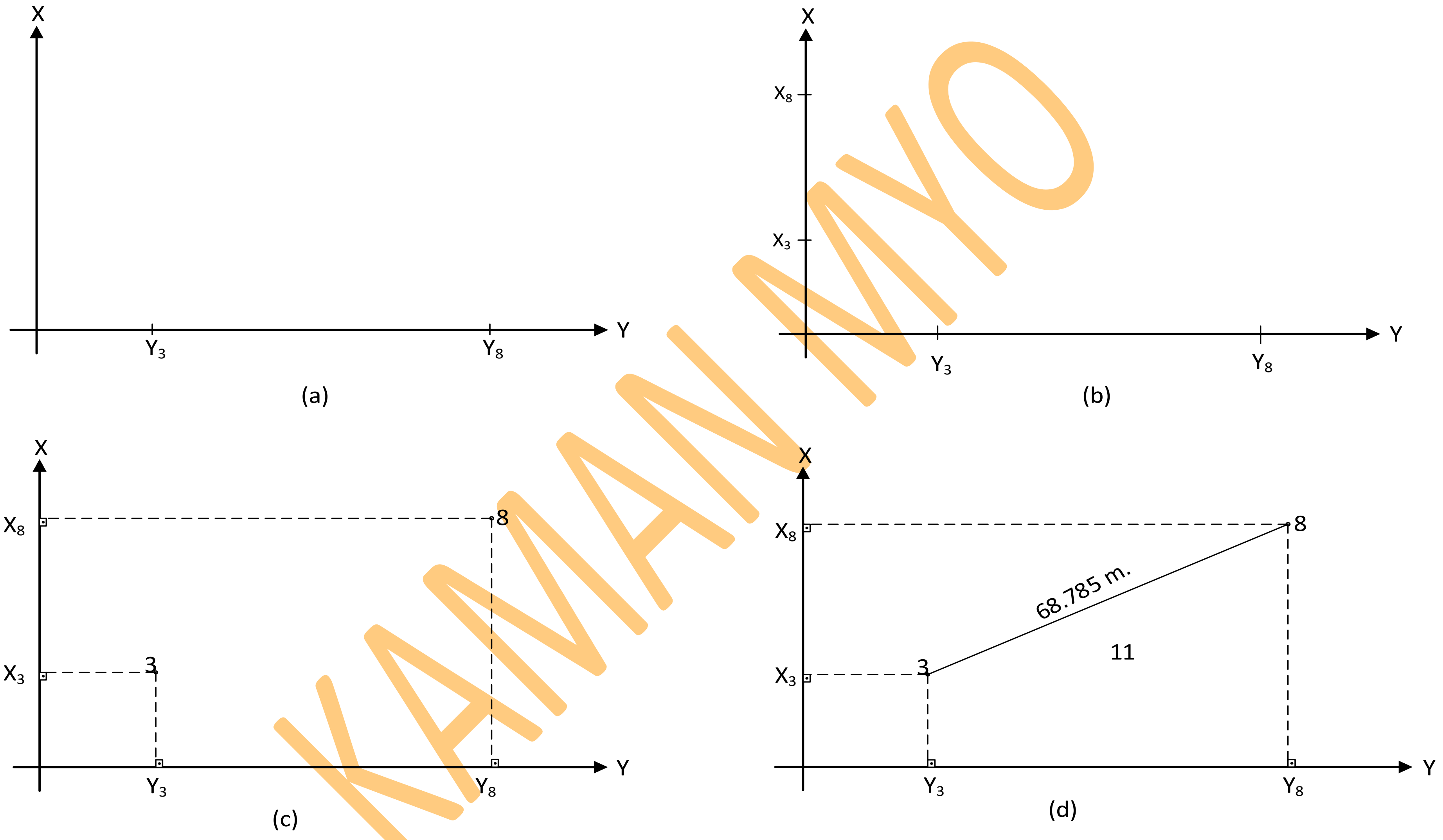
Tablo 2

Nokta adı	**Y (m)**	**X (m)**
3	512387.482	4316848.110
8	512408.369	4316913.647



Şekil 91

Çizim ölçeklenerek değil bir kroki olarak çizilmiştir. Kroki çizimini yaparken en küçük ve en büyük Y ile X değerlerine göre noktalar belirlenip eksen üzerine yerleştirilir (Şekil 92-a, Şekil 92 - b). Noktaların kendi X ve Y eksenlerindeki değerleri birleştirilip yatay düzlem üzerindeki yerleri tespit edilir (Şekil 92-c). Çizgi objesini oluşturmak içinse yatay düzlem üzerindeki noktalar birleştirilir (Şekil 92-d). Şekil 91'de 68.785 m, 3. İle 8 noktaları arasındaki çizginin uzunluk (yatay mesafe) değerinin büyüklüğüdür.


X
Y
Y_3
Y_8
(a)
X
X_8
X_3
Y
Y_3
Y_8
(b)
X
X_8
8
X_3
3
Y
Y_3
Y_8
(c)
X
X_8
8
68.785 m.
11
X_3
3
Y
Y_3
Y_8
(d)

Şekil 92

Çizgi grafik objesi ile temsil edilecek coğrafik objeler örnek verilirse: sınır objesi (duvar, çit, tonç, tel örgü), yol (karayolu, demiryolu, vb.), yerleşim yeri sınırı (il, ilçe, devlet, mahalle, orman, maden, belediye, mücavir alan,), hat (elektrik hattı, boru hattı, doğalgaz hattı, vb.), eğriler (dairesel objeler, eş yükselti eğrileri) gibi coğrafik objeler çizgi ile temsil edilebilir.

Çizgi objesinin içerdiği bilgiler:

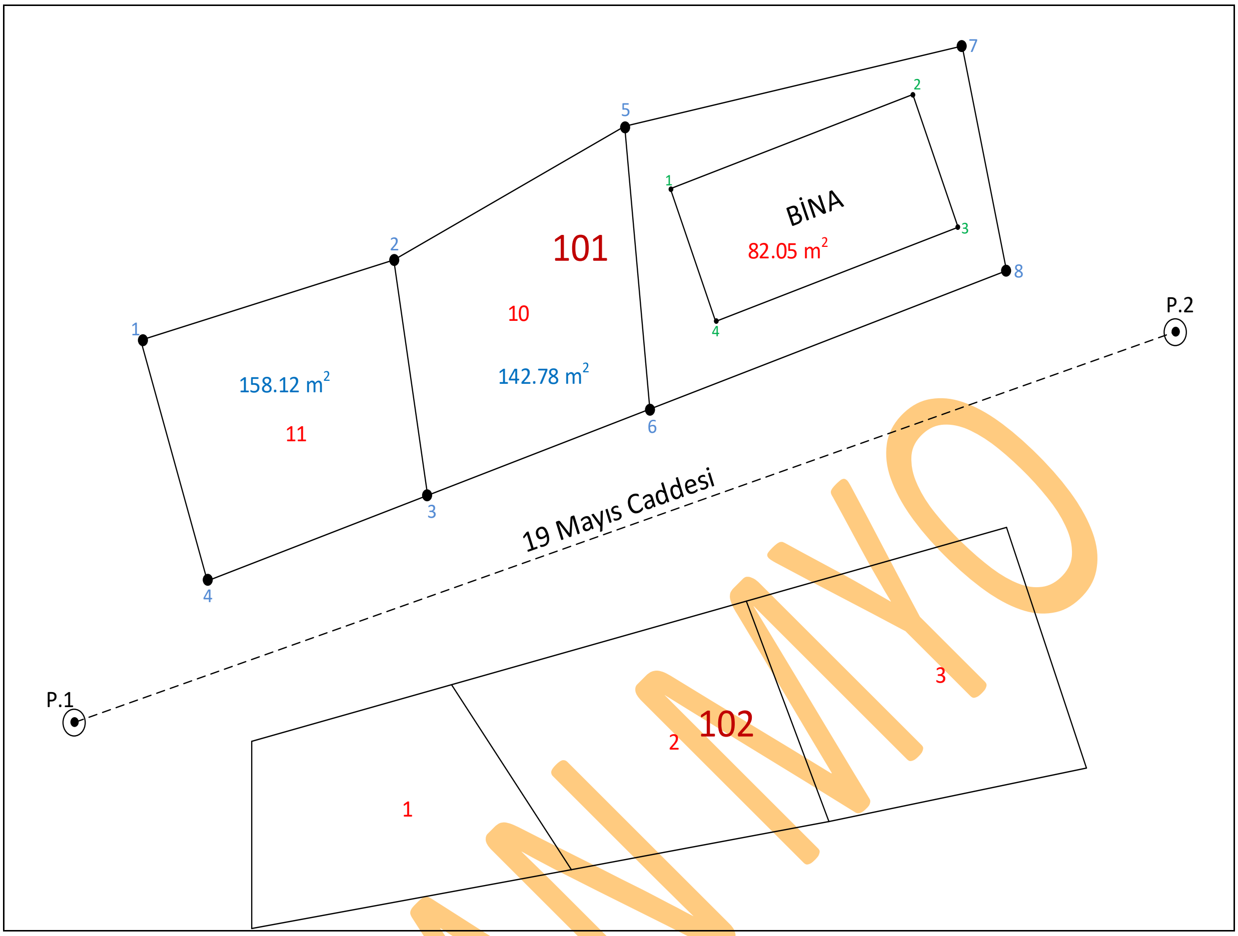
Bilgi	**Açıklaması**
Çizgi adı	Her çizginin birbirinden farklı ayırt edici adı olabilir.
Noktalar	Hangi noktalardan oluştuğu
Uzunluğu	Çizginin toplam uzunluğu

Yukarıdaki tabloda "Uzunluğu" bilgisinde açıklama kısmı, "Çizginin toplam uzunluğu" olarak belirtilmesinin temel nedeni, coğrafik obje birden fazla çizgiden oluşabilir. Bu durumda çizgilerin toplam uzunluğu, coğrafik objenin uzunluk büyüklüğünü verecektir.

Her çizgi proje içerisinde tekil bir ad veya numara alır. Örneğin her sokağın adı, numaratajın yapıldığı yerleşim yerinde tekil olacak şekilde verilir. Eğer parselleri oluşturan kenarlara numaralar verilirse, aynı kenara sahip parsellerin komşu olduğu kolayca belirlenir. Çizgilerin hangi noktalardan oluştuğu bilgisi tutulur. Çizgileri oluşturan noktaların koordinatlarından yararlanarak çizginin uzunluk değerleri elde edilir. Çizgilerin uzunluk değerleri, parselleri oluşturan çizgilerden yararlanarak parselin çevresi, duvar objesinin uzunluğu, yolların uzunluğu ve en kısa yol bilgilerinin elde edilmesinde kullanılır.

Alan:

Alan grafik objesi, en az 3 noktadan oluşan geometrik obje tipidir. Alan objesini çizgi objesinden ayıran özellik: alan objesi çizilirken çizime başlanılan noktaya geri dönülmesidir. Objeyi oluşturan noktalar sırasıyla çizilirken, çizime başlanan nokta en son nokta olacak şekilde tekrar seçilir (veya çizimin bitirilmesi için) ve obje kapalı hale gelir. Şekil 93 **alan** objeleri tasviridir. Örneğin 101 ada içindeki 11 numaralı parsel 1, 2, 3 ve 4 numaralı noktalardan oluşuyor. 101 ada içindeki 10 numaralı parsel, 2, 5, 6 ve 3 numaralı noktalardan oluşuyor. 101 adası 1, 2, 5, 7, 8, 6, 3, 4 numaralı noktalardan oluşuyor. Parseller her ada içinde yeniden numaralandırılır ve bu sebepten dolayı parsellerin aynı numaraya sahip olması muhtemeldir. Bu durumda karışıklığı önlemek için parselleri isimlendirirken ada/parsel şeklinde yani 101/1 (101 ada 1 parsel) olacak şekilde isimlendirilir. Örnekte 101 numaralı ada içinde bir bina gözükmektedir. Bina da bir alandır. Örnekteki bina 1, 2, 3 ve 4 numaralı noktalardan oluşmaktadır. Ada, parsel, bina objeleri birer alan örneğidir. Ortak özellikleri incelenirse her birisi alan bilgisi ve bu bilgiye dair büyüklükler vardır. Örneğin 101 ada 10 parselin alan bilgisi 142.78 m2 olarak belirtilmiştir.



Şekil 93

Şekil 94 Alan obje örnekleri Soldaki resim arazi tipinde parseli, sağdaki resim bir gölü temsil etmektedir.

Şekil 95 Alan obje örnekleri, resimde bina objeleri gözükmektedir.

Bir alan objesinin içerdiği bilgiler:

Bilgi	**Açıklaması**
Alan adı	Her bir uygulamada alan objelerini birbirinden ayırt edilmesi için gerekli olan bilgidir.
Alan Bilgisi	Her alan objesini hesaplanan alan değeridir.
Çevre Bilgisi	Her alan objesini hesaplanan çevre değeridir.
Noktalar	Alan objesinin hangi noktalardan oluştuğu.

Alan objesine komşu olan diğer alan objelerini tespit etmek için, objenin hangi noktalardan oluştuğunun kayıt altına alınması işlem kolaylığı sağlayacaktır. Çünkü komşu olan alan objeleri, ortak noktalardan oluşmuş olacaktır.

Bina objeleri, bulunduğu sokakta bina numarasıyla ad bilgisine sahip olur.

Temel ödevler

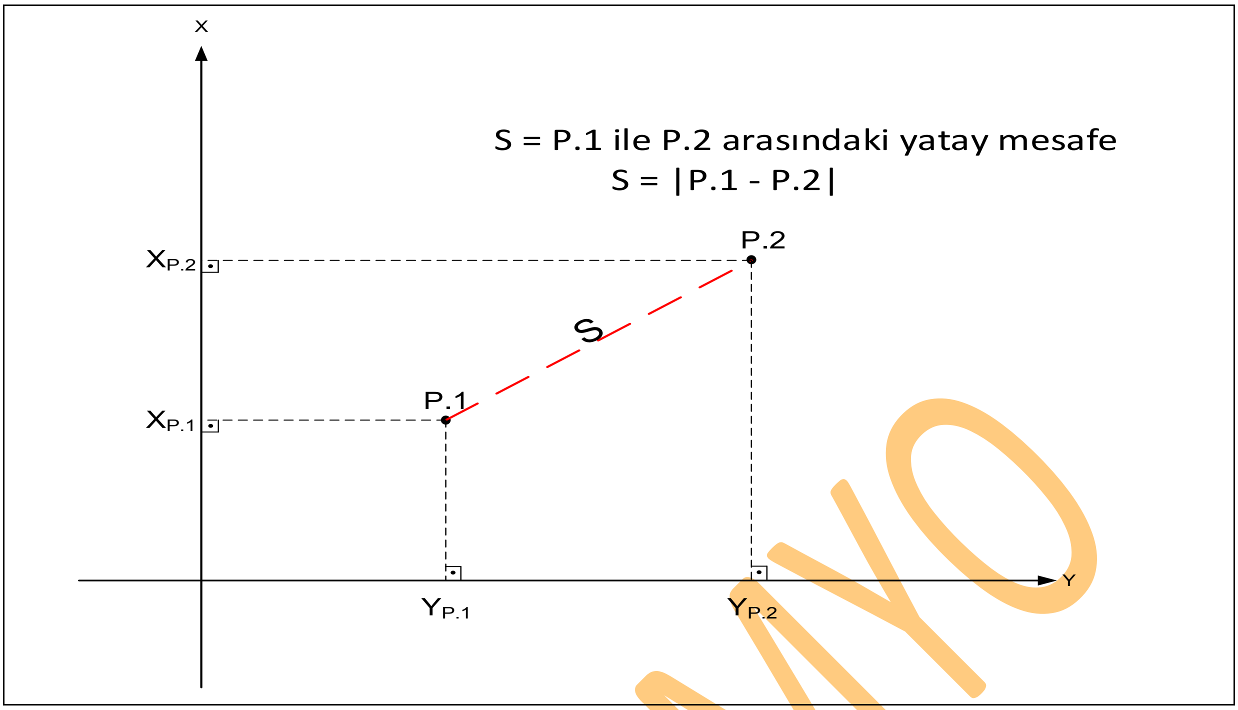
Temel ödevler, haritacılıkta kullanılan birçok hesaplama işleminin temellerini oluşturan konuları ve hesaplama yöntemlerini içermektedir. Temel ödevlerin konu başlıkları mühendislik ve teknikerlik eğitiminde sayısal olarak (Temel Ödev **1**, Temel Ödev **2**,…) birbirinden farklılaştırılmıştır. Farklı "Ölçme Bilgisi", "Mesleki Hesaplama", "Jeodezik Hesap", "Topoğrafya" kitaplarında temel ödevlerin sıralaması buradaki ile uyuşmayabilir. Dikkat edilmesi gereken temel ödevin kullanım amacıdır. Bu sebeple Temel Ödevler alt konu başlığı altındaki başlıklarında, hangi amaçlı kullanıldığı da başlığa eklenmiştir.

Temel Ödev I: Koordinatları belirli iki nokta arasındaki yatay mesafenin bulunması.

Temel Ödev 1, yatay düzlemdeki koordinatları (X ve Y koordinatları) bilinen iki nokta arasındaki yatay mesafenin bulunması için kullanılır. Bu yatay mesafe, iki nokta arasındaki çizgi grafik objesinin uzunluk bilgisinin büyüklüğüne denk gelmektedir. İki nokta arasındaki mesafe değerinin büyüklüğünün sembolize edilişi: 5 nokta adlı nokta ile 6 nokta adlı noktaya arasında oluşan çizginin uzunluk büyüklüğü $|5-6|$ veya $\overrightarrow{5-6}$ şeklinde gösterilir.

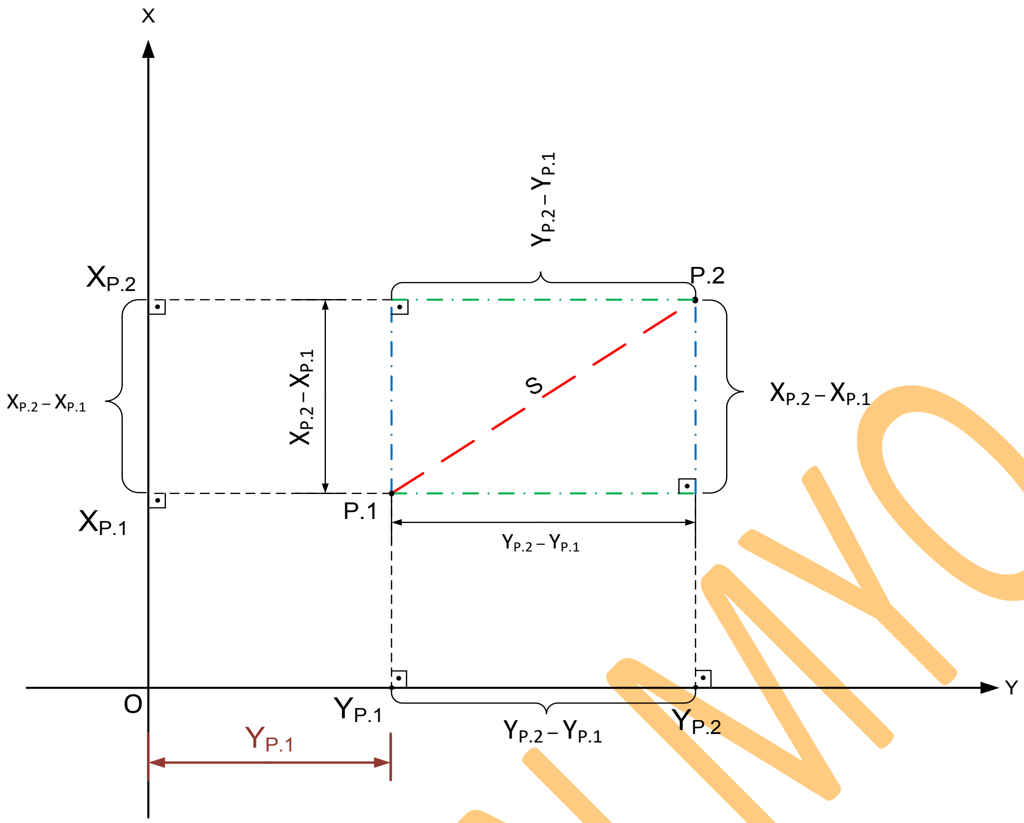
Verilenler: $P.1\ (X_1, Y_1)$, $P.2(X_2, Y_2)$

İstenenler: |P.1 – P.2| mesafesi: P.1 noktası ile P.2 noktası arasındaki yatay mesafenin bulunması. Şekil 96 yatay mesafe değeri bulunacak çizgi objesinin tasviridir. Tasvirde $P.1$ ile $P.2$ arasındaki çizgi objesi kırmızı çizgi ile gösterilmiştir. Şeklin oluşturulması için $P.1$ ve $P.2$ noktalarının koordinatları yatay düzlemdeki eksenlere ölçeklenerek aktarıldıktan sonra, noktaların eksenleri kestikleri yerler çakıştırılır ve yataya düzlemde noktaların yerleri belirlenir.



Şekil 96

Nokta grafik objesinin koordinatları eksen üzerine yerleştirilirken, O başlangıç noktasına olan uzaklık değeri ölçeklenerek yerleştirilir. Şekil 97'de $P.1$ noktasının Y koordinatının O başlangıç noktasına olan uzaklığı şekil üzerinde $Y_{P.1}$ olarak gösterilmiştir. Her koordinat değeri birer uzunluk ise noktaların koordinatlarının farkları da eksenler üzerindeki mesafe değerlerini göstermektedir. Bu mesafeler $Y_{P.2} - Y_{P.1}$ ve $X_{P.2} - X_{P.1}$ olarak Şekil 97'de gösterilmiştir. Bu mesafe değerleri ile yatay düzlemde dik üçgenler oluşmaktadır. Bu dik üçgenlerde hipotenüs S ile gösterilmektedir.



Şekil 97

Mesafe değerleri kullanılarak Pisagor bağıntısı veya cosinüs teoremi sayesinde $P.1$ ile $P.5$ arasındaki yatay mesafe değeri bulunur.

$$S = |P_1 - P_2| = \sqrt{((X_{P.2} - X_{P.1})^2 + (Y_{P.2} - Y_{P.1})^2)} = \sqrt{((X_{P.1} - X_{P.2})^2 + (Y_{P.1} - Y_{P.2})^2)}$$

Yukarıdaki formülde parantez kareler işlemde kullanıldığı için eşitliğin her iki tarafındaki yatay mesafe hesabı aynı çıkacaktır.

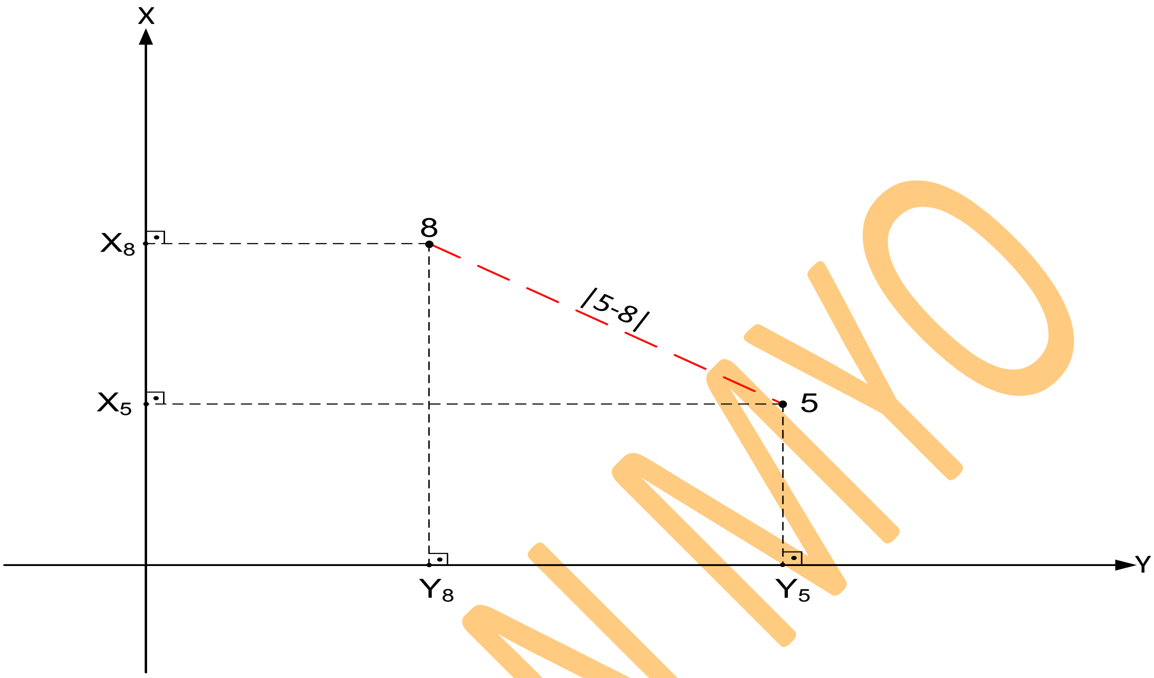
$$(X_{P.2} - X_{P.1})^2 = (X_{P.1} - X_{P.2})^2$$

Örnekler:

Örnek 1: Yatay Koordinatları verilen 5 ve 8 numaralı noktalar arasında oluşan çizgi objesinin yatay mesafesini bulunuz.

NNO	Y (m)	X (m)
5	433811.197	3285228.468
8	433768.058	3285290.772

Çözüm: soruların çözülmesinde noktaların yatay düzlemdeki yerlerinin belirlenmesi sorunun çözülmesi açısından ve konunun anlaşılması açısından önemlidir. Nokta grafik objeleri verilen koordinatlara göre krokileri çizildiğinde oluşan şekil (Şekil 98)



Şekil 98

$$|5-8| = \sqrt{((X_5 - X_8)^2 + (Y_5 - Y_8)^2)} = \sqrt{((X_8 - X_5)^2 + (Y_8 - Y_5)^2)} = 75.781\ m$$

Temel Ödev II: Semt Hesabı.

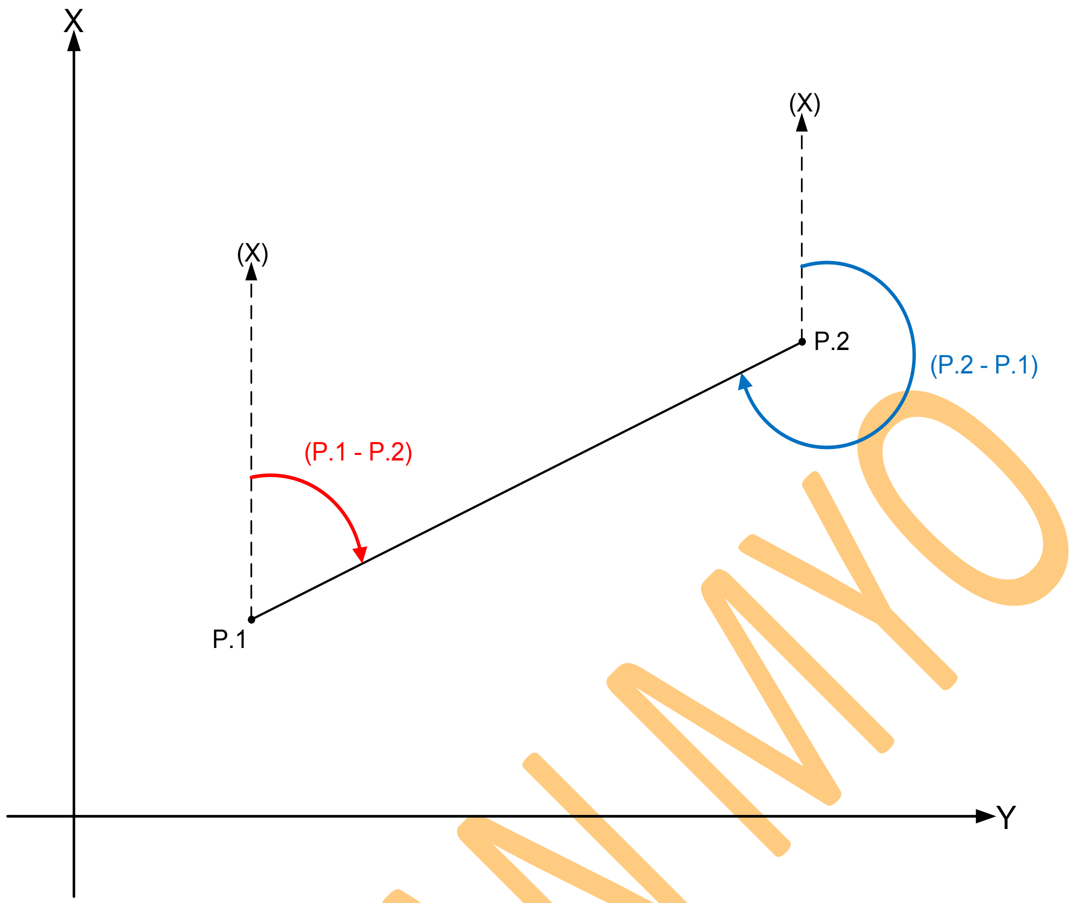
Semt açısı yatay düzlemde oluşan bir yatay açıdır. Açı iki doğrultu arasında kalan ve doğrultunun açısal büyüklüklerinin farkıdır. Açısal büyüklüğün farkının alınabilmesi için, açının artış yönüne göre, doğrultulardan birisinin başlangıç doğrultusu olması gerekir. ***Yatay düzlemde X ekseninin başlangıç doğrultusu olduğu yatay açıya semt açısı denir.*** Semt açısı haritacılıkta hem koordinatların hesaplanmasında hem de noktanın yer tespitinde (aplikasyon işlemi) kullanılır. Temel Ödev II konu başlığı altında, yatay düzlem koordinatları bilinen iki nokta arasında semt açısının hesaplanması anlatılacaktır. Yatay düzlemdeki koordinatları bilinen iki nokta arasındaki semt açısının değerinin büyüklüğünün sembolize edilişi: 7 nokta adlı **noktadan**, 8 nokta adlı **noktaya** olan semt açısı $(7-8)$ şeklinde sembolize edilir. 8 nokta adlı noktadan, 7 nokta adlı noktaya olan semt açısı $(8-7)$ şeklinde sembolize edilir.

Verilenler: $P.1(X_{P.1}, Y_{P.1})$, $P.2(X_{P.2}, Y_{P.2})$

İstenenler: $(P.1 - P.2)$ veya $(P.2 - P.1)$

İki nokta arasında oluşan doğrunun X ekseniyle arasında kalan açıya semt açısı denir. Semt açısı, X ekseninden başlayıp ve iki nokta arasındaki doğruya kadar saat yönünde artacak şekilde çizilir. Şekil 99 $(P.1 - P.2)$ ve $(P.2 - P.1)$ semt açılarının tasviridir. Şeklin çizilmesinde ilk yapılan verilen koordinat değerlerine göre noktaların yatay düzlemde yerleştirilmesidir. Noktalar içinde bulundukları jeosantrik koordinat sisteminin orijin noktaları değildir. Fakat her bir nokta kendi başına bir toposentrik koordinat sisteminin başlangıcıdır. Bu bağlamda her bir noktadan, içinde bulunduğu koordinat sisteminin X eksenine paralel olacak şekilde bir X ekseni çizilebilir. Şekil 99 hem $P.1$ hem de $P.2$ noktasında oluşan jeosantrik koordinat sisteminin X eksenini temsil eden eksenlerin tasviridir.

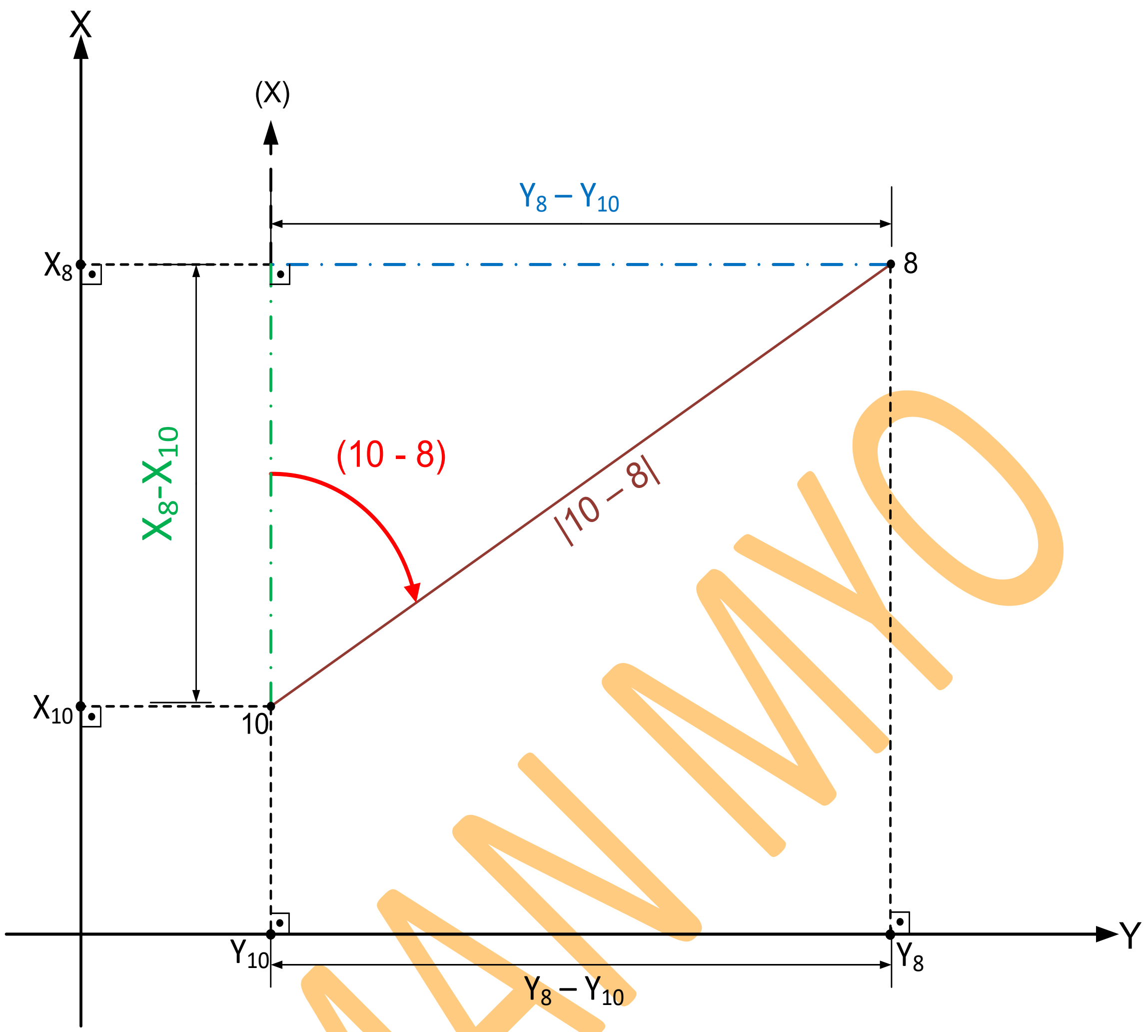
$P.1$ noktasından, $P.2$ noktasına olan semt açısı $(P.1 - P.2)$ olarak gösterilmiştir. $(P.1 - P.2)$ semt açısı, $P.1$ noktasındaki X ekseninden başlayıp $P.1$ ile $P.2$ arasındaki çizgiye kadar olan açıdır (Şekil 99).



Şekil 99

$P.2$ noktasından, $P.1$ noktasına olan semt açısı $(P.2 - P.1)$ olarak gösterilmiştir. $(P.2 - P.1)$ semt açısı, $P.2$ noktasındaki X ekseninden başlayıp $P.2$ ile $P.1$ arasındaki çizgiye kadar olan açıdır (Şekil 99).

Koordinatları bilinen iki nokta arasındaki semt açısı hesaplanırken noktaların koordinatlarından yararlanılır. Şekil 100 10 numaralı nokta ile 8 numaralı noktanın yatay düzlemdeki konumlarının tasviridir. Şekil 100 10 ve 8 noktaları arasındaki çizginin uzunluk bilgisinin büyüklüğünü (yatay mesafe) $|10 - 8|$; 10 numaralı noktadan, 8 numaralı noktaya olan semt açısı da $(10 - 8)$ olarak sembolize edilmiş.



Şekil 100

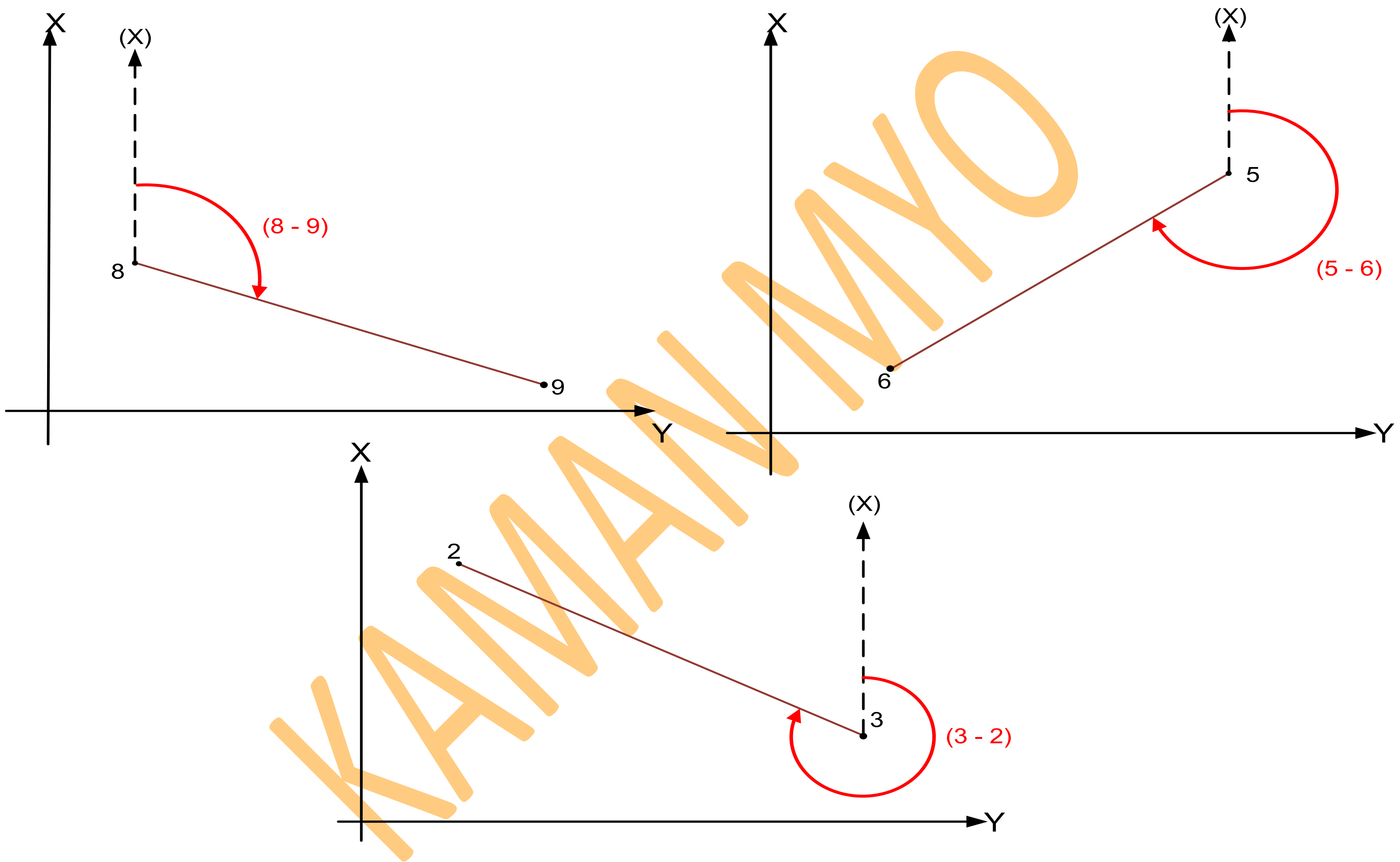
Eğer noktaların yatay düzlemdeki koordinatları biliniyorsa, noktaların X ve Y koordinatlar arasındaki farklar ($Y_8 - Y_{10}$ ile $X_8 - X_{10}$ farkları) eksen üzerinde noktalar arasındaki mesafeleri verecektir (Şekil 100). Bu mesafe değerleri ve uygun trigonometrik fonksiyon kullanılarak $(10 - 8)$ semt açısı bulunabilir. Koordinat farkları incelendiğinde: $(10 - 8)$ semt açısının karşısındaki $Y_8 - Y_{10}$ uzunluğu (dik kenar) ve $(10 - 8)$ semt açısına komşu olan $X_8 - X_{10}$ uzunluğu (dik kenar) bilinmektedir. Bu bilinenlere göre uzunlukların elde edilmesinde tanjant trigonometrik fonksiyonu kullanılır. Tanjant trigonometrik fonksiyonu, içerisine değer olarak açı biriminde (grad, derece veya radyan biriminde) değer alır. Sonuç çıkacak (geriye dönecek) değerin açı veya uzunluk olarak birimi yoktur. Çünkü pay ve paydadaki metre birimleri sadeleşecektir.

$$\tan(10 - 8) = \frac{Y_8 - Y_{10}}{X_8 - X_{10}}$$

Semt açısının elde edilmesinde Arctanjant trigonometrik fonksiyonu kullanılır. Arctanjant fonksiyonu $\tan^{-1}()$ olarak da yazılır. Arctanjant trigonometrik fonksiyonu, içerisine birimsiz değer alır. Sonuç çıkacak (geriye döndürdüğü) değer açı birimindedir. Kullanılan hesap makinesinde açı birim ayarına göre sonuç değerin birimi belirlenmiş olacaktır.

$$\tan^{-1}\left(\frac{Y_8 - Y_{10}}{X_8 - X_{10}}\right) = (10 - 8)$$

Şekil 101 farklı koordinatlara sahip noktalarla oluşan semt açılarına örnek tasvirdir. Şekil 101'deki $8, 5$ ve 3 numaralı noktaların her birinde toposentrik koordinat sistemi yeniden kurulmuş ve her birinin içinde bulunduğu koordinat sisteminin X eksenine paralel eksen çizilmiştir. 8 numaralı noktadan 9 numaralı noktaya olan semt açısı $(8 - 9)$; 5 numaralı noktadan 6 numaralı noktaya olan $(5 - 6)$; 3 numaralı noktadan 2 numaralı noktaya olan $(3 - 2)$ semt açıları çizilmiştir. Şekil 101'deki semt açıları incelendiğinde noktaların durumlarına göre semt açıları farklılaşabilir. Hesaplamaları $(10 - 8)$ semt açısının formülünde olduğu gibi ters trigonometrik fonksiyonlardan arctanjant fonksiyonu kullanılarak bulunacaktır. Şekil 100 ve Şekil 101'deki açıların farklı olması, açıların $X - Y$ yatay düzlemindeki farklı bölgelerde oluşmasından dolayıdır. Semt açısının hesaplanması için ilk önce açının hangi bölgede oluştuğu bulunmalıdır.



Şekil 101

Semt açısının Hesaplama adımları:

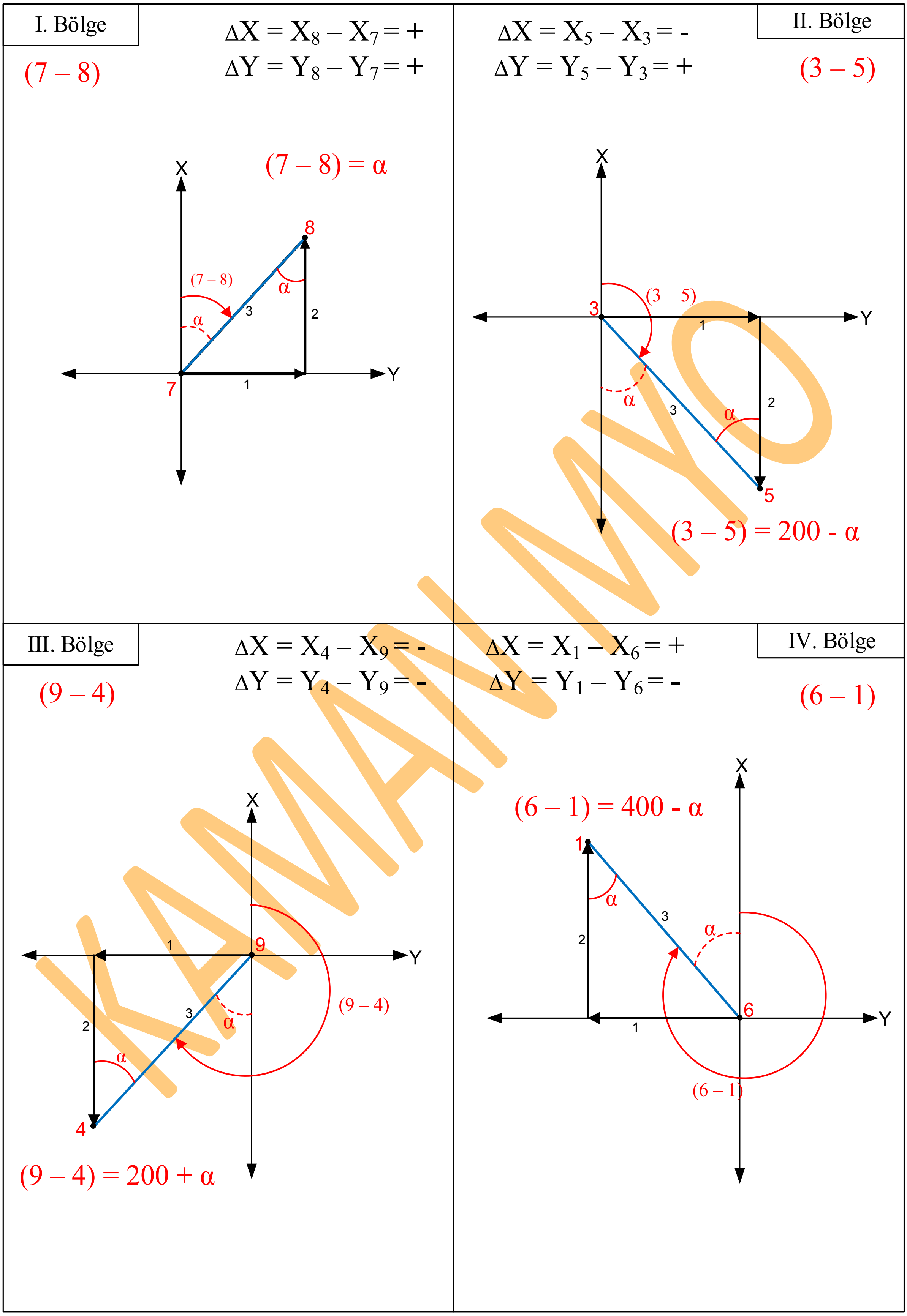
Semt açılarının hesaplanması işlemlerine örnekleme yaparken Şekil 101'deki noktalar ve grafikler kullanılacaktır.

- İlk olarak semtin hangi noktadan hangi noktaya doğru olduğu belirlenmelidir. $(8-9)$ semt açısı 8 numaralı noktadaki X ekseninden başlayıp 8 ile 9 arasında oluşan çizgide bitiyor. $(5-6)$ semt açısı 5 numaralı noktadaki X ekseninden başlayıp 5 ile 6 arasında oluşan çizgide bitiyor. $(3-2)$ semt açısı 3 numaralı noktadaki X ekseninden başlayıp 3 ile 2 arasındaki doğruya kadar oluşan çizgide bitiyor.
- Başlangıç ve bitiş noktası belirlendikten sonra, noktaların Y ve X koordinatlarının farkı alınır. Koordinat farkı alınırken, bitiş noktasından başlangıç noktasının farkı alınır. Örneğin $(3-2)$ semtinde, $\Delta Y = Y_3 - Y_2$, $\Delta X = X_3 - X_2$ şeklinde fark alınır. $(8-9)$ semtinde , $\Delta Y = Y_9 - Y_8$, $\Delta X = X_9 - X_8$ şeklinde fark alınır. Alınan farklar açının Şekil 100 ve Şekil 101'deki farklı semt açılarında olduğu gibi açının hangi bölgede olduğunu belirlenmesini sağlar.

Alınan farkların pozitif veya negatif olmasına göre semt açısının hangi bölgede olduğu belirlenir. Bölgenin belirlenmesinde, farkların pozitif veya negatif olması sonuçları ezberlenebilir (Tablo 3). Sonuçların ezberlenmesi dışında $X-Y$ yatay düzlemi üzerinde çizimle de bulunabilir (Şekil 102).

Tablo 3

ΔY Farkı	ΔX *Farkı*	*Bölge*
+	+	*I.Bölge*
+	−	*II.Bölge*
−	−	*III.Bölge*
−	+	*IV.Bölge*


I. Bölge
(7 – 8)
ΔX = X8 – X7 = +
ΔY = Y8 – Y7 = +
(7 – 8) = α
II. Bölge
(3 – 5)
ΔX = X5 – X3 = -
ΔY = Y5 – Y3 = +
(3 – 5) = 200 - α
III. Bölge
(9 – 4)
ΔX = X4 – X9 = -
ΔY = Y4 – Y9 = -
(9 – 4) = 200 + α
IV. Bölge
(6 – 1)
ΔX = X1 – X6 = +
ΔY = Y1 – Y6 = -
(6 – 1) = 400 - α
KAMAN MYO

Şekil 102

Şekil 102'de $X - Y$ yatay düzleminin 4 bölgesinde oluşacak semt açıları için ayrı tasvirler bulunmaktadır. Her bölge içinde X ve Y eksenleri üzerinde 1, 2 ve 3 numaraları bulunmaktadır. Bu numaralar okların ve sonuç şeklin hangi sıralamada çizildiğini ifade etmektedir. Çizimde ilk olarak ΔY sonucunun + veya – olmasına göre 1 nolu ok (çizgi); ΔX sonucunun + veya – olmasına göre 2 nolu ok (çizgi) çizilir. 3 nolu çizgi, 1 nolu çizgi ve 2 nolu çizginin birleştirilmesi ile oluşur. Oluşan üçgende, $\tan(\alpha) = \frac{\Delta Y}{\Delta X}$ trigonometrik fonksiyon bağıntısı olacak şekilde, α açısı üçgen içerisinde Y ekseni karşısına gelecek şekilde yerleştirilir. α açısı **<u>iç ters açı</u>** olarak X ekseni ile üçgenin kesişim yerinde α açısı yerleştirilir. Semt açısının bulunması için, $\alpha = \arctan\left(\frac{\Delta Y}{\Delta X}\right)$ hesabı yapılır. Dikkat edilmesi gereken α hesaplanırken dikkat edilmesi gereken α açısı oluşan üçgenin içinde bir açıdır. Hiçbir zaman negatif olamaz. Bu sebepten dolayı $\alpha = \arctan\left(\frac{\Delta Y}{\Delta X}\right)$ formülündeki ΔY ve ΔX değerleri pozitif (+) hale getirilir ve α sonucu bulunur. Semt açısı hesaplanırken: semt açısı, hangi bölgeye denk geliyorsa (Şekil 102) altta belirtilen kurallar dikkate alınır.

- Eğer semt açısı 1. Bölgede ise, $SEMTAÇISI = \alpha$ formülü ile hesaplanır,
- Eğer semt açısı 2. Bölgede ise, $SEMTAÇISI = 200 - \alpha$ formülü ile hesaplanır,
- Eğer semt açısı 3. Bölgede ise, $SEMTAÇISI = 200 + \alpha$ formülü ile hesaplanır,
- Eğer semt açısı 4. Bölgede ise, $SEMTAÇISI = 400 - \alpha$ formülü ile hesaplanır,

Tam doğu – batı yönünde olan bir doğrunun semt açısı hesabında $\Delta x = 0$ ve tam kuzey – güney yönünde olan bir doğrunun semt açısı hesabında $\Delta y = 0$ olur. Böyle bir durumda açıklık açısının hesaplanmasında, hesap makinesine gerek yoktur. Zaten doğu – batı doğrultusu için yapılacak hesaplamada:

$$\frac{\Delta Y}{0} = \infty$$

olacağından hesap makinesi ile bir değer elde edilemeyecektir. Eğer $\Delta x = 0$ olursa semt açısı değeri 100^g; eğer $\Delta y = 0$ olursa semt değeri 200^g olacaktır (Şerbetci ve Atasoy 2000).

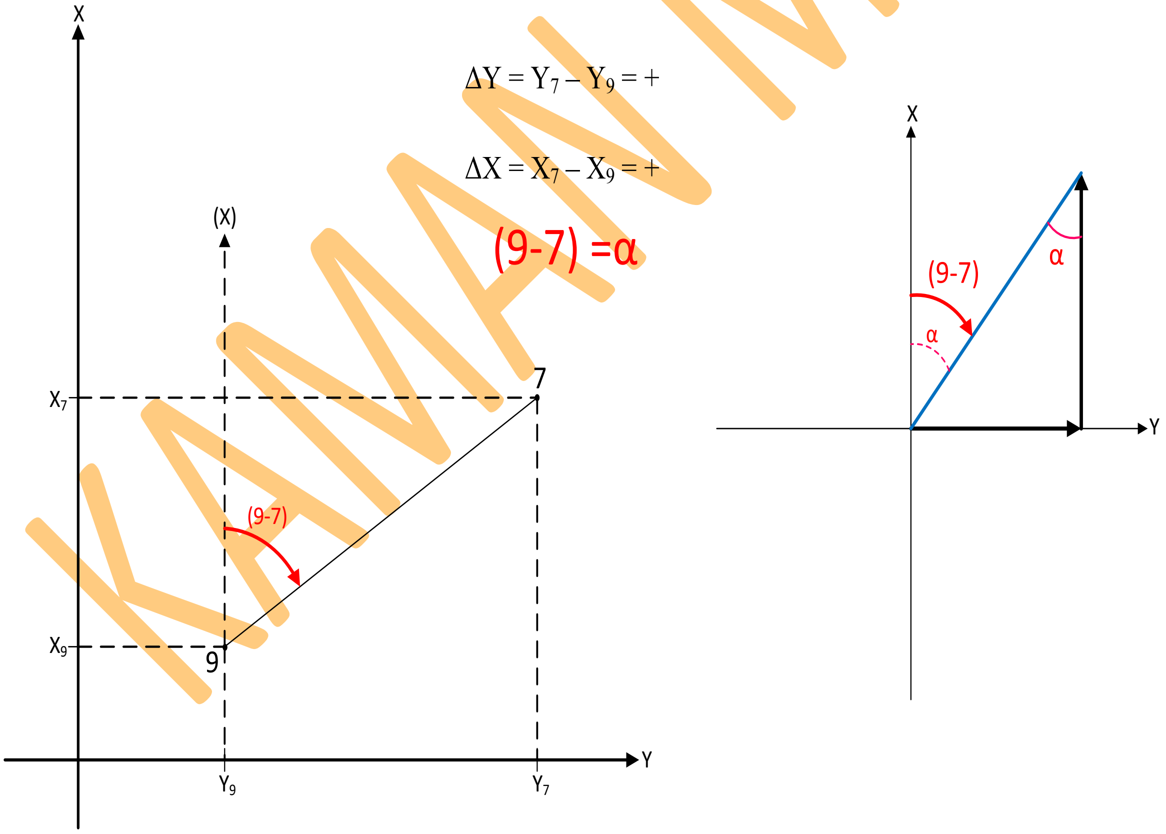
Örnekler:

***Örnek 1:* (1. Bölgede semt açısı hesabı örneği)**

NNO	Y (m.)	X (m.)
7	214129.437	2487187.004
9	214095.190	2487125.772

Tabloda verilen 7 ve 9 numaralı noktaların koordinatlarından yararlanıp (9-7) semtini hesaplayınız

Çözüm: $(9-7)$ semt açısında, açı 9 numaralı noktadaki X ekseninden çıkıp 9 ile 7 numaralı noktalar arasındaki çizgide bitmektedir (Şekil 103). $(9-7)$ ile α açısı iç ters açılardır. Eğer α açısı bulunursa $(9-7)$ semt açısı da bulunmuş olur.



Şekil 103

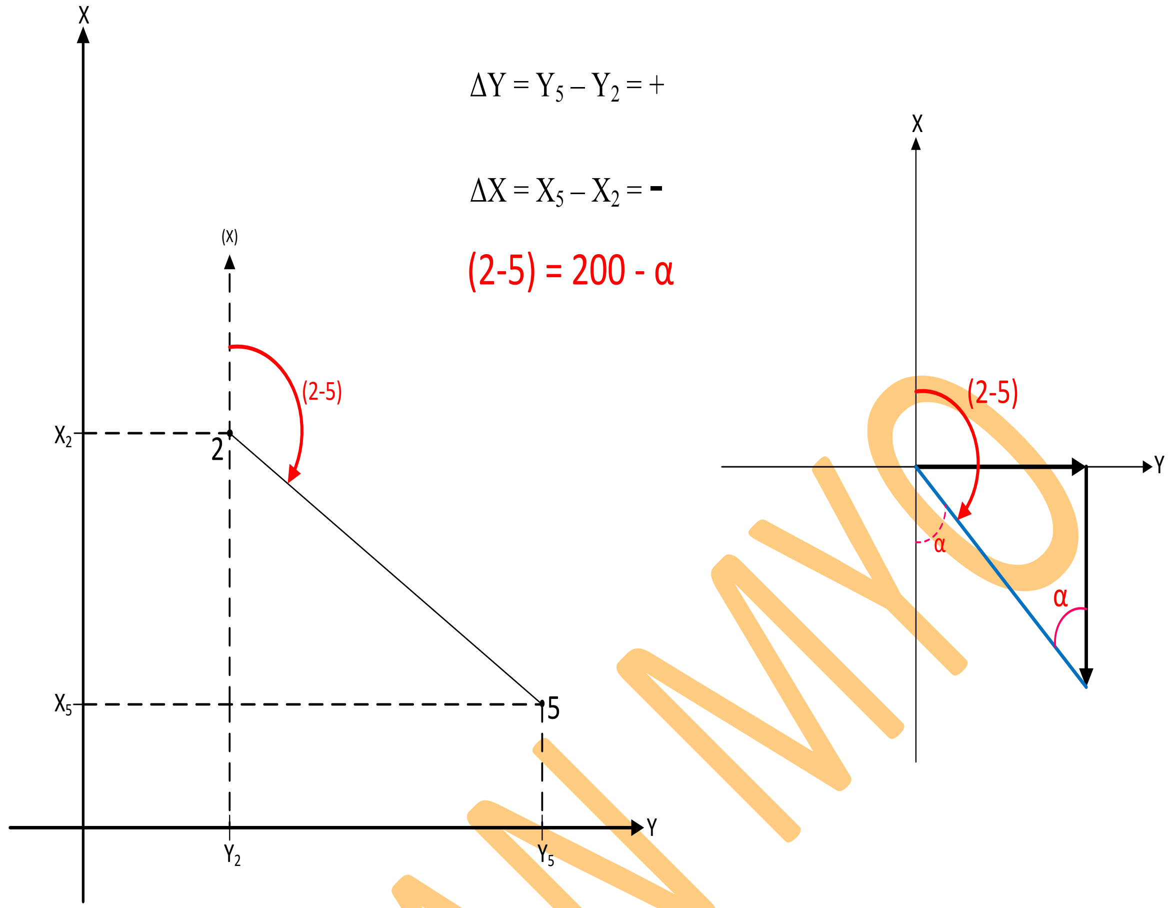
$$(9-7) = \alpha = \tan^{-1}\left((Y_7 - Y_9) \div (X_7 - X_9)\right) = 32.4647^g$$

Örnek 2: **(2. Bölgede semt açısı hesabı örneği)**

NNO	Y (m.)	X (m.)
2	499254.025	1254771.113
5	499278.804	1254730.447

Tabloda verilen 2 ve 5 numaralı noktaların koordinatları kullanılarak (2-5) semtini hesaplayınız

Çözüm: $(2-5)$ semt açısında, açı 2 numaralı noktadan çıkan X ekseninden başlayıp 2 ile 5 numaralı noktalar arasındaki çizgide bitmektedir (Şekil 104). $(2-5)$ semtinin bulunması için, Y ve X koordinatlarının farkları oluşturduğu üçgenin içindeki α açısı hesaplanır. α açısının iç ters açısı yatay düzlemde yerleştirildiğinde $(2-5)$ semt açısının çözülmesi için, $200-\alpha$ işleminin yeterli olduğu görülecektir



Şekil 104

$$\alpha = tan^{-1}((Y_5 - Y_2) \div (X_5 - X_2) * (-1)) = 34.8391^g$$

$$\alpha = tan^{-1}((Y_5 - Y_2) \div (X_5 - X_2)) * (-1) = 34.8391^g$$

$$(2-5) = 200 - \alpha = 165.1609^g$$

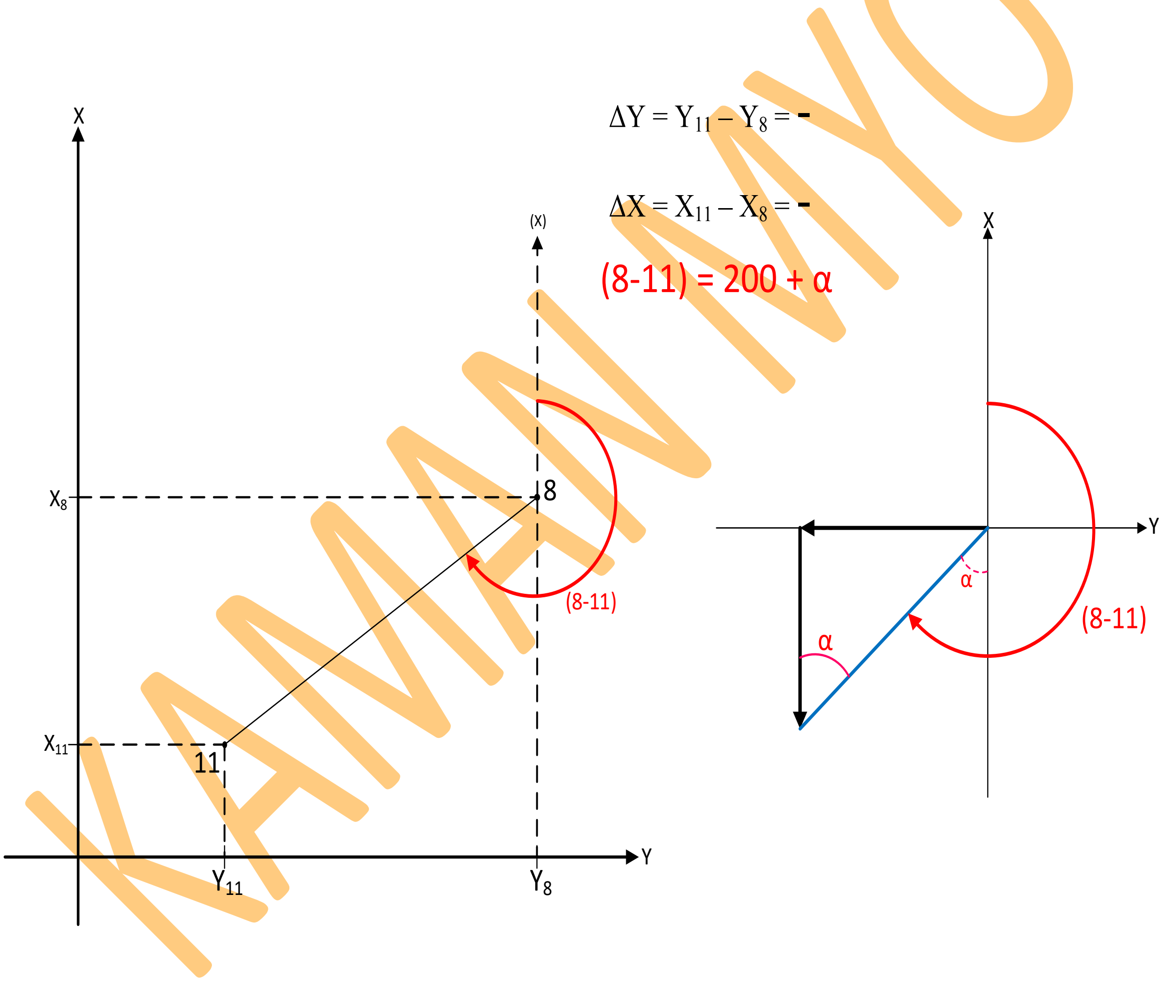
α açısı üçgen içindeki bir açıdır. Bu sebepten dolayı yukarıdaki formüllerde, $\tan^{-1}()$ ters trigonometrik fonksiyonu sonucunun pozitif çıkması için formüldeki (-1) çarpımına dikkat edilmesi gerekir.

Örnek 3: **(3. Bölgede semt açısı hesabı örneği)**

NNO	Y (m.)	X (m.)
11	177380.451	2558599.274
8	177412.119	2558633.446

Tabloda verilen 8 ve 11 numaralı noktaların koordinatları kullanılarak (8-11) semtini hesaplayınız

Çözüm: $(8-11)$ semt açısında, açı 8 numaralı noktadan çıkan X ekseninden başlayıp 8 ile 11 numaralı noktalar arasındaki çizgide bitmektedir (Şekil 105). $(8-11)$ semtinin bulunması için, Y ve X koordinatlarının farkları oluşturduğu üçgenin içindeki α açısı hesaplanır. α açısının iç ters açısı yatay düzlemde yerleştirildiğinde $(8-11)$ semt açısının çözülmesi için, $200+\ \alpha$ işleminin yeterli olduğu görülecektir



Şekil 105

$$\alpha = tan^{-1}((Y_{11}-Y_8) \div (X_{11}-X_8)) = 47.5800^g$$

$$(8-11) = 200 + \alpha = 247.5800^g$$

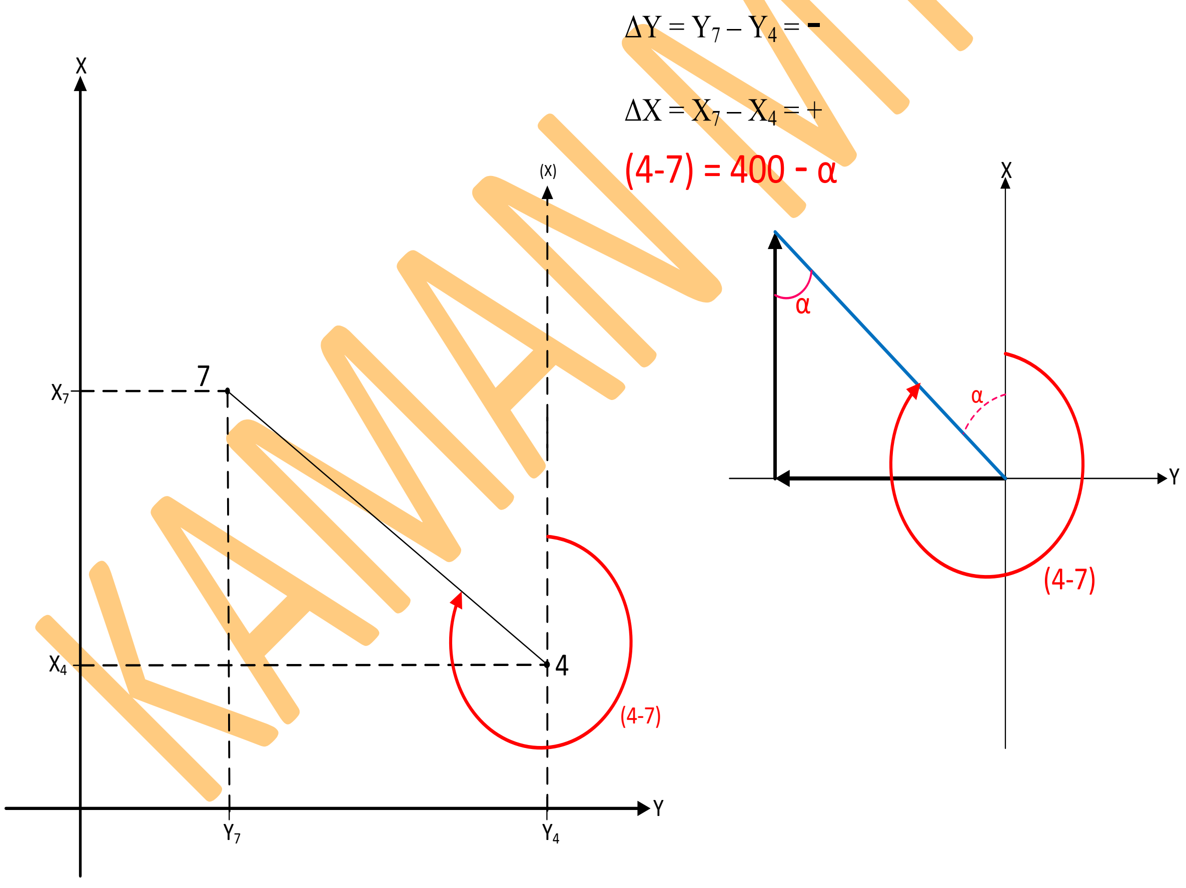
Örnek 4: **(4. Bölgede semt açısı hesabı örneği)**

NNO	Y (m.)	X (m.)

4	432219.781	3789451.077
7	432155.894	3789503.134

Tabloda verilen 4 ve 7 numaralı noktaların koordinatları kullanılarak (4-7) semtini hesaplayınız.

Çözüm: $(4-7)$ semt açısında, açı 4 numaralı noktadan çıkan X ekseninden başlayıp 4 ile 7 numaralı noktalar arasındaki çizgide bitmektedir (Şekil 106). $(4-7)$ semtinin bulunması için, Y ve X koordinatlarının farkları oluşturduğu üçgenin içindeki α açısı hesaplanır. α açısının iç ters açısı yatay düzlemde yerleştirildiğinde $(4-7)$ semt açısının çözülmesi için, $400-\alpha$ işleminin yeterli olduğu görülecektir



Şekil 106

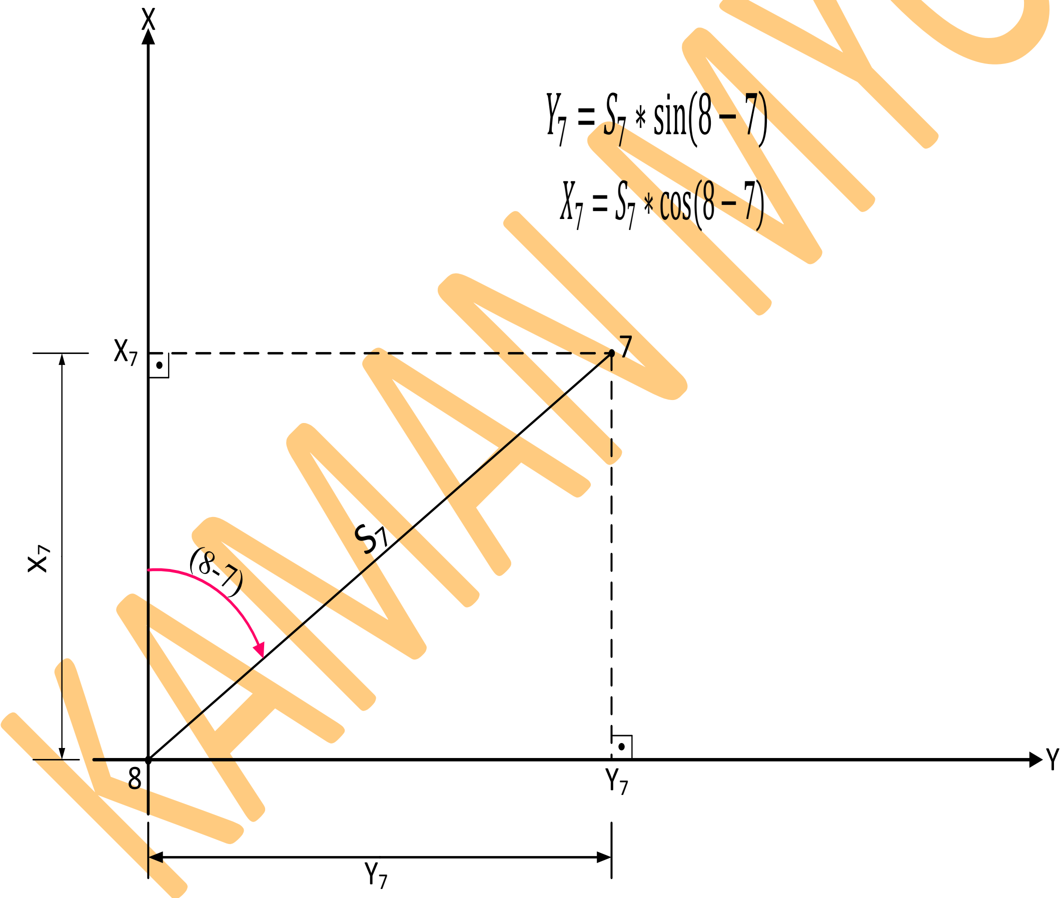
$$\alpha = tan^{-1}((Y_7 - Y_4) \div X_7 - X_4) * (-1)) = 56.4732^g$$

$$\alpha = tan^{-1}((Y_7 - Y_4) \div X_7 - X_4)) * (-1) = 56.4732^g$$

$$(4-7) = 400 - \alpha = 343.5268^g$$

Temel Ödev III: Koordinatın bilinmeyen bir nokta için semt hesabının yapılması.

Şekil 107 8 adlı noktanın başlangıç noktası olduğu bir toposentrik koordinat sistemi tasviridir. 8 numaralı noktanın belirli bir koordinat sistemine göre yatay düzlem koordinatları bilinmektedir. Elektronik takeometre kullanılarak, 8 numaralı ölçüm noktasından, koordinatı bulunacak 7 numaralı noktaya yatay mesafe (S_7) ölçülmektedir. Eğer $(8-7)$ semt açısı da bilinirse 7 numaralı noktanın toposentrik koordinat sistemine göre yatay düzlem koordinatları (X_7 ve Y_7) ya da toposentrik koordinat sisteminde X ve Y ekseninde orijin noktasına uzaklıkları, trigonometrik fonksiyonlar yardımıyla bulunur (Şekil 107).



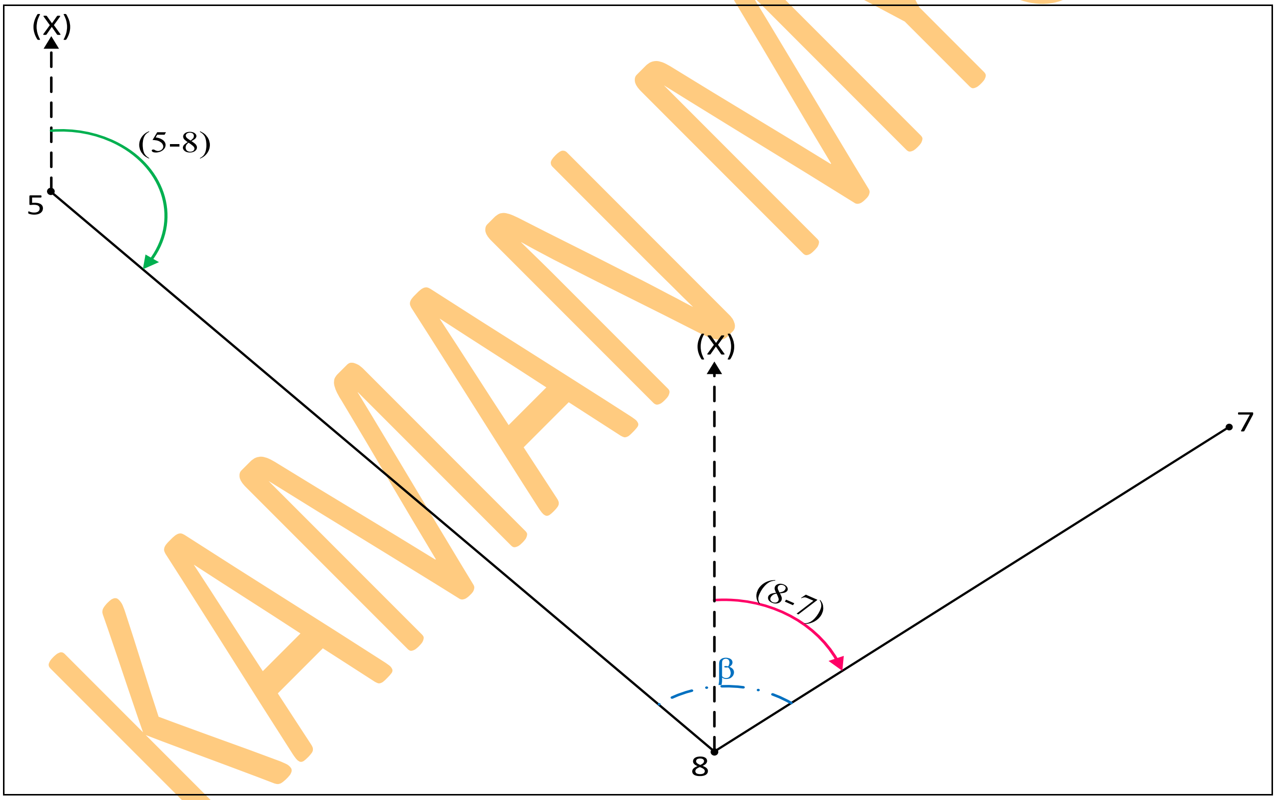
Şekil 107

Temel ödev II konu başlığı altında "semt açılarının koordinatı bilinen iki nokta arasında bulunduğu" belirtilmişti. 8 numaralı noktanın yatay düzlem koordinatları bilinmekte, fakat 7 numaralı noktanın koordinatları bilinmemektedir. Bu sebepten dolayı $(8-7)$ semt açısı hesaplanamamakta ve dolaylı olarak da 7 numaralı noktanın yatay düzlem koordinatları hesaplanamamaktadır. $(8-7)$ semt açısının hesaplanabilmesi için 8 numaralı nokta dışında koordinatları bilinen ikinci bir noktaya ihtiyaç duyulmaktadır. $(8-7)$ semt açısını ve dolaylı olarak da 7 numaralı noktanın koordinatlarını hesaplamak için ek olarak, koordinatı bilinen ikinci nokta ve 7 numaralı noktaya olan doğrultular elde edilip bu doğrultuların büyüklükleri açı ile ifade edilmelidir. $(8-7)$ semt açısı örnek alınarak anlatım yapılmıştır (Şekil 108).

Verilenler: $5(Y_5, X_5), 8(Y_8, X_8)$ noktaların yatay düzlem koordinatları.

Ölçülen: 8 numaralı başlangıç noktasından 5 ve 7 numaralı noktalara oluşturulan doğrultuların açı değerleri bulunup, β kırılma açısı hesaplanır.

İstenenler: 7 numaralı noktanın yatay koordinatlarının bulunması için gerekli olan $(8-7)$ semt açısı istenmektedir.



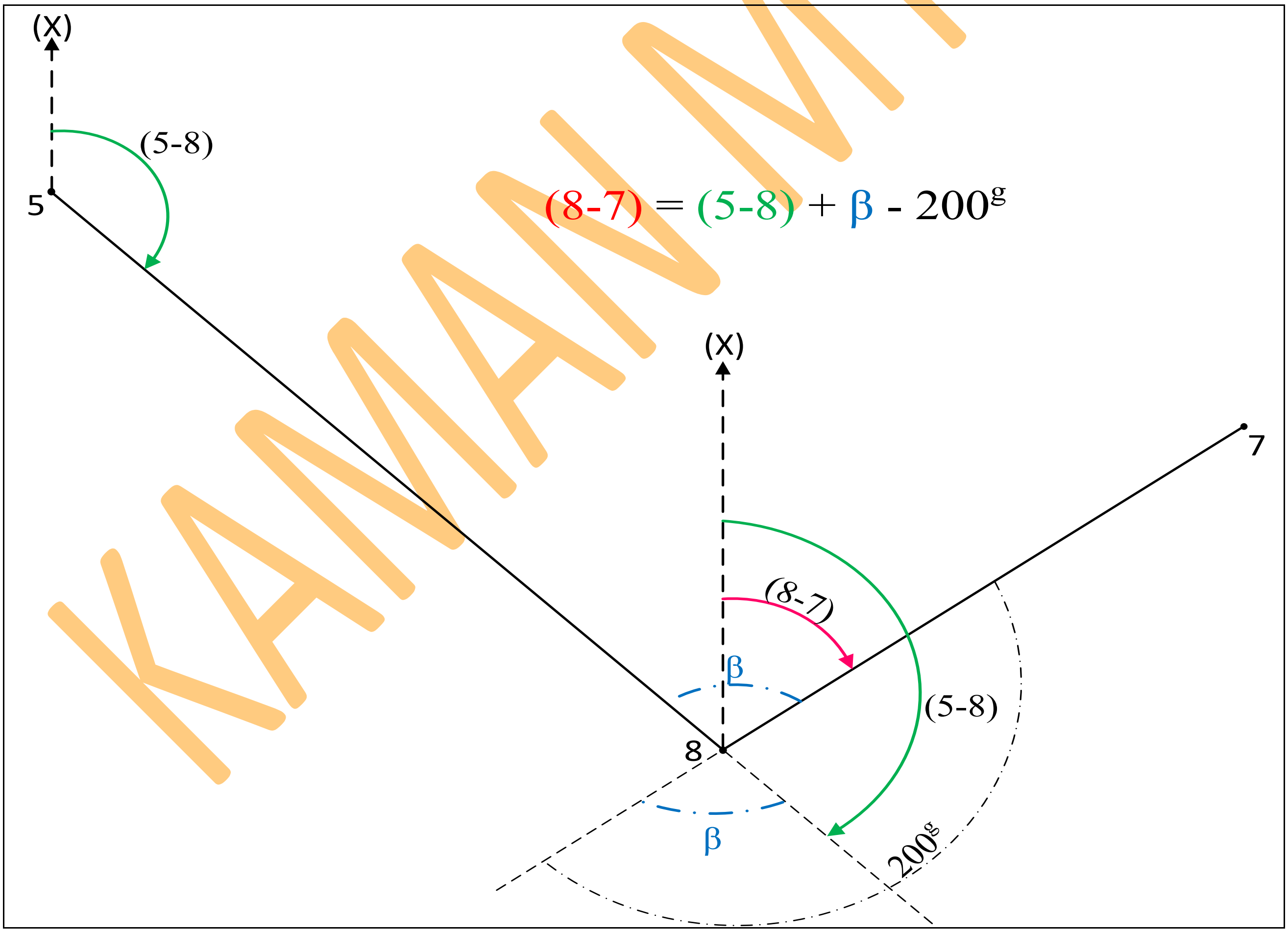
Şekil 108

$(8-7)$ semt açısının bulunabilmesi için:

1) Ölçüm noktası olan 8 numaralı nokta dışında, koordinatı bilinen 5 numaralı noktadan 8 numaralı noktaya olan semt açısı $(5-8)$ hesaplanmalıdır.
2) Ölçüm noktası olan 8 numaralı noktadan, ilk önce 5 numaralı noktaya bir doğrultu oluşturulmalı ve yatay açı değeri okunarak doğrultu büyüklüğü bulunmalıdır. Ölçüm aleti saat yönünde döndürülüp koordinatı bulunacak 7 numaralı noktaya doğrultu

oluşturulmalı ve yatay açı değeri okunarak doğrultu büyüklüğü bulunmalıdır. 7 numaralı noktaya olan doğrultu büyüklüğünden, 5 numaralı noktaya olan doğrultu büyüklüğü çıkartılarak β açısı (kırılma açısı) bulunmalıdır.

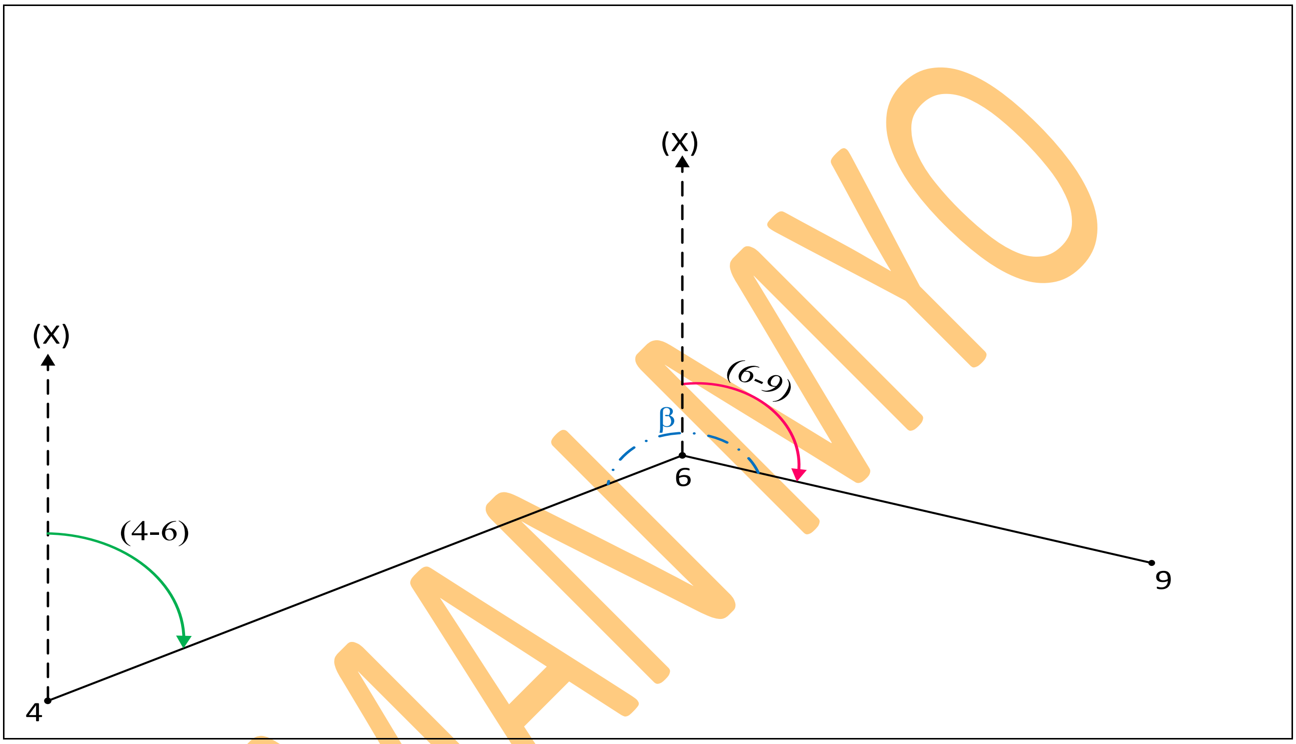
3) $(8-7)$ semt açısının bulunması için Şekil 109'deki gibi şekil çizilmelidir. $(8-7)$ semt açısı Şekil 109 üzerinden geometrik olarak bulunacaktır. 8 numaralı noktada kesişen $\overrightarrow{8-5}$ doğrultu ile $\overrightarrow{8-7}$ doğrultusu uzatılmıştır (Şekil 109 parçalı düz çizgiler). Bu sayede β kırılma açısının ters açısı şekilde elde edilir. Ayrıca 5 ve 8 numaralı noktalardaki X eksenlerin paralelliği sayesinde $(5-8)$ semt açısı 8 numaralı noktada da yöndeş açı olarak oluşur. Şekil 109 üzerinde, 8 numaralı noktada yeşil renkteki $(5-8)$ semt açısı ile mavi renkteki β açısı (ters açı olan) toplanıp, 200^g çıkartılırsa $(8-7)$ semt açısı bulunur.



Şekil 109

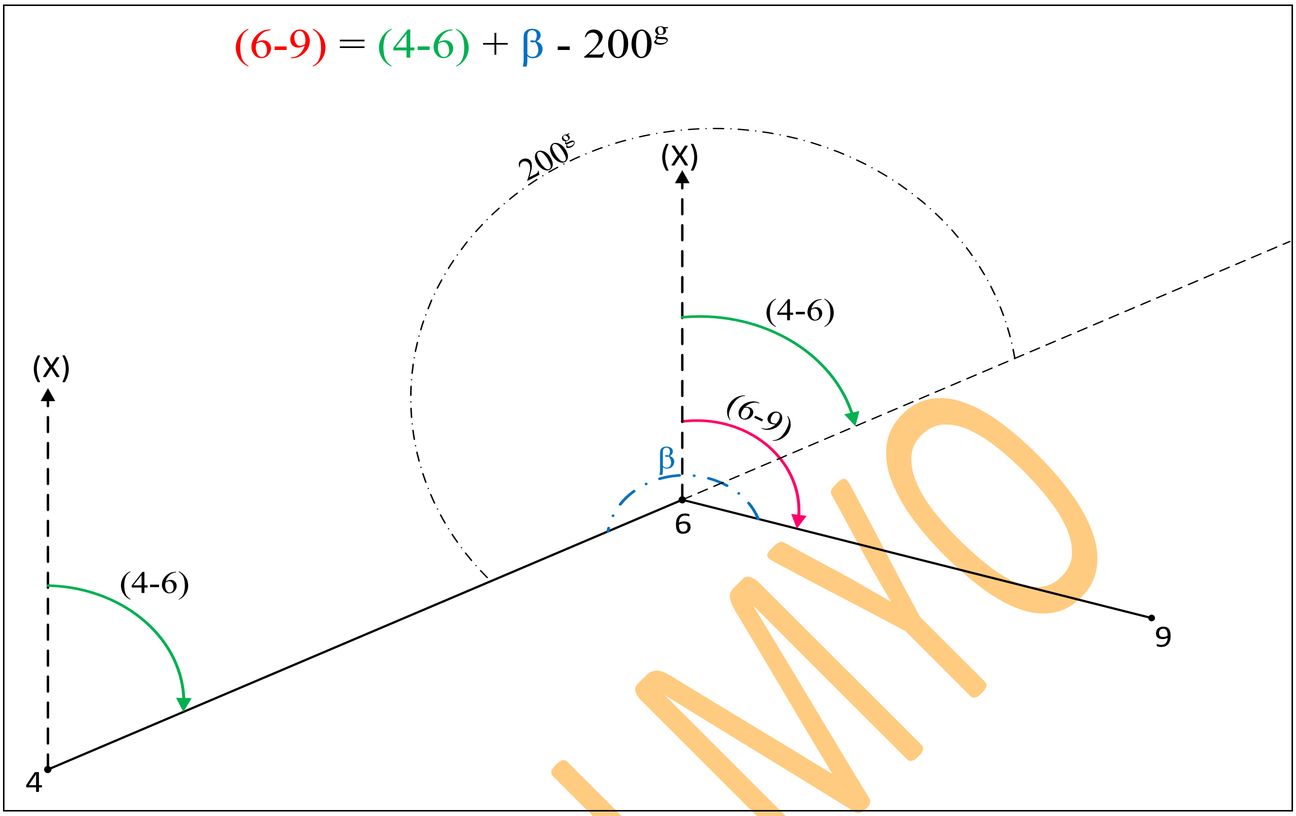
Ölçüm noktası, koordinatı bilinen ikinci nokta ve koordinatı bulunacak noktanın yatay düzlem üzerindeki yerleri değiştiğinde hesaplama farklı şekilde olacaktır. Sonraki şekillerde farklı durumlardaki hesaplamaların gösterilmesi için örnekler oluşturulmuş ve bu örneklerin çözümleri şekil üzerinde gösterilmiştir.

- 6 numaralı nokta ölçüm noktası, 4 numaralı nokta ikinci koordinatı bilinen nokta ve 9 numaralı nokta koordinatı bulunacak noktadır. 9 numaralı noktanın koordinatlarının bulunması için $(6-9)$ semt açısı hesaplanmalıdır.



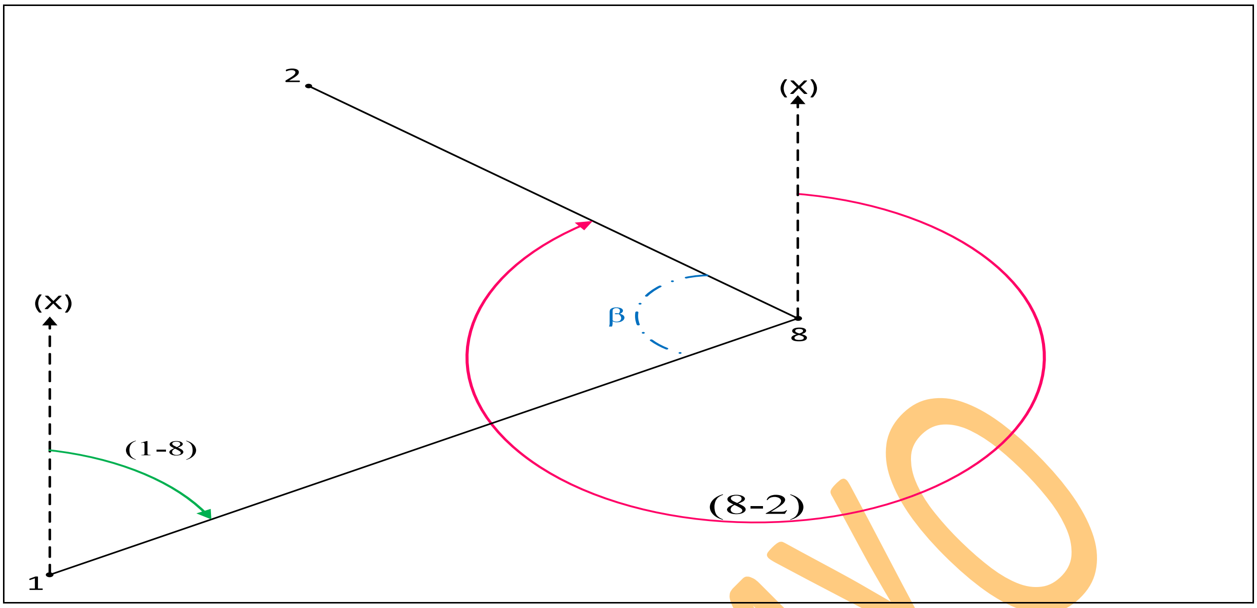
Şekil 110

Sorunun çözümü için Şekil 111 çizilmiştir. 6 numaralı noktadaki, yöndeş açı olan $(4-6)$ semt açısı (yeşil renkte olan) ile β açısının toplamından 200^g çıkartılırsa $(6-9)$ semt açısı bulunur.



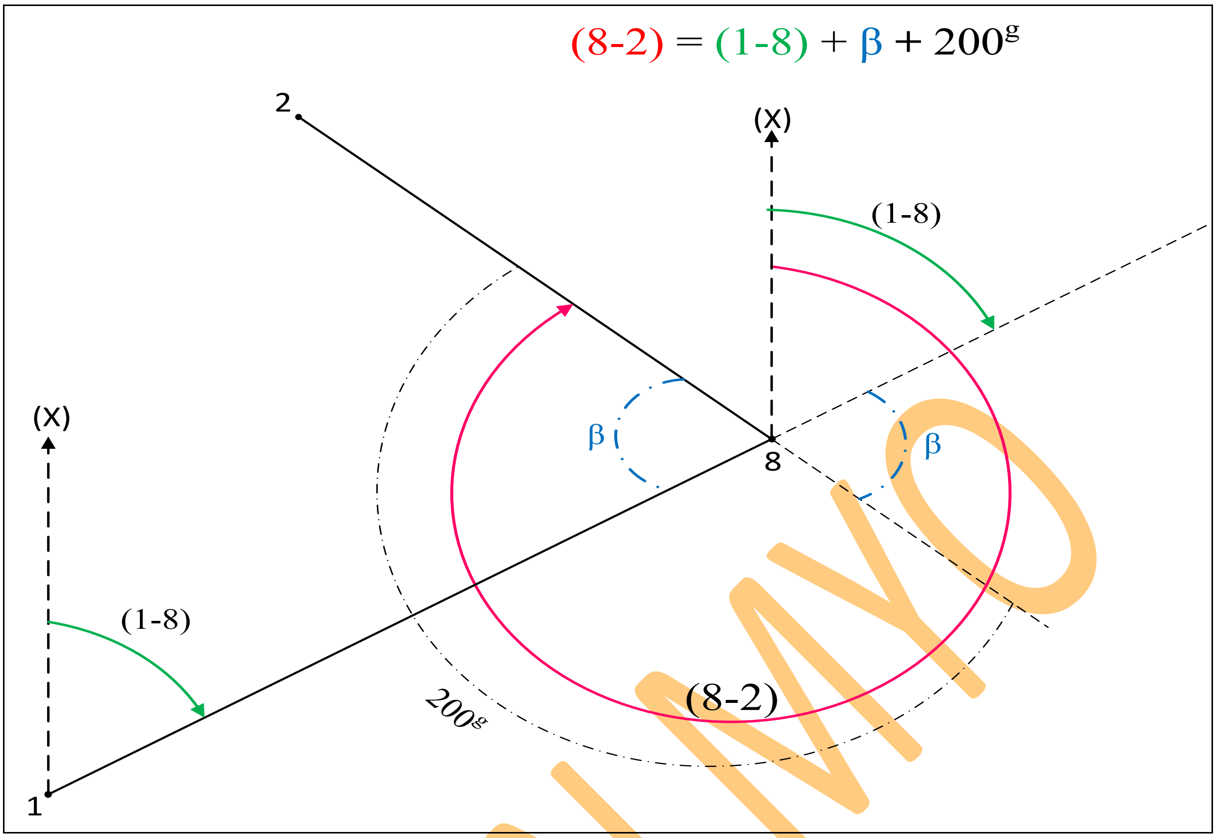
Şekil 111

- Şekil 112 örneğinde 8 numaralı nokta ölçüm noktası, 1 numaralı nokta koordinatı bilinen ikinci nokta ve 2 numaralı nokta koordinatı bulunacak olan noktadır. 8 numaralı noktadan yapılan ölçümler ile 2 numaralı noktanın yatay düzlem koordinatlarını bulmak için $(8-2)$ semt açısına ihtiyaç vardır (Şekil 112).



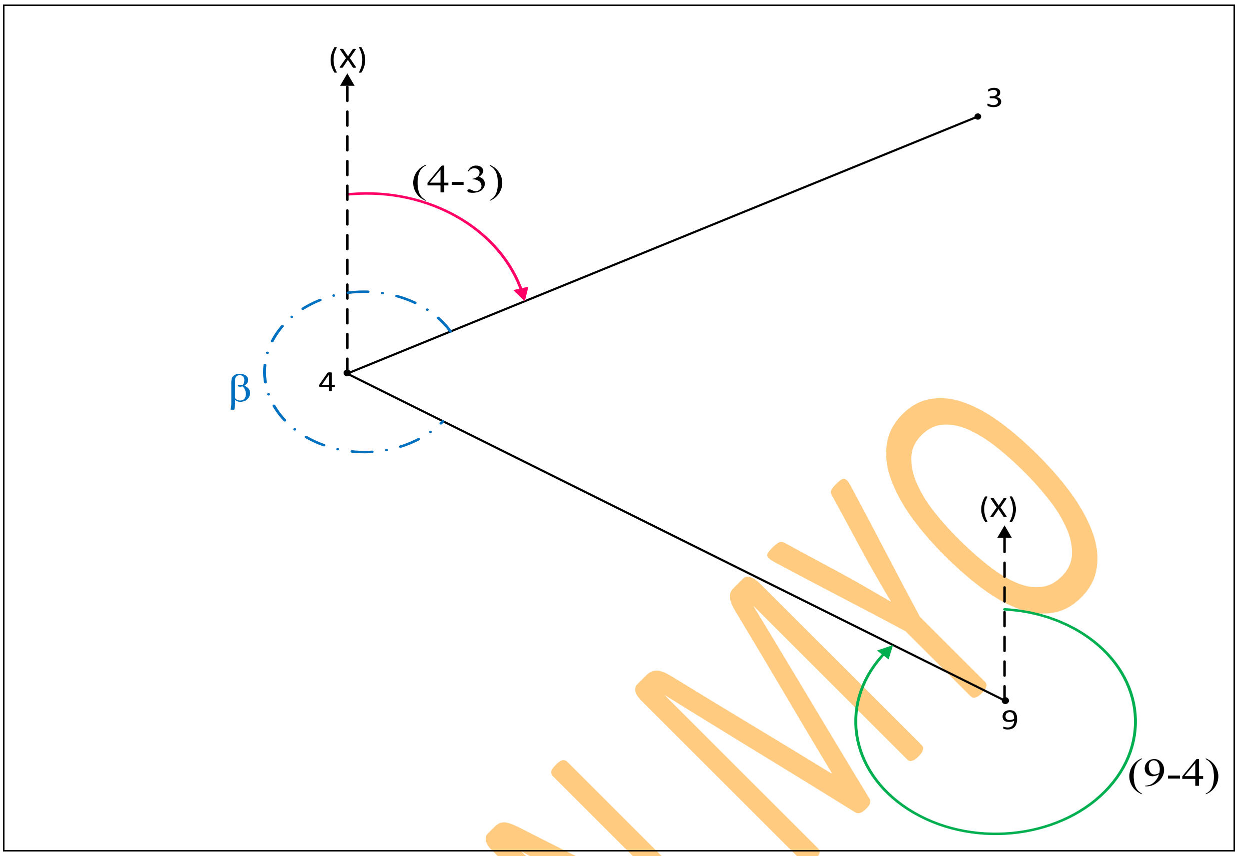
Şekil 112

$(8-2)$ semt açısının hesabı için Şekil 113 çizilmiştir. $(8-2)$ semt açısının geometrik olarak hesaplanması için $\overrightarrow{1-8}$ doğrultusu ve uzatılmıştır (Şekil 113 parçalı çizgi stilli doğru). 8 numaralı noktada oluşan yöndeş açı olan $(1-8)$ semt açısı ile ters açılan olan β kırılma açısının toplamına 200^g eklendiğinde $(8-2)$ semt açısı hesaplanmış olur.



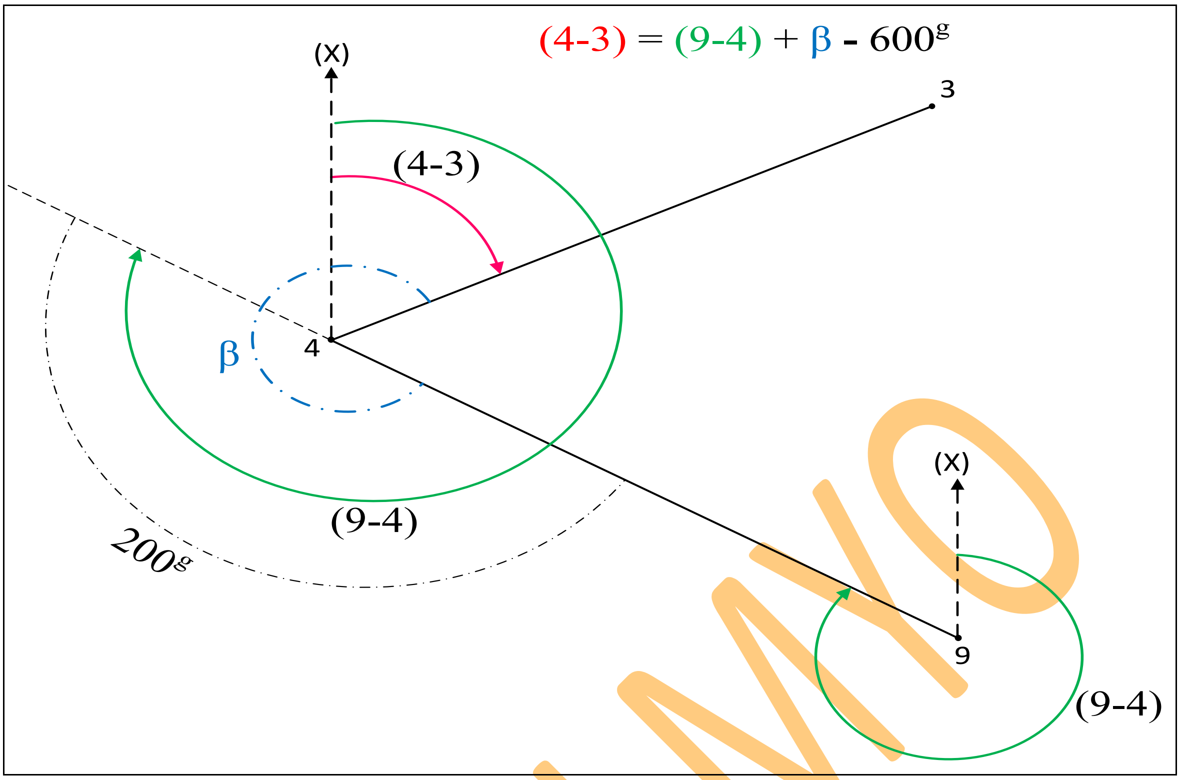
Şekil 113

- Şekil 114 örneğinde 4 numaralı nokta ölçüm noktası, 9 numaralı nokta koordinatı bilinen ikinci nokta ve 3 numaralı nokta koordinatı bulunacak olan noktadır. 4 numaralı noktadan yapılan ölçümlerle 3 numaralı noktanın koordinatının bulunması için $(4-3)$ semtine ihtiyaç vardır.



Şekil 114

$(4-3)$ semtinin hesabının geometrik olarak açıklanabilmesi için Şekil 115 çizilmiştir. Semt açısının geometrik olarak çözümünün sağlanması için $\overrightarrow{9-4}$ doğrultusu uzatılmıştır ()Şekil 115 parça çizgi stilli çizgi). 4 numaralı noktada X eksenlerinin paralelliğiyle oluşan $(9-4)$ yöndeş açısı ile β kırılma açısının toplamından Şekil 115'de çizilmiş olan 200^g çıkarıldığında istenen $(4-3)$ semt açısı bulunamaz. Hala 400^g fazlalık bulunmaktadır ve sonucu bulmak için 400^g çıkarılmalıdır. $(9-4)+\ \beta$ toplamından, toplamda 600^g açı çıkarılmıştır.



Şekil 115

Verilen örnekler incelendiğinde, koordinatı bilinmeyen bir noktadan koordinatı bulunacak noktaya olan semt açısının bulunmasında bir genelleme yapılabilir. Bu genellemeye göre:

1) Her örnekte koordinatı bilinen ikinci noktadan ölçüm noktasına olan semt açısı ile kırılma açısı toplanmıştır,
2) Noktaların durumlarına göre geometrik olarak çözüm türetilmiştir. Noktaların durumları yatay düzlemde benzer olacağına göre aşağıdaki formüller standart olarak kullanılabilir. A koordinatı bilinen ikinci nokta, B ölçüm noktası, β kırılma açısı olacak şekilde:

$$\boldsymbol{(A-B)+\beta<200^g} \rightarrow (B-C)=(A-B)+\beta+200^{g}$$

$$\boldsymbol{600^g > (A-B)+\beta>200^g} \rightarrow (B-C)=(A-B)+\beta-200^{g}$$

$$\boldsymbol{(A-B)+\beta=200^g \rightarrow (B-C)=0^{g}}$$

$$\boldsymbol{(A-B)+\beta=400^g \rightarrow (B-C)=200^{g}}$$

$(\boldsymbol{A}-\boldsymbol{B})+\boldsymbol{\beta}>\boldsymbol{600^g} \rightarrow (B-C)=(A-B)+\beta-600^g$

Hesaplamalardaki β kırılma açılarının saat yönde çizilmesi gerektiği unutulmamalı. Çünkü β kırılma açısı yatay açıların farkından bulunmaktadır. Şekil 114 β açısının saat yönünde artacak şekilde çizilmesine örnektir.

Örnekler:

Örnek 1:

NNo	Y	X
P.4	539413.044	4314601.457
P.3	539482.942	4314644.780

DN	BN	YA	YM
P.3	P.4	34.5689^g	-
	7	267.0853^g	87.345

(DN: durulan nokta – ölçüm noktası, BN: bakılan nokta, YA: yatay açı

YM: yatay mesafe)

Yukarıda Soldaki tablodaki noktaların yatay düzlem koordinatları verilmiştir. P.3 noktası ölçüm noktası, P.4 noktası koordinatı bilinen ikinci noktadır. Sağdaki tabloda P.3 noktasından P.4 ve 7 numaralı noktalara yapılan doğrultu gözlemlerinin açı büyüklükleri vardır. 7 numaralı noktanın yatay düzlem koordinatlarının P.3 noktasından yapılan ölçümlerle bulunabilmesi için gereken $(P.3-7)$ semt açısını hesaplayınız.

Çözüm: Şekil 116 P.4 ve P.3 noktalarının yatay düzlemdeki temsili ve ölçüm verilerine göre 7 numaralı noktanın düzlemdeki yaklaşık yerinin temsilidir. Verilen koordinat ve ölçüm verilerine göre:

1) $(P.4-P.3)$ semt açısının hesabı:

$$(P.4-P.3)=\alpha=\tan^{-1}((Y_{P.3}-Y_{P.4})\div(X_{P.3}-X_{P.4}))=64.6769^g$$

2) β kırılma açısının hesabı:

$$\beta=267.0853^g-34.5689^g=232.5164^g$$

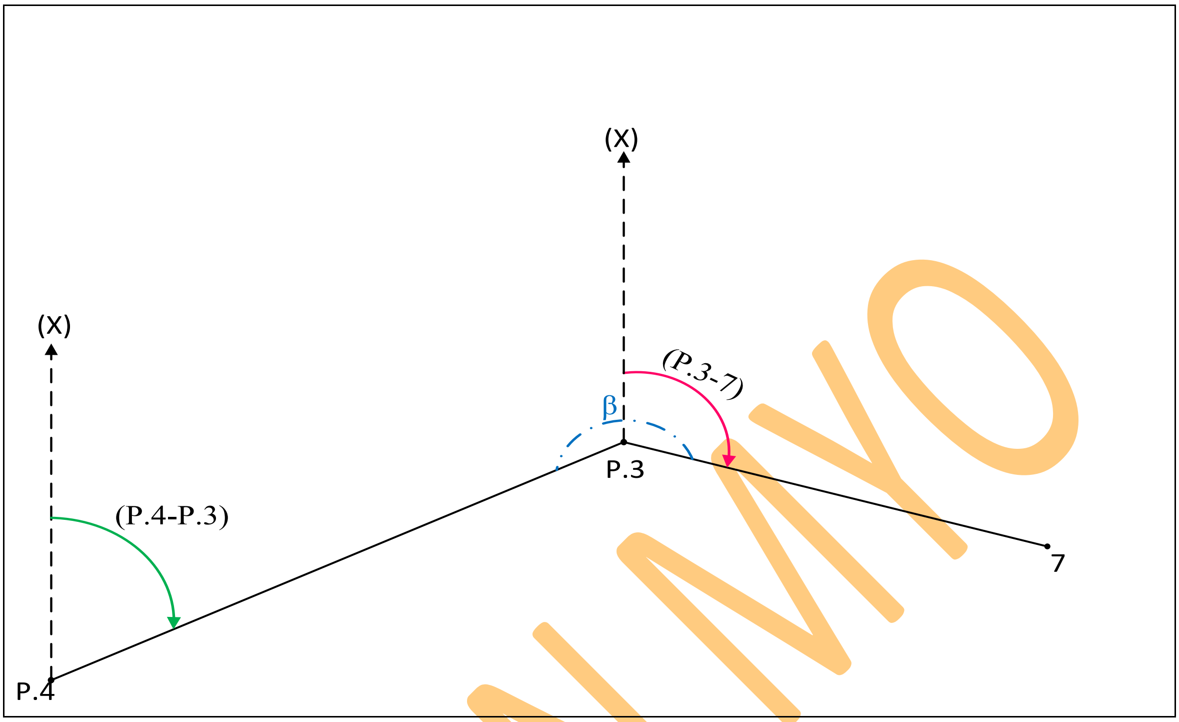
3) $(P.4-P.3)$ ve β açılarının toplamlarının sınanması

$$(P.4-P.3)+\beta=297.1933^g$$

Çıkan sonuç değer 200^g değerinden büyüktür. Sonuç toplamdan 200^g çıkartılarak $(P.3-7)$ semti hesaplanmalıdır.

4) $(P.3-7)$ semt açısının hesabı:

$$(P.3-7)=(P.4-P.3)+\beta-200=97.1933^g$$



Şekil 116

Örnek 2:

NNo	Y	X
P.5	471117.885	3115194.226
P.1	471215.096	3115270.579

DN	BN	YA	YM
P.1	P.5	341.0254^g	-
	2	39.6793^g	17.287

Yukarıdaki tablolarda verilenlere göre P.1 numaralı nokta ölçüm noktası, P.5 numaralı nokta koordinatı bilinen ikinci nokta ve 2 numaralı nokta ise koordinatı bulunacak noktadır. 2 numaralı noktanın yatay düzlem koordinatlarının bulunması için gerekli olan $(P.1-2)$ semt açısını hesaplayınız.

Çözüm: Şekil 117 P.1 ve P.5 noktalarının yatay düzlemdeki temsili ve ölçüm verilerine göre 2 numaralı noktanın düzlemdeki yaklaşık yerinin temsilidir. Verilen koordinat ve ölçüm verilerine göre:

1) $(P.5-P.1)$ semt açısının hesabının yapılması:

$$(P.5-P.1)=\alpha=\tan^{-1}\left((Y_{P.1}-Y_{P.5})\div(X_{P.1}-X_{P.5})\right)=57.6140^g$$

2) β kırılma açısının hesabının yapılması:

Ölçüm verilerinde ilk önce yardımcı nokta olan P.5 doğrultu değeri okunmak zorundadır. Yapılan okuma değerinden sonra koordinatı bulunacak olan noktaya (2 numaralı nokta) okuma yapılmak zorundadır. Ölçüm verilerinde yatay açı değeri, P.5 doğrultu değeri açı büyüklüğünden sonraki 2 numaralı nokta için doğrultu büyüklüğü daha büyük olması gerekli. Çünkü noktaların yatay düzlemdeki konumlarına göre yatay açı değeri saat yönünde artması gerekir. Örnekte verilen değerlere göre 2 numaralı nokta için doğrultu büyüklüğü daha küçük. Bunun sebebi, yatay açı dairesi, 341.0254^g değerinden sonra saat yönünde açı değeri 400^g değerini aşmasıdır.

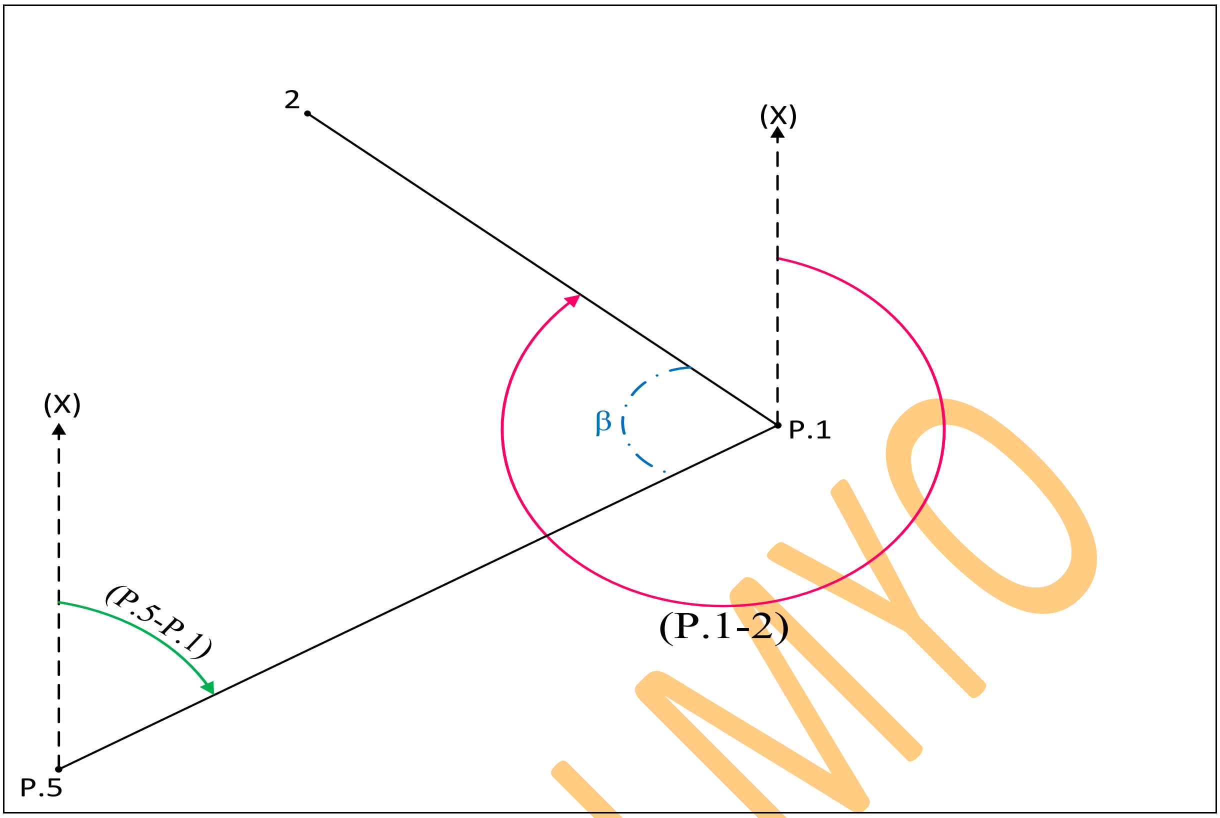
$$\beta=39.6793^g-341.0254^g=-301.3461^g+400^g=98.6539^g$$

3) $(P.5-P.1)$ ve β açılarının toplamlarının sınanması

$$(P.5-P.1)+\beta=156.2679^g$$

Çıkan sonuç 200^g değerinden küçüktür. Bu nedenle $(P.1-2)$ semt açısının sonuç değerini bulurken 200^g eklenmelidir.

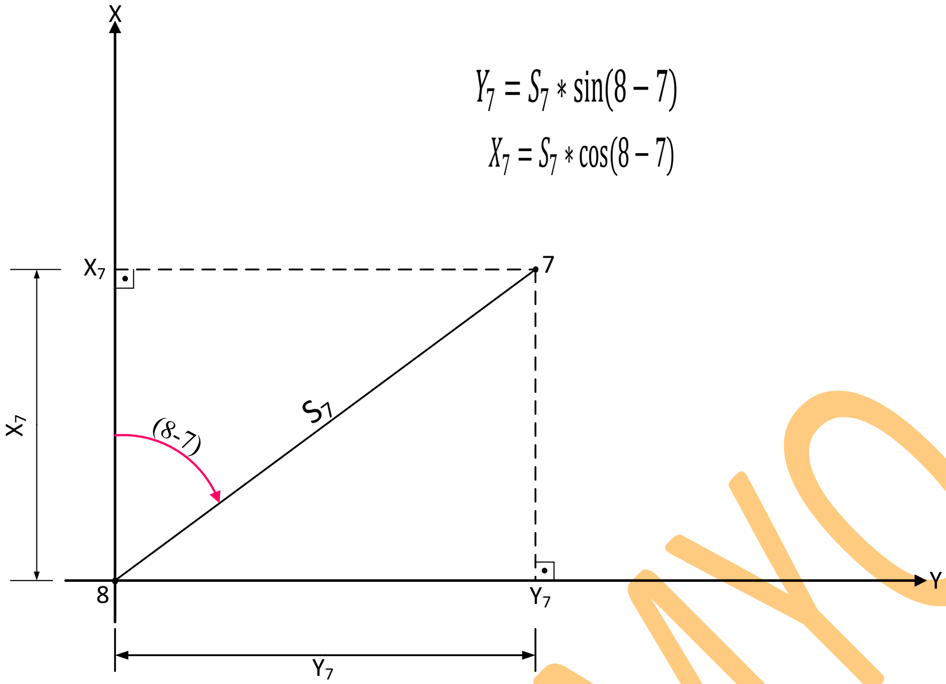
$$(P.1-2)=(P.5-P.1)+\beta+200^g=356.2679^g$$



Şekil 117

Temel Ödev IV: Koordinatı bilinmeyen bir nokta için koordinat değerlerinin bulunması

Yersel ölçüm yöntemleri kullanılarak coğrafik objelere ait detayların yatay düzlem koordinatlarının bulunması için kullanılan ölçüm noktalarının, toposentrik koordinat sisteminin başlangıç noktası olduğu Kartezyen Koordinat Sistemi konu başlığında anlatılmıştır. Toposentrik koordinat sisteminde, ölçüm noktası üzerinden coğrafik objelerin detaylarına olan yatay mesafeler ölçülüp, yatay doğrultulara dair yatay açı büyüklükleri elde ediliyor. Bu elde edilen değerler kullanılarak detayların, ölçüm noktasında oluşan koordinat sisteminde X ve Y ekseninde ölçüm noktasına (orijin noktasına) olan uzaklıklar bulunmuş oluyor (Şekil 118). Bulunan koordinatlar ölçüm noktasının başlangıç noktası olduğu toposentrik koordinat sistemine ait koordinatlardır.



Şekil 118

Toposentrik koordinat sisteminin başlangıç noktası olan ölçüm noktası da bir koordinat sistemine göre koordinatları mevcuttur (Şekil 118 8 numaralı noktanın koordinatları mevcut). Ölçüm noktasının bağlı olduğu koordinat sistemi, bölgesel bir koordinat sistemi, ülke içinde kullanılan veya dünya genelin kullanılan bir koordinat sistemi olabilir. Ülkemizde jeosantrik koordinat sisteminden Universal Transverse Mercator Projeksiyonu sonucu oluşan 3° dilim aralıklı koordinat sistemi kullanılmaktadır. Bu koordinat sistemin 7 adet 3° aralıklı dilimler kullanılmaktadır. Her dilim için koordinat sistemi yeniden oluşmuştur.

Başlangıç noktasının ölçüm noktası olduğu Toposentrik koordinat sistemine göre koordinatları belirlenmiş olan detay noktalarını koordinatları, başlangıç noktasının bağlı olduğu koordinat sistemine göre de oluşturulmalıdır. Temel Ödev V, bu işlemi yapmaktadır.

Temel ödev V hesabının yapılabilmesi için ölçüm noktasından, koordinatı bulunacak olan noktaya olan semt açısı ile aralarındaki yatay mesafe değerlerine ihtiyaç vardır. Temel Ödev V hesaplamalarında Temel Ödev II ve Temel Ödev IV hesaplamaları da geçerlidir.

Şekil 119 Temel Ödev V işlemlerinin geometrik hesaplamalarında kullanılacak değerleri içeren tasvirdir. $P.5$ numaralı nokta toposentrik koordinat sisteminin başlangıcı olan noktadır. Aynı zamanda 8 numaralı noktanın yatay düzlem koordinatlarının bulunması için ölçüm noktasıdır. 8 numaralı noktanın, P.5 noktasına göre koordinatlarının elde edilmesi için:

- P.5 noktasından 8 numaralı noktaya olan yatay mesafe değerine (S_8),
- P.5 noktasındaki X ekseninden başlayıp, P.5 ile 8 arasındaki doğruya kadar olan semt açısına $(P.5-8)$ ihtiyaç vardır.

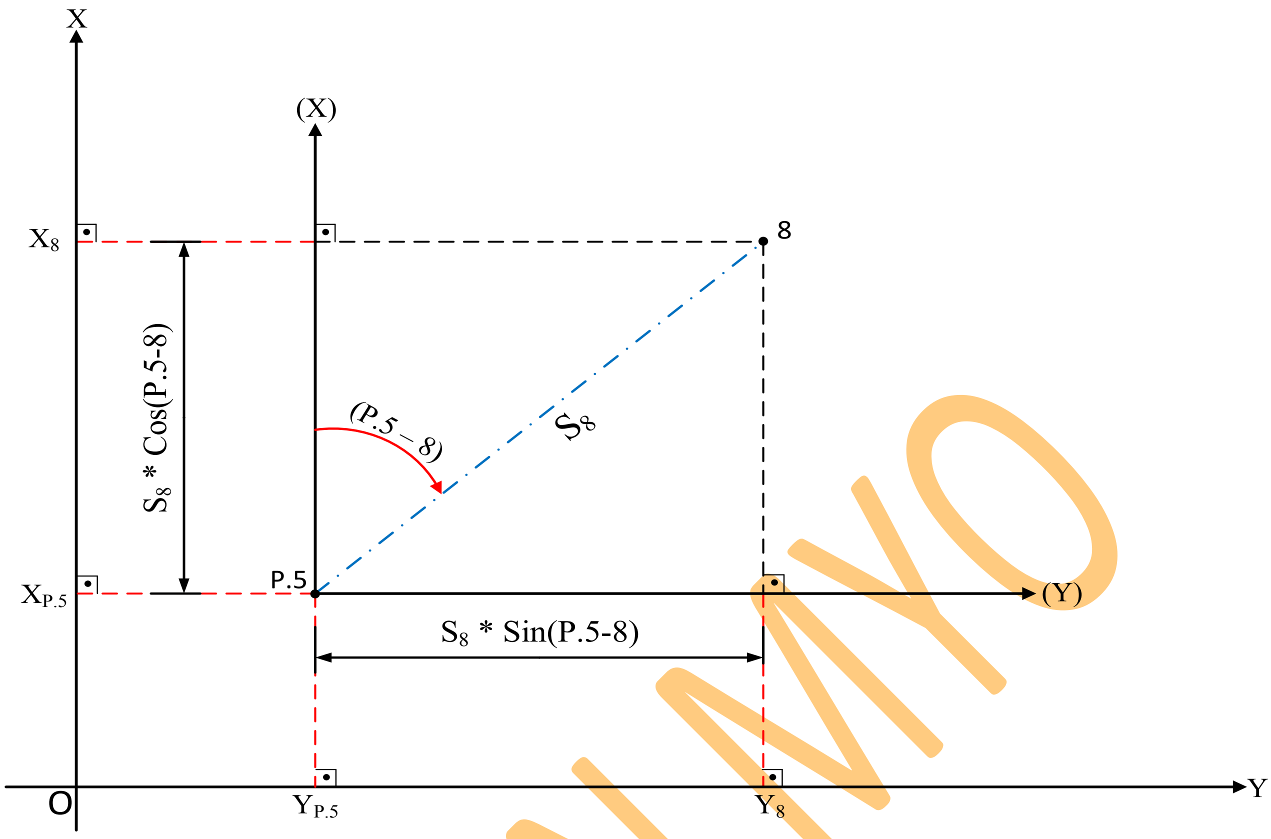
Yatay mesafe (S_8) ve semt açısı $(P.5-8)$ yardımıyla, 8 numaralı noktaya dair

$S_8 * \sin(P.5-8)$ ve $S_8 * \cos(P.5-8)$ değerler elde edilir (Şekil 119). Bu değerler, P.5 noktasının başlangıç noktası olduğu toposentrik koordinat sistemindeki X ve Y eksenleri üzerinde başlangıç noktasına (P.5 noktasına) olan uzaklıklardır.

$Y_{P.5}$ ve $X_{P.5}$, P.5 noktasının bağlı olduğu koordinat sistemindeki koordinatlarıdır (Şekil 119). Diğer bir anlatımla: $Y_{P.5}$, P.5 noktasının bağlı olduğu koordinat sisteminde Y ekseni üzerinde P.5 noktasının O orijin noktasına olan uzaklığıdır. $X_{P.5}$, P.5 noktasının bağlı olduğu koordinat sisteminde X ekseni üzerinde P.5 noktasının O orijin noktasına olan uzaklığıdır. Bu değerlerin üzerine, toposentrik sistemde elde edilen $S_8 * \sin(P.5-8)$ ve $S_8 * \cos(P.5-8)$ değerleri eklendiğinde, O orijin noktasının koordinat sisteminin başlangıcı olduğu koordinat sisteminde 8 numaralı noktanın yatay düzlem koordinatları bulunmuş olur. Bu işlem için aşağıdaki formüller kullanılır.

$$X_8 = X_{P.5} + S_8 * \cos(P.5-8)$$

$$Y_8 = Y_{P.5} + S_8 * \sin(P.5-8)$$



Şekil 119

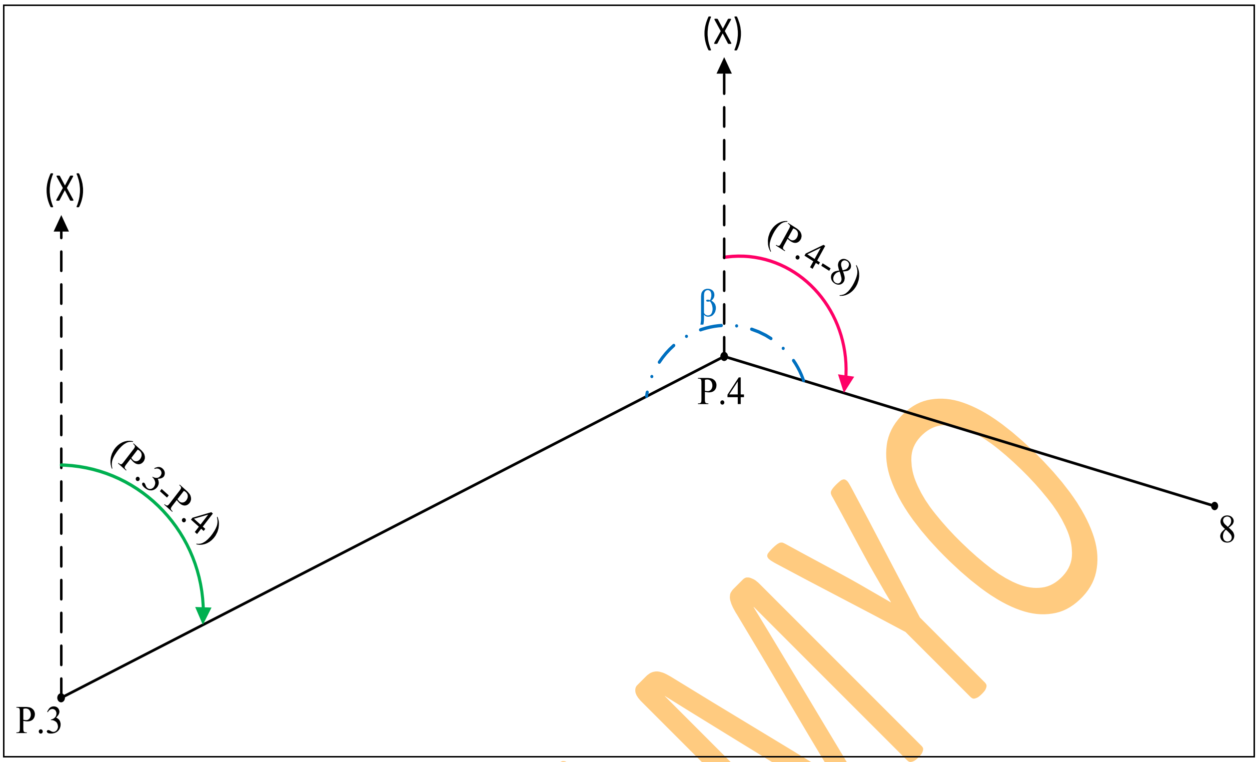
Örnekler:

Örnek1:

NNO	Y	X
P.3	561318.496	4315227.162
P.4	561455.073	4315288.092

DN	BN	YA	YM
P.4	P.3	12.8795^g	-----
	8	254.2387^g	42.315 m

Yukarıdaki tablolarda verilenlere göre P.4 numaralı nokta ölçüm noktası, P.3 numaralı nokta koordinatı bilinen ikinci nokta ve 8 numaralı nokta ise koordinatı bulunacak noktadır. P.4 noktasına göre, 2 numaralı noktanın yatay düzlem koordinatlarının hesaplayınız.



Şekil 120

Çözüm:

1) $(P.3 - P.4)$ semt açısının hesaplanması

$(P.3 - P.4) = \alpha = \tan^{-1}((\mathrm{Y}_{P.4} - \mathrm{Y}_{P.3}) \div (\mathrm{X}_{P.4} - \mathrm{X}_{P.3})) = 73.2859^g$

2) β_8 kırılma açısının hesaplanması:

$$\beta_8 = 254.2387^g - 12.8795^g = 241.3592^g$$

3) $(P.3 - P.4)$ ile β_8 açılarının toplam değerinin karşılaştırılması

$$(P.4 - P.3) + \beta_8 = 314.6451^g$$

sonuç değer 200^g değerinden büyük olduğundan, $(P.4 - 8)$ semt hesabı için toplam değerinden 200^g çıkartılır.

4) $(P.4 - 8)$ semt açısının hesabı:

$$(P.4 - 8) = (P.4 - P.3) + \beta_8 - 200 = 114.6451^g$$

5) 8 numaralı noktanın, yatay düzlem koordinatlarının hesaplanması:

$Y_8 = Y_{P.4} + 42.315 * \sin(P.4 - 8) = 561496.273\ m$

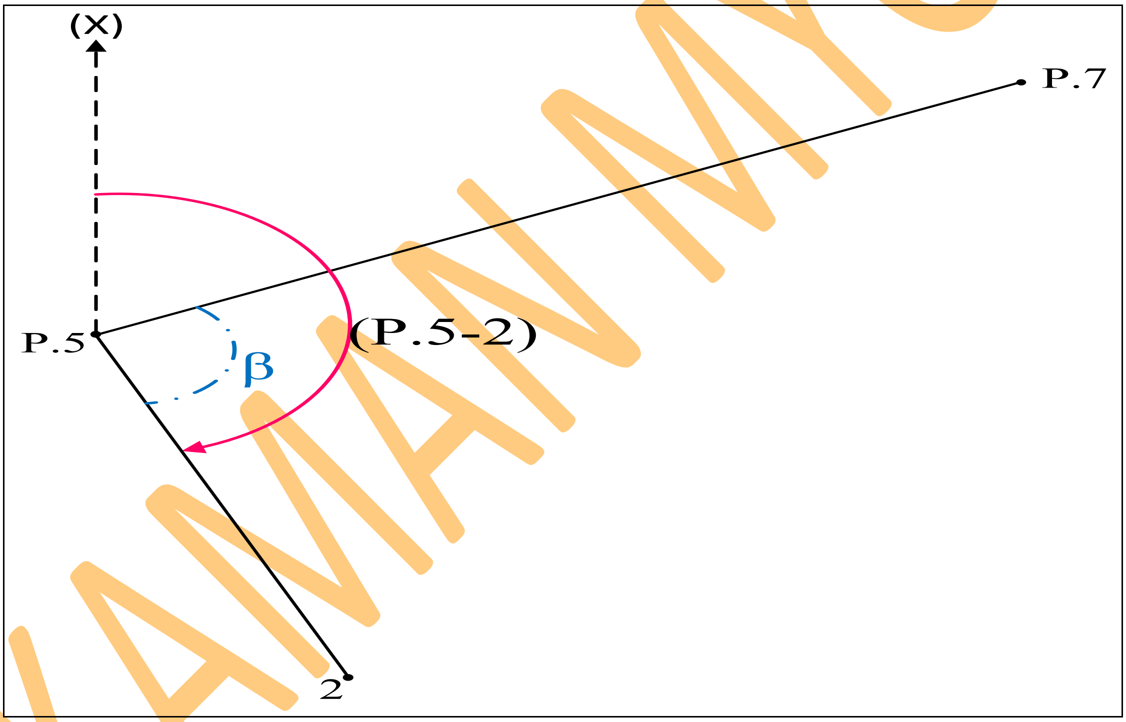
$X_8 = X_{P.4} + 42.315 * \cos(P.4 - 8) = 4315278.443\ m$

Örnek2:

NNO	Y	X
P.5	455109.135	3025355.391
P.7	455274.699	3025484.970

DN	BN	YA	YM
P.5	P.7	305.1108^g	-----
	2	18.0944^g	27.588 m

Yukarıdaki tablolarda verilenlere göre P.5 numaralı nokta ölçüm noktası, P.7 numaralı nokta koordinatı bilinen ikinci nokta ve 2 numaralı nokta ise koordinatı bulunacak noktadır. P.5 noktasına göre, 2 numaralı noktanın yatay düzlem koordinatlarının hesaplayınız.



Çözüm:

1) $(P.7 - P.5)$ semt açısının hesaplanması

$$(P.7 - P.5) = 200^g + \alpha = 200^g + \tan^{-1}((\mathrm{Y}_{P.5} - \mathrm{Y}_{P.7}) \div (\mathrm{X}_{P.5} - \mathrm{X}_{P.7})) = 257.7238^g$$

2) β_2 kırılma açısının hesaplanması:

$$\beta_2 = 18.0944^g - 305.1108^g = -287.0164^g + 400^g = 112.9836^g$$

3) $(P.7 - P.5)$ ile β_2 açılarının toplam değerinin karşılaştırılması

$$(P.7 - P.5) + \beta_2 = 370.7074^g$$

sonuç değer 200^g değerinden büyük olduğundan, $(P.5-2)$ semt hesabı için toplam değerinden 200^g çıkartılır.

4) $(P.5-2)$ semt açısının hesabı:

$$(P.5-2) = (P.7-P.5) + \beta_2 - 200 = 170.7074^g$$

5) 2 numaralı noktanın, yatay düzlem koordinatlarının hesaplanması:

$Y_2 = Y_{P.5} + 27.588 * \sin(P.5-2) = 455121.386\, m$

$X_2 = X_{P.5} + 27.588 * \cos(P.5-2) = 3025330.672\, m$

Temel Ödev V: Semt Açıları Yardımıyla Kırılma Açılarının Hesabı

Haritacılıkta yersel ölçüm yöntemleri kullanılarak konum bulunduğu gibi konumu bilinen noktanın yer tespiti (aplikasyon) de yapılır. Elektronik takeometre cihazlarıyla yatay düzlemde yer tespiti yaparken, kutupsal koordinat sisteminin koordinat parametreleri kullanılır. bu parametreleri kullanmak için,

- Ölçüm yapılacak olan nokta başlangıç noktası olarak belirlenmeli,
- Ölçüm noktası ile yardımcı bir noktası arasında başlangıç doğrultusu oluşturulmalı ve doğrultunun büyüklüğü yatay açı değeriyle belirlenmelidir.

Başlangıç noktası ile başlangıç doğrultusu belirlendikten sonra, kutupsal koordinat sisteminin parametreleri olan:

- Başlangıç noktası ile yer tespiti yapılacak nokta arasındaki *yatay mesafe değeri*;
- Başlangıç doğrultusu ile başlangıç noktası ve yer tespiti yapılacak nokta arasında oluşan doğrultu arasında kalan *yatay açı* hesaplanmalıdır.

Temel Ödev V konusu için anlatım yapılırken yer tespiti konusu anlatılmayacak, yer tespiti işleminde gerekli kutupsal koordinat sistemi koordinat parametresi olan kırılma açısının semt açıları yardımıyla hesaplanmasında kullanılacak yöntemler gösterilecektir. Bu işlemin anlaşılabilmesi için üçgen içindeki iç açıların semt hesabı yardımıyla bulunması gösterilecektir.

Verilenler: $A(X_A, Y_A)$, $B(X_B, Y_B)$, $C(X_C, Y_C)$ noktalarına ait koordinatlar.

İstenenler: $A, B\ ve\ C$ noktaları ile oluşan üçgen objesinin iç açıları olan $\alpha, \beta\ ve\ \theta$ iç açılarının hesaplanması.

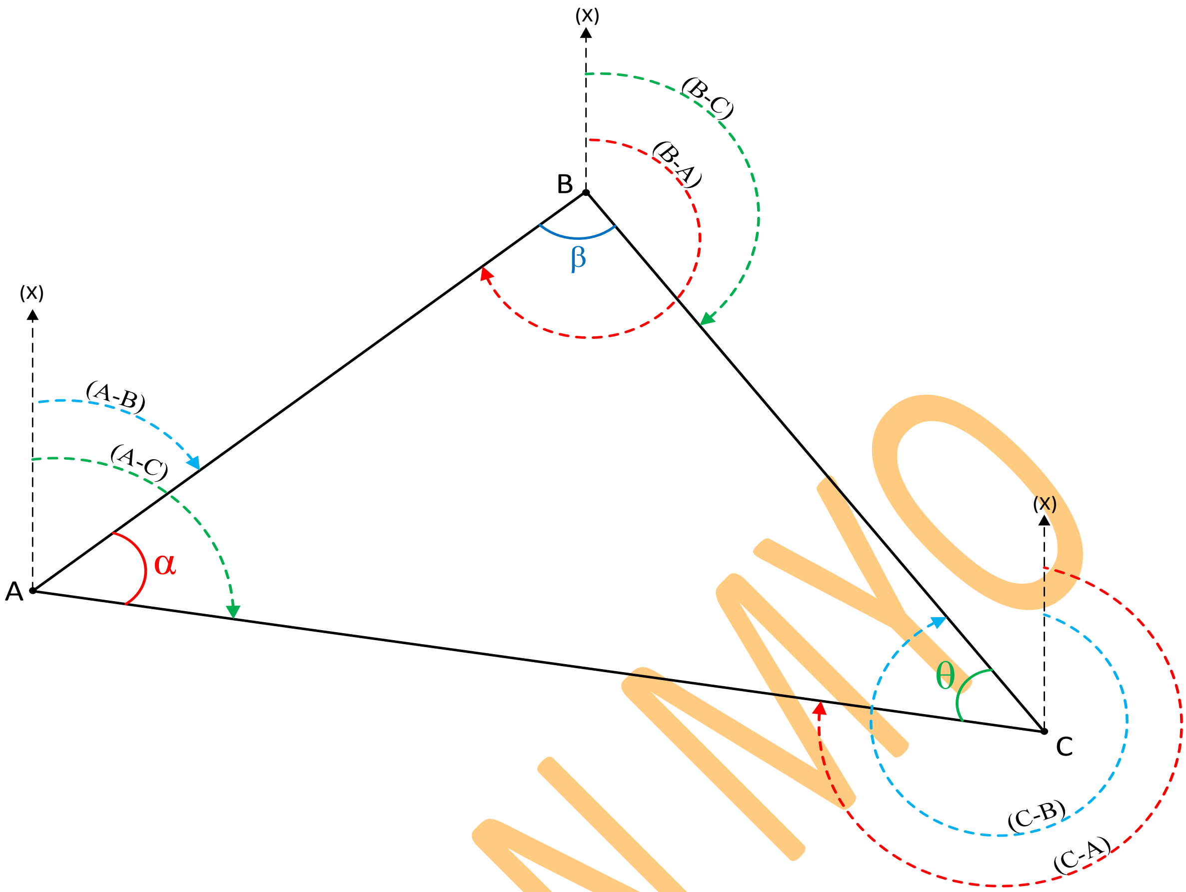
A, B ve C noktalarının koordinatlarını bilindiği için $(A-B)$, $(A-C)$, $(C-B)$ semt açılarının değerleri hesaplanabilir. Hesaplanan semt açı değerleri ve noktaların oluşturduğu geometrik şekil kullanılarak, üçgenin iç açıları hesaplanabilir.

Şekil 121 A, B ve C noktalarının koordinat değerlerine göre yatay düzlemde yerleşmelerini ve noktalar sayesinde oluşan geometrik şeklin tasviridir. Şekil 121 A, B ve C noktalarında oluşan semt açılarının tasvirlerini de göstermektedir. Bu semt açıları kullanılarak noktaların oluşturduğu üçgen geometrik şeklinin iç açıları hesaplanabilir. A noktasında oluşan semt açıları: $(A-B)$ ve $(A-C)$ semt açıları. B noktasından oluşan semt açıları: $(B-A)$ ve $(B-C)$ semt açıları. C noktasında oluşan semt açıları: $(C-A)$, $(C-B)$ semt açıları.

$$\alpha = (A-C)-(A-B)$$

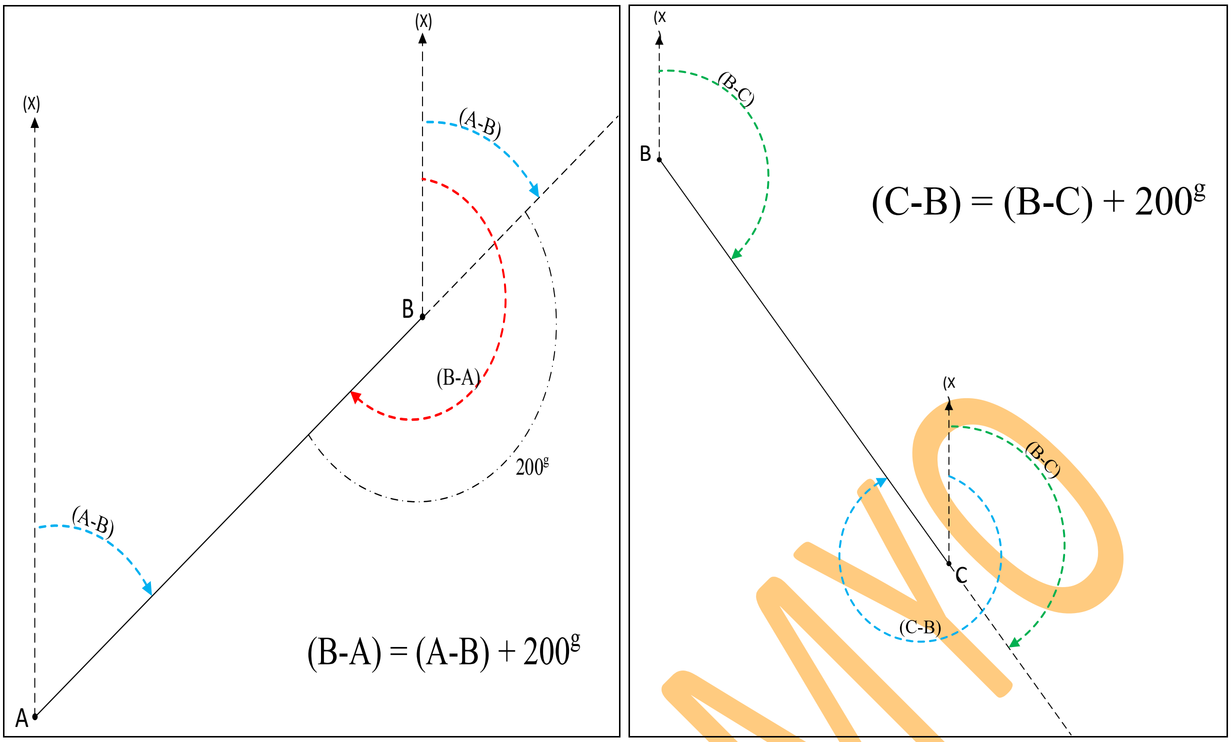
$$\beta = (B-A)-(B-C)$$

$$\theta = (C-B)-(C-A)$$

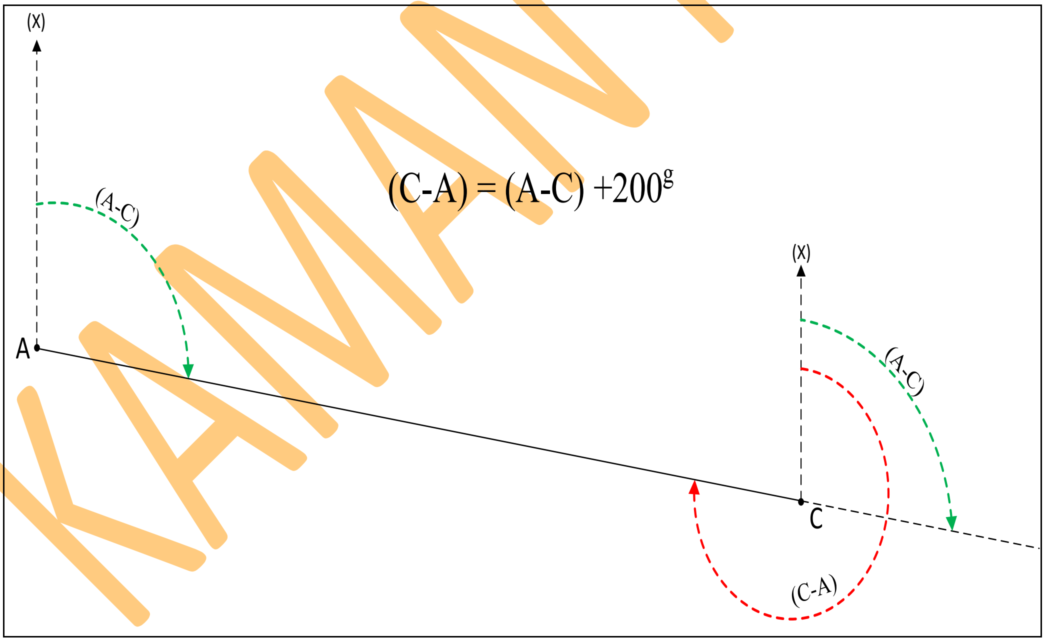


Şekil 121

Şekil 122 ve Şekil 123, her biri bir toposentrik koordinat sisteminin başlangıcı olan noktalardaki X eksenlerinin birbirine paralel olduğunun tasviri vardır. X eksenlerinin paralelliği sayesinde, hesaplanan bir semt açısı ile bir diğer semt açısı hesaplanabilir. Bu sayede tüm semt açılarının tek tek hesaplanmasına gerek kalmayacaktır.



Şekil 122



Şekil 123

Semt açılarının birbirinden farklarıyla elde edilen $\alpha, \beta \ ve \ \theta$ açılarının doğruluğunun kontrolü yapılmalıdır. Bu kontrol, üçgenin iç açılarının toplamının 200^g olmasıyla sağlanır.

$$\alpha + \beta + \theta = 200^g$$

Örnekler

Örnek1:

NNO	Y	X
8	563482.567	4358636.432
10	563468.764	4358674.515
12	563510.340	4358649.071

8, 10, 12 numaralı noktaların oluşturduğu üçgenin iç açılarını bulunuz.

Çözüm: İlk yapılması gereken noktaların koordinatlarını kullanarak, noktaları yatay düzlem üzerine yerleştirilmesidir (Şekil 124). Her ayrı örnekte oluşacak şekil farklılığında semt açılarının durumu ve sonuç olarak iç açılarının hesaplanması değişecektir. Bu yüzden şeklin çizilmesi önemlidir.

$$\mathrm{D}(10-8) = 177.8636^g \text{ ,E } (10-12) = 134.9624^g \text{ ,F } (12-8) = 272.8117^g$$

$$\alpha = (10-8) - (10-12) = 42.9012^g$$

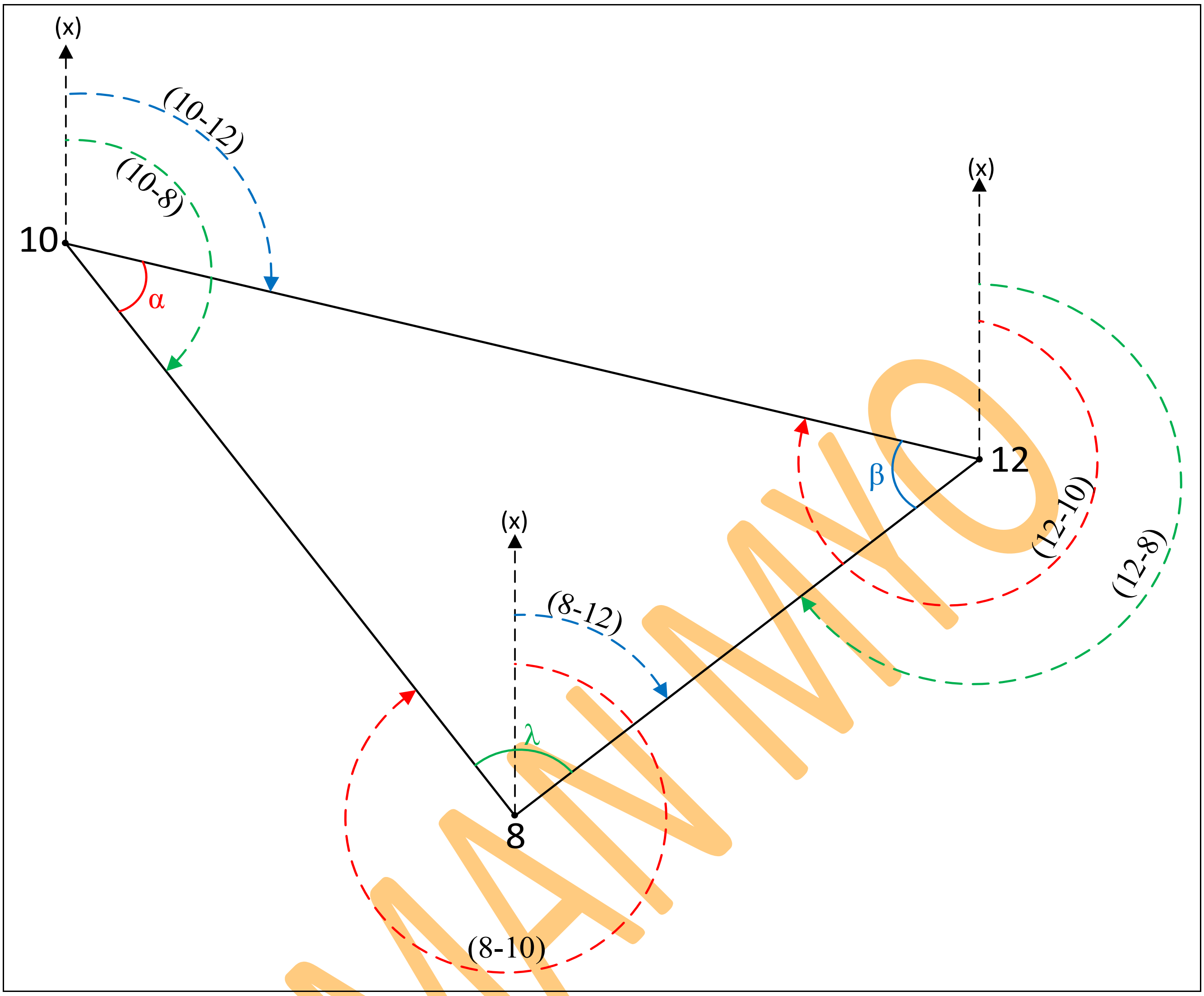
$$\beta = (12-10) - (12-8) = (10-12) + 200 - (12-8) = 62.1506^g$$

$$\lambda = 400 - [(8-10) - (8-12)] = 400 - \big[(10-8) + 200 - \big((12-8) - 200\big)\big]$$

$$\lambda = 400 - [(10-8) + 200 - (12-8) + 200] = 94.9482^g$$

KONTROL: $\alpha + \beta + \lambda = 200^g$

Hesaplamalar yapılırken, hesap makinesi kullanılmalı ve bulunan her bir semt ve iç açı değeri hesap makinesinin hafızasına kaydedilmelidir. Eğer hesaplanan iç açının sonucu hesap makinesinin hafızasına kaydedilmezse, bulunan iç açılarının toplamının sonucu 200^g olarak çıkmayacaktır.



Şekil 124

Örnek2:

NNO	Y	X
4	438691.012	2571604.971
2	438750.787	2571551.407
1	438756.950	2571655.752

Tabloda verilen 4,2 *ve*1 numaralı noktaların koordinatlarını yardımıyla, noktaların arasında oluşan üçgenin iç açılarını hesaplayınız.

Çözüm:

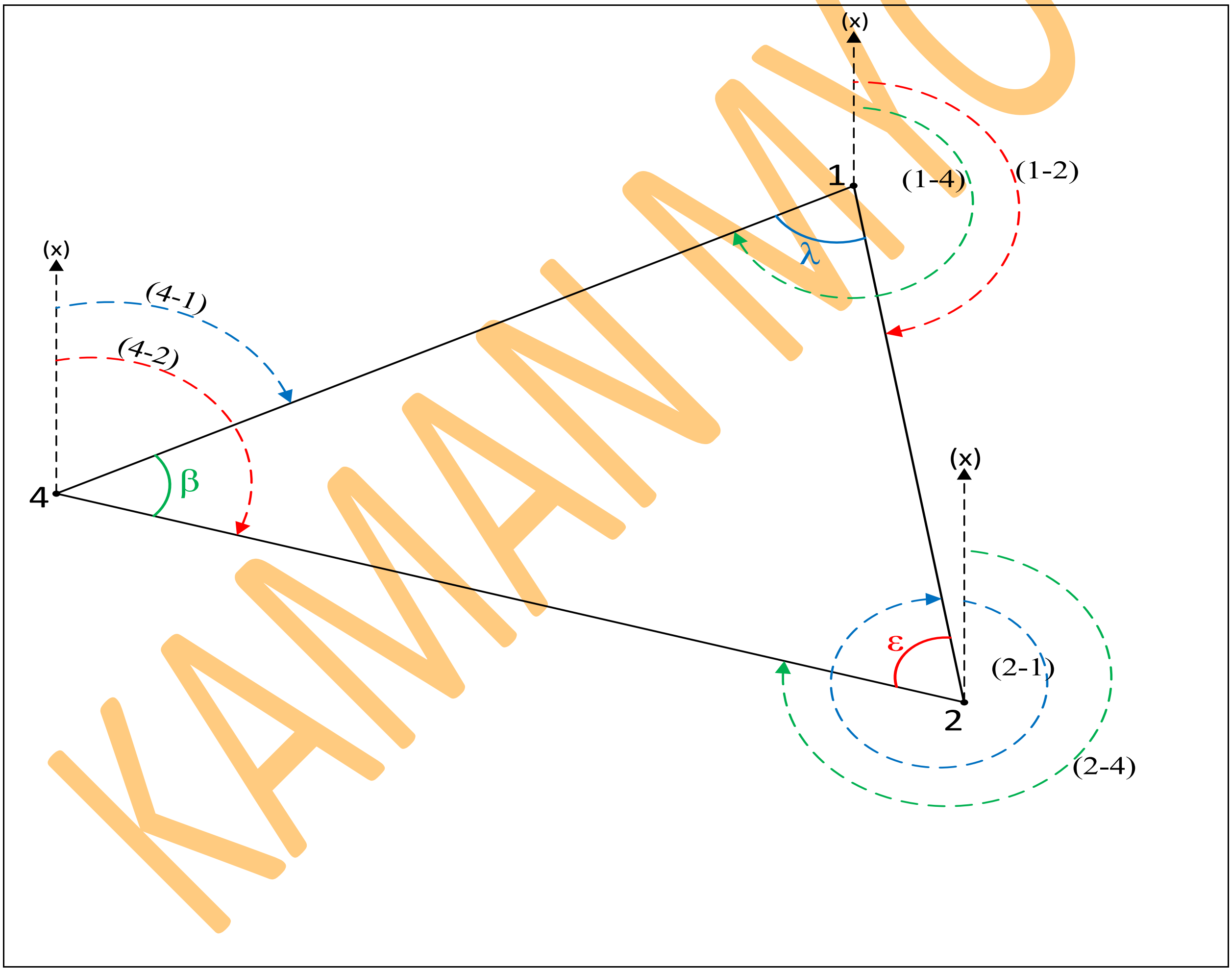
$(4-2) = 146.5148^g, (4-1) = 58.2211^g, (1-2) = 203.7557^g$

$$\beta = (4-2) - (4-1) = 88.2937$$

$$\lambda = (1-4) - (1-2) = (4-1) + 200 - (1-2) = 54.4653^g$$

$$\varepsilon = (2-1) - (2-4) = (1-2) + 200 - [(4-2) + 200]$$

$$\varepsilon = (1-2) - (4-2) = 57.2410^g$$



Şekil 125

Kontrol: $\beta + \lambda + \varepsilon = 200^g$

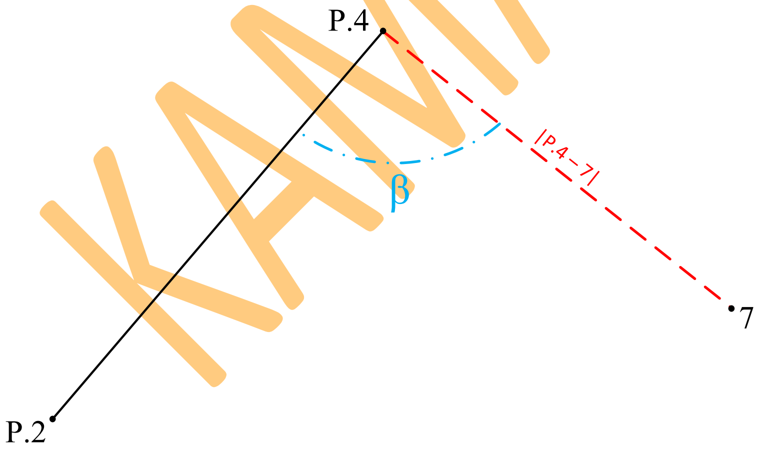
Temel Ödev 5 işleminde esas bulunması gereken kırılma açısıdır (üçgenin iç açısı). Elektronik takeometre (total station) cihazıyla aplikasyon işleminde bu açı noktanın yerinin tespiti için kullanılmaktadır. Aplikasyon işleminin elektronik takeometre ile yapılabilmesi için, aynı alım işleminde olduğu gibi, ölçüm cihazının kurulacağın nokta ile başlangıç doğrultusunun kurulması için yardımcı poligon noktası gereklidir.

Temel ödev 5 ile hesaplanacak olan: **Ölçüm noktası ve yardımcı poligon noktası arasında doğrultu** ile **ölçüm noktası ve aplikasyonu yapılacak nokta arasındaki doğrultu** arasında kalan açıdır. Bu açı ifade edilirken hem kırılma açısı hem de aplikasyon açısı olarak ifade edilebilir.

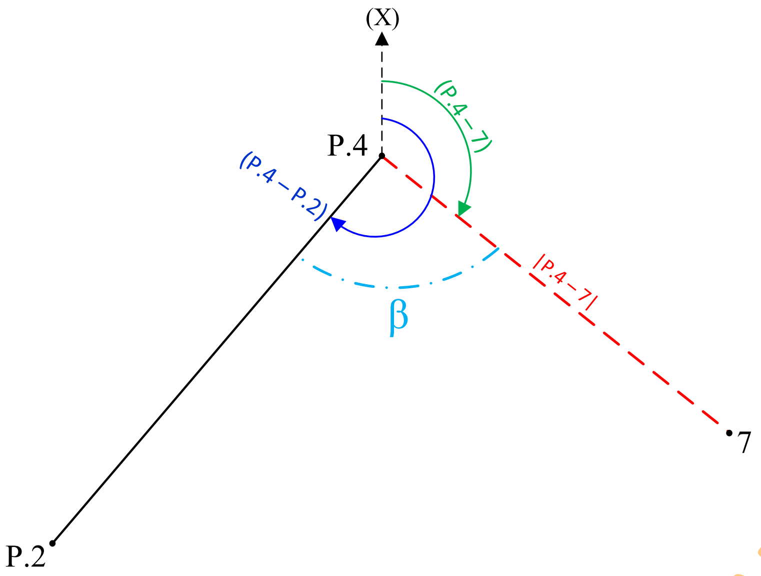
Temel ödev 5 yardımıyla bu açı değeri semt açılarının farkıyla bulunacaktır.

Temel ödev 5 ile aplikasyon açısının hesabının anlaşılabilmesi için aplikasyon örneklerine dair çözümler yapılacaktır.

Örnek 3:



Yandaki şekilde P.4, P.2 ve 7 numaralı noktaların yatay düzlem koordinatları (X – Y koordinatları) bilinmektedir. P.4 ve P.2 noktalarının zemindeki yerleri biliniyor fakat 7 numaralı noktanın zemindeki yeri bilinmiyor ve 7 numaralı noktanın zemindeki yerinin tespiti yapılmak isteniyor. P.4 noktası ölçüm noktası olarak belirleniyor ve P.4 noktası üzerine elektronik takeometre kuruluyor. 7 numaralı noktanın yer tespitinin yapılması için P.4 noktasından 7 numaralı noktaya olan doğrultunun belirlenmesi gerekmektedir. Bu işlem için birinci işlem P.4 noktasından P.2 noktasına bir doğrultu belirleniyor. Eğer β açısı bulunursa, P.4 ile P.2 arasında belirlenmiş olan doğrultudan β açısı kadar dönüldüğünde P.4 den 7 numaralı noktaya olan doğrultu bulunmuş olacaktır.

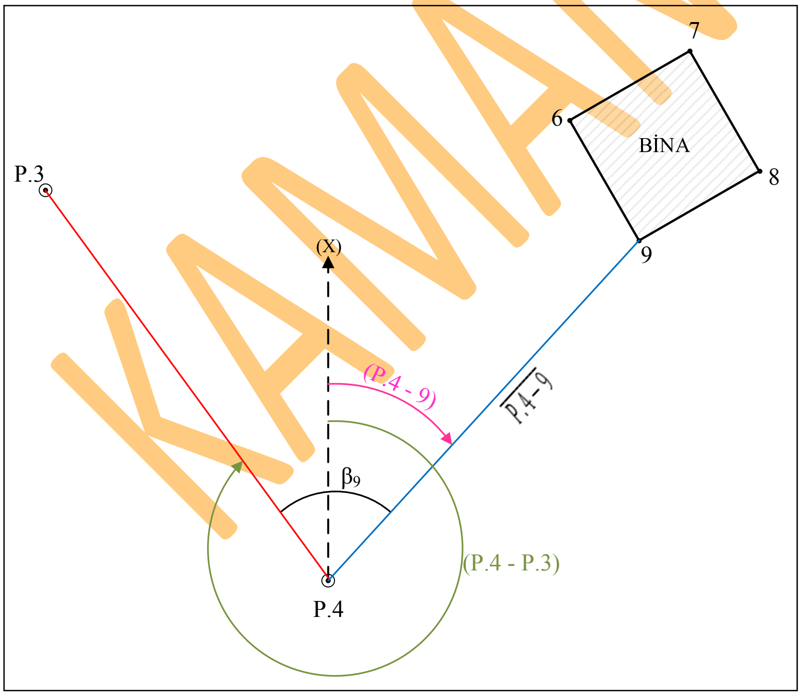


Gerekli olan β açısının hesaplanması için Temel Ödev 3 yönteminden yararlanılır.

$$\beta = (P.4 - P.2) - (P.4 - 7)$$

β , açısı hesaplandıktan sonra P.4 den P.2 ye olan doğrultudan yatay düzlemde β kadar dönüldüğünde P.4 den 7 ye olan doğrultu elde edilmiş olur. P.4 noktasından bu doğrultu boyunca $|P.4 - 7|$ yatay mesafesi kadar gidildiğinde 7 numaralı noktanın zemindeki yeri tespit edilmiş olur.

Örnek 4:



Şekil 126’ da bina aplikasyonu temsili vardır. $P.4$ ölçüm noktası, $P.3$ yardımcı poligon noktasıdır. $6,7,8, ve\ 9$ numaralı bina köşelerinin aplikasyonu yapılmak istenmektedir. Aplikasyon işlemi için gerekli aplikasyon açıları ve aplikasyon mesafelerini hesaplayınız. Şekil 126 9 numaralı nokta için çizilen tasvirdir.

Şekil 126

Nokta No	Y	X
6	559253.393	4358389.925
7	559265.973	4358405.474

8	559281.521	4358392.894
9	559268.942	4358377.346
P.3	559196.215	4358376.123
P.4	559230.798	4358339.104

Çözüm:

- 9 numaralı nokta için aplikasyon açısı β_9'un belirlenmesi ve aplikasyon mesafesinin $\overline{P.4-9}$ belirlenmesi

1) β_9 kırılma açısının hesabı

a) $(P4-P.3)$ semt açısının hesabı:

$$(P.4-P.3) = 400 - \tan^{-1}((Y_{P.3}-Y_{P.4})/(X_{P.3}-X_{P.4}) * (-1)) = 352.1650^g$$

b) $(P.4-9)$ semt açısının hesabı:

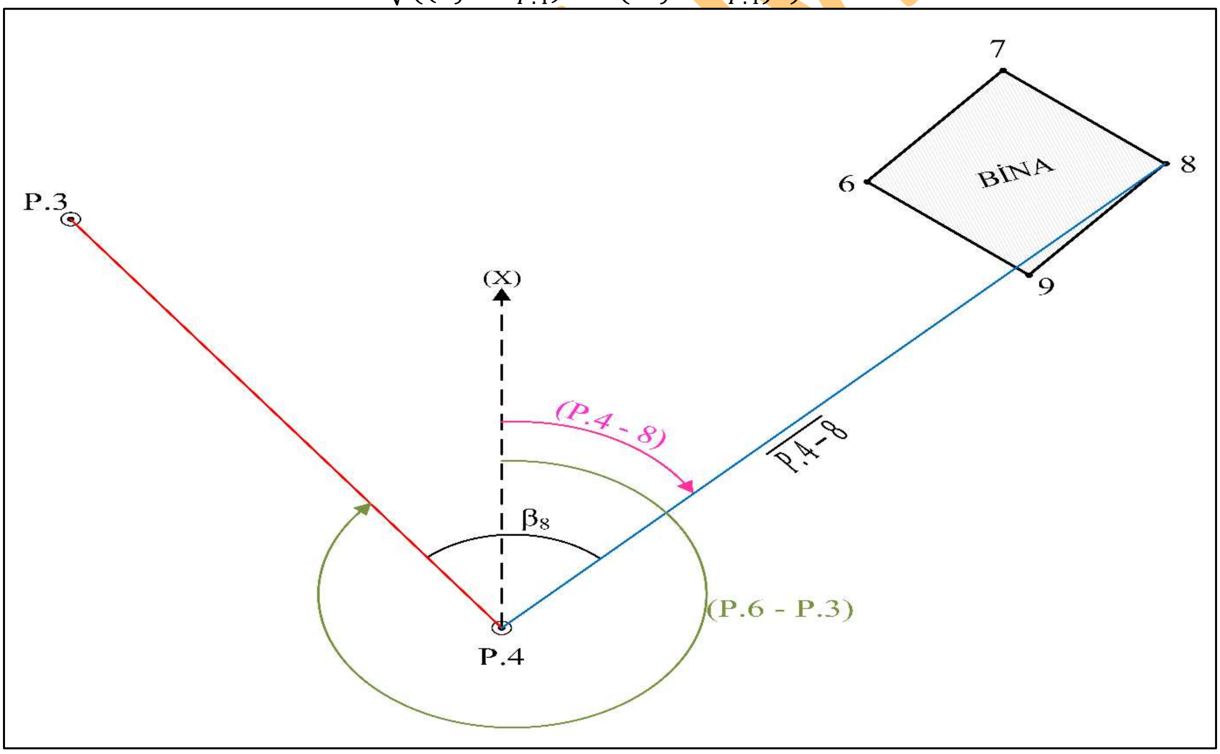
$$(P.4-9) = \tan^{-1}((Y_9-Y_{P.4})/(X_9-X_{P.4}))) = 49.9183^g$$

c) β_9 kırılma açısının hesabı:

$$\beta_9 = 400 - [(P4-P.3)-(P.4-9)] = 97.7533^g$$

2) $\overline{P.4-9}$ yatay mesafesinin hesaplanması

$$\overline{P.4-9} = \sqrt{((Y_9-Y_{P.4})^2 + (X_9-X_{P.4})^2)} = 54.013\ m$$



- 8 numaralı nokta için aplikasyon açısı β_8'un belirlenmesi ve aplikasyon mesafesinin $\overline{P.4-8}$ belirlenmesi

1) β_8 kırılma açısının hesabı

a) $(P4-P.3)$ semt açısının hesabı:

$$(P.4-P.3) = 400 - \tan^{-1}((Y_{P.3}-Y_{P.4})/(X_{P.3}-X_{P.4}) * (-1)) = 352.1650^g$$

b) $(P.4-8)$ semt açısının hesabı:

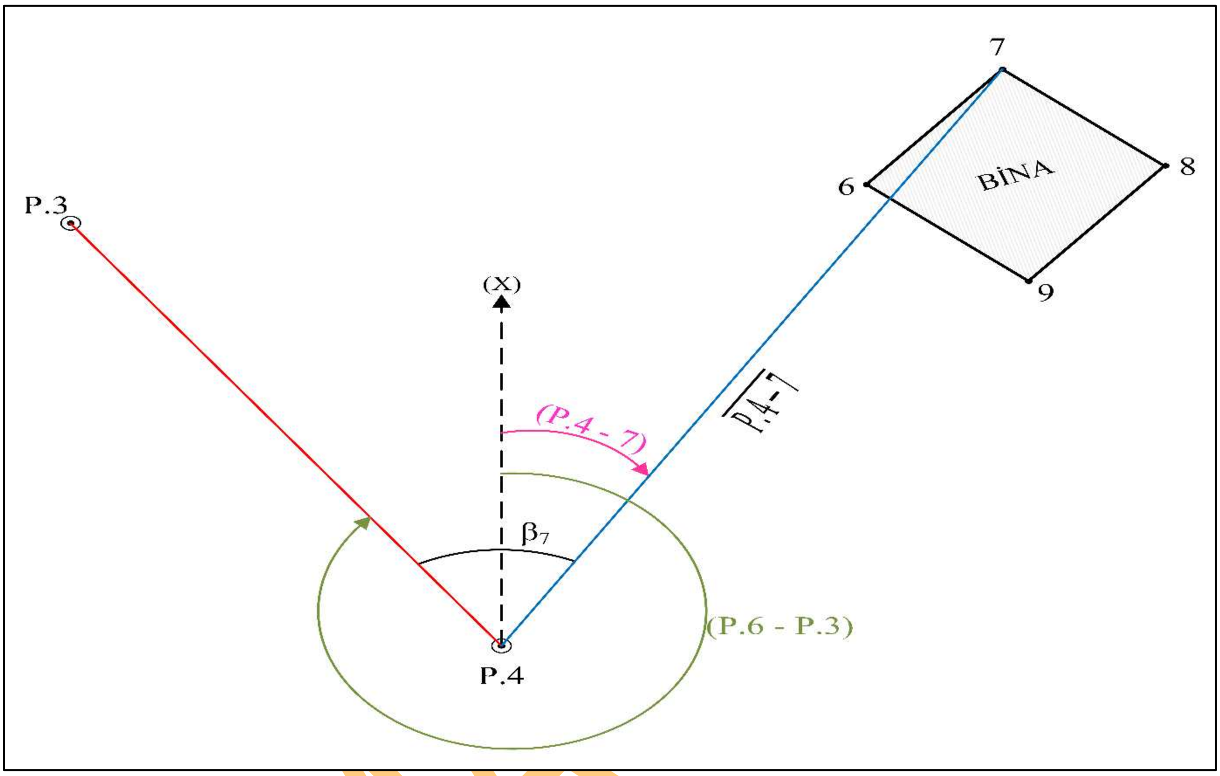
$$(P.4-8) = \tan^{-1}((Y_8-Y_{P.4})/(X_8-X_{P.4}))) = 48.1323^g$$

c) β_8 kırılma açısının hesabı:

$$\beta_8 = 400 - [(P4 - P.3) - (P.4 - 8)] = 95.9673^g$$

2) $\overline{P.4-8}$ yatay mesafesinin hesaplanması

$$\overline{P.4-8} = \sqrt{((Y_8 - Y_{P.4})^2 + (X_8 - X_{P.4})^2)} = 73.934\ m$$



- 7 numaralı nokta için aplikasyon açısı β_7'un belirlenmesi ve aplikasyon mesafesinin $\overline{P.4-7}$ belirlenmesi

1) β_7 kırılma açısının hesabı

a) $(P4 - P.3)$ semt açısının hesabı:

$$(P.4 - P.3) = 400 - \tan^{-1}((Y_{P.3} - Y_{P.4})/(X_{P.3} - X_{P.4}) * (-1)) = 352.1650^g$$

b) $(P.4 - 7)$ semt açısının hesabı:

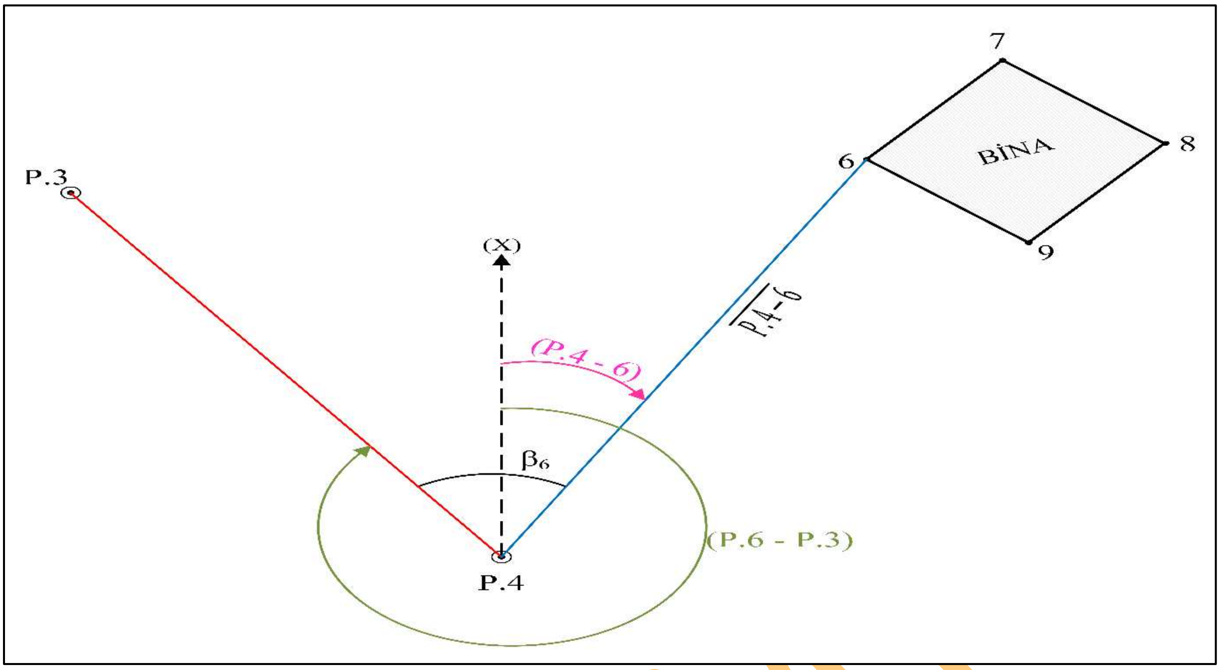
$$(P.4 - 7) = \tan^{-1}((Y_7 - Y_{P.4})/(X_7 - X_{P.4}))) = 31.0254^g$$

c) β_7 kırılma açısının hesabı:

$$\beta_6 = 400 - [(P4 - P.3) - (P.4 - 7)] = 78.8604^g$$

2) $\overline{P.4-7}$ yatay mesafesinin hesaplanması

$$\overline{P.4-7} = \sqrt{((Y_7 - Y_{P.4})^2 + (X_7 - X_{P.4})^2)} = 75.115\ m$$



- 6 numaralı nokta için aplikasyon açısı β_6'un belirlenmesi ve aplikasyon mesafesinin $\overline{P.4-6}$ belirlenmesi

1) β_6 kırılma açısının hesabı

a) $(P4-P.3)$ semt açısının hesabı:

$$(P.4-P.3)=400-\tan^{-1}((Y_{P.3}-Y_{P.4})/(X_{P.3}-X_{P.4})*(-1))=352.1650^g$$

b) $(P.4-6)$ semt açısının hesabı:

$$(P.4-6)=\tan^{-1}((Y_6-Y_{P.4})/(X_6-X_{P.4}))=26.6332^g$$

c) β_6 kırılma açısının hesabı:

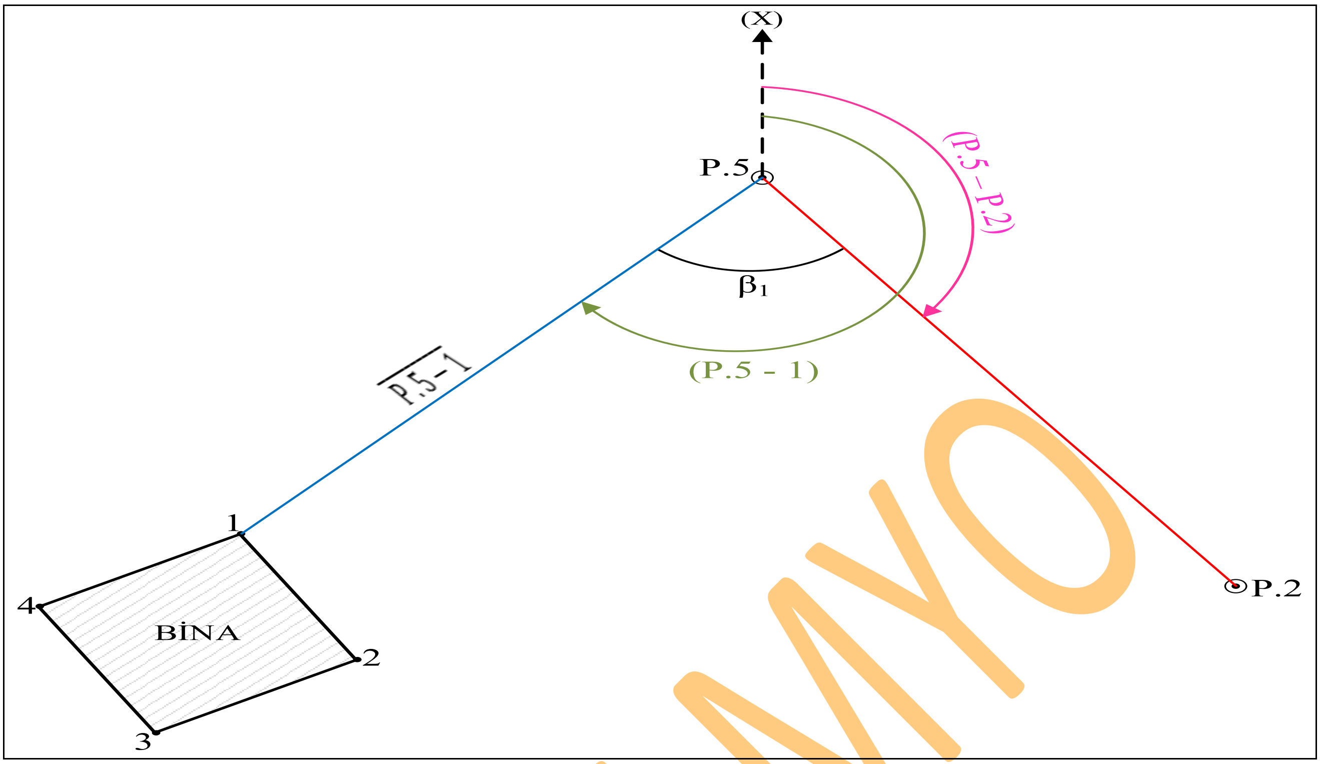
$$\beta_6=400-[(P4-P.3)-(P.4-6)]=74.4682^g$$

2) $\overline{P.4-6}$ yatay mesafesinin hesaplanması

$$\overline{P.4-6}=\sqrt{((Y_6-Y_{P.4})^2+(X_6-X_{P.4})^2)}=55.618\ m$$

Örnek 5:

Şekil 127 P.5 noktasından 1 numaralı bina noktasının aplikasyon işleminin tasviridir. P.5 noktası ölçüm noktası, P.2 noktası yardımcı poligon noktasıdır. 1 numaralı noktanın aplikasyon işleminin yapılması için β_1 kırılma açısı ve $\overline{P.5-1}$ yatay mesafesinin hesaplanması gereklidir. Aşağıda işlemler açıklanmıştır. İşlemler sadece 1 numaralı nokta için açıklanacak diğer noktalar için sadece sonuç değerler tabloda verilecektir.



Şekil 127

Nokta No	Y	X
1	560417.363	4357933.166
2	560405.150	4357910.110
3	560401.570	4357923.341
4	560412.216	4357943.233
P.2	560486.818	4357961.898
P.5	560433.132	4357992.612

- 1 numaralı nokta için aplikasyon açısı β_1'un belirlenmesi ve aplikasyon mesafesinin $\overline{P.5-1}$ belirlenmesi

1) β_1 kırılma açısının hesabı

a) $(P5 - P.2)$ semt açısının hesabı:

$$(P.5 - P.2) = 200 - \tan^{-1}((Y_{P.2} - Y_{P.5})/(\,X_{P.2} - X_{P.5}) * (-1)\,) = 133.0826^g$$

b) $(P.5 - 1)$ semt açısının hesabı:

$$(P.5 - 1) = 200 + \tan^{-1}((Y_1 - Y_{P.5})/(\,X_1 - X_{P.5}))\,) = 216.5074^g$$

c) β_6 kırılma açısının hesabı:

$$\beta_6 = (P.5 - 1) - (P.5 - P.2) = 83.4248^g$$

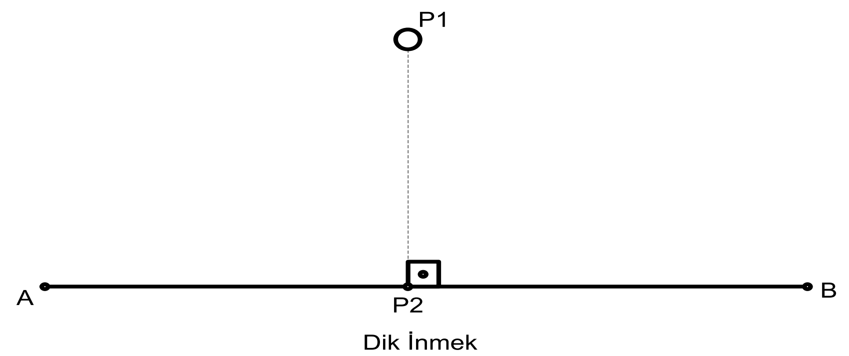
2) $\overline{P.5-1}$ yatay mesafesinin hesaplanması

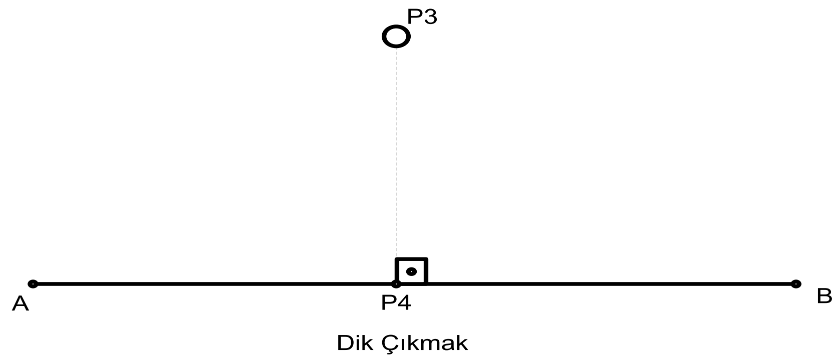
$$\overline{P.5-1} = \sqrt{((Y_1 - Y_{P.5})^2 + (\,X_1 - X_{P.5})^2)} = 61.502\,m$$

Diğer noktalar için kırılma açılarının ve mesafe değerlerinin sonuçlar:

Nno	**Kırılma açısı - Aplikasyon açısı (^{g})**	**Mesafe - Aplikasyon mesafesi (m)**
2	87.7341^g	87.118
3	94.1343^g	76.122
4	92.4249^g	53.626

Doğrultuya Dik İnme veya Dik Çıkma (Yan Nokta Hesabı)





Şekil 128

Şekil 128'de dik inme ve çıkmaya birer örnek gösterilmiştir. Dik çıkmadan anlaşılması gereken belirlenen bir doğrultu üzerinde ki bir noktadan, başka bir noktaya dik bir doğru çıkılması sağlanmasıdır. Şekil 128'da A ve B noktaları arasındaki doğru üzerindeki P4 noktasından, P3 noktasına oluşturulan doğru dik çıkmaya örnektir. A ve B noktalarının koordinatları bilindiği ve P4 – P3 noktalarının oluşturdukları doğru ile A – B noktalarının oluşturdukları doğrunun dik kesiştikleri kabul edilerek oluşur. Dik inme ile herhangi bir noktadan bir doğrultu üzerine dik inilerek doğrultu üzerinde nokta elde edilmesi işlemidir. Şekil 128'de P1 noktasından, koordinatları bilinen A – B noktalarının oluşturduğu doğru üzerindeki P2 noktasının birleşmesi ile oluşur.

P1 ve/veya P3 adlı noktaların koordinatları, prizma aleti (Şekil 129 Prizma aletine bir örnek) ile çelik şerit metre yardımıyla ölçülen uzunluk değerleri ve geometrik metotlar yardımıyla bulunabilir. Ya da koordinatları bilinen A – B noktaları, A – B doğrusunda seçilecek bir başlangıç noktasından P1 veya P4'e olan uzunluk ile P1 – P2 veya P3 – P4 uzunluğu yardımı ile noktaların koordinatları elde edilir. Koordinatları elde edilen noktaların arazi ortamında aplikasyonu yapılabilir.

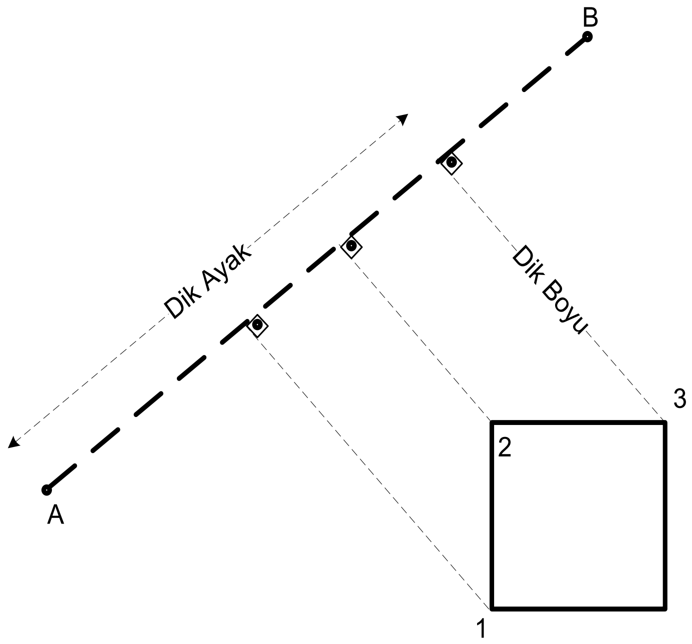
Şekil 129 Prizma aletine bir örnek

Şekil 129 Prizma aletine bir örnek'de dik alımlar için kullanılan prizma aletine bir örnek gösterilmiştir. Prizma aletinin kullanımını: A ve B noktalarına Jalon yerleştirildiği düşünülürse, A noktasından belirli bir mesafedeki P4 noktasına gidilip, prizma yardımıyla A ve B noktalarındaki jalonlara bakılarak A-B doğrultusuna girilmeye çalışılır. P4 noktasının tam olarak A – B doğrultusuna girildiğinin anlaşılması için prizmanın sapına bir çekül ip ile bağlandıktan sonra P4 noktasının üzerindeyken prizma dik tutulur prizmanın mavi kısımlarından A ve B noktasındaki jalonlar görülmeye çalışılır. Prizma bulunulan noktadan sağdaki ve soldaki kısmı görmeye yarar. P3 noktasını elde etmek için ise P4 noktasında prizmayı dik tutarken, prizmanın üstünde ki mavi kısımdan B noktasını, altındaki mavi kısımdan A noktasını ve ortadaki kısımdan P3 noktası görülmeye çalışılır. P3 noktası bir Jalon yardımı ile bulunmaya çalışılır. A, B ve P3 noktasındaki jalonlar prizmadaki 3 ekranda da çakışıp tek bir Jalon görüntüsü elde edildiğinde, oluşan P3 – P4 doğrusu A – B doğrusuna dik olmuş olur.

Detay alımı

Harita üzerinde doğada var olan doğal veya yapay objeler temsil edilir. Objenin temsilini yapmak için (objeye kuş bakışı olarak bakıldığını düşünülürse) ona dair girinti ve çıkıntılarının harita üzerinde gösterilmesi gerekir. Her bir girinti çıkıntıya, objeye ait olan detaylar olarak isimlendirilir. Detayları harita üzerinde, belirli bir koordinat sistemine göre temsil ederiz. Her bir detayın koordinatlarını elde edilmesi ve bu koordinatlar için ise detaya ait ölçümlerin yapılması lazımdır. Detaylara dair yapılacak olan ölçüm işlemlerine detay alımı denir.

Basit ölçüm aletleri (çelik şerit metre, jalon, çekül, prizma) ile detay alımı yapılması için detay alımı yapılacak olan objenin etrafında belirli doğrultular alınır ve bu doğrultulara olan dik ayak ve dik boyları olarak isimlendirilen uzunlukların ölçümleri gerekmektedir. Ölçümler yapılırken, ölçüme ait yaklaşık ölçek ile bir kroki çıkarılır ki bu krokiye ölçü krokisi denir. Ölçü krokisi o an için ölçümü yapan kişiler için değil sonrasında krokiyi okuyan kişiler içinde anlamlı olacak şekilde olmalıdır.



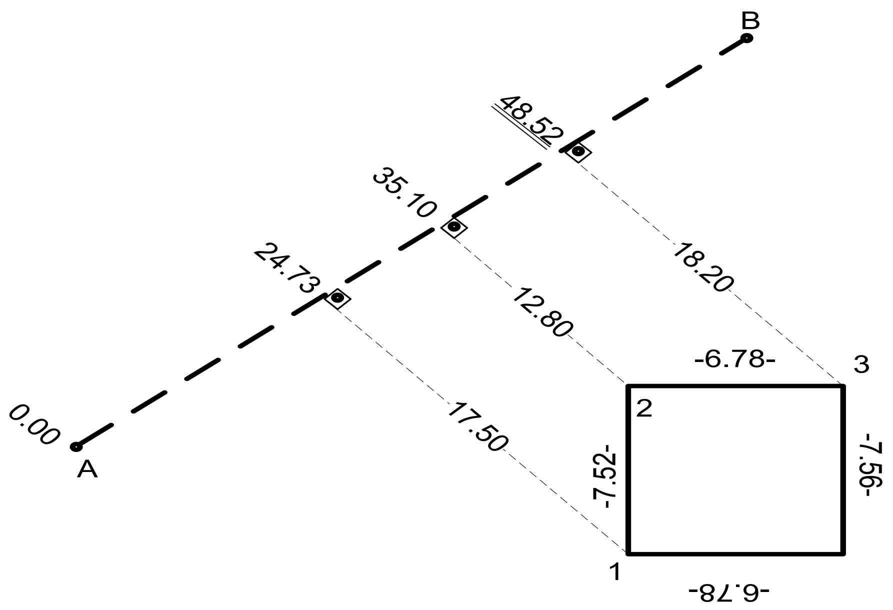
Şekil 130

Şekil 130'da bir objeye ait prizmatik detay alımı gösterilmiştir. Şekilde detay olarak belirlenen kısımlar numaralandırılmış, hangi detay ölçüsünün hangi detaya ait olduğu kesinleştirilmiştir. Detaylara ait ölçümler AB doğrultusuna göre yapılmıştır.(**dikkat edilmesi gereken nokta, doğrultu olarak belirlenen doğru, koordinat ekseni olarak tanımlanacaktır. Her bir yeni doğrultu detay ölçümlerinde yeni bir koordinat sistemidir.**) AB doğrultusuna göre 3 numaralı detaya ait olarak, dik ayak ve dik boyu değerleri elde edilmiştir. Dik ayak değerleri, alınan doğrultunun başlangıç olarak belirlenen noktasından itibaren olan mesafe değeri; dik boyu değeri ise detay noktasından doğrultuya kadar olan dik mesafe değeri olarak ölçülen büyüklüklerdir. Bu mantıkta prizmatik detay alım değerleri, belirlenen başlangıç doğrusu ve doğrunun başlangıç noktasına göre, dik ayak ve dik boyu ile belirlenir.

İşlem sırası olarak:

1) İlk olarak, ölçü doğrultusu arazide belirlenir.

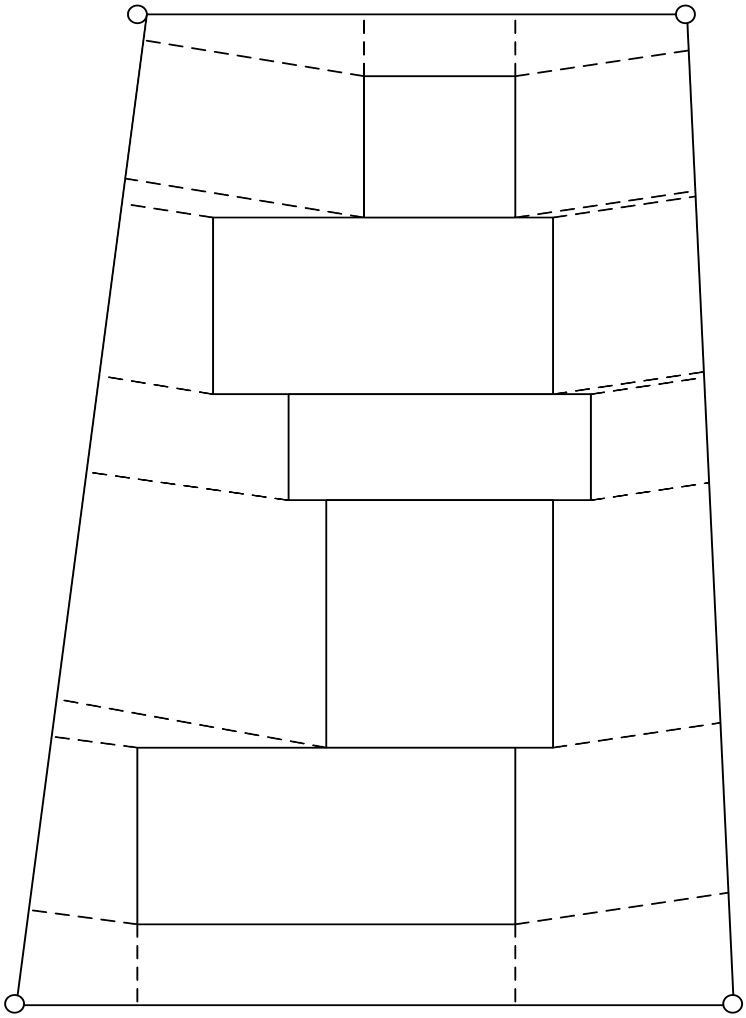
2) Her bir detay noktasında, bu doğru üzerine dikler inilir.
3) Doğrultuya düşülen diklerin, başlangıç noktasına kadar olan uzunlukları belirlenir. Her bir noktanın doğrultu üzerideki aralıkları değil başlangıç noktasından itibaren, noktaların uzaklıkları ölçülür. Bu değer apsis eksenindeki değer olarak alınır. Değerler ölçü krokisi üzerinde belirtilirken, doğrultuya dik ve inilen dikin doğrultuyu kestiği yerden itibaren yazılır. Apsis değerleri yazılırken, en son noktanın (en son nokta, doğrultunun bitiş noktası olarak da belirlenebilir.) altı çift çizgili olarak belirtilir (Şekil 131).
4) Dik ayaklarına ait ölçümler yapılıp apsis değerleri belirlendikten sonra, dik boylarına ait doğrultudan itibaren olan mesafe değerleri belirlenir ve mesafe değerleri dik boyun üzerine ordinat değeri olarak yazılır.



Şekil 131

5) Son olarak daha sonra kontrol amaçlıda kullanılmak üzere, objeye ait cephe detayları da ölçülür.

İşlemlerin yapılmasında, doğrultu veya doğrultuların belirlenmesi (Şekil 131'de AB doğrultusu) işleminde jalon ve çekülden yararlanılacak. Detaylara ait diklerin inilmesi için prizmalar kullanılacak. Prizmayı tutan kişi ilk olarak A ve B noktalarındaki Jalonların başında bulunan kişiler yardımı ile AB doğrultusuna girecek. Sonrasında doğrultu üzerindeyken sağa sola hareketler ile detay noktalarında bulunan jalon ve AB noktalarındaki jalonu prizma içinde tek bir jalon olarak gördüğü andaki doğrultu üzerindeki nokta, detay noktası üzerinden doğrultuya inilen dikin yerini belirtir. Bu noktaları doğrultu üzerinde işaretleyip apsis ekseni olarak tanımlayacağımız doğrultu üzerindeki yerlerini belirlenecek. Sonrasında apsis değerleri başlangıç noktasından itibaren; ordinat değerleri ise doğrultu üzerinde dik inilerek belirlenen noktalardan, detay noktalarına kadar çelik şerit metre ile ölçülerek belirlenecek.



Şekil 132

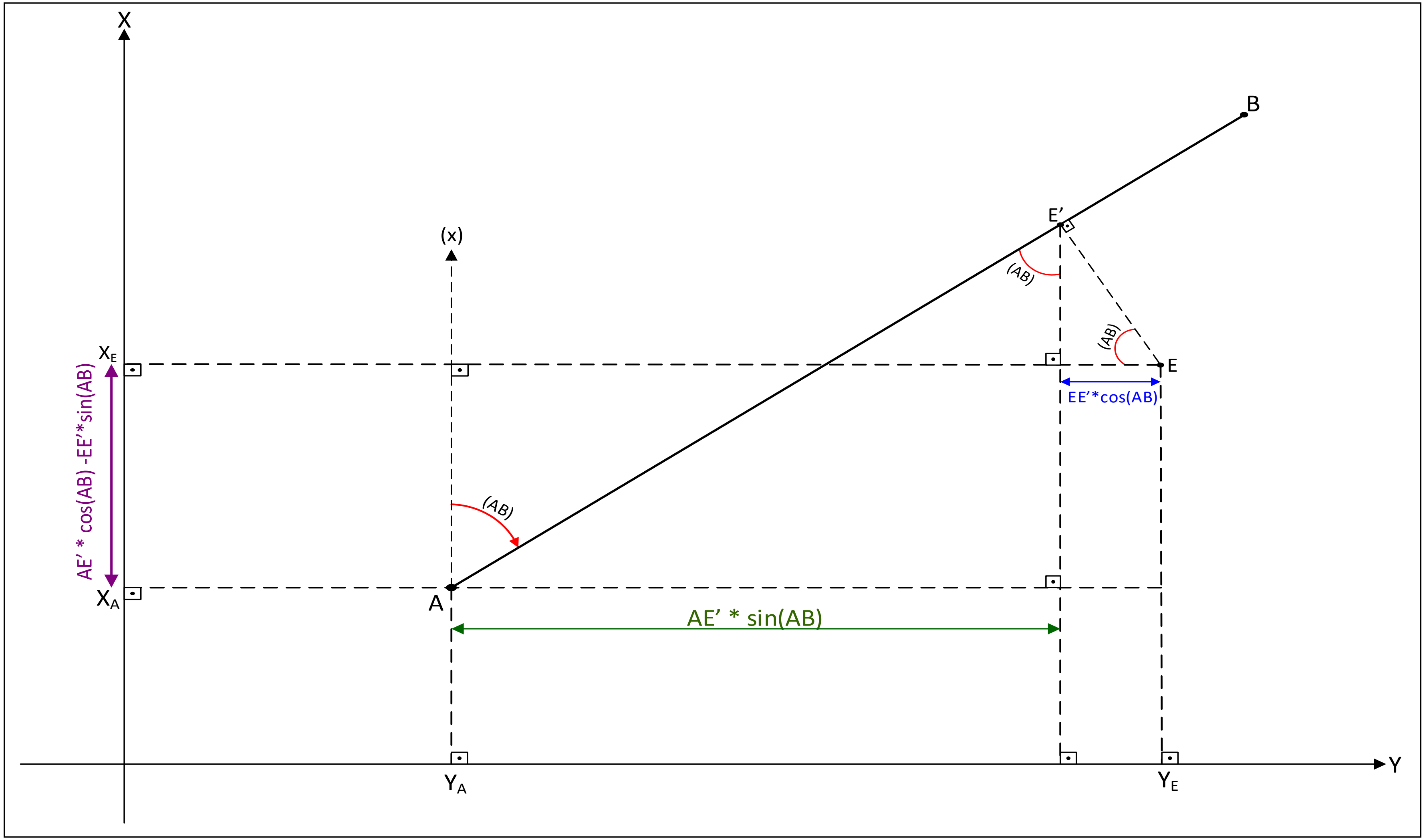
Yan Nokta Hesabı

Yan nokta hesabı, koordinatı bilinen iki noktanın oluşturduğu doğrunun sağında ve solunda kalan noktaların koordinatlarının dik boy ve dik ayak uzunlukları yardımıyla bulunmasına denir.

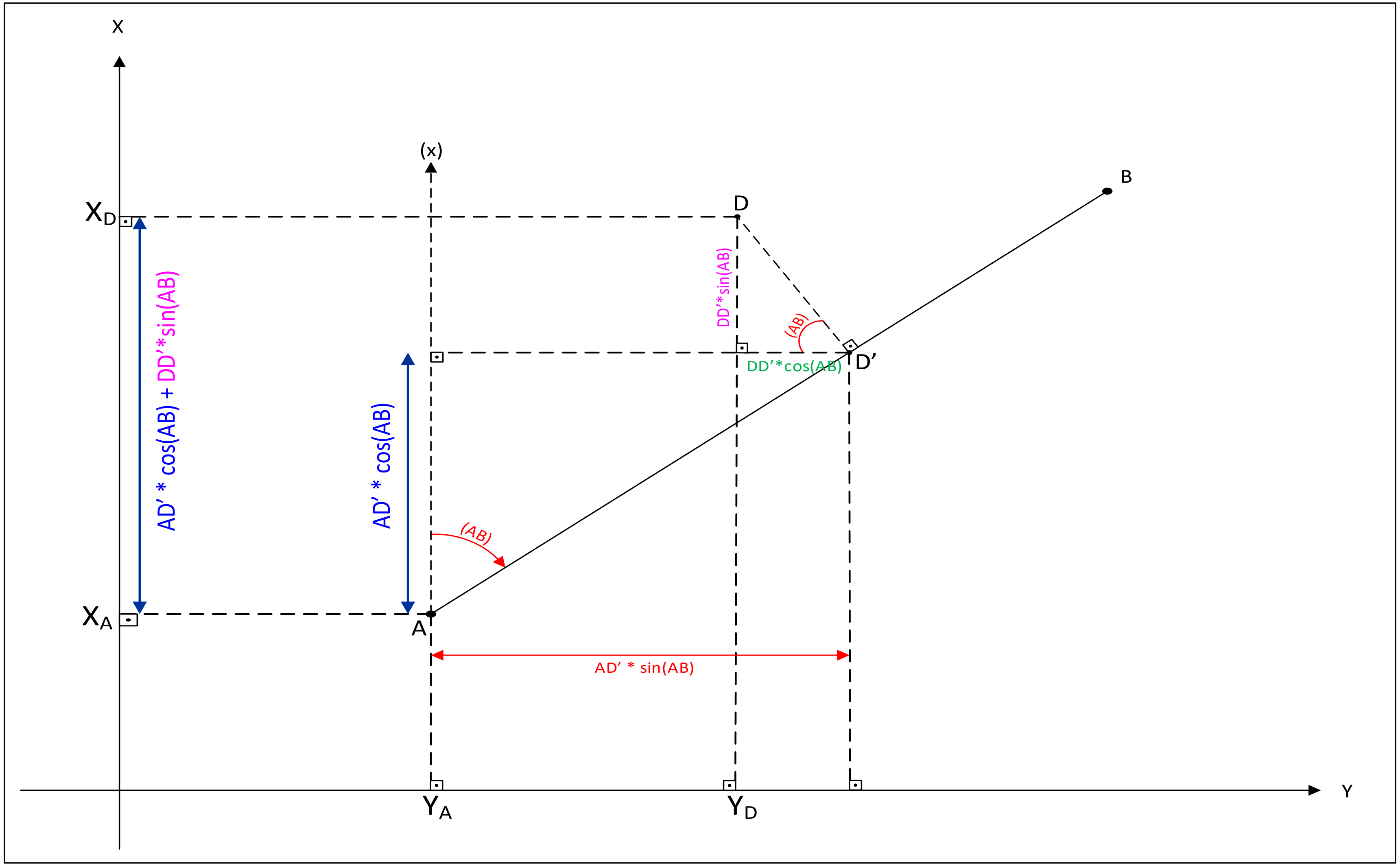
Şekil 133'de yan nokta hesabına bir örnek verilmiştir. A ve B noktaları koordinatları bilinen noktalardır. E noktasının koordinatları bulunmak istendiğinde hangi noktaya göre koordinatlarının hesaplanacağı bilinmelidir. Bir nevi A-B güzergâhının başlangıç noktasının bilinmesi ve koordinatı bulunacak olan nokta güzergahın solunda veya solunda olmasına benzer bir şekilde E noktasının koordinatı hesaplanacaktır. E noktasının koordinatları:

$$Y_E = Y_A + \overline{AE'} * \sin(AB) + \overline{EE'} * \cos(AB) \ \rightarrow \overline{AE'} = dik\ ayak'$$

$$X_E = X_A + \overline{AE'} * \cos(AB) - \overline{EE'} * \sin(AB) \ \rightarrow \overline{EE'} = dik\ boyu$$



Şekil 133


X
(x)
B
D
X_D
DD'*sin(AB)
(AB)
D'
DD'*cos(AB)
AD' * cos(AB) + DD'*sin(AB)
AD' * cos(AB)
(AB)
X_A
A
AD' * sin(AB)
Y
Y_A
Y_D

Şekil 134

Şekil 134'de farklı olarak koordinatı bulanacak olan nokta A-B doğrusunun solundadır. Değişen formüllerdeki işaret farkı olacaktır.

$$Y_D = Y_A + \overline{AD'} * \sin(AB) - \overline{DD'} * \cos(AB) \qquad \overline{AD'} = dik\ ayk'$$

$$X_D = X_A + \overline{AD'} * \cos(AB) + \overline{DD'} * \sin(AB) \qquad \overline{DD'} = dik\ byu$$

Genel bir formül çıkartıldığında:

*A doğrunun başlangıç noktası, B doğrunun bitiş noktası olduğu ve koordinatı bulunacak olan nokta güzergâhın solunda ise dik boyu değeri (-1) ile çarpılıp işleme konulacak. Genel formül aşağıda verilmiştir:

$$Y_{Nokta} = Y_{Başlangıçnoktası} + dikayak * \sin(AB) + dik\ boyu * \cos(AB)$$

$$X_{Nokta} = X_{Başlangıçnoktası} + dikayak * \cos(AB) - dikboyu * \sin(AB)$$

Dik ayak değerleri, A noktasından itibaren ölçülür. Kontrol amacıyla $\overline{A-B}$ uzunluğu ölçülür. Ölçülen $\overline{A-B}_{Ö}$ uzunluğu, koordinatlardan hesaplanacak olan $\overline{A-B}_h$ uzunluğuyla karşılaştırılır. Değer aynı çıkmayabilir.

$$d_S = 0.003 * \sqrt{\overline{A-B}_h} + 0.0001$$

$$\rightarrow\ d_S > d \quad \text{olmalıdır}$$

$$d = \overline{A-B}_h - \overline{A-B}_{Ö}$$

$d_S > d$ olması durumunda kullanılacak formül:

$$\sin(A-B) = \frac{Y_B - Y_A}{\overline{A-B}_{Ö}} = a \qquad , \qquad \cos(A-B) = \frac{X_B - X_A}{\overline{A-B}_{Ö}} = b$$

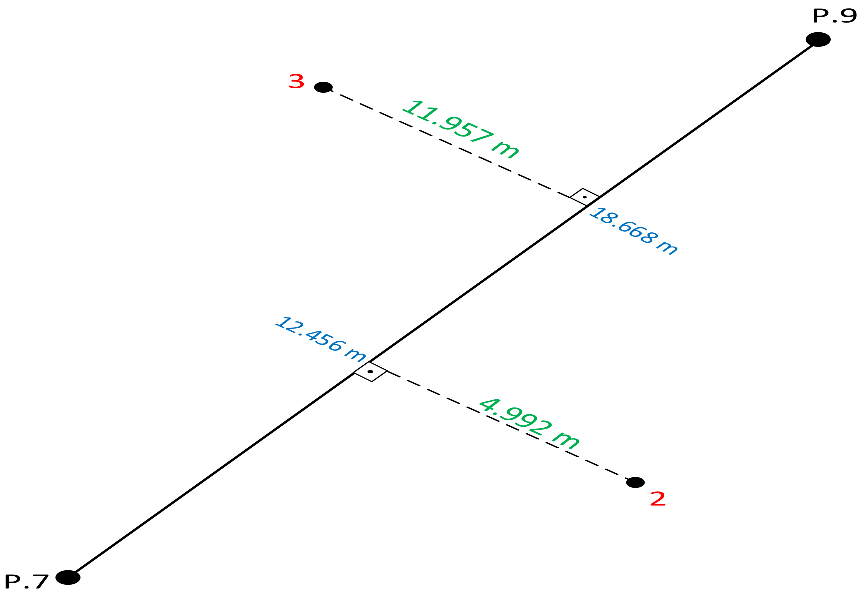
Genel formül tekrar düzenlenirse:

$$Y_{Nokta} = Y_{Başlangıçnoktası} + dikayak * a + dik\ boyu * \mathrm{b}$$

$$X_{Nokta} = X_{Başlangıçnoktası} + dikayak * b - dikboyu * \mathrm{a}$$

Örnekler:

Örnek 1:



NNO	Y (m)	X (m)
P.7	561884.959	4357668.075
P.9	561900.071	4357699.153

Yandaki şekil ve verilen bilgileri kullanarak 2 ve 3 numaralı noktaların koordinatlarını bulunuz. (Hesaplamalarda, P.7-P.9 güzergahında P.7 başlangıç noktası olarak kabul edilecek.)

Çözüm:

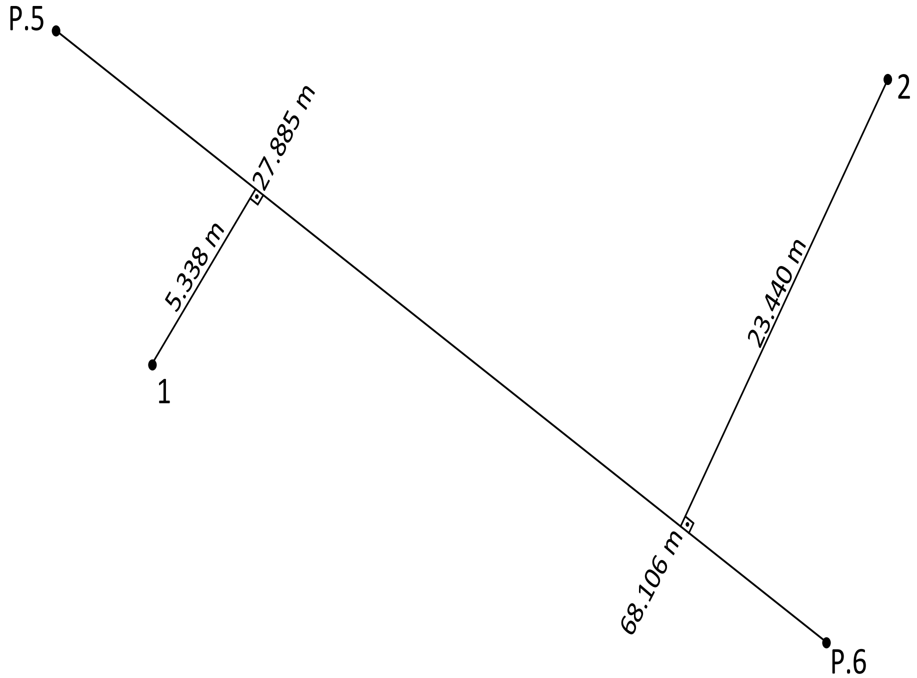
$$Y_2 = Y_{P.7} + 12.456 * \sin(P.7 - P.9) + 4.992 * cos(P.7 - P.9) = 561894.895\ m$$

$$X_2 = X_{P.7} + 12.456 * \cos(P.7 - P.9) - 4.992 * sin(P.7 - P.9) = 4357677.094\ m$$

$$Y_3 = Y_{P.7} + 18.668 * \sin(P.7 - P.9) - 11.957 * cos(P.7 - P.9) = 561882.369\ m$$

$$X_3 = X_{P.7} + 18.668 * \cos(P.7 - P.9) + 11.957 * sin(P.7 - P.9) = 4357690.092\ m$$

Örnek2:



NNO	Y (m)	X (m)
P.5	561944.526	4357683.325
P.6	562009.593	4357645.006

Yandaki şekil ve verilen bilgileri kullanarak 1 ve 2 numaralı noktaların koordinatlarını bulunuz. (Hesaplamalarda, P.5-P.6 güzergahında P.5 başlangıç noktası olarak kabul edilecek.)

Çözüm:

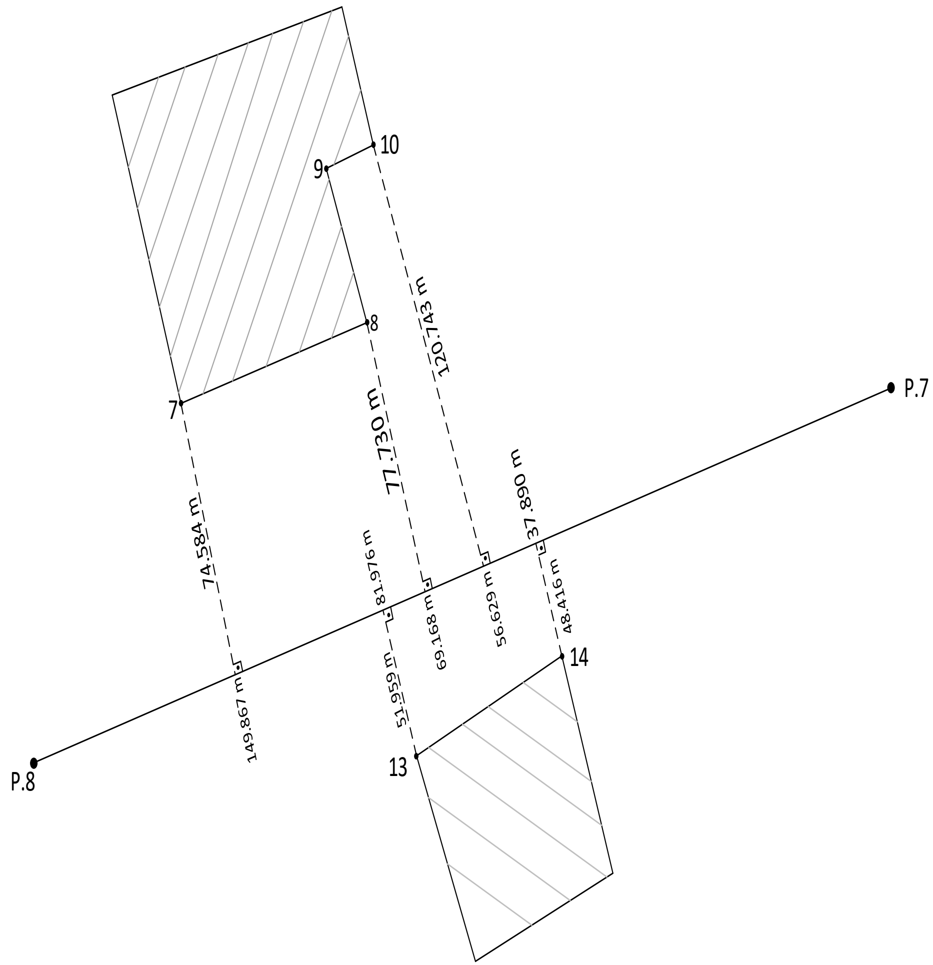
$$Y_1 = Y_{P.5} + 27.885 * \sin(P.5 - P.6) + 5.338 * cos(P.5 - P.6) = 561965.845\ m$$

$$X_1 = X_{P.5} + 27.885 * \cos(P.5 - P.6) - 5.338 * sin(P.5 - P.6) = 4357664.575\ m$$

$$Y_2 = Y_{P.5} + 68.106 * \sin(P.5 - P.6) - 23.440 * cos(P.5 - P.6) = 562015.106 m$$

$$X_2 = X_{P.5} + 68.106 * \cos(P.3 - P.6) + 23.440 * sin(P.5 - P.6) = 4357668.962\ m$$

Örnek 3:



NNO	Y (m)	X (m)
P.7	561981.112	4357590.922
P.8	561805.079	4357536.406

Yandaki şekil ve verilen bilgileri kullanarak 14, 13, 10, 8 ve 7 numaralı noktaların koordinatlarını bulunuz. (Hesaplamalarda, P.7-P.8 güzergahında P.7 başlangıç noktası olarak kabul edilecek.)

Çözüm:

$$Y_{13} = Y_{P.7} + 81.976 * \sin(P.7 - P.8) - 51.959 * cos(P.7 - P.8) = 561918.176\, m$$

$$X_{13} = X_{P.7} + 81.976 * \cos(P.7 - P.8) + 51.959 * sin(P.7 - P.8) = 4357517.038\, m$$

$$Y_{14} = Y_{P.7} + 37.890 * \sin(P.7 - P.8) - 48.416 * cos(P.7 - P.8) = 561959.241\, m$$

$$X_{14} = X_{P.7} + 37.890 * \cos(P.7 - P.8) + 48.416 * sin(P.7 - P.8) = 4357533.464\, m$$

$$Y_{10} = Y_{P.7} + 56.629 * sin(P.7 - P.8) + 120.743 * cos(P.7 - P.8) = 561891.298\, m$$

$$X_{10} = X_{P.7} + 56.629 * \cos(P.7 - P.8) - 120.743 * sin(P.7 - P.8) = 4357689.508\, m$$

$$Y_{8} = Y_{P.7} + 69.168 * \sin(P.7 - P.8) + 77.730 * cos(P.7 - P.8) = 561892.045\, m$$

$$X_{8} = X_{P.7} + 69.168 * \cos(P.7 - P.8) - 77.730 * sin(P.7 - P.8) = 4357644.711\, m$$

$$Y_{7} = Y_{P.7} + 149.867 * \sin(P.5 - P.6) + 74.584 * cos(P.5 - P.6) = 561815.889\, m$$

$$X_{7} = X_{P.7} + 149.867 * \cos(P.5 - P.6) - 74.584 * sin(P.5 - P.6) = 4357617.832\, m$$

İki Boyutlu Kartezyen Koordinat sistemleri Arası Dönüşüm

Amaç, bir koordinat sistemine göre elde edilmiş olan koordinatların, diğer bir koordinat sistemindeki koordinat değerlerini elde etmektir.

Ülkemizde şu ana kadar büyük ölçekli haritaların yapımında kullanılması amacıyla oluşturulmuş, haritaların yapılması ve ölçüm tekniklerinde uyulması gerekli kriterlerin belirtildiği, 3 ayrı yönetmelik çıkmıştır:

1) 1974 yılında yayınlanmış olan: 1/2500 ve Daha Büyük Ölçekli Harita ve Planların Yapımına Ait Yönetmelik
2) 1988 yılında yayınlanmış olan: Büyük Ölçekli Haritaların Yapım Yönetmeliği
3) 2018 yılında yayınlanmış olan: Büyük ölçekli harita ve harita bilgileri üretim yönetmeliği

Bu üç yönetmelikten 1.si bölgesel koordinatlar kullanılarak haritalar oluşturulmaktaydı. 2. ve 3. Yönetmeliklerde dünya yerine referans yüzeyi (hesaplama yüzeyi) olarak dönel elipsoit kullanılmakta ve projeksiyon koordinat sistemi olarak üç derecelik Transverse Mercator projeksiyonu ile oluşan koordinat sistemleri kullanılmıştır. 2. ve 3. Yönetmelikte kullanılan hesaplama yüzeyi farklıdır. Sonuçta 3 ayrı koordinat sisteminde üretilmiş haritalar özel ve tüzel kuruluşlarda mevcuttur.

İki haritanın koordinat sistemleri farklı olabilir. Örneğin bir haritanın koordinatları mevzi koordinat sistemine göre, diğer harita UTM projeksiyonuna göre elde edilmiş olabilir.

Farklı datumlara göre oluşturulmuş farklı iki harita olabilir. Örneğin, bir harita ED – 50 datumuna göre oluşturulmuş, diğer harita ITRF – 96 datumuna göre koordinatları oluşturulmuş olabilir.

Koordinat sistemleri arası dönüşümleri hesaplamak için birden fazla hesaplama yöntemi vardır. Bu yöntemler kullanılırken, her iki sistemde de koordinatları bulunan aynı nokta objelerinden yararlanılır. Bu noktalara kontrol noktaları adı verilir. Yöntemlerde kullanılan matematiksel algoritmaların farklı olması ve koordinat sistemleri arasında ki değişik farklılıklardan dolayı (eksenlerin çakışmaması, orijin noktalarının çakışmaması, eksenler arası dönüklük, ölçeklerin farklı olması,…) her yöntemde farklı sayıda kontrol noktası kullanılabilir. Bu yöntemlerden belli başlı olanları:

a) Helmert Dönüşüm Yöntemi (Benzerlik dönüşümü): Dönüşümün yapılabilmesi için her iki sistemde de koordinatları bulunan en az 2 kontrol noktasına ihtiyaç vardır.
b) Affine Dönüşüm Yöntemi: Dönüşümün yapılabilmesi için her iki sistemde de koordinatları bulunan en az 4 kontrol noktasına ihtiyaç vardır.
c) Polinomal Dönüşüm Yöntemi: Yöntemde kullanılan polinomun derecesine göre kullanılacak ortak kontrol noktası sayısı değişecektir. Örneğin 3.derece bir polinom için 9 adet kontrol noktasına, 4. Derece polinomda 15 adet kontrol noktasına ihtiyaç vardır. Affine dönüşümü birinci derece polinom dönüşümüdür.

Kullanılan yöntem ne olursa olsun, kontrol noktası sayısı arttıkça dönüşüm hassasiyet artacaktır. Dönüşüm ortak noktalar sayesinde olduğu için hassasiyetin bir diğer etkeni kontrol noktalarının her iki sistemde ki doğru koordinatlarıdır.

(Aşağıda belirtilen dönüşüm yöntemlerinde X’ – Y’ sisteminden, X – Y koordinat sistemine noktaların koordinatları dönüştürüleceği farz edilerek hesaplama gösterilmiştir.)

DÖNÜŞÜM HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

Yapılacak hesaplama yöntemleri, her iki sistemde de ortak noktaya sahip noktaları kullanarak grafik objelere ait koordinatların diğer koordinat sistemine dönüştürülmesini sağlamaktır. Kullanılan birden fazla yöntem vardır.

(Aşağıda belirtilen dönüşüm yöntemlerinde X’ – Y’ sisteminden, X – Y koordinat sisteminde koordinatlar dönüştürülecektir.)

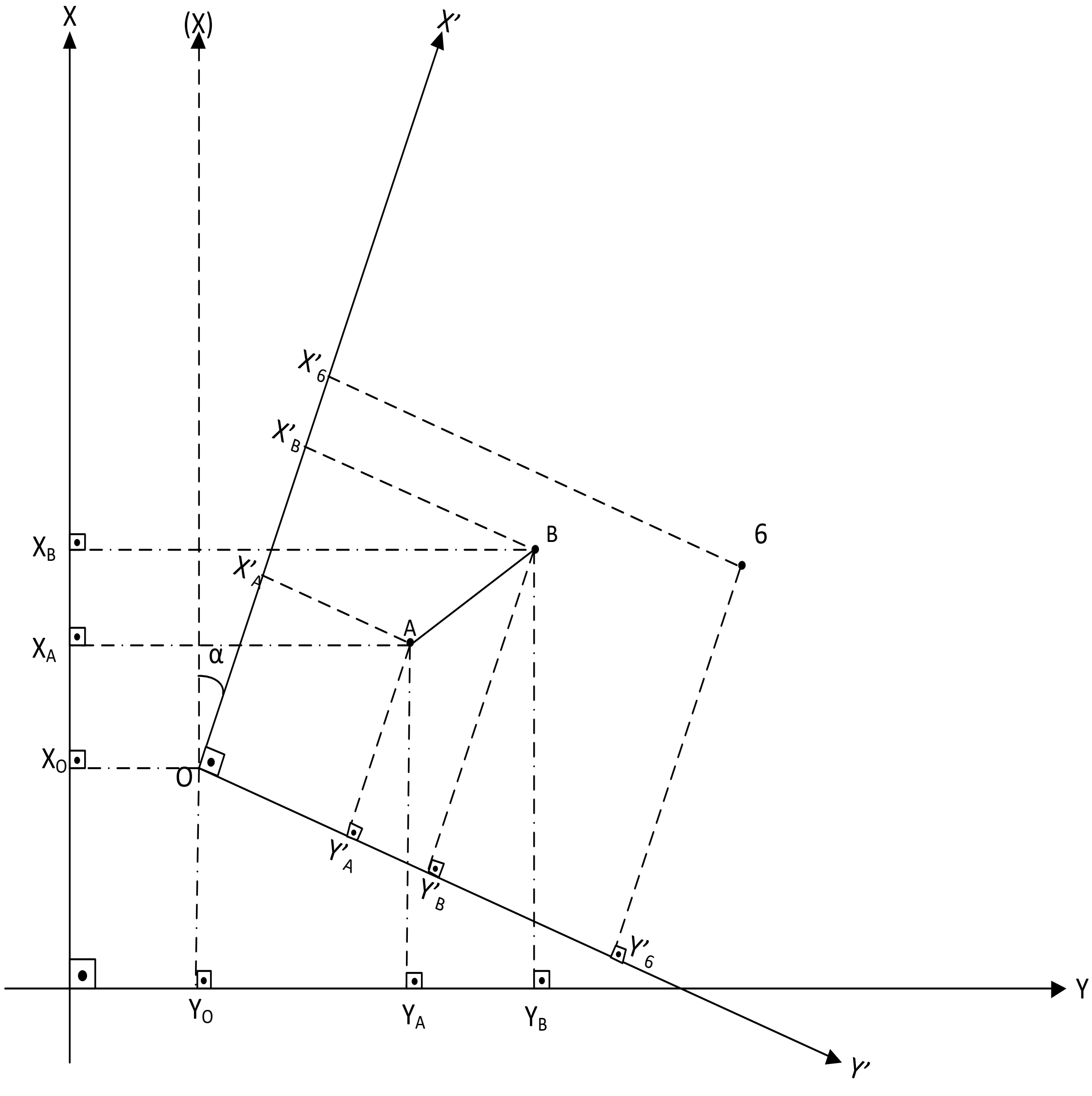
a) ***Helmert Dönüşüm Yöntemi (Benzerlik Dönüşümü):*** Dönüşümün yapılabilmesi için en az 2 adet ortak noktaya ihtiyaç duyulur.

$$X_6 = X_{O'} + X'_6 * q * \cos(\alpha) - Y'_6 * q * \sin(\alpha)$$
$$Y_6 = Y_{O'} + X'_6 * q * \sin(\alpha) + Y'_6 * q * \cos(\alpha)$$

$$a = q * \sin(\alpha) \qquad , \qquad b = q * \cos(\alpha)$$

$$X_6 = X_{O'} + X'_6 * b - Y'_6 * a$$
$$Y_6 = Y_{O'} + X'_6 * a + Y'_6 * b$$

Şekil 135 İki farklı koordinat sisteminin tasviri.’de iki farklı koordinat sisteminin durumu tasvir edilmiştir. Şekil incelendiğinde dönüşüm için kullanılacak ortak noktalar (A ve B noktaları) her iki sistemde de koordinatları vardır. 6 numaralı noktanın ise sadece X’-Y’ koordinat sisteminde koordinatları mevcuttur. X’-Y’ koordinat sisteminin orijini olan O noktasının X-Y koordinat sisteminde koordinatları mevcuttur.



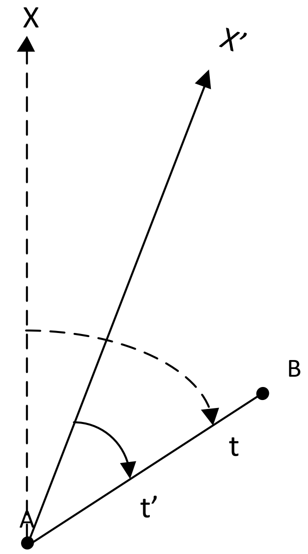
Şekil 135 İki farklı koordinat sisteminin tasviri.

q= iki koordinat sistemi arası ölçek katsayısı. Uzunlukların iki sistem arasında aktarılmasında kullanılacak olan oran (her iki koordinat sistemine ait ölçeklerin birbirine oranı ile elde edilir) değeridir. Şekil 135 İki farklı koordinat sisteminin tasviri.’e göre A ve B ortak noktalarının hem X’-Y’ sistemindeki koordinatları ile elde edilen S’ uzunluğu hem de X-Y sistemindeki koordinatları ile elde edilen S uzunluğu oranı bize q ölçek katsayısını verir.

$$q = \frac{S}{S'}$$

α= iki koordinat sistemi eksenleri arası olabilecek olan dönüklük değeridir. Dönüklük değeri ortak noktaların aralarındaki semt değerlerinin her iki sisteme göre hesaplanıp farkının alınması ile elde edilebilir.

$$\alpha = t - t'$$



Şekil 136 Farklı koordinat sistemleri arası eksen dönüklüğü tasviri.

$X_{O'}$ ve $Y_{O'} = X' - Y'$ koordinat sisteminin orijininin, $X - Y$ sistemindeki değerleridir.

b) ***Affine Dönüşüm yöntemi***: Dönüşümün yapılabilmesi için en az 4 ortak noktaya ihtiyaç vardır.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = q * \begin{bmatrix} \cos(\alpha) & \sin(\alpha) \\ -\sin(\alpha) & \cos(\alpha) \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} X' - X_{O'} \\ Y' - Y_{O'} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = q * \begin{bmatrix} \cos(\alpha) * (X' - X_{O'}) + \sin(\alpha) * (Y' - Y_{O'}) \\ -\sin(\alpha) * (X' - X_{O'}) + \cos(\alpha) * (Y' - Y_{O'}) \end{bmatrix}$$

$$X = X' * q * \cos(\alpha) + Y' * q * \sin(\alpha) - q * (X_{O'} * \cos(\alpha) + Y_{O'} * \sin(\alpha))$$

$$Y = -X' * q * \sin(\alpha) + Y' * q * \cos(\alpha) + q * (X_{O'} * \sin(\alpha) - Y_{O'} * \cos(\alpha))$$

Aşağıdaki formüller Helmert Koordinat dönüşümünde kullanılacak şekilde düzenlenmiştir.

$$X_6 = X_{O'} + X'_6 * q * \cos(\alpha) - Y'_6 * q * \sin(\alpha)$$
$$Y_6 = Y_{O'} + X'_6 * q * \sin(\alpha) + Y'_6 * q * \cos(\alpha)$$

$$a = q * \sin(\alpha) \qquad , \qquad b = q * \cos(\alpha)$$

$$X_6 = X_{O'} + X'_6 * \boldsymbol{b} - Y'_6 * \boldsymbol{a}$$
$$Y_6 = Y_{O'} + X'_6 * \boldsymbol{a} + Y'_6 * \boldsymbol{b}$$

$$\Delta Y = Y_B - Y_A \qquad , \qquad \Delta X = X_B - X_A$$

$$\Delta X' = X'_B - X'_A \qquad , \qquad \Delta Y' = Y'_B - Y'_A$$

$$S' = \sqrt{((Y'_B - Y'_A)^2 + (X'_B - X'_A)^2)}$$

$$a = q * \sin(\alpha) = \frac{\Delta Y * \Delta X' - \Delta X * \Delta Y'}{(S')^2} = (\Delta Y * \Delta X' - \Delta X * \Delta Y') \div (S')^2$$

$$b = q * \cos(\alpha) = \frac{\Delta X * \Delta X' + \Delta Y * \Delta Y'}{(S')^2} = (\Delta X * \Delta X' + \Delta Y * \Delta Y') \div (S')^2$$

$$X_{O'} = X_{P.5} - X'_{P.5} * b + Y'_{P.5} * a$$

$$Y_{O'} = Y_{P.5} - X'_{P.5} * a - Y'_{P.5} * b$$

$$X_1 = X_{O'} + X'_1 * b - Y'_1 * a$$

$$Y_1 = Y_{O'} + X'_1 * a + Y'_1 * b$$

Netcad yazılımında $\boldsymbol{X_{O'}} = \boldsymbol{c_x}$, $\boldsymbol{Y_{O'}} = \boldsymbol{c_y}$ olarak isimlendirilmiştir.

Örnekler:

Örnek1:

NNo	Y'	X'	Y	X
P.5	31667.240	27826.150	564039.380	4356670.510
P.9	32466.450	31310.970	564814.640	4360160.320
1	30081.453	28762.451	?	?
2	30153.540	28793.105	?	?

P.5 ve P.9 noktaları hem eski koordinat sisteminde hem de yeni koordinat sisteminde koordinatları vardır. Bu ortak noktaların koordinatlarını kullanarak, X'-Y' koordinat sisteminde koordinatları olan 1 ve 2 numaralı noktaların X-Y koordinat sistemindeki koordinatlarını bulunuz.

Çözüm:

$$a = \frac{\Delta Y * \Delta X' - \Delta X * \Delta Y'}{(S')^2} = -0.006841234531$$

$$b = \frac{\Delta X * \Delta X' + \Delta Y * \Delta Y'}{(S')^2} = +0.999862953$$

$$X_{O'} = X_{P.5} - X'_{P.5} * b + Y'_{P.5} * a = 4328631.5303\ m$$

$$Y_{O'} = Y_{P.5} - X'_{P.5} * a - Y'_{P.5} * b = 532566.84509\ m$$

$$X_1 = X_{O'} + X'_1 * b - Y'_1 * a = 4357595.834\ m$$

$$Y_1 = Y_{O'} + X'_1 * a + Y'_1 * b = 562447.405\ m$$

$$X_2 = X_{O'} + X'_2 * b - Y'_2 * a = 4357626.977\ m$$

$$Y_2 = Y_{O'} + X'_2 * a + Y'_2 * b = 562519.272\ m$$

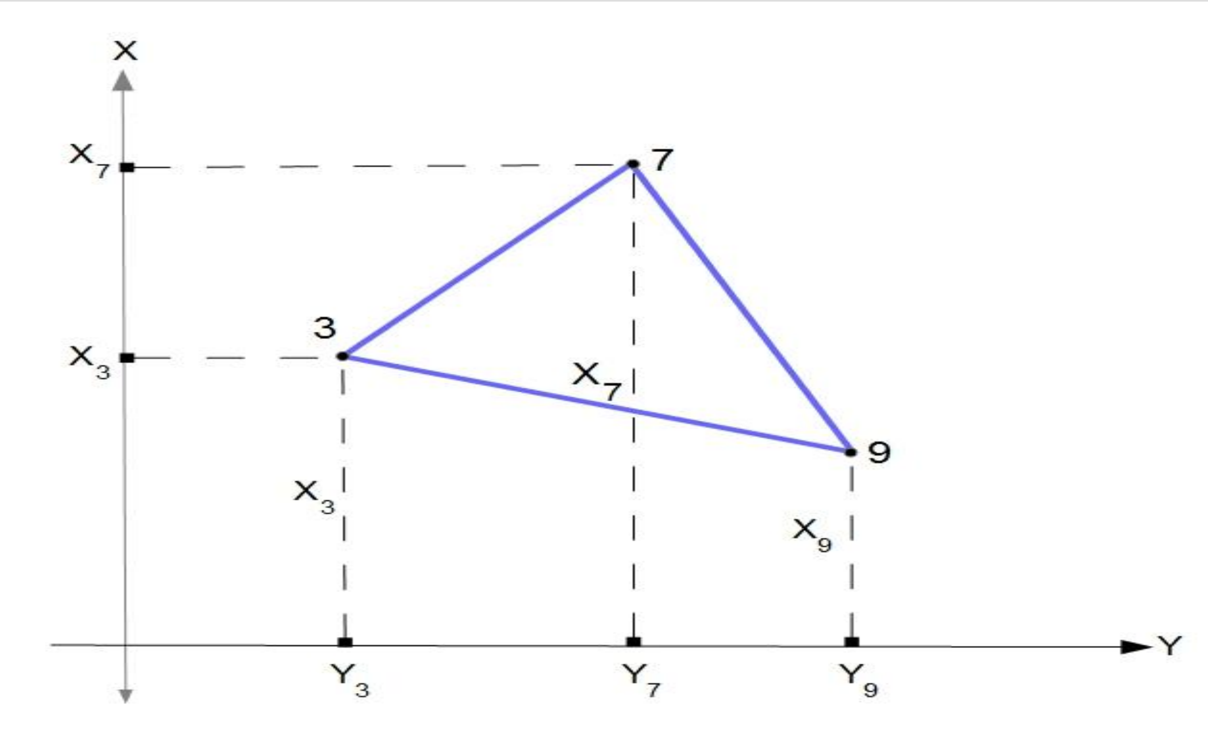
Çokgen (Alan) Grafik Objesi ve Çokgen Grafik Objesinin Alan Bilgisinin Hesaplanması

Çokgen en az üç köşesi olan, çizim aşamasında başlangıç ve bitiş noktaları aynı olan grafik objedir. Bina, kadastro veya İmar parseli, göl, idari sınırları belirli alanlar gibi çokgen obje tipinde ki coğrafik objelere ait en önemli bilgi alandır. Coğrafik objelerin alan bilgileri farklı yollarla hesaplanarak bulunabilir. Konu içinde birden farklı yöntem kullanılarak çokgenin alan bilgisine dair anlatımlar yapılacaktır.

Coğrafik Objenin Alan Değerinin Koordinatlar Yardımıyla Hesaplanması

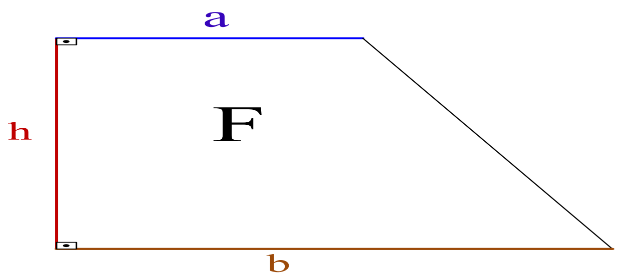
Coğrafik objenin detay noktalarına ait koordinat değerleri kullanarak alan bilgisinin hesaplanması bu yöntemlerden birisidir.

Şekil 137'de 3, 7 ve 9 noktalarından oluşan üçgen şeklindeki alan objesi gözükmektedir. Noktaların koordinatları biliniyorsa alan hesabı bu koordinatlar üzerinden bulunabilir.

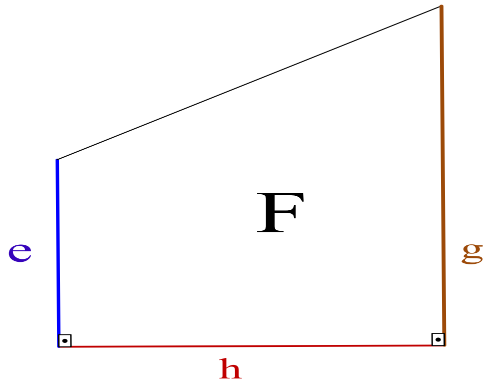


Şekil 137

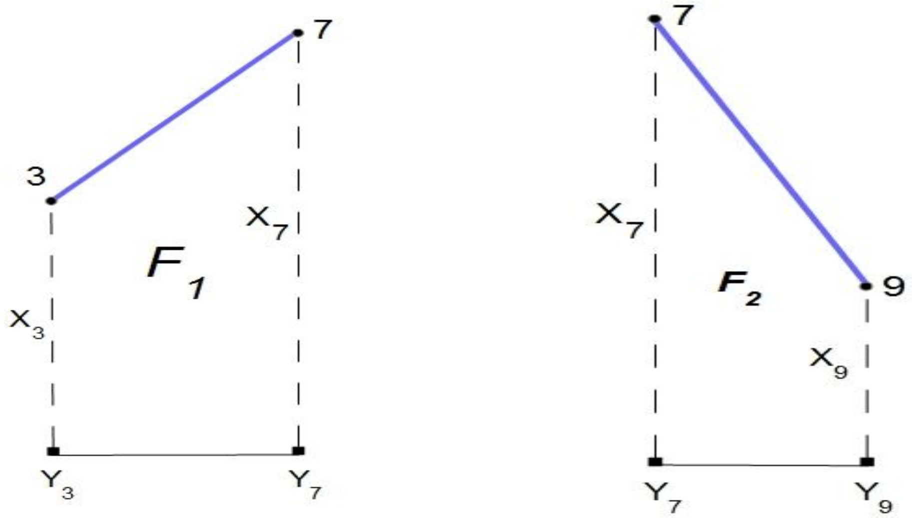
Şekil 85 dikkatli incelendiğinde üçgenin alan hesabını bulmak için yamuk alan hesabı kullanılabilir.

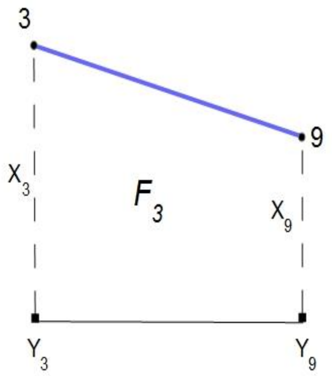


$$F = \frac{(a+b)}{2} * h$$



$$F = \frac{(e+g)}{2} * h$$





$$F_1 = \frac{X_3 + X_7}{2} * (Y_7 - Y_3)$$
$$F_2 = \frac{X_9 + X_7}{2} * (Y_9 - Y_7)$$
$$F_3 = \frac{X_3 + X_9}{2} * (Y_9 - Y_3)$$

$$F = \text{Üç}gen\ alan\imath$$

$$F = F_1 + F_2 - F_3$$

$$F = \frac{(X_3 + X_7) * (Y_7 - Y_3) + (X_9 + X_7) * (Y_9 - Y_7) - (X_3 + X_9) * (Y_9 - Y_3)}{2}$$

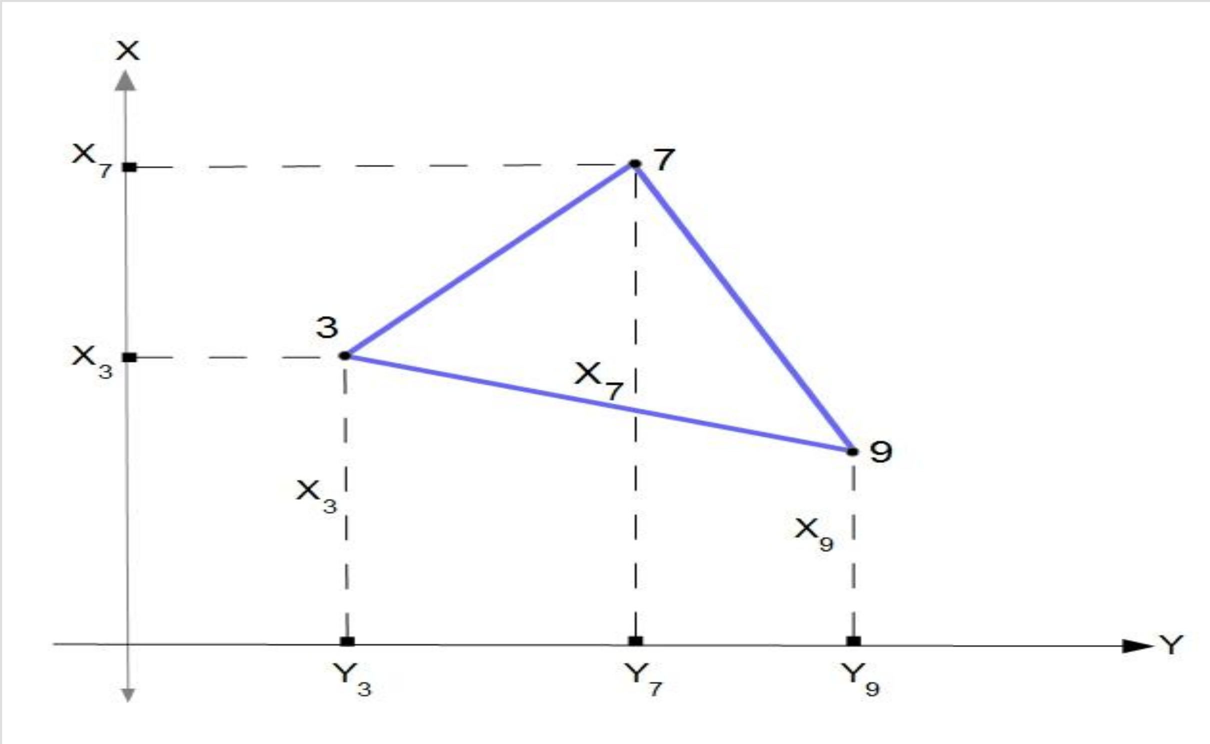
$$2 * F = (X_3 + X_7) * (Y_7 - Y_3) + (X_9 + X_7) * (Y_9 - Y_7) + (X_3 + X_9) * (Y_3 - Y_9)$$

$$2 * F = X_3Y_7 - X_3Y_3 + X_7Y_7 - X_7Y_3 + X_9Y_9 - X_9Y_7 + X_7Y_9 - X_7Y_7 + X_3Y_3 - X_3Y_9 + X_9Y_3 - X_9Y_9$$

$$2 * F = X_3Y_7 - X_7Y_3 - X_9Y_7 + X_7Y_9 - X_3Y_9 + X_9Y_3$$

$$2 * F = X_3 * (Y_7 - Y_9) + X_7 * (Y_9 - Y_3) + X_9 * (Y_3 - Y_7)$$

Her defasında formülün tekrardan oluşturulmasına gerek yok. Noktaları koordinatlarına göre X – Y yatay düzlemine yerleştirdiğimizde oluşacak şekle göre formül oluşturulabilir.



$$2 * F = X_{NN} * \left(Y_{ŞBŞ} - Y_{ŞBÖ}\right) + \cdots$$

NN: Nokta No,

ŞBS: Şekle göre saat yönünde bir sonra ki nokta,

ŞBÖ: Şekle göre saatin tersi yönünde bir önce ki nokta

Sadece F değerinin sonucunun bulunacağı unutulmamalıdır. Sonuç elde edilecek değerin ikiye bölünmesi gerekir.

Sonuç değer negatif çıkabilir. Çıkan sonucun mutlak değeri alınarak pozitif değer elde edilmelidir.

Örnekler

Örnek1:

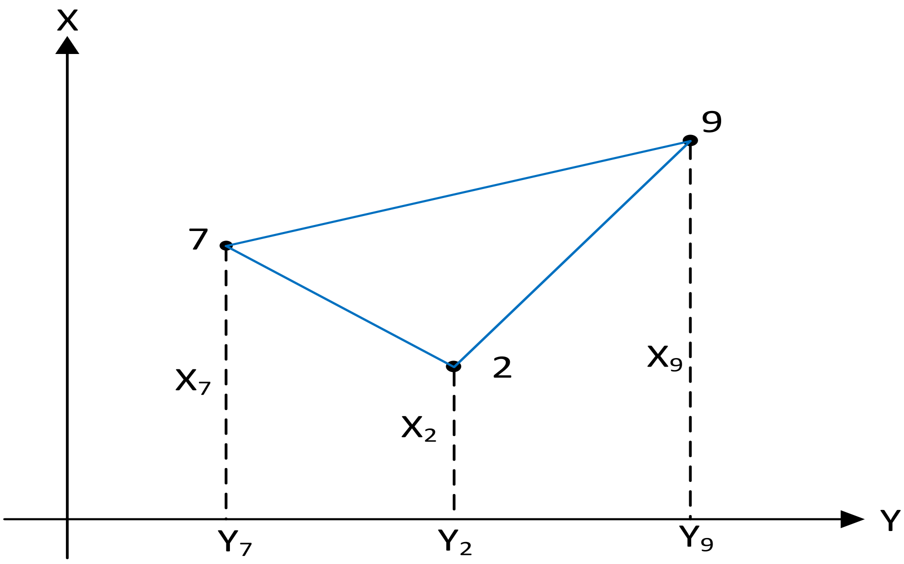
NNo	Y (m)	X (m)
7	514328.956	4021850.521

9	514425.209	4021906.175
2	514403.021	4021799.468

7,9 ve 2 numaralı noktaların oluşturduğu objenin alan bilgisini noktaların koordinatları yardımıyla hesaplayınız.

$$2 * F = X_7 * (Y_9 - Y_2) + X_9 * (Y_2 - Y_7) + X_2 * (Y_7 - Y_9)$$

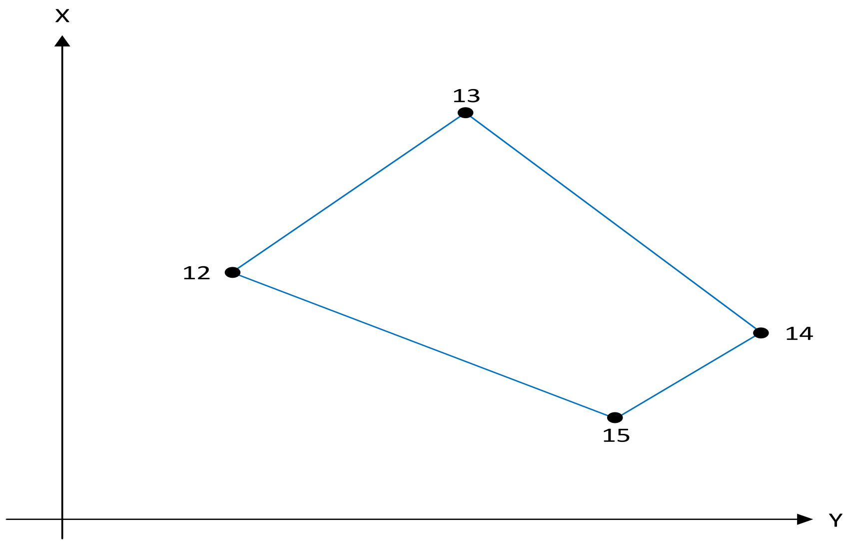
$$F = 4518.01\ m^2 = 4\ dönüm\ 518\ m^2\ 1\ dm^2$$



Örnek 2:

NNo	Y (m)	X (m)
12	506255.608	4306795.500
13	506591.066	4307028.912
14	506998.132	4306411.003
15	506712.816	4306231.102

12, 13, 14 ve 15 noktaları ile oluşan alan objesinin alan bilgisini koordinatlar yardımıyla bulunuz.



$$2 * F = X_{12} * (Y_{13} - Y_{15}) + X_{13} * (Y_{14} - Y_{12}) + X_{14} * (Y_{15} - Y_{13}) + X_{15} * (Y_{12} - Y_{14})$$

$$F = 272790.28\ m^2 = 27\ hektar\ 2\ dönüm\ 790\ m^2\ 28\ dm^2$$

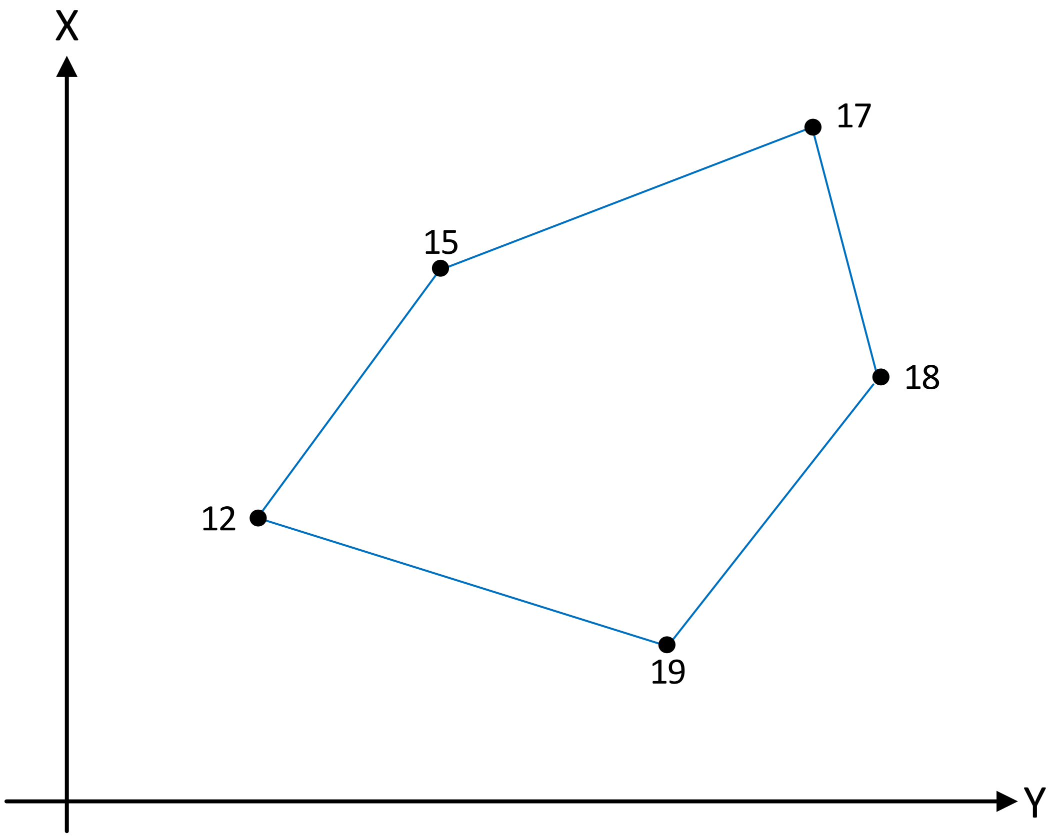
Örnek 3:

NNo	Y (m)	X (m)
12	503218.713	4306362.112
15	503223.559	4306369.946
17	503244.746	4306375.402
18	503249.564	4306364.065
19	503228.661	4306354.853

15, 12, 17, 18 ve 19 numaralı noktalarla oluşan alan objesinin alan değerini koordinatlar yardımıyla hesaplayınız.

$$2 * F = X_{12} * (Y_{15} - Y_{19}) + X_{15} * (Y_{17} - Y_{12}) + X_{17} * (Y_{18} - Y_{15}) + X_{18} * (Y_{19} - Y_{17}) + X_{19} * (Y_{12} - Y_{18})$$

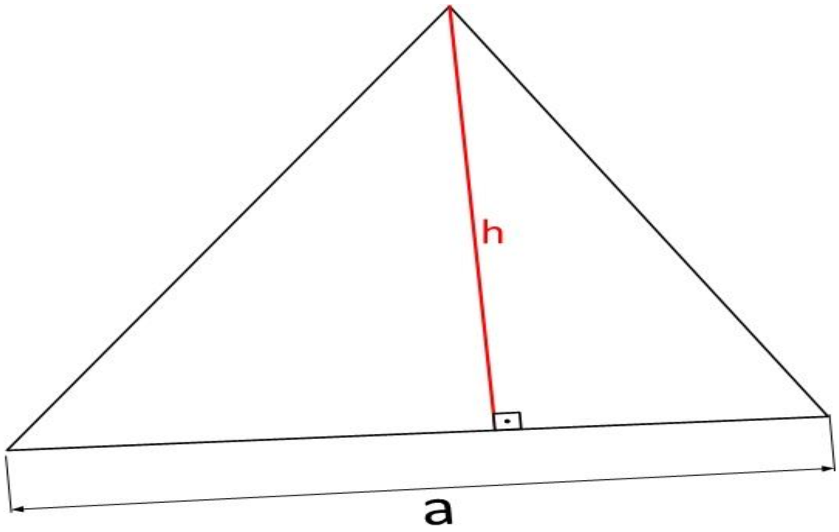
$$F = 371.05\ m^2 = 371\ m^2\ 5\ dm^2$$



Çokgen Grafik objesinin Alan Bilgisinin Açı ve Mesafe Ölçüm Verileriyle Hesaplanması

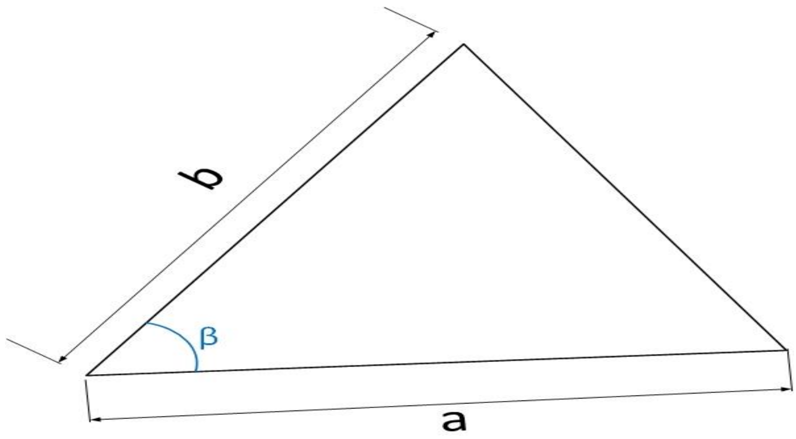
Çokgen coğrafik objenin detay noktalarına yapılacak olan yatay açı ve yatay mesafe değerleri yardımıyla çokgenin alan bilgisi hesaplanabilir. Bu işlemin yapılabilmesi ölçüm noktasından detay noktalarına oluşan doğrultuların oluşturduğu üçgenlerden yararlanılır. Oluşan üçgenlerin alan bilgileri kullanılarak çokgenin alan bilgisi hesaplanır.

Üçgenin alan bilgisinin hesaplanabilmesi birden fazla yöntem mevcuttur. En çok bilinen yöntem üçgen kenarlarından bir tanesinin uzunluğu ve bu üçgen kenarını gören üçgen köşesinden kenara inilecek dik uzunluğu yardımıyla üçgenin alan bilgisi hesaplanabilir.



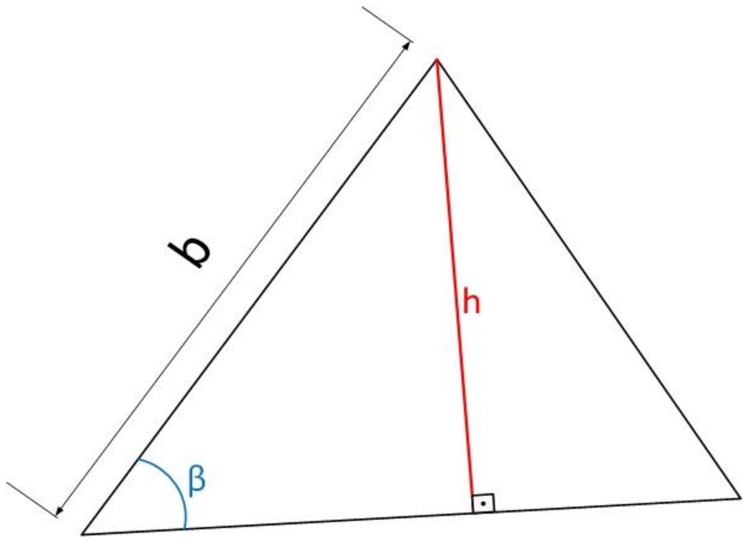
$$F = \text{üç}gen\ alanı$$

$$F = \frac{1}{2} * a * h$$



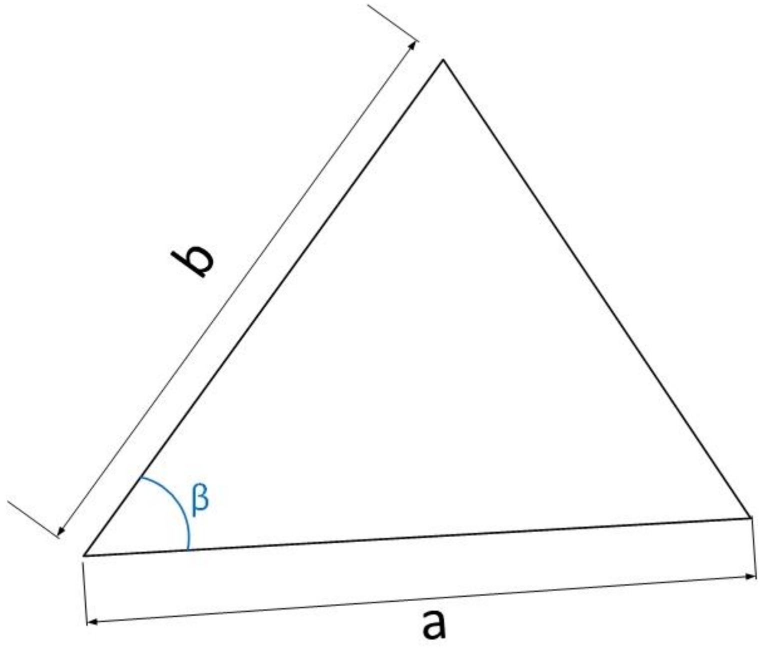
Eğer üçgenin yükseklik bilgisi yoksa ve Şekil 138'de olduğu gibi bir iç açı ve iç açıya komşu olan kenarların uzunluk bilgileri varsa üçgen alanını bulmak için yükseklik değeri yerine onu temsil edecek olan uzunluğu bulmak gerekir.

Şekil 138



$$\sin(\boldsymbol{\beta}) = \frac{\boldsymbol{h}}{\boldsymbol{b}}$$

$$\boldsymbol{h} = \boldsymbol{b} * \boldsymbol{sin}(\boldsymbol{\beta})$$



$$F = \frac{1}{2} * a * h$$

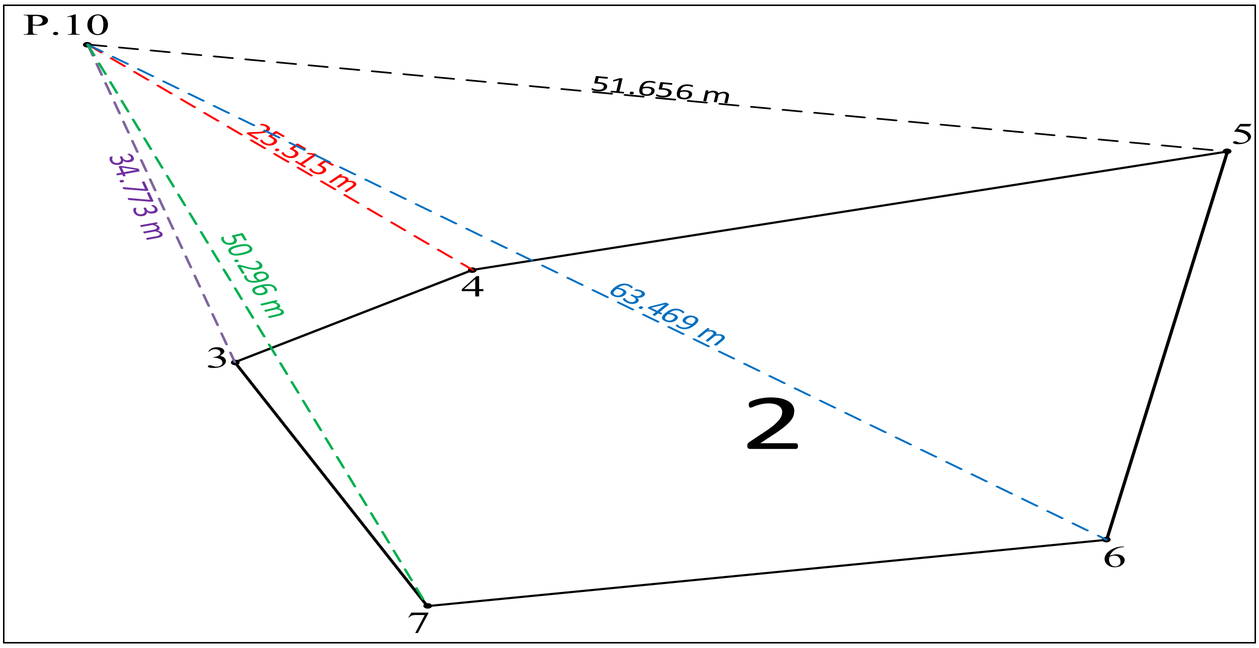
$$\boldsymbol{F} = \frac{\boldsymbol{1}}{\boldsymbol{2}} * \boldsymbol{a} * \boldsymbol{b} * \boldsymbol{sin}(\boldsymbol{\beta})$$

Eğer çokgen bir coğrafik obnin alan bilgisi ölçümler sonucunda bulunacaksa, Şekil 139'da olduğu gibi

Şekil 139

$a, b\ kenar\ uzunlukları\ (yatay\ mesafe\ değerleri)\ ölçülmeli\ ve\ \beta\ kırılma\ açısı$ değeri yatay açı değerlerinin farkları ile hesaplanmalıdır.

Örnek: Şekil 140 P.10 noktasından 2 numaralı parselin köşelerine doğrultu ölçümlerini temsil etmektedir ve Tablo 10 P.10 ölçüm noktasında 2 numaralı parselin her bir köşe noktasına yapılan doğrultuların yatay açı ve yatay mesafe değerlerini göstermektedir. Ölçümler sonucunda parselin alan bilgisini hesaplanması istenmektedir.



Şekil 140

Tablo 4

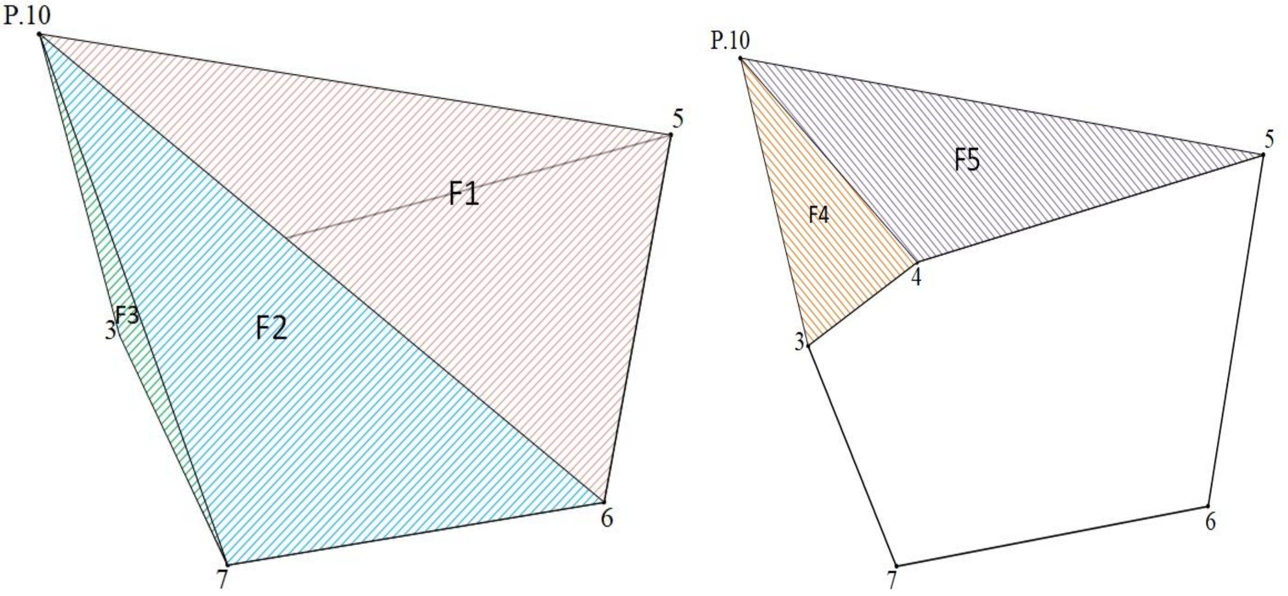
DN	BN	YA (grad)	YM (metre)
P.10	5	128.4216	51.656
	6	156.6992	63.469
	4	160.9876	25.515
	7	205.6502	50.296
	3	216.5655	34.773

Çözüm:

Şekil 140 örneğinde verilen 3, 4, 5, 6 ve 7 numaralı noktalardan oluşan 2 numaralı parselin alanını bulmak için P.10 numaralı ölçüm noktasından 2 numaralı parseli oluşturan köşe noktalarına yapılan ölçüm verileri (Tablo 4'de yer alan veriler) kullanılacak.

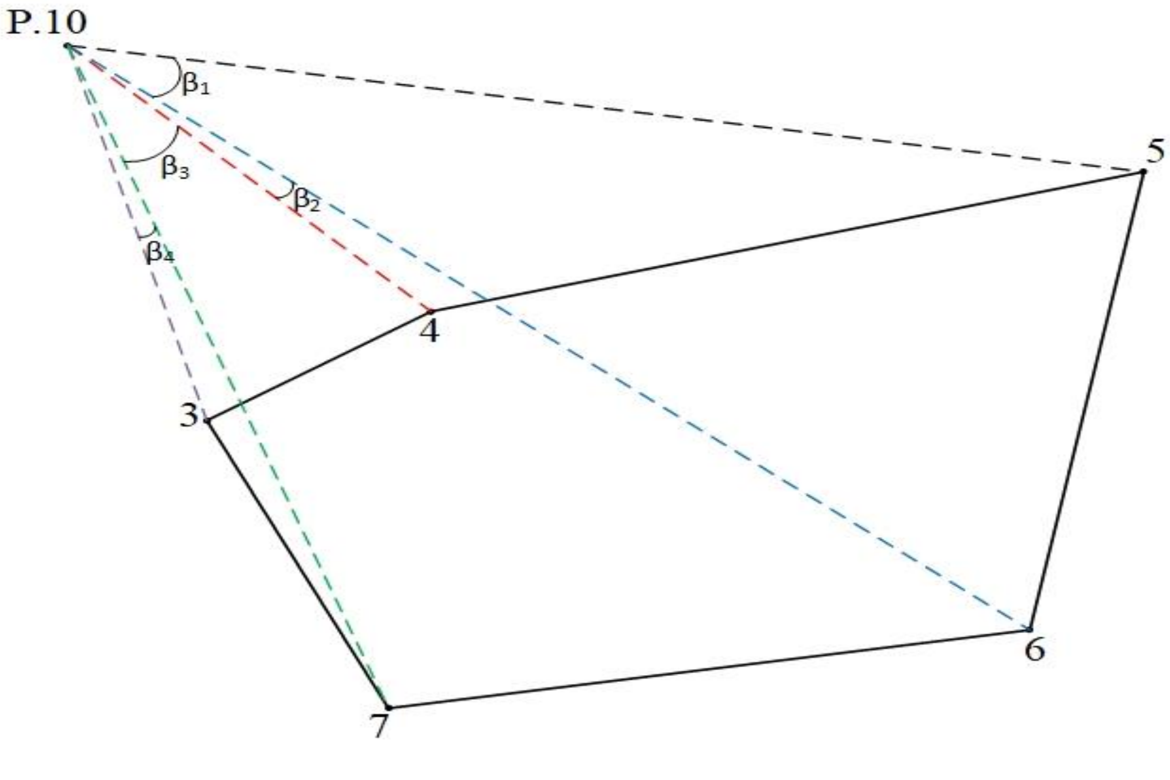
2 numaralı parselin alan bilgisinin bulunması için Şekil 140 temsilinde görünen P.10 noktasından detay noktalarına olan doğrultuların oluşturduğu üçgen şekillerinden yararlanılır. Bu şekillere göre Şekil 141'de görünen $F1, F2, F3, F4\ ve\ F5$ üçgen objelerin alanları hesaplanması gerekir. 2 numaralı parselin alan hesabı:

$$F = F1 + F2 + F3 - (F4 + F5)$$



Şekil 141

İlk yapılması gereken Şekil 142'de görülen $\beta_1, \beta_2, \beta_3\ ve\ \beta_4$ kırılma açılarının hesaplanmasıdır.



Şekil 142

$$\beta_1 = 156.6992^g - 128.4216^g = 28.2776$$
$$\beta_2 = 160.9876 - 156.6992^g = 4.2884$$
$$\beta_3 = 205.6502^g - 160.9876^g = 44.6626$$
$$\beta_4 = 216.5655^g - 205.6502^g = 10.9153$$

$$F1 = \frac{1}{2} * 51.656 * 63.469 * \sin(28.2776^g) = 704.43\ m^2$$

$$F2 = \frac{1}{2} * 63.469 * 50.296 * \sin(4.2884^g + 44.6626^g) = 1109.88 m^2$$

$$F3 = \frac{1}{2} * 34.773 * 50.296 * \sin(10.9153^g) = 149.20\ m^2$$

$$F4 = \frac{1}{2} * 34.773 * 25.515 * \sin(44.6626^g + 10.9153^g) = 339.93\ m^2$$

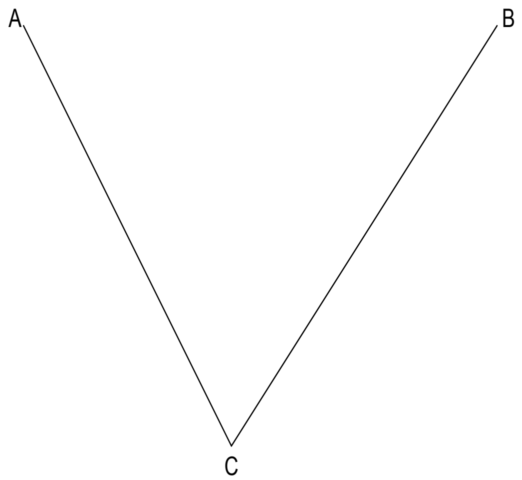
$$F5 = \frac{1}{2} * 51.656 * 25.515 * \sin(28.2776^g + 4.2884^g) = 322.60\ m^2$$

$$F = F1 + F2 + F3 - (F4 + F5) = 1300.98\ m^2$$

Açı ölçüm yöntemleri

Açı, ölçülen iki noktaya ait doğrultu değerleri arasındaki farktır. O takdirde doğrultu değerlerinin ölçümlerini yaparken hataları en aza indirgeyecek yöntemleri uygulamalıyız. Bu yöntemlere silsile yöntemleri denir. İki ayrı yöntem aşağıda anlatılmıştır.

İki yarım silsile yöntemi:



Şekil 143

Şekil 143'de C noktasına ölçüm aleti yerleştirilmiş, A ve B noktalarına doğrultu okumaları yapılmakta. İlk olarak A noktasına doğrultu ölçümü yapılıp, ölçüm aleti saat yönünde döndürülüp B noktasına doğrultu ölçümü yapılıp bir yarım silsile tamamlanıyor. Sonrasında ikinci yarım silsileye geçilir.

İkinci yarım silsilede yatay açı tablasında olabilecek hataları engellemek için ilk olarak yatay açı değerini 4- 5^c değiştirilir ve sonra ölçüme başlanır. Başlangıç olarak son kalınan B noktasından başlanır doğrultu ölçmeye ve aletin dürbününe takla attırılıp alet dönme ekseninde tam tur döndürüldükten sonra ölçüme başlanır. Yapılan bu işleme aletin ikinci durumuna getirilmesi denir. B noktasına doğrultu değeri elde edildikten sonra, ölçüm aleti bu sefer saatin ters yönünde döndürülüp A noktasına bakılıp doğrultu değeri okunur.

Tablo3'de başka bir örneğe dair veriler verilmiştir. D noktasında alet kurulup, A, B ve C noktalarına bakılmaktadır. Örnekte I. durumda ilk olarak A noktasına sonrasında B ve C noktalarına doğrultu ölçüleri yapılmış. En son C noktasında okuma yapıldıktan sonra yatay açı değeri yaklaşık 9^g kadar değiştirilip alet 2.duruma getirilmiştir (dürbüne takla attırılıp, alet düşey eksen etrafında 200g döndürülmüştür.). Ölçüm işlemi tam ters yönde olacak şekilde (C noktasından başlayıp A noktasına doğru ters yönde) yapılmıştır. Okumalar yapıldıktan sonra hesaplamalarda sıfıra indirgeme işlemi yapılmıştır. Sıfıra indirgeme işleminde (I. ve II. durum farklı olarak yapılır.), ilk okumaya başlanan noktanın değeri esas alınarak diğer değerler indirgenir. Örneğin I. Durumda A noktasında yapılan ölçümde doğrultu değeri 26.7438'dir. B ve C noktalarına ait doğrultu değerleri A noktasının doğrultu değerine göre indirgenir.

214.2149 – 26.7438 = 187.4711

284.7885 – 26.7438 = 260.0447 olarak bulunur. İşlemde 2.durumda ise yine değerler A noktasına yapılan ölçüm ile elde edilen doğrultu değeri ile elde edilir. Fakat burada dikkat edilecek durum, olması gereken doğrultu yönüne ters yönde bir açı ölçümü yapıldığı için B ve C değerleri A yapılan doğrultu değerinden küçüktür. Bu durumu düzeltmek için B ve C değerlerine 400g eklenerek sıfıra indirgeme yapılmaktadır. 2.Durumda sıfıra indirgeme işlemleri:

$$B\ doğrultu\ değerinin\ sıfıra\ indirgenmesi: 420.8685 - 233.3978 = 187.4707$$

$$C\ doğrultu\ değerinin\ sıfıra\ indirgenmesi: 493.4433 - 233.3978 = 260.0455$$

Tablo 5

		Ölçü Doğruları		Sıfıra İndirgeme		Ortalamalar
DN	BN	I.Durum	II.Durum	I.Durum	II.Durum	
D	A	26.7438	233.3978	0.0000	0.0000	0.0000

	B	214.2149	20.8685	187.4711	187.4707	187.4709
	C	284.7885	93.4433	260.0447	260.0455	260.0451

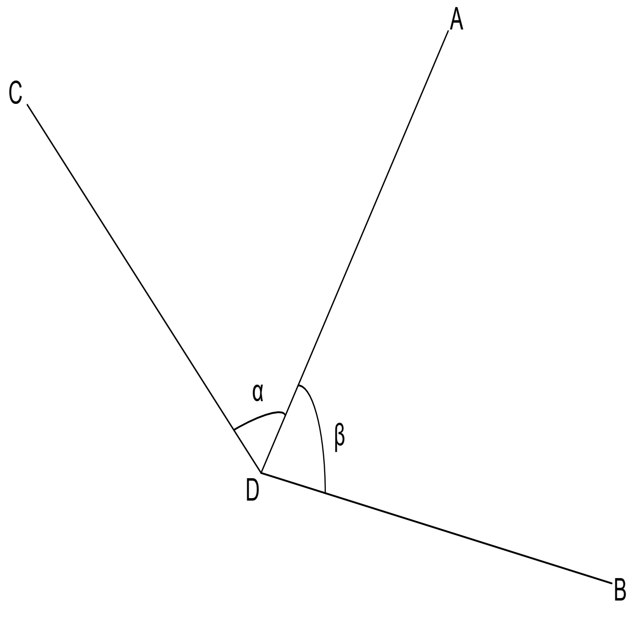
İşlemin en son aşaması ise ölçüm aletinin her iki durumunun değerlerinin ortalaması alınır. Böylece daha hassas bir şekilde doğrultu değeri elde edilmiştir.

Tam silsile açı ölçüm yöntemi:

Tam silsile yönteminin yarım silsile yönteminden farkı ölçüm işleminin birden fazla defa yapılması ve her yeni ölçüm başlangıcında yatay açı değeri belirlenecek bir artış değeri ile arttırılmasıdır.

Artış değeri → $değer = \frac{200^g}{n} \quad , n = ölçüm\ sayısı$

Örneğin 2 tam silsile yapılacaksa, $\frac{200}{2} = 100$, ilk tam silsile başlangıcındaki açı değeri neyse, ikinci tam silsile başlangıcında açı değeri 100^g arttırılacaktır.



Şekil 144

C noktasına doğrultu değeri yapıldıktan sonra kontrol amaçlı olarak A noktasına tekrar bir gözlem yapılmalıdır. Gözlem sonucu ilk A noktasına yapılan gözlem değerinden 400g farklı bir değer olmalıdır. Fark 5cc ile 15cc (400.0005 – 400.0015) arasında değişen bir değer olabilir. Bu değer ölçüm aletimizin hassasiyetinden kaynaklı olabileceği gibi başka hatalardan da kaynaklanıyor olabilir. Fakat aradaki fark daha fazla ise yapılan ölçümde hata miktarı fazladır. Yeniden ölçüm yapılması gerekmektedir.

Hata kontrolü yapıldıktan sonra ölçüm aleti ikinci duruma geçirilerek, ölçüme C noktasından başlanarak bu sefer açı ölçüm yönünün tersi olacak şekilde B ve A noktalarına okuma yapılır. Bu şekilde bir tam silsile bitmiş olmaktadır.

İkinci tam silsileye geçerken kaç adet tam silsile yapılacaksa A noktasına yapılacak ilk gözlem değeri belirlenir. Örneğin 4 tam silsile yapılacak ise $\frac{200^g}{4} = 50^g$ 2. Tam silsile başlangıcında A noktasına yapılacak gözlem değeri bir önceki tam silsile başlangıcında A noktasına yapılan doğrultu değerinin 50g fazlası olacak şekilde ayarlanır ve ölçüme o şekilde başlanarak devam edilir.

Tam silsile yönteminde her tam silsile başlangıcında düzeçlerde olabilecek olan hatalar düzeltilerek işleme başlanmalıdır.

		Ölçülen Doğrultular				
DN	BN	I. Durum	II.Durum	Ortalamalar	Sıfıra İndirgenmiş	Silsileler Ortalaması
D	A	0.0938	200.0000	0.0935	0.0000	
	B	45.0594	245.0598	45.0596	44.9661	0.0000
	C	75.3569	275.3568	75.3569	75.2634	44.9657
D	A	100.0116	300.0123	100.0120	0.0000	75.2634
	B	144.9774	344.9772	144.9773	44.9653	
	C	175.2754	375.2752	175.2753	75.2633	

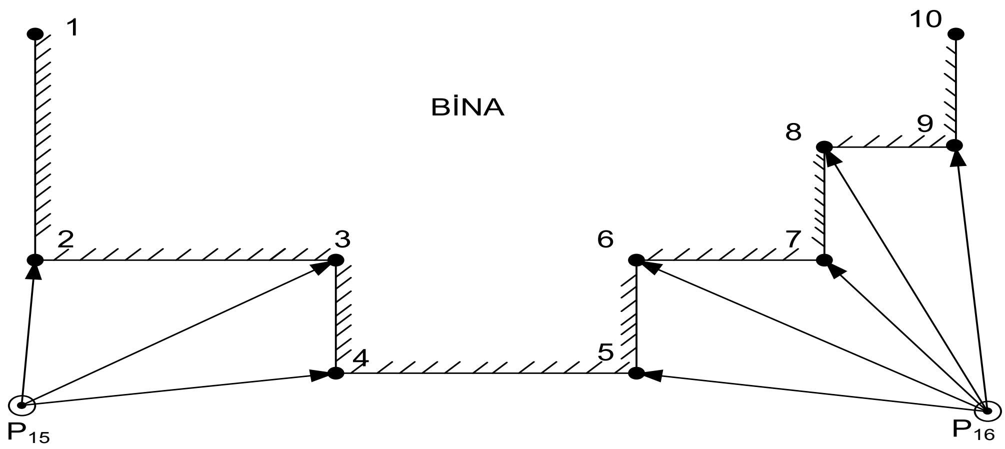
Silsile yöntemleri sayesinde giderilebilecek olan hatalar:

1) Her silsile başlangıçlarında yatay açı değeri değiştirilerek işleme başlandığı için ölçüm aletinin yatay açı tablasında olabilecek olan hatalar indirgenmiş olacaktır.

2) Her silsilede I.durum ve II.durum okumaları yapılıp ortalamaları alındığı için eksenlerden dolayı olabilecek hatalar azaltılabilir.

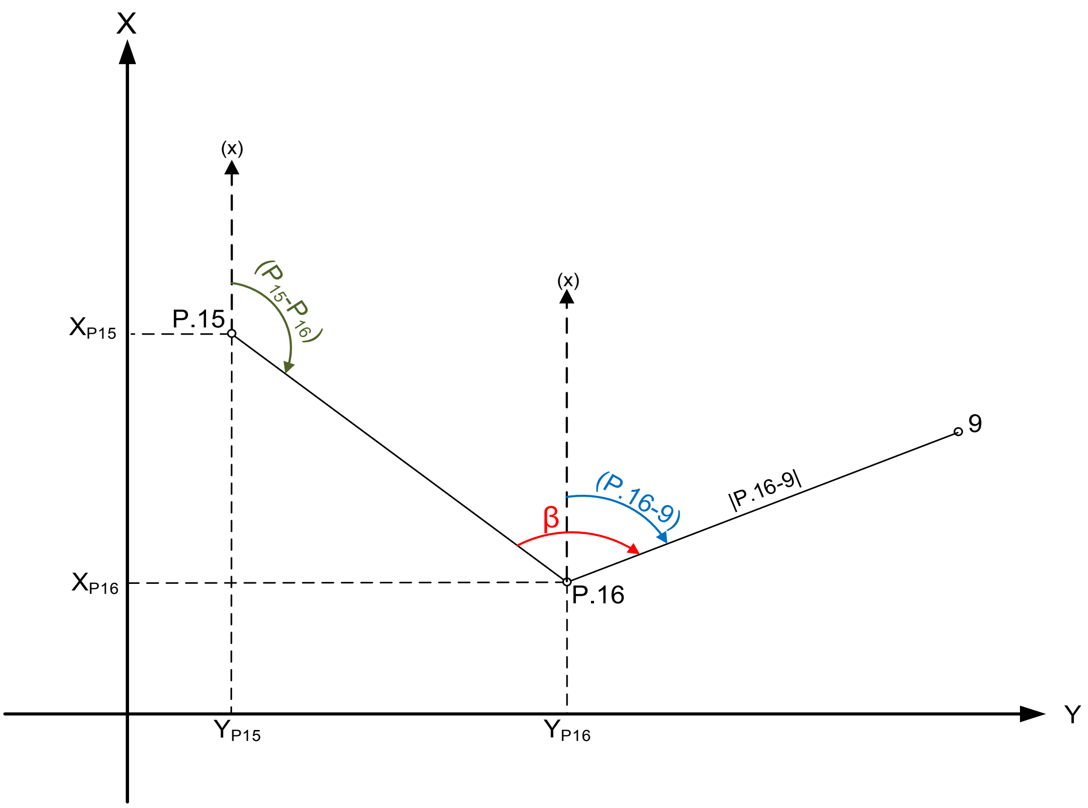
Poligon hesabı

Coğrafik objelerin haritaya aktarılması için, objeye ait her bir detayın (köşe koordinatları veya objeyi harita üzerinde ifade edecek olan detaylar) koordinatları elde edilir. Koordinatları elde edebilmek için objenin etrafında var olan koordinatları belirli noktalardan yararlanılır. Arazide, zemine sabitlenmiş çivi, zemine sabitlenmiş betona sabitlenmiş çivi veya çivi yerine boru olarak zemine sabitlenmiş noktalara poligon noktaları denir. Her poligon noktasının bir ismi bulunur. Genelde poligon noktaları isimlendirilirken, P harfinden sonra '.' noktalama işareti ve noktadan sonra da numara ile poligon isimlendirilir.



Şekil 145

Şekil 145 incelendiğinde P.15 ve P.16 poligonlarından (P.15 ve P.16 poligonlarının koordinatları mevcut olduğu düşünülüyor.) bina objesine ait detayların koordinatlarını hesaplamak için doğrultu (yatay açı) ve mesafe (yatay mesafe) ölçümleri yapılmaktadır. Koordinatları bulurken temel ödevlerden yararlanılmaktadır.



Şekil 146

Şekil 146 P.16 noktasından 9 numaralı noktanın koordinatının bulunması işlemi tasvir edilmektedir. İşlemin yapılabilmesi için P.16 noktasına elektronik takeometre konumlandırılması gerklidir. 9 numaralı noktanın koordinatlarının hesaplanması için $(P.16-9)$ semt açısı ve $|P.16-9|$ yatay mesafesinin hesaplanması gerekir. $(P.16-9)$ semt açısının hesaplanması işlemi Temel Ödev III konu başlığında anlatılmıştır. $(P.16-9)$ hesaplanması için β kırılma açısı ve $(P.15-P.16)$ semt açısı hesaplanmalıdır. Temel Ödev 3 hesaplamasına göre aşağıda $(P.16-9)$ açısının hesabı işlemleri gösterilmiştir

$$\beta+(P.15-P.16)<200^g \rightarrow (P.16-\ 9)=\ \beta+(P.15-\ P.16)+200^g$$
$$600^g>\beta+(P.15-\ P.16)\geq 200^g \rightarrow (P.16-\ 9)=\beta+(P.15-\ P.16)-200^g$$
$$\beta+(P.15-\ P.16)>600^g \rightarrow (P.16-\ 9)=\beta+(P.15-\ P.16)-600^g$$

Semt değeri hesapladıktan sonra Temel Ödev IV formülüyle 9 numaralı noktanın koordinatları hesaplanır:

$$X_9=X_{16}+|P.16\ 9|*\cos{(P.16-9)}$$
$$Y_9=Y_{16}+|P.16\ 9|*\sin{(P.16-\ 9)}$$

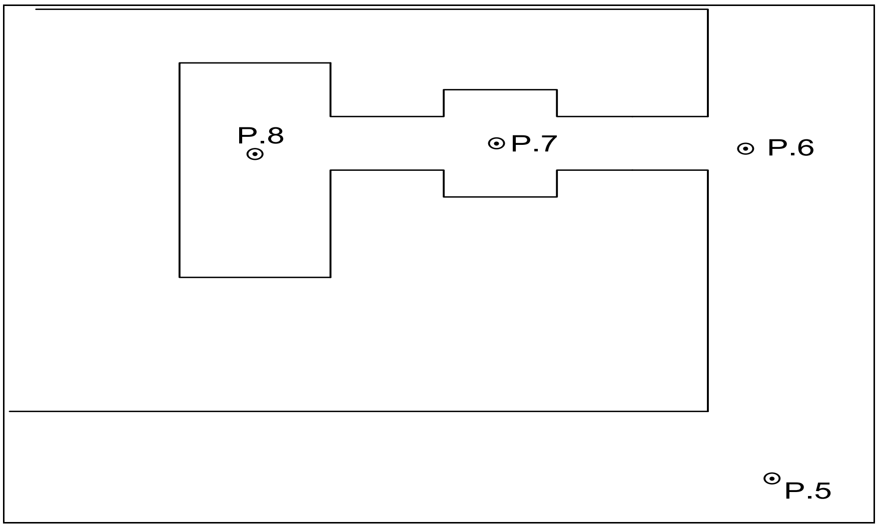
Şekle göre, P.15 ve P.16 noktaları ile sadece bina objesinin ön cephesindeki detay noktalarına ait koordinatlar bulunup, noktalar birleştirilerek binanın haritası elde edilebilir. *Fakat* *binanın bütün cephelerinin haritaya aktarmamız gerektiğinde noktalar yeterli olmayacaktır. İşlemin yapılabilmesi için her cepheyi görecek şekilde bina etrafında poligon noktaları olması gerekir. Eğer haritası yapılacak coğrafik objenin etrafında yeterli sayıda poligon noktası yoksa poligon noktalarını kendimiz tahsis etmemiz gerekir.*

Poligon noktalarının tahsisi için poligon hesabı yöntemleri ve kestirme yöntemleri kullanılabilir. Aşağıda bu yöntemler tek tek ele alınacaktır.

Poligon Hesabı Yöntemleri

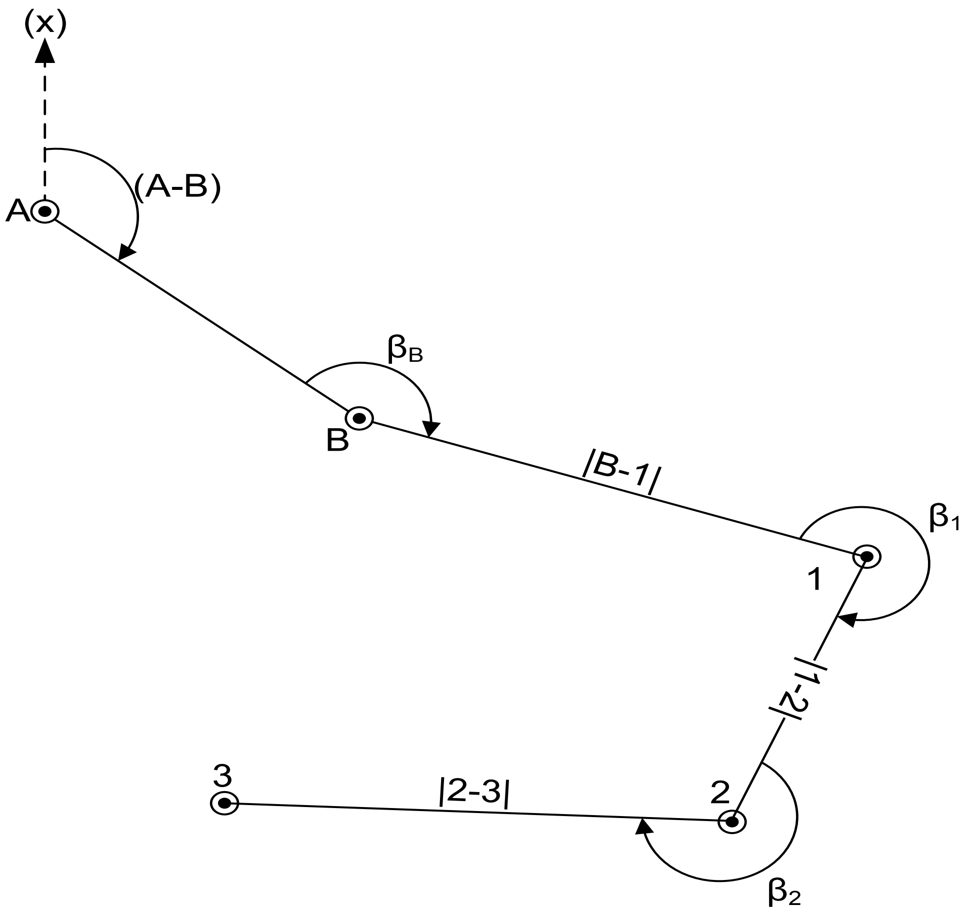
Açık Poligon Hesabı

Açık poligon hesabı tahsis edeceğimiz poligon noktalarının koordinatlarını bir kontrol mekanizması olmadan hesaplanmasıdır. Eğer açık poligon hesabı kullanılacak ise o takdirde ölçümde mesafe ve açı değerleri kontrollü yapılmalıdır.



Şekil 147

Şekil 147 açık poligon hesabı için çizilmiş bir tasvirdir. Şekil incelendiğinde binanın iç kısmında bulunan bir boşluk alanındaki detaylara ait koordinat değerleri elde edilmek istenmektedir. Bu durumda iç kısımda detayları görecek şekilde poligon noktaları konumlandırılır (P.7 ve P.8 poligonları). Sonrasında bu poligon noktalarının koordinatları var olan poligonlara göre (P.5 ve P.6) hesaplanır.



Şekil 148

Şekil 148'de açık poligona bir örnek verilmiştir. Örnekte A ve B noktaları koordinatları bilinen poligon noktalarıdır. 1, 2, 3 noktaları ise açık poligon yöntemi ile koordinatları bulunacak olan noktalardır. Bilinen değerler: Yatay açı değerlerinin farklarıyla bulunan kırılma açıları (β_b, β_1, β_2), ölçülen mesafe değerleri (|B-1|, |1-2|, |2-3|) ve A ve B noktalarının koordinatlarından elde edilmiş olan (A-B) semt değeridir. Aşağıda çözülecek örnek için değerler verilmiştir.

(A-B) = 125.4662^g

$\beta_B = 93.1760^g$, |1-2|= 135.58 m

$\beta_2 = 306.6685^g$, |B-1|= 105.85 m.

$\beta_1 = 288.1186^g$, |2-3|= 140.49 m.

Tablo 6

NNo	βi (Kırılma Açıları)	Semt Açıları	Si (mesafeler)	Δy	Δx		
A							
		125.4642					
B	93.1760					542247.95	4509538.62
		18.6402	105.85	30.55	101.34		
1	288.1186					542278.50	4509639.97
		106.7588	135.58	134.82	-14.37		
2	306.6685					542413.32	4509625.60
		213.4273	140.49	-29.41	-137.38		
3						542383.91	4509488.22

Tablo 6'de koordinatların hesaplanışı gösterilmiştir. Hesaplamada, semt açıları;

$(B-1) = (A-B) + \beta_B = 218.6402^g > 200^g$ olduğu için 200^g çıkartılır.

$(B-1) = (A-B) + \beta_B - 200^g = 18.6402^g$ olarak bulunur. Diğer semt değerleri de aynı temel ödev yöntemi ile hesaplanmıştır.

Δy değeri ise;

$Y_1 = Y_B + |B-1| * sin(B-1)$ → koordinat hesabına göre $|B-1| * sin(B-1)$ kısmına denk gelen kısımdır.

Δx değeri ise;

$X_1 = X_B + |B-1| * cos(B-1)$ → koordinat hesabına göre $|B-1| * cos(B-1)$ kısmına denk gelen kısımdır.

Dayalı poligon hesabı:

Dayalı poligon hesabının açık poligon hesabına göre farkı, hesaplamanın kontrol mekanizması olmasıdır. Kontrol mekanizmasının sağlanabilmesi için, dört adet kontrol noktasına (Koordinatları bilinen sabit noktalar) ihtiyaç vardır. Şekil 149 incelenirse, A, B, C ve D noktaları koordinatı bilinen kontrol noktalarımızdır. Poligon noktaları, kontrol noktalarının ikisinin başlangıç (A ve B noktaları), diğer ikisinin sonda (C ve D noktaları) olacağı olacak şekilde bir güzergâh belirlenir.

Poligon noktalarımızın yerleri belirlenirken hem detay noktalarını görebilecek hem de bir sonraki ve bir önceki poligon noktalarını görebilecek şekilde bir güzergâh belirlenir. Örneğin Şekil 149 3 numaralı nokta hem 2 numaralı hem de C noktasını görüyor.

Kontrol mekanizmasında ilk olarak, semt kontrolü yapılır. Semt kontrolü işleminde, ilk kontrol noktalarının semt değeri (güzergâhın başlangıç noktasından itibaren semt değeri alınacak. Şekil 149'de (A-B) semti) ile bütün kırılma açılarının toplam değerinden 200g'ın katı olacak bir değer çıkarıldığında sonuç güzergâhın son kontrol noktalarının semt değerine eşit olması denetlenir.

$$(C-D)=(A-B)+[\beta_i]\mp k*200$$

Eğer eşit değil ise, kırılma açılarını oluşturan yatay açı ölçümlerinde hata oluşmuştur. Bu durumda kırılma açılarında hata miktarı f_β,

$$f_\beta=(C-D)-\{(A-B)+[\beta_i]\pm k*200\}$$

$$k=pozitif\ tam\ sayı.$$

formülüyle hesaplanır.

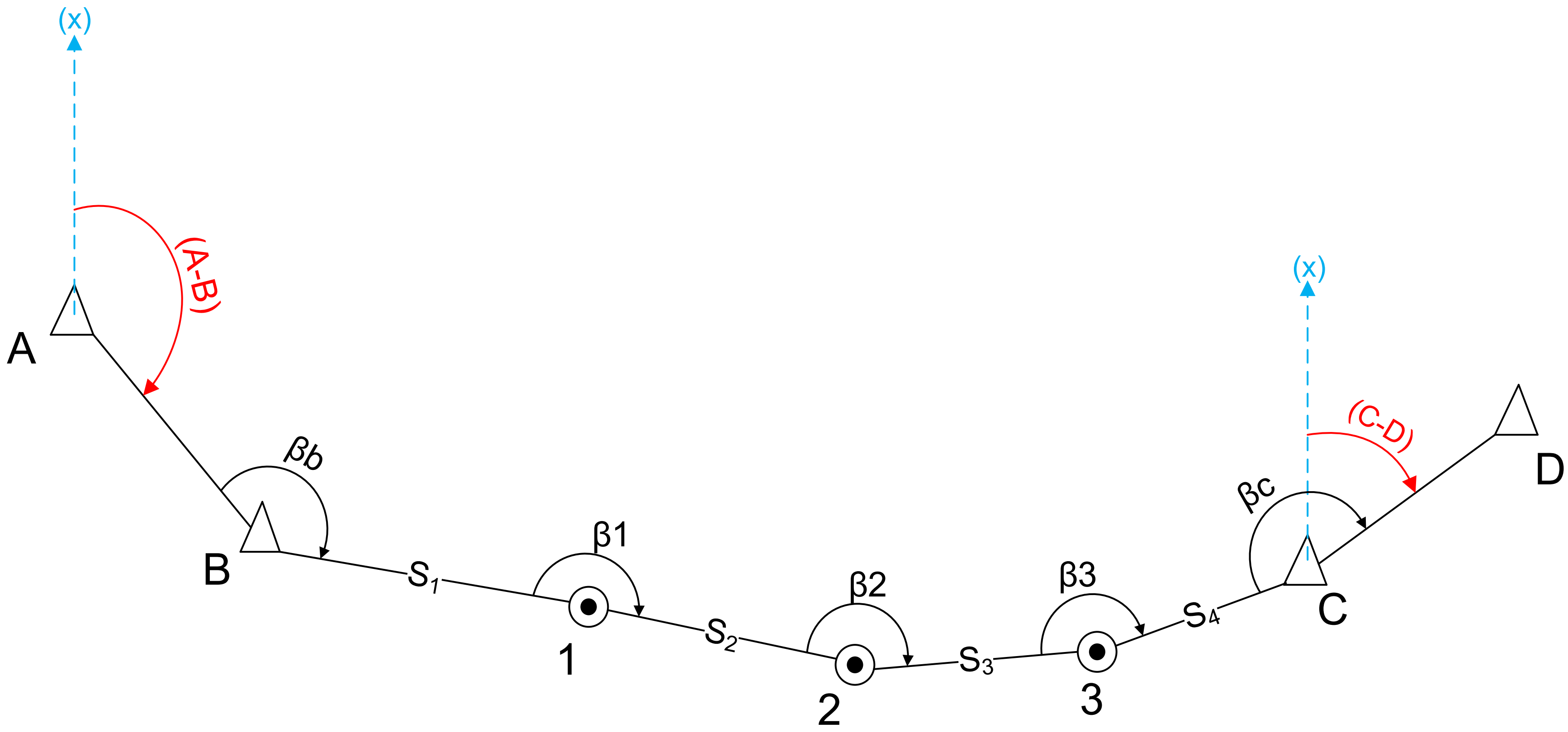
Değerinin belirli hata sınırları arasında olup olmadığı kontrolü yapılmalıdır.

$$F_B=1.5^c*\sqrt{n}$$

$$n=kırılma\ açısı\ sayısı.$$

Olması istenen → $f_\beta<F_\beta$

Hatalı olan →$f_\beta>F_\beta$ durumudur. Böyle bir durumda kırılma açıları ölçümleri tekrar yapılacaktır.



Şekil 149

Ölçüm verileri Tablo 7’da verilmiştir.

Tablo 7

DN	BN	YA	YM
B	A	24.8935	--
	1	200.7699	86.540
1	B	101.3677	
	2	299.6289	126.120
2	1	300.5528	
	3	81.2674	93.760
3	2	51.7302	
	C	222.9257	84.450
C	3	19.0544	
	D	171.2184	

$$\beta_B = 200.7699^g - 24.8935\ ^g = 175.8764^g$$

$$\beta_1 = 299.6289^g - 101.3677^g = 198.2612^g$$

$$\beta_2 = 400 + 81.2674^g - 300.5528^g = 180.7146^g$$

$$\beta_3 = 222.9257^g - 51.7302^g = 171.1955^g$$

$$\beta_C = 171.2184^g - 19.0544^g = 175.8764^g$$

A, B, C ve D noktalarının koordinatları bilinmektedir. Ölçüm mantığında B noktasından 1 numaralı noktanın koordinatları hesaplanacaktır. 1 numaralı noktanın koordinatları bulunduktan sonra, 1 numaralı noktadan yapılan ölçümlerle 2 numaralı noktanın koordinatları bulunacaktır. 2 numaralı noktadan yapılan ölçümler ile 3 numaralı noktanın koordinatları hesaplanacaktır. 3 numaralı noktadan da, **koordinatları bilinen**, C noktasının koordinatları hesaplanacaktır. Eğer hiç yanlış yapılmaz ise hesaplanan C koordinatları ile C noktasının bilinen koordinatları aynı çıkmalıdır. Eğer aynı çıkmıyor ise yapılan açı ve mesafe ölçümlerinin kontrol edilmesi gerekir. Açı ölçümleri için bir hata sınır miktarı belirlenir. Bulunan hata ile sınır miktarı karşılaştırılır. Çıkan açı hatası, hata sınır miktarının altında kalıyorsa, açılarda bulunan hata miktarı açı değerlerine dağıtılır. Eğer hata miktarı, hata sınır miktarının üzerinde çıkıyorsa açı ölçümleri tekrarlanır. Aynı işlem mesafeler için de yapılmalıdır.

Tablo 8

NNO	βi (Kırılma Açıları)	Semt Açıları	Si (Kenar Uzunlukları)	Δy	Δx	Y	X
A							
		156.3833					
B	175.8764						
			86.54				
1	198.2612						
			126.12				
2	180.7146						
			93.76				
3	171.1955						
			81.45				
C	152.1640						
		34.6024					
D							

Eğer $f_\beta < F_\beta$ → durumu varsa, o takdirde f_β değeri kırılma açılarına eşit olacak şekilde dağıtılır.

$$f_\beta = (CD) - \{(AB) + [\beta_i] \pm k * 200\} = 0.0074^g = 74^{cc}$$

$$F_B = 1.5^c * \sqrt{n} = 3.354102^c \cong 3.35^C$$

$$[s_i] = mesafelerin\ toplam\ değeri.$$

$$f_\beta < F_\beta$$

Olduğuna göre 74^{cc} değerini bütün kırılma açılarına eşit olarak dağıtılması gerekmektedir. Beş adet kırılma açımız bulunmaktadır

$$74^{cc} \div 5 = +14.8^{cc}$$

değerini eşit dağıttığımızda saniye biriminden daha küçük olan 0.8^{CC} bir değeri de hesaba katılacak. O takdirde 4 kırılma açısına 15^{cc}, diğerlerine 14^{cc} olacak şekilde dağıtılarak hata değeri tüm kırılma açılarına dağıtılır (Tablo 9).

Tablo 9

NNO	βi (Kırılma Açıları)	Semt Açıları	Si (Kenar Uzunlukları)	Δy	Δx	Y	X
A							
		156.3833					
B	175.8764^{+15cc}						
			86.54				
1	198.2612^{+15cc}						
			126.12				
2	180.7146^{+15cc}						
			93.76				
3	171.1955^{+15cc}						
			81.45				
C	152.1640^{+14cc}						
		34.6024					
D							

Kırılma açılarına yapılan hata dağıtımından sonra

$$f_\beta = (CD) - \{(AB) + [\beta_i] \pm k * 200\} = 0.0$$

olması gereklidir. Kırılma açılarına hata dağıtımı yapıldıktan sonra mesafelerdeki hata kontrolü aşamasına geçilir.

İlk olarak Δy, Δx değerleri bulunur. Değerler, koordinat değerleri bulunurken (örneğin 1 nolu noktanın koordinatlarının bulunuşunda)

$$Y_1 = Y_B + |B1| * \sin(B1) \rightarrow \Delta y = |B1| * \sin(B1)$$

$$X_1 = X_B + |B1| * \cos(B1) \rightarrow \Delta x = |B1| * \cos(B1)$$

Her bir nokta için Δy, Δx ayrı ayrı hesaplanır. Bu hesabın yapılması için semt açılarının hesaplanması gerekir. Semt hesabı temel ödev 3'e göre hesaplanır. Tablo 10 semt açıları sütununda hesap sonuçları gözükmektedir. Semt açıları için noktalar arasındaki bir boş satır kullanılır.

İkinci kontrol aşaması burada yapılacaktır. İşlemlerde B noktasından 1 numaralı noktanın koordinatları hesaplanır, 1 numaralı noktadan 2 numaralı noktanın koordinatları hesaplanır, 3 numaralı noktadan kontrol amaçlı C noktasının koordinatları hesaplanır. Mantıken B noktası ile C noktası arasındaki tüm $\Delta y \; ve \; \Delta x$ değerlerinin toplamı, B ve C noktalarının koordinatlarının farkına eşit olmalıdır. Yani ölçümdeki Son ve başlangıç kontrol noktaları arasındaki Y ve X farkları, toplam Δy, Δx değerlerine eşit olmalıdır. (Şekil 5'e göre)

$$(Y_c - Y_B) = [\Delta y] \;, \qquad (X_c - X_B) = [\Delta x]$$

$$[\Delta y] = \Delta y \; toplamları \,, \qquad [\Delta x] = \Delta x \; toplamları$$

Eğer eşitlik sağlanmıyorsa belirli kıstas kontrolü yapılır:

$$f_y = (Y_c - Y_B) - [\Delta y] \qquad\qquad f_x = (X_c - X_B) - [\Delta x]$$

$$S = \sqrt{[\Delta y]^2 + [\Delta x]^2}$$

$$f_L = \frac{1}{S} * \left[f_y * [\Delta y] + f_x * [\Delta x]\right] \qquad\qquad f_Q = \frac{1}{S} * \left[f_y * [\Delta x] - f_x * [\Delta y]\right]$$

$$F_L = 0.05 + 0.04 * \sqrt{n-1} \qquad\qquad F_Q = 0.05 + 0.15 * \sqrt{S_{[km]}}$$

Olması gereken,

$$f_L < F_L \qquad\qquad f_Q < F_Q$$

Eğer yukarıdaki iki koşul sağlanırsa ve f_y, f_x (koordinat kapanma hataları) değerleri sıfırdan farklı çıktığı takdirde, f_y, f_x değerleri Δy veΔx değerlerine toplam mesafe değerleri ile orantılı olarak dağıtılacak. F_L formülündeki n değeri başlangıç ve bitiş noktaları dahil toplam kırık nokta sayısıdır.

Hata dağıtım değeri:

$$d_y = \frac{s_i}{[s_i]} * f_y \qquad\qquad d_x = \frac{s_i}{[s_i]} * f_x$$

Olarak hata dağıtımı yapılacak.

Örneğe göre:

$$f_L = -0.10487 \qquad\qquad f_Q = -0.04474$$

$$F_L = 0.21$$

$$F_Q = 0.1434$$

$$f_L < F_L$$

$$f_Q < F_Q$$

Olduğu için mesafelerde hata dağıtımı yapılabilir.

$$f_y = -0.09$$

$$f_x = 0.07$$

Tablo 10

NNO	βi (Kırılma Açı-ları)	Semt Açıları	si (Kenar Uzunluk-ları)	Δy	Δx	Y	X
A							
		156.3833					
B	175.8764					22374.48	17250.66
		132.2612	86.54	$+75.66^{-0.02}$	$-42.00^{+0.02}$		
1	198.2612						
		130.5239	126.12	$+111.90^{-0.03}$	$-58.18^{+0.02}$		
2	180.7146						
		111.2400	93.76	$+92.30^{-0.02}$	$-16.47^{+0.02}$		
3	171.1955						
		82.4370	81.45	$+78.37^{-0.02}$	$+22.19^{+0.01}$		
C	152.1640					22732.62	17156.27
		34.6024					
D							

Son olarak Δy1 ve Δx1 değerleri B kontrol noktasının koordinat değerlerine aktarılıp 1 nolu nokta, 1 nolu noktanın koordinat değerler Δy2 ve Δx2 değerleri aktarılarak 2 nolu nokta elde edilir.

Tablo 11

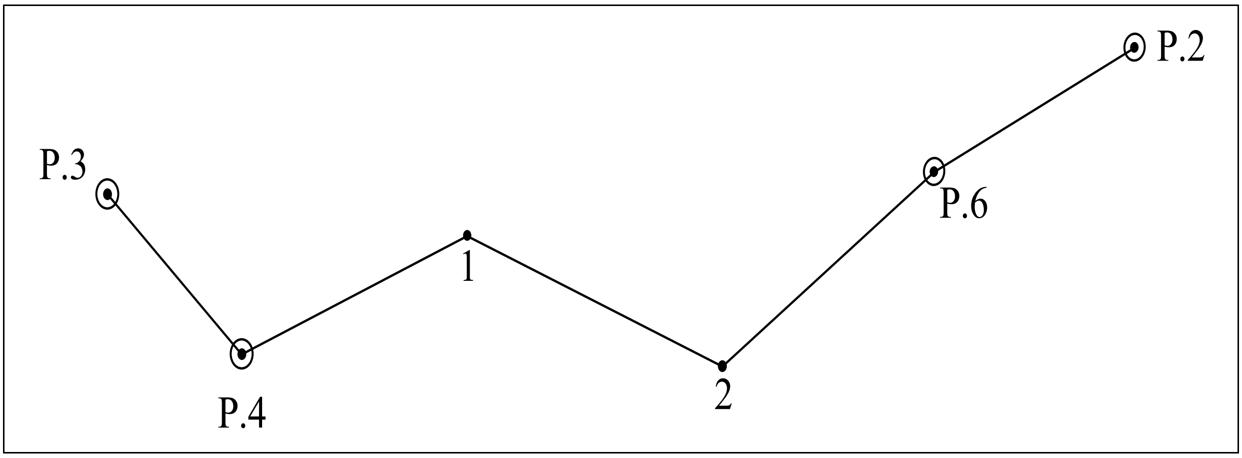
NNO	βi (Kırılma Açıları)	Semt Açıları	Si (Kenar Uzunlukları)	Δy	Δx	Y	X
A							
		156.3833					
B	175.8764					22374.48	17250.66
		132.2612	86.54	$+75.66^{-0.02}$	$-42.00^{+0.02}$		
1	198.2612					22450.12	17208.68
		130.5239	126.12	$+111.90^{-0.03}$	$-58.18^{+0.02}$		
2	180.7146					22561.99	17150.52
		111.2400	93.76	$+92.30^{-0.02}$	$-16.47^{+0.02}$		
3	171.1955					22654.27	17134.07
		82.4370	81.45	$+78.37^{-0.02}$	$+22.19^{+0.01}$		
C	152.1640					22732.62	17156.27
		34.6024					
D							

Tablo 11 dayalı poligona bir örnek verilmiştir. Örneğin şekil olarak yaklaşık tasviride Şekil 149 olarak resmedilmiştir.

Dayalı poligon hesabında kullanılan formüller ***Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği***'ne göre güncellenmiştir.

Örnek:

Şekil 150 poligon hesabı için bir tasvirdir. P.3, P.4, P.6 ve P.2 poligonları dayalı poligon hesabı için kullanılan koordinatları bilinen noktalardır. 1 ve 2 noktaları ise dayalı poligon hesabıyla koordinatları hesaplanacak noktalardır.



Şekil 150

Tablo 12

DN	BN	YA	YM
P.4	P.3	12.4681	
	1	131.1937	20.240
1	P.4	289.1550	
	2	128.6680	20.876
2	1	33.0912	
	P.6	163.7423	16.256
P.6	2	311.4711	
	P.2	136.9440	

Nokta No	Y	X
P.2	560139.822	4358142.533
P.3	560067.501	4358139.900
P.4	560077.282	4358125.999
P.6	560127.908	4358137.669

Tablo 12'de 1 ve 2 numaralı noktalar için yapılan dayalı poligon hesabı ölçüm verileri bulunmaktadır. Şekil 150'deki şekil ve Tablo 12 verilerini dikkate alarak 1 ve 2 numaralı noktaların koordinatlarını hesaplayınız. Poligon hesabı için P.4 noktasından hesaba başlanmıştır.

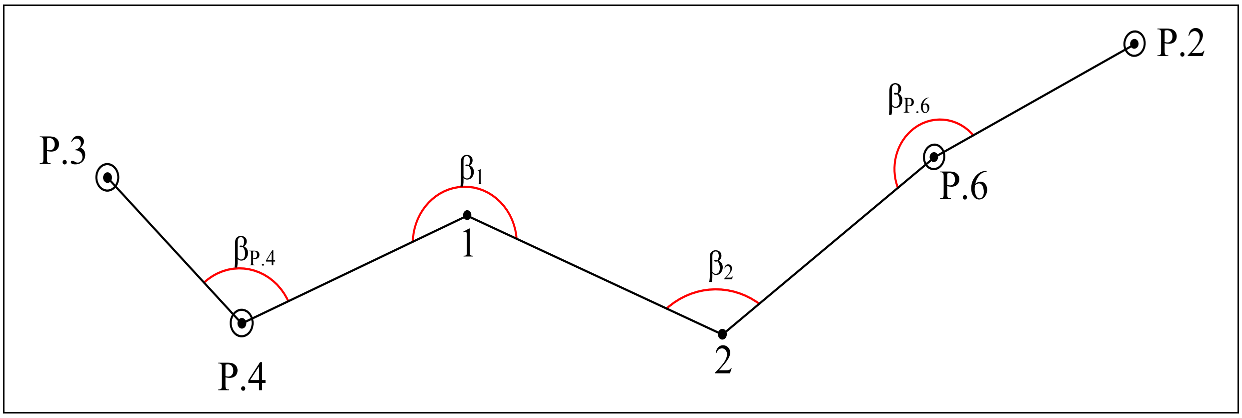
Şekil 151 ölçüm verilerine göre kırılma açılarının şekil üzerinde görünümüdür.

$$\beta_{P.4} = 131.1937^g - 12.4681^g = 118.7256^g$$

$$\beta_1 = 128.6680^g - 289.1550^g + 400^g = 239.513^g$$

$$\beta_2 = 163.7423^g - 33.0912^g = 130.6511^g$$

$$\beta_{P.6} = 136.9440^g - 311.4711^g + 400^g = 225.4729^g$$



Şekil 151

İşlemde ilk yapılması gereken açı kontrolü. Bu işlem için P.3 yardımcı poligonundan ilk Ölçüm noktası olan P.4' olan semt ve tüm kırılma açıları toplanacak. Her defasında Temel Ödev III işlemindeki 200^g ekleme veya çıkarma işleminin yapılacağı düşünülerek $4 * 200^g$ kadar değer çıkartılacak. Bu toplam değer en son **dayanılan nokta** olan P.6 noktasından yardımcı poligon P.2'ye olan semt açısına eşit olmalıdır.

$$(P.6 - P.2) = (P.3 - P.4) + \beta_{P.4} + \beta_1 + \beta_2 + \beta_{P.6} \pm 4 * 200$$

Eğer sonuç eşit değilse açı ölçümlerinde bir hata vardır.

$$75.3242^g \neq 160.9656^g + 118.7256^g + 239.513^g + 130.6511^g + 225.4729^g - 4 * 200^g$$
$$75.3242^g \neq 75.3282^g$$
$$f_\beta = 75.3242^g - 75.3282^g = -0.0040^g = -40^{cc}$$
$$Açı\ Hata\ Sınır\ Miktarı = F_B = 1.5^c * \sqrt{n} = 3^c$$
$$F_B > f_\beta \rightarrow Açı\ hata\ miktarı\ olan\ 40^{cc}\ kırılma\ açılarına\ eşit\ dağıtılır$$

Nno	Kır. açı (β)	Semt açı	Me-safe(M.)	M.*sin(semt)	M.*cos(semt)	Y	X
P.3							
		160.9656					
P.4	118.7256^{-10}					560077.282	4358125.999
		79.6902	20.240	$19.219^{0.002}$	$6.348^{0.001}$		
1	239.5130^{-10}						
		119.2022	20.876	$19.934^{0.002}$	$-6.202^{0.001}$		
2	130.6511^{-10}						
		49.8523	16.256	$11.468^{0.001}$	$11.251^{0.000}$		
P.6	225.4729^{-10}					560127.908	4358137.669
		75.3242					
2							

$$Y_{P.6} - Y_{P.4} = 50.626, \quad Toplam(M.\sin(semt)) = [\Delta y] = 50.621$$

$$X_{P.6} - X_{P.4} = 11.670, \quad Toplam(M.\cos(semt)) = [\Delta x] = 11.668$$

$$f_y = (Y_{P.6} - Y_{P.4}) - [\Delta y] = +0.005$$

$$f_x = (X_c - X_B) - [\Delta x] = +0.002$$

$$S = \sqrt{([\Delta y]^2 + [\Delta x]^2)} = 51.948m$$

$$f_L = \frac{1}{S} * \left[f_y * [\Delta y] + f_x * [\Delta x]\right] = 0.005321495$$

$$f_Q = \frac{1}{S} * \left[f_y * [\Delta x] - f_x * [\Delta y]\right] = -0.000825864$$

$$F_L = 0.05 + 0.04 * \sqrt{n-1} = 0.119282032$$

$$F_Q = 0.05 + 0.15 * \sqrt{S_{[km]}} = 0.084188156$$

$$f_L < F_L$$

$$f_Q < F_Q$$

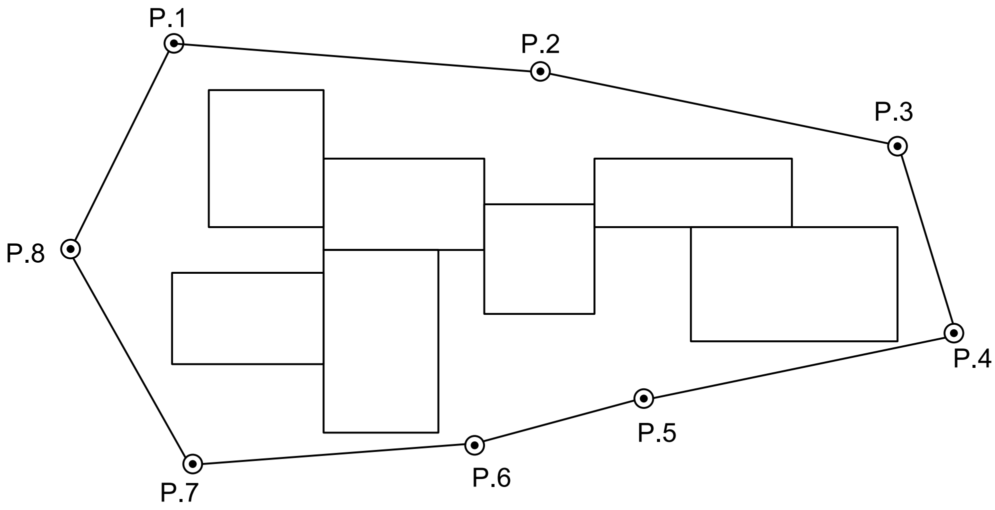
$$d_y = \frac{s_i}{[s_i]} * f_y$$

$$d_x = \frac{s_i}{[s_i]} * f_x$$

Kapalı poligon hesabı

Açık ve dayalı poligon hesabında, işlemlerin yapılabilmesi için kontrol noktaları olarak kullanılan poligon noktalarına gerek duyulmaktadır. Eğer ölçüm yapılacak alan çevresinde eğer poligon noktası bulunmaz ve herhangi bir objeye ait detay alımı yapılmak isteniyorsa, o takdirde kapalı poligon hesabı uygulanabilecek yollardan biridir.

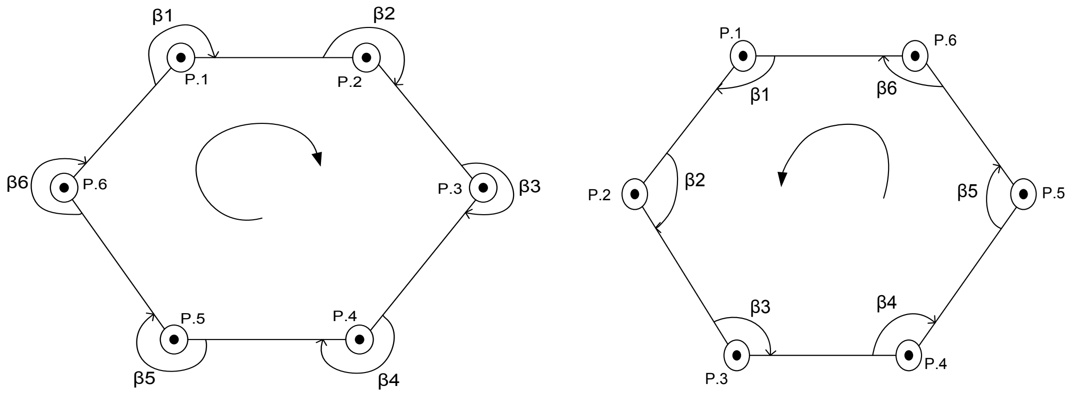
Kapalı poligon hesabının, açık poligon hesabından farkı açı ve koordinat kontrolü mekanizması vardır. Dayalı poligon hesabından farkı ise, başlangıç olarak kullanılan poligon noktasına tekrar dönülmesidir.



Şekil 152

Şekil 152'de bir bina topluluğunun detay alımları için istikşaf yapılmış fakat binaların etrafında yeteri kadar koordinatı belirli zeminde sabit poligon noktaları bulunamamış. Detayların koordinatlarını elde edebilmek için, binaların etrafına detayları görebilecek şekilde poligon noktaları tesis edilmiş. İlk olarak bu poligon noktalarının koordinatları hesaplanması gerekecektir. Koordinatlar kapalı poligon hesabına göre yapılacaktır. Şekle bakıldığında poligon güzergahı P.1 noktasından başlayıp, tekrar P.1 noktasında bitmektedir. Aynı noktada başlayıp yine aynı noktaya geri dönüldüğü için ismi kapalı poligondur.

Kapalı poligon hesabında, kırılma açılarını hangi yönde ölçüleceği, saat yönüne göre belirlenir.



Şekil 153

Şekil 153'de soldaki resimde poligon güzergahında ölçümler saat yönünde yapılmış, bu sebepten dolayı dış açılar ölçülmüş. Sağdaki resimde ise güzergahta saatin ters yönüne doğru ölçümler yapılmış, bu sebepten ötürü, iç açılar kırılma açısı olarak ölçülmüş.

Sonuç olarak elde edilecek olan kapalı bir düzgün geometrik bir şekildir. Düzgün geometrik şekillerin dış ve iç açıların olması gereken toplam değerleri vardır.

Dış açıların toplam değeri: $(n + 2) * 200^g$

İç açıların toplam değeri: $(n - 2) * 200^g$

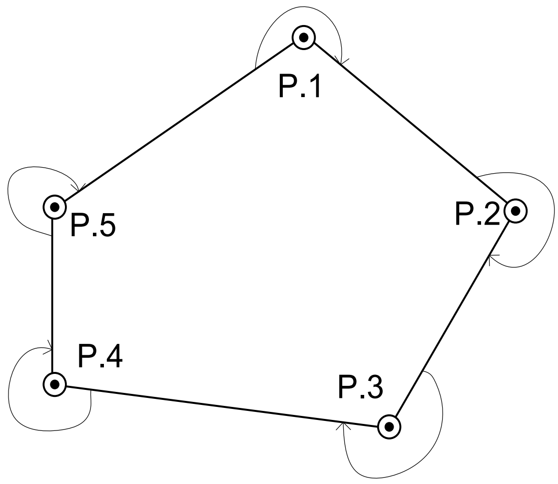
Hangi durumda ölçüm yapıldıysa kırılma açılarının toplam kontrolü yukarıdaki formüle göre karşılaştırılmalıdır. Kırılma açılarındaki hata miktarının bulunması:

Saat yönünde yapılan ölçümlerde: $f_\beta = (n + 2) * 200 - [\beta_i]$

Saat yönünün tersi yapılan ölçümlerde: $f_\beta = (n - 2) * 200 - [\beta_i]$

Aşağıda kapalı poligon hesabının iki türüne ait çözüm yöntemleri örnek sorular ile açıklanmıştır.

a) Kapalı poligon hesabında hiç koordinatı belli poligon kullanılmaz ise:



Şekil 154

Tablo 13 Ölçüm verileri

D.N.	B.N.	Doğrultu	Mesafeler
P.1	P.2	134.2293^g	126.50 m.
	P.5	239.2714^g	
P.2	P.1	242.1924^g	
	P.3	117.7644^g	180.72 m.
P.3	P.4	154.6359^g	154.56 m.
	P.2	289.0715^g	
P.4	P.3	241.5397^g	
	P.5	136.9727^g	140.75 m.
P.5	P.4	95.1245^g	
	P.1	363.5768	215.02 m.

Şekil 154'de poligonların güzergâhtaki durumları belirtilmiştir. Poligonların hiç birisinin koordinat değerleri bilinmemektedir. Koordinatların hesaplanmasında ilk olarak, ölçüm işleminin başlangıcı noktası olarak belirlenen P.1 noktasına rastgele koordinat değerleri verilecektir.

$P.1_x = 1000\ m.$, $P.1_y = 1000\ m.$

Koordinatların bulunmasında kullanılacak semt değerleri için ilk semt değeri de rastgele verilecektir. Semt değeri güzergâhın gidiş yönüne göre (P.1- P.2) noktaları arasındaki semt değeri alınacaktır.

$$(P.1 - P.2) = 0.0000^g$$

0.0000^g değeri rastgele seçilmiş bir değerdir, başka bir değer de olabilir. Diğer semtlerin bulunmasında bir başlangıç değeridir. Kırılma açılası ile semt değeri toplanıp bir sonraki semt değeri elde edileceği için ilk değer olarak verilen önemli olmayacaktır.

Tablo 14

NNO	βi	Semt	Mesafe(si)	Δy	Δx	Y	X	NNo
P.1								P.1
		0.0000	126.50					
P.2	275.5720							P.2
			180.72					
P.3	265.5644							P.3
			154.56					
P.4	295.4330							P.4
			140.75					
P.5	268.4523							P.5
			215.02					
P.1	294.9579							P.1

5 nokta olduğuna göre fβ formülündeki n parametresi 5 olarak alınacaktır.

$$[S_i] = 817.55\ m$$

$$f_\beta = (n+2) * 200 - [\beta_i] = 0.0204^g$$

$$F_\beta = 1^c + \frac{150}{[s_i]} * (n-1) * \sqrt{n} = 2.6411^c$$

$F_\beta > f_\beta$, sonucuna göre kırılma açılarındaki hata değeri (f_β) eşit olarak kırılma açılarına uygulanabilecektir.

Hata değeri dağıtılırken, eşit dağıtılması sağlanmalı, örneğe göre 4 adet noktada ki kırılma açılarına 41^{cc} olarak, son noktaya 40cc olarak verilmesi uygun olacaktır.

NNO	βi	Semt	Mesafe (si)	Δy	Δx	Y	X	NNo
P.1								P.1
		0.0000	126.50	0.00	126.50			
P.2	275.5720^{+41cc}							P.2
		75.5761	180.72	167.58	67.64			
P.3	265.5644^{+41cc}							P.3
		141.1446	154.56	123.39	-93.08			
P.4	295.4330^{+41cc}							P.4
		236.5817	140.75	-76.50	-118.15			
P.5	268.4523^{+41cc}							P.5
		305.0381	215.02	-214.35	17.00			
P.1	294.9579^{+40cc}							P.1
		0.0000						

$[\Delta y] = 0.12,\ [\Delta x] = -0.09$

Δy ve Δx değerleri normal de $[\Delta y] = 0.00,\ \ [\Delta x] = 0.00$ olması gerekir. Eğer toplam değerler 0 dan farklı çıkıyor ise o takdirde, Δy ve Δx değerleri hatalıdır. Hata miktarları:

$$f_y = -[\Delta y] = -\ 0.12$$

$$f_x = -[\Delta x] = +\ 0.09$$

Olarak bulunur. Yani hata miktarı değerleri [Δy] ve [Δx] -1 değeri ile çarpılarak elde edilir. Fakat ilk başta bu hataların uygulanabilmesi için hata sınırı kontrolü yapılmalıdır.

$$f_s = \sqrt{f_y^2 + f_x^2} = 0.15\ m$$

$$F_s = 0.005 * \sqrt{[s_i]} + 0.00010 * [s_i] + 0.004\ m. = 0.229\ m$$

Olması gereken $F_s > f_s$'dir. Eğer istenen değer sağlanırsa, f_y değeri Δy ve f_x değeride Δx değerlerine kenar değerleri ile orantılı olarak dağıtılır.

N.No	βi	Semt	(si)Mesafe	Δy	Δx	Y	X	N.No
P.1						1000.00	1000.00	P.1
		0.0000	126.50	$0.00^{-0.02}$	$126.50^{+0.01}$			
P.2	275.5720^{+41cc}					999.98	1126.51	P.2
		75.5761	180.72	$167.58^{-0.03}$	$67.64^{+0.02}$			
P.3	265.5644^{+41cc}					1167.53	1194.17	P.3
		141.1446	154.56	$123.39^{-0.02}$	$-93.08^{+0.02}$			
P.4	295.4330^{+41cc}					1290.90	1101.11	P.4
		236.5817	140.75	$-76.50^{-0.02}$	$-118.15^{+0.02}$			
P.5	268.4523^{+41cc}					1214.38	982.98	P.5
		305.0381	215.02	$-214.35^{-0.03}$	$17.00^{+0.02}$			
P.1	294.9579^{+40cc}					1000.00	1000.00	P.1
		0.0000						

Örnekler

1) Şekil 155'de 6 noktadan oluşan kapalı poligon güzergahı ve poligon güzergâhına ait ölçüm değerleri alttaki tabloda verilmiştir. P.2, P.3, P.4, P.5 ve P.6 poligon noktalarının koordinatlarını verilenlere göre hesaplayınız. (işlemlerin yapılmasında kırılma açıları-nın hata kontrolü ile Δy ve Δx değerlerinin hata kontrolleri yapılacaktır.)

DN	BN	YatayAçı
P.1	P.6	25.5894
	P.2	257.8771
P.2	P.1	1.1378
	P.3	227.1549
P.3	P.2	225.1506
	P.4	154.7769
P.4	P.3	312.9108
	P.5	158.0400
P.5	P.4	112.8873
	P.6	373.2643
P.6	P.5	3.9110
	P.1	310.5009

Kenar	Mesafe
P.1-P.2	86.692
P.2-P.3	55.990
P.3-P.4	92.988
P.4-P.5	87.690
P.5-P.6	60.854
P.6-P.1	63.844

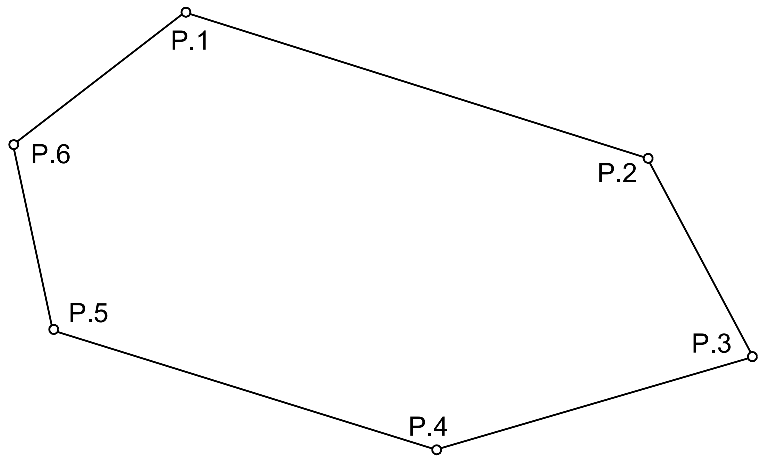
NNo	Y	X
P.1	561287.886	4360000.245

Kullanılacak formüller:

$f_\beta = (n-2) * 200 - [\omega_i]$, n = Poligon sayısı.$(P_1 - P_2) = 110.6590^g$

$F_\beta = 1^c + \frac{150}{[S_i]} * (n-1) * \sqrt{n}$, $fy = -[\Delta y]$, $fx = -[\Delta x]$ $f_S = \sqrt{[fy]^2 + [fx]^2}$, $F_S = 0.005 * \sqrt{[S_i]} + 0.0001 * [S_i] + 0.04$

Alttaki şekil ve verilenlere göre P.1, P.2, P.3 ve P.5 noktalarının koordinatları kapalı poligon hesabı kullanılarak kontrollü bir şekilde bulunması istenmektedir. Ölçüm yönü P.1 nok-tasından başlayıp saat yönünde devam edilmesi kararlaştırılmış ve ölçüm yönü dikkate alınarak ölçüm verileri tabloda verilmiştir

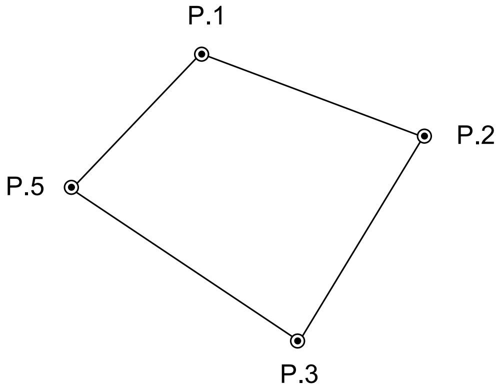


Şekil 155

Cevap:

N.No	βi	Semt	Mesafe	Δy	Δx	Y	X	N.No
P.1						561287.886	4360000.245	P.1
		110.0000	86.692	85.625	$-13.562^{-0.004}$			
P.2	226.0171^{-45cc}					561373.366	4359986.679	P.2
		136.0126	55.990	47.268	$-30.010^{-0.002}$			
P.3	329.6263^{-45cc}				-	561420.321	4359956.667	P.3
		265.6344	92.988	-79.766	$-47.794^{-0.004}$			
P.4	245.1292^{-45cc}					561340.064	4359908.869	P.4
		310.7591	87.690	-86.441	$+14.749^{-0.004}$			
P.5	260.3770^{-45cc}					561253.781	4359923.614	P.5
		371.1316	60.854	-26.659	$+54.704^{-0.003}$			
P.6	306.5899^{-45cc}					561227.690	4359978.315	P.6
		77.7170	63.844	59.973	$+21.893^{-0.003}$			
P.1	232.2877^{-47cc}					561287.886	43560000.245	P.1
		110.0000						

2) Şekil vee verilenlere göre P.1, P.2, P.3 ve P.5 noktalarının koordinatları kapalı poligon hesabı kullanılarak kontrollü bir şekilde bulunması istenmektedir. Ölçüm yönü P.1 noktasından başlayıp saat yönünde devam edilmesi kararlaştırılmış ve ölçüm yönü dikkate alınarak ölçüm verileri tabloda verilmiştir.



NNo	Y	X
P.1	25000	30000

(P.1_P.2) = 250.0000^g

DN	BN	YatayAçı
P.1	P.5	17.5604
	P.2	307.1716
P.2	P.1	219.0794
	P.3	127.6488
P.3	P.2	155.3547
	P.5	45.1357
P.5	P.3	307.0105
	P.1	219.0657

Kenar	Mesafe
P.1_P.2	169.711
P.2_P.3	105.427
P.3_P.5	173.582
P.5_P.1	110.443

Kullanılacak formüller:

$f_\beta = (n-2)*200-[\beta_i]$

$F_\beta = 1^c + \frac{150}{[S_i]}*(n-1)*\sqrt{n}$,

$fy = -[\Delta y]$, $fx = -[\Delta x]$

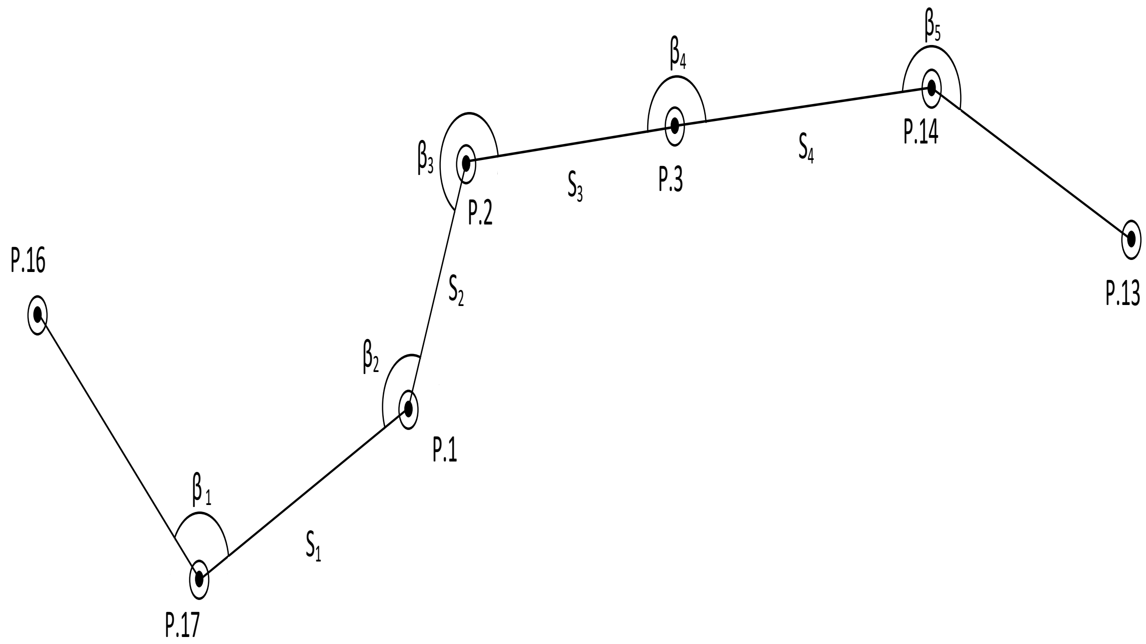
$f_S = \sqrt{[fy]^2 + [fx]^2}$,

$F_S = 0.005*\sqrt{[S_i]} + 0.0001*[S_i] +$ 0.04

n = Poligon sayısı.

NNo	ω	Semt	Kenar	Δy	Δx	Y	X	NNo
P.1								P.1
P.2								P.2
P.3								P.3
P.5								P.5
P.1								P.1

3) şekil ve verilenlere göre P.1, P.2 ve P.3 noktalarının koordinatları dayalı poligon hesabı kullanılarak kontrollü bir şekilde bulunmak istenmektedir. Dayalı poligon hesabının yapılabilmesi gerekli olan 4 poligon noktası P.16, P.17, P.14 ve P.13'dür. P.17 ölçüme başlanılan nokta, P.14 ise ölçümde kontrolün sağlandığı poligon noktasıdır. Hesabın yapılabilmesi için başlangıç semti olan (P.16_P.17) ve semt kontrolünün yapıldığı (P.14_P.13) soruda verilmektedir.



NNo	Y	X
P.17	512409.079	4317185.678
P.14	512518.954	4317234.118

(P.16_P.17) = 125.7709^g

(P.14_P.13) = 123.7850^g

Kenar	Mesafe (m)
P.17_P.1 (S_1)	27.702
P.1_P.2 (S_2)	25.764
P.2_P.3 (S_3)	42.391
P.3_P.14 (S_4)	35.596

NNo	β	Semt	Kenar	Δy	Δx	Y	X	NNo
P.16								
P.17								P.17
P.1								P.1
P.2								P.2
P.3								P.3
P.14								P.14
P.13								

Kestirme Hesabı

Kestirme hesapları detay noktalarının koordinatlarının hesaplanmasında kullanılan ölçüm yöntemlerinden biridir. Kestirme hesaplarının, normal alım yöntemlerinden farkı, nokta koordinatlarının kontrollü bir şekilde bulunması gerektiği durumlarda kullanılan ölçüm ve hesaplama yöntemleridir. Birden fazla kestirme hesabı vardır. Dokümanda geriden kestirme ve önden kestirme (ileriden kestirme) hesapları anlatılacaktır.

Geriden Kestirme Hesabı

Geriden kestirme yönteminde ölçümler koordinatı bulunacak olan noktadan koordinatı bilinen noktalara yapılır. Nokta konum değerinin hesaplanması için yatay açı ve/veya yatay mesafe ölçümleri yapılır. Hesaplamada kullanılacak olan koordinatı bilinen nokta sayısı ölçülen büyüklüğe göre (açı veya mesafe) ve hesaplama yöntemine göre değişkenlik gösterecektir.

Yatay Mesafe Değeri Kullanılarak Geriden Kestirme Hesabı

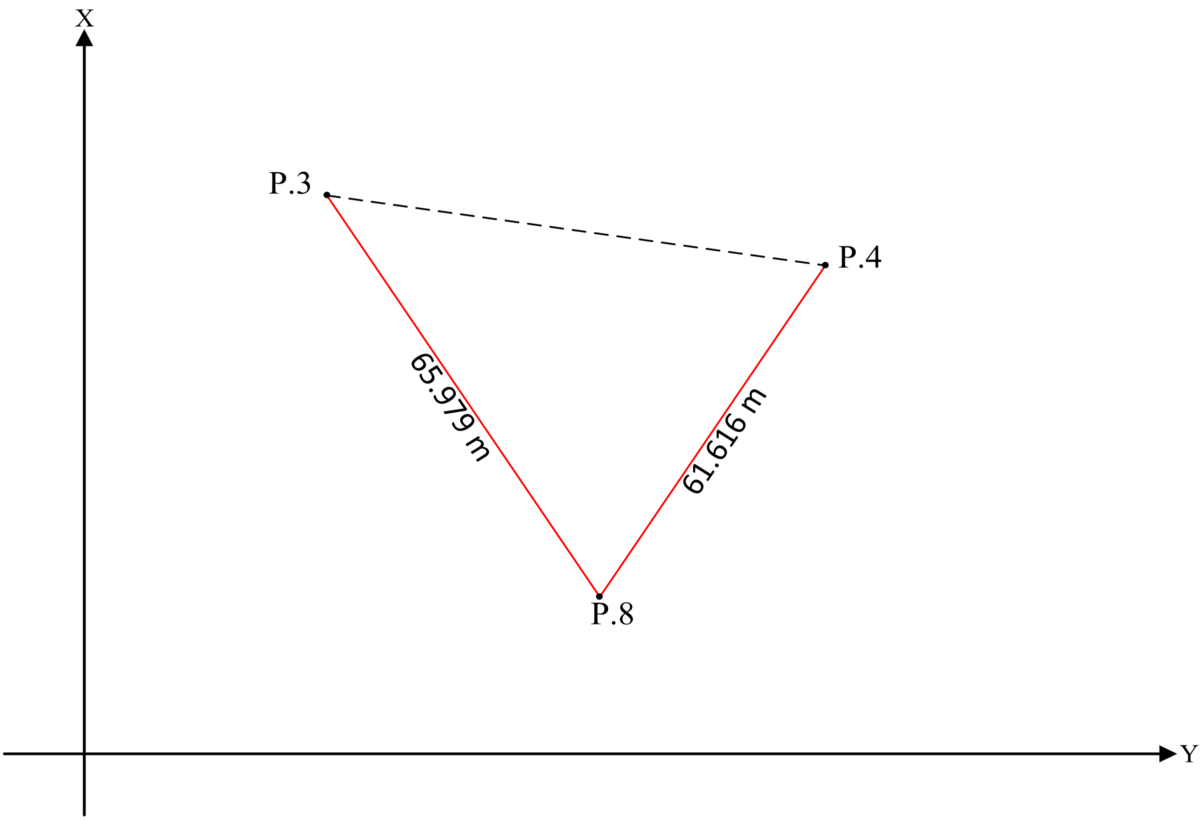
Şekil 156 P.8 noktasının koordinatlarının geriden kestirme yöntemi ile hesaplanmasına dair ölçümleri temsil etmektedir. Geriden kestirme hesaplama yöntemi ile P.8 noktasının koordinatları bulunacağı için ölçümler P.8 noktasından yapılmaktadır. P.3 ve P.4 noktaları ölçümde kullanılacak koordinatları bilinen noktalardır. Hesaplama yönteminde yatay mesafe değerleri kullanılacaktır. P.8 noktasının koordinatlarını, yatay mesafe değerleri kullanarak geriden kestirme yöntemi ile hesaplamak için, P.8 noktasından hem P.3 noktasına hem de P.4 noktasına yatay mesafe değeri okuması yapılmıştır. P.3 ve P.4 numaralı noktaların koordinatları ve P.8 noktasından yapılan ölçüm verileri aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

NNo	Y	X
P.3	560068.086	4358232.750
P.4	560127.051	4358230.673

DN	BN	YM
P.8	P.3	65.979 m
	P.4	61.616 m

Şekil 157 incelendiğin P.8 noktasından yapılan ölçüm ile bir üçgen oluşturulur. Oluşan bu üçgende P.8 noktasından P.3 ve P.4 noktalarına yapılan ölçümlerden yatay mesafe değerleri elde edilecektir. Bu değerler ve genel üçgen çözüm formülleri kullanılarak P.8 noktasının koordinatları bulunması hedeflenmektedir.

Şekil 156



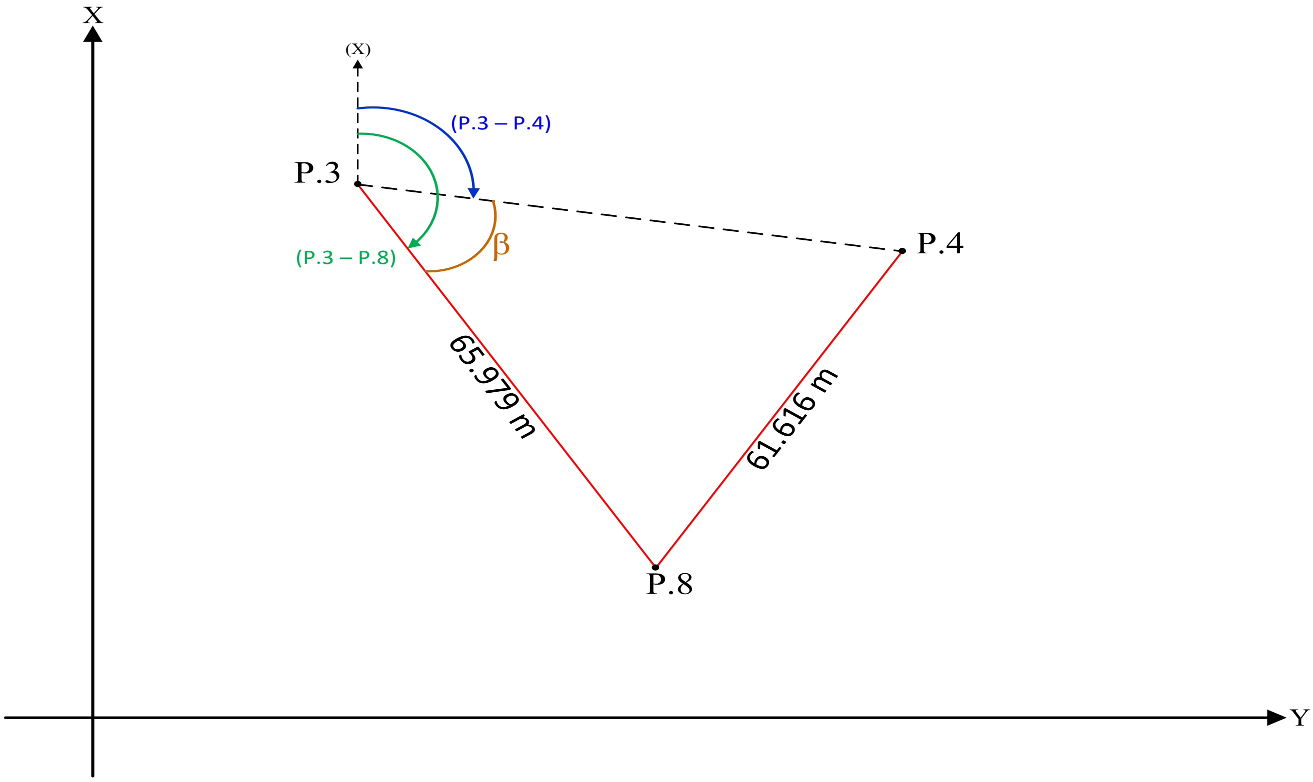
Şekil 157

Geriden Kestirme hesabında yapılacak ölçümler koordinatı bulunacak noktadan yapılır.

P.8 numaralı noktanın koordinatları hem P.3 noktasından hesaplanacak hem de P.4 noktasından hesaplanacaktır. Her iki noktadan da yapılan hesaplamaların sonucunda $Y_{P.8}$ ve $X_{P.8}$ koordinat değerleri aynı çıkmalıdır.

P.8 numaralı noktanın koordinatlarının P.3 noktasından hesaplanması için $(P.3 - P.8)$ semt açısına ihtiyaç vardır. $(P.3 - P.8)$ semt açısının bulunması içinde $(P.3 - P.4)$ ve β açılarının elde edilmesi gerekmektedir.

$$(P.3 - P.8) = (P.3 - P.4) + \beta$$



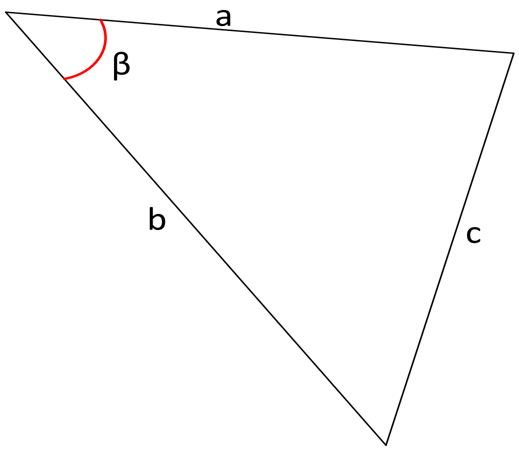
Şekil 158

$(P.3 - P.4)$ semt açısı P.3 ve P.4 noktasının koordinatlarından hesaplanabilir. β açısının bulunması için var olan üçgen kenar uzunlukları ve kosinüs teoremi kullanılmalıdır.

Şekil 159 kosinüs teoremi ve üçgen kenar uzunlukları kullanılarak üçgen içindeki bir açının nasıl hesaplanacağının temsilidir.

a, b, c uzunlukları biliniyor

β bulunmak isteniyor



$$c^2 = a^2 + b^2 - 2 * a * b * \cos(\beta)$$

$$2 * a * b * \cos(\beta) = a^2 + b^2 - c^2$$

$$\cos(\beta) = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2 * a * b}$$

$$\beta = \cos^{-1}\left(\frac{a^2 + b^2 - c^2}{2 * a * b}\right)$$

Şekil 159

Çözüm:

1) $(P.3-P.4)$ *semt açısının hesaplanması*

$$\left.\begin{array}{ll} Y_{P.4}-Y_{P.3} & pozitif \\ X_{P.4}-X_{P.3} & negatif \end{array}\right\} 2.Bölge$$

$$(P.3-P.4) = 200^g - \tan^{-1}\big((Y_{P.4}-Y_{P.3}) \div (X_{P.4}-X_{P.3}) * (-1)\big) = 102.2415^g$$

2) $\overline{P.3-P.4}$ *mesafesinin hesaplanması*

$$\overline{P.3-P.4} = \sqrt{((Y_{P.4}-Y_{P.3})^2 + (X_{P.4}-X_{P.3})^2)} = 59.002\ m$$

3) β *açısının hesaplanması*

$$\beta = (\overline{P.3-P.4}^{\,2} + 65.979^2 - 61.616^2) \div \big(2 * \overline{P.3-P.4} * 65.979m\big)$$

$$\beta = 65.2887^g$$

4) $(P.3-P.8)$ *semt açısının hesaplanması*

$$(P.3-P.8) = (P.3-P.4) + \beta = 167.5303^g$$

5) P.8 numaralı noktanın yatay düzlem koordinatlarının hesaplanması

$$Y_{P.8} = Y_{P.3} + 65.979\ m * \sin(P.3-P.8) = 560100.297\ m$$

$$X_{P.8} = X_{P.3} + 65.979\ m * \cos\ (P.3-P.8) = 4358175.168\ m$$

Şekil 160, Şekil 161 ve Şekil 162 P.6 noktasından P.4 ve P.5 noktalarında yapılacak ölçümler ile P.6 nın koordinatlarının bulunması tasviri yapılmıştır. Tablo 16'de P.6 noktasından P.4 ve P.5 noktalarına olan yatay açı ve yatay mesafe ölçümleri gözükmektedir. Tablo 15'de ise P.4 ve P.5 noktalarının koordinatları gözükmektedir.

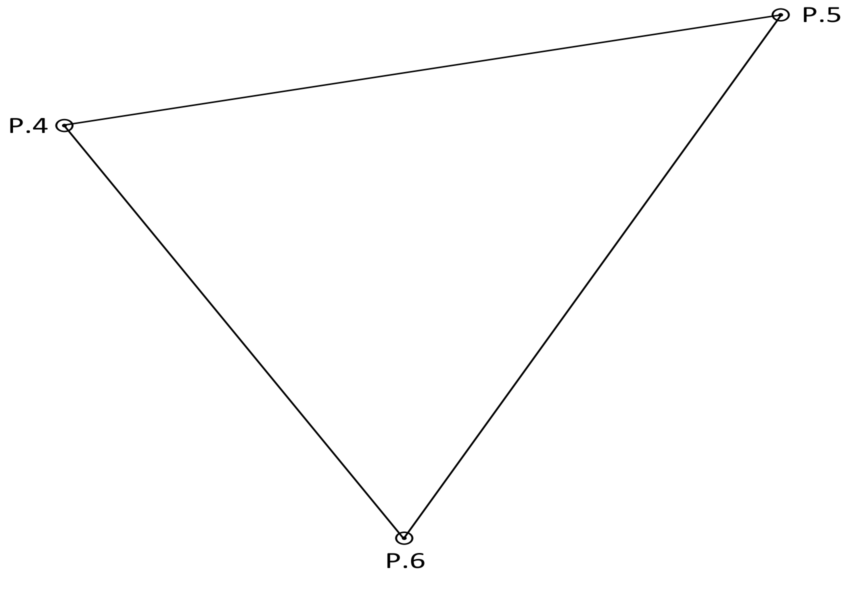
Tablo 16

D.N.	B.N.	Y.A.	Y.M.
P.6	P.4	12.3456^g	63.485
	P.5	82.6779	73.418

Tablo 15

N.No	Y (m)	X (m)
P.4	457633.031	4429694.260
P.5	457702.806	4429713.322

Yapılacak ölçümler sonucunda P.6 noktasının koordinatları bulunmak istenmektedir.

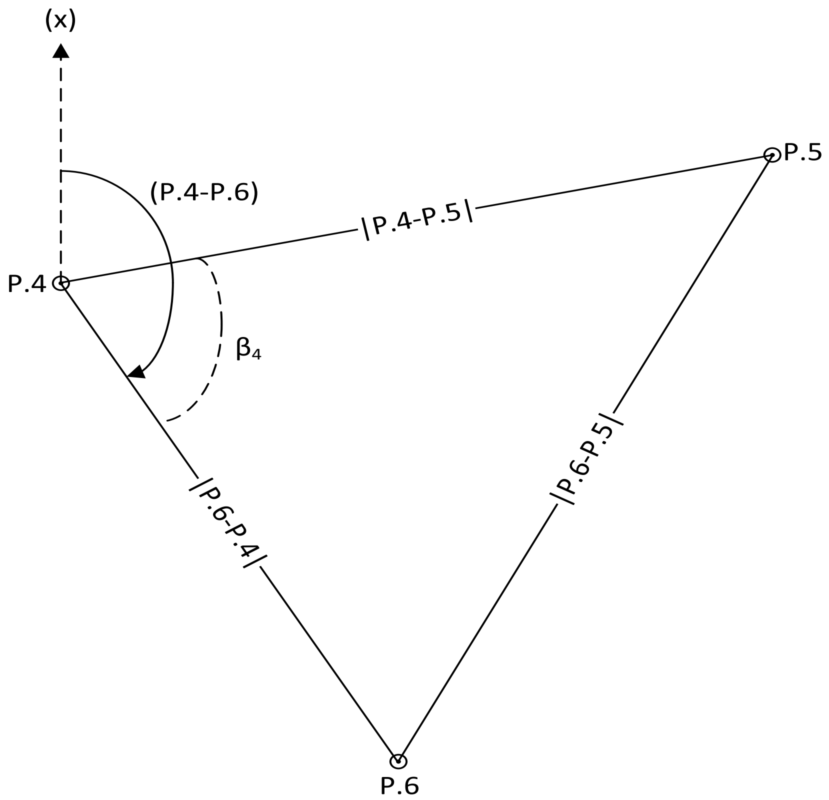


Şekil 160

P.6 noktasının koordinatlarını hem P.4 hem de P.5 noktalarından hesaplanır. Şekil 161 P.6 noktasının koordinatlarının P.4 noktasından bulunması için gerekli değerlerin tasviri yapılmıştır.

$$Y_{P.6} = Y_{P.4} + |P.6 - P.4| * \sin(P.4 - P.6) \qquad (Denklem\ 1)$$

$$X_{P.6} = X_{P.4} + |P.6 - P.4| * \cos(P.4 - P.6)$$



Şekil 161

Aşağıda P.6 noktasının yatay koordinatlarının P. 4 noktasından hesaplanması için gerekli formülleri içerir. Formüller ve Tablo 16 ölçüm verileri incelendiğinde, formül eşitliğinin sağ tarafında tek bilinmeyen $(P.4-P.6)$ semt açısıdır. $(P.4-P.6)$ semt açısının bulunması için $(P.4-P.5)$ semt açısının P.4 ve P.5 noktalarının koordinatlarından bulunması ve β_4 kırılma açısının hesaplanması gereklidir..

$$|P.4-P.5| = \sqrt{((Y_{P.5}-Y_{P.4})^2+(X_{P.5}-X_{P.4})^2)} = 72.332\ m$$

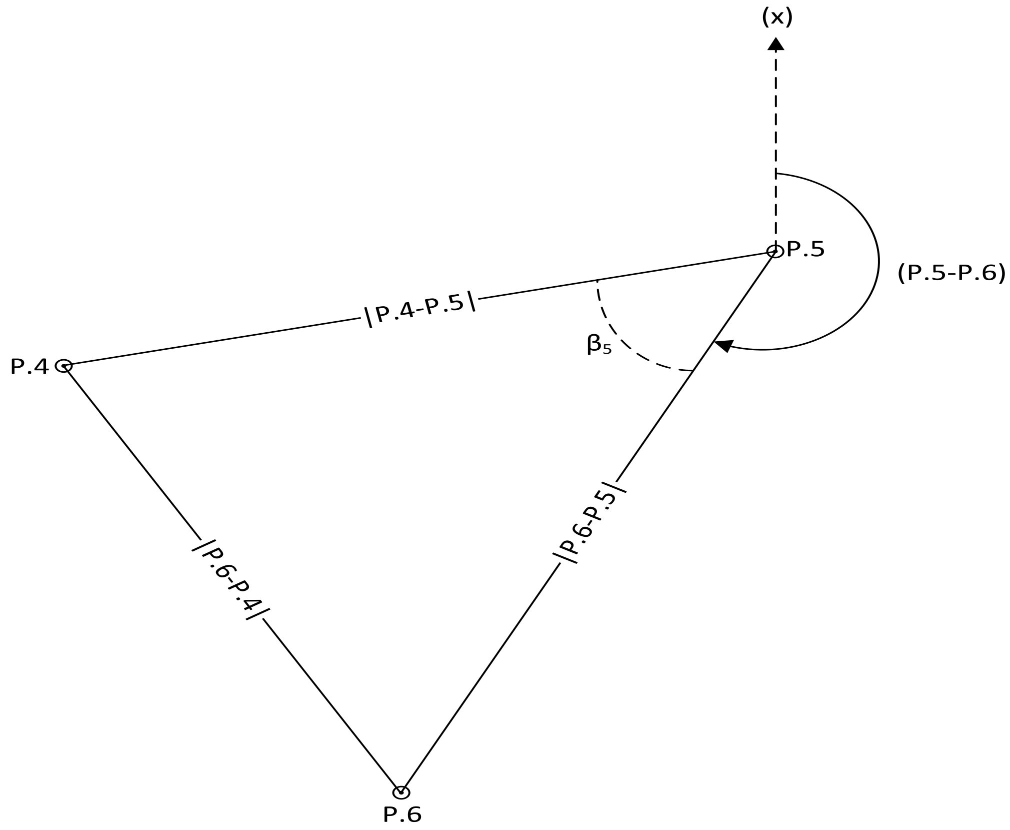
$$\beta_4 = \cos^{-1}(\frac{|P.6-P.4|^2+|P.4-P.5|^2-|P.6-P.5|^2}{2*|P.6-P.4|*|P.4-P.5|}) = 72.2936^g$$

$$(P.4-P.5) = 1.bölge = \alpha = \tan^{-1}((Y_{P.5}-Y_{P.4}) \div (X_{P.5}-X_{P.4})) = 83.0223^g$$

$$(P.4-P.6) = (P.4-P.5)+\beta_4 = 155.3158^g$$

$$Y_{P.6} = Y_{P.4}+|P.6-P.4|*\sin(P.4-P.6) = 457674.021\ m$$

$$X_{P.6} = X_{P.4}+|P.6-P.4|*\cos(P.4-P.6) = 4429645.782\ m$$



Şekil 162

$$|P.4 - P.5| = \sqrt{((Y_{P.5} - Y_{P.4})^2 + (X_{P.5} - X_{P.4})^2)} = 72.332\ m$$

$$\beta_5 = \cos^{-1}\left(\frac{|P.6 - P.5|^2 + |P.4 - P.5|^2 - |P.6 - P.4|^2}{2 * |P.6 - P.5| * |P.4 - P.5|}\right) = 57.3742^g$$

$$(P.5 - P.4) = 1.bölge = \alpha = \tan^{-1}((Y_{P.5} - Y_{P.4}) \div (X_{P.5} - X_{P.4})) = 283.0223^g$$

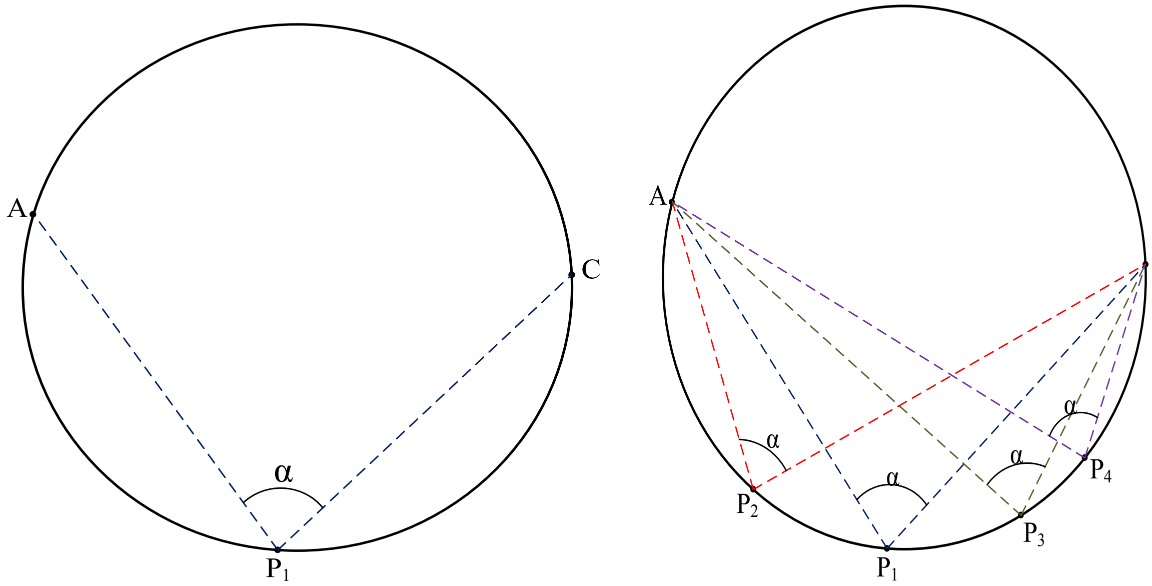
$$(P.5 - P.6) = (P.5 - P.4) - \beta_5 = 225.6481^g$$

$$Y_{P.6} = Y_{P.5} + |P.6 - P.5| * \sin(P.5 - P.6) = 457674.021\ m$$

$$X_{P.6} = X_{P.5} + |P.6 - P.5| * \cos(P.5 - P.6) = 4429645.782\ m$$

Kırılma Açılarıyla Geriden Kestirme Hesabı

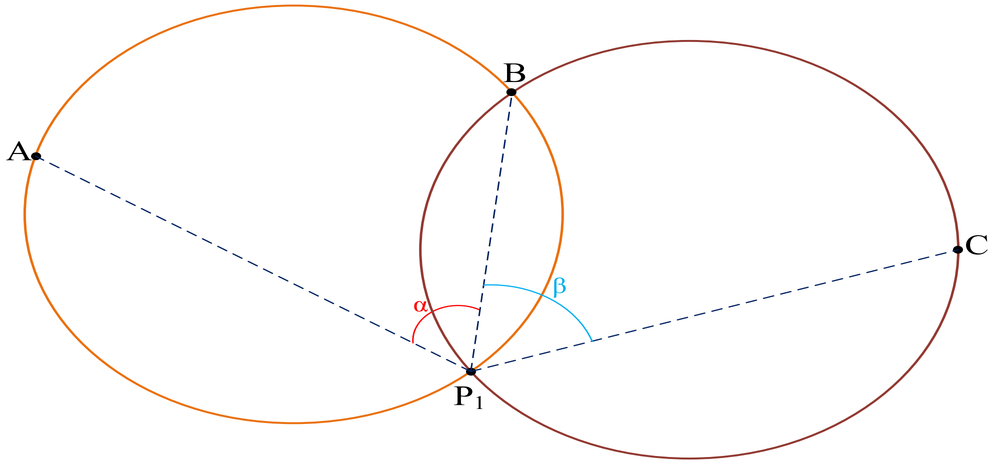
Geometride koordinatları bilinen iki noktayı bir açı değeri ile gören noktaların geometrisi daire olarak adlandırılır (Şekil 163 sol resim). Şekil 163 incelendiğin P_1, A ve C noktaları aynı çember üzerindedir. P_1 noktasından A ve C noktalarına oluşturulan doğrular (kirişler) arasında kalan ve $\widehat{AC}$ yayını α açısı görmektedir. Aynı çember üzerinde $\widehat{AC}$ yayını gören A ve C noktalarına farklı uzaklıkta noktalar (P_1, P_2, P_3 ve P_4) olabilir.



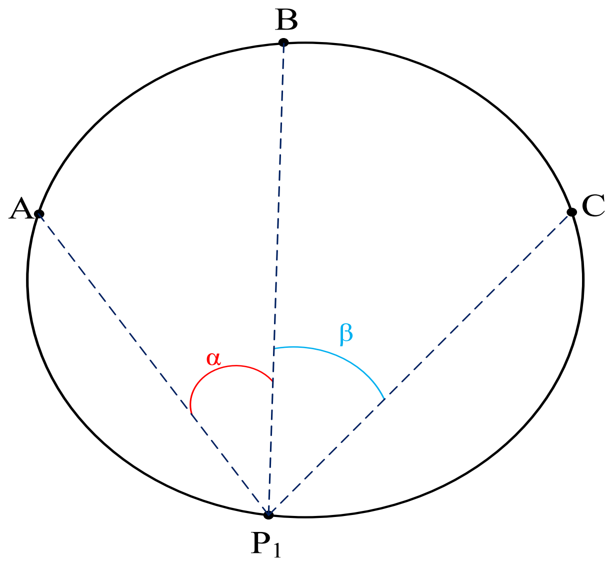
Şekil 163

Eğer A ve C noktalarının koordinatları ve α açı bilinseydi P_1 noktasının koordinatları tekil bir şekilde bulunamazdı. Çünkü aynı A ve C noktalarına farklı uzaklıkta, ama $\widehat{AC}$ yayını α açısı ile göre sonsuz tane nokta olabilirdi. P_1 noktasını tekil olabilmesi için iki çembere ihtiyaç vardır ve P_1 noktası bu iki çemberin kesişimlerinden birinde yer almalıdır (Şekil 164).

Eğer koordinatı bilinen $A, B\ ve\ C$ noktaları ile $P.1$ noktası aynı daire üzerinde bulunuyorsa bu çembere tehlikeli çember denir. Bu durumda P.1 noktasının tekil koordinatı hesaplanamaz (Şekil 165).



Şekil 164



Şekil 165

Geriden kestirme hesabında koordinatı bulunacak noktadan, koordinatı bilinen noktalara sadece yatay açı doğrultu değerleri ölçülüyorsa ve geriden kestirme hesabı yapılmak isteniyorsa en az üç adet koordinatı bilinen nokta olmalıdır.

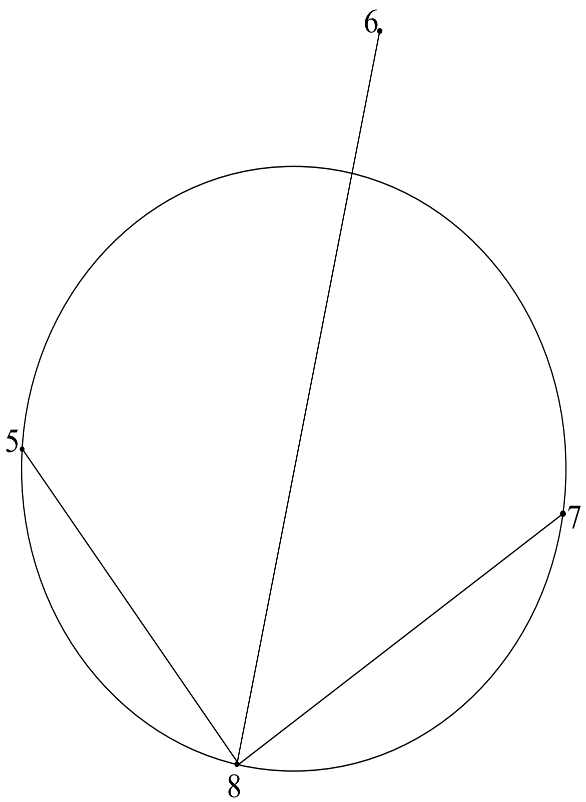
Geriden kestirme hesabı işlemi, koordinatı bulunacak noktadan koordinatı bilinen üç noktaya yapılan yatay açı değerleri kullanılarak yapılacaksa, kullanılacak hesaplama yöntemine göre bazı kriterler önem kazanır.

Collins Hesaplama Yöntemi

Collins Hesaplama yöntemi kullanılabilmesi için bazı kriterlerin oluşması gerekmektedir. Bu kriteler:

- Koordinatı bilinen üç nokta ve koordinatı bulunacak ölçüm noktası aynı üçgen üzerinde olmamalıdır. Şekil 165 bu istenmeyen durumun tasviridir,
- Koordinatı bilinen üç noktadan, ölçüm noktasına göre ortada kalan nokta ya diğerlerine göre daha uzakta olmalı, ya da diğerlerine göre daha yakında olmalıdır.

Şekil 166 Collins hesabının yapılması için istenen kriterlere uygun bir ölçümün tasviri yapılmıştır. 8 numaralı nokta geriden kestirme yöntemi kullanılarak koordinatı bulunacak olan ölçüm noktasıdır. 5 6 ve 7 numaralı noktalar koordinatları bilinen noktalardır. 5, 6,7 ve 8 numaralı noktalar aynı çember üzerinde değildir. 8 numaralı ölçüm noktasına göre 6 numaralı nokta 5 ve 7 numaralı noktalara göre ortada ve daha uzaktadır.



Şekil 166

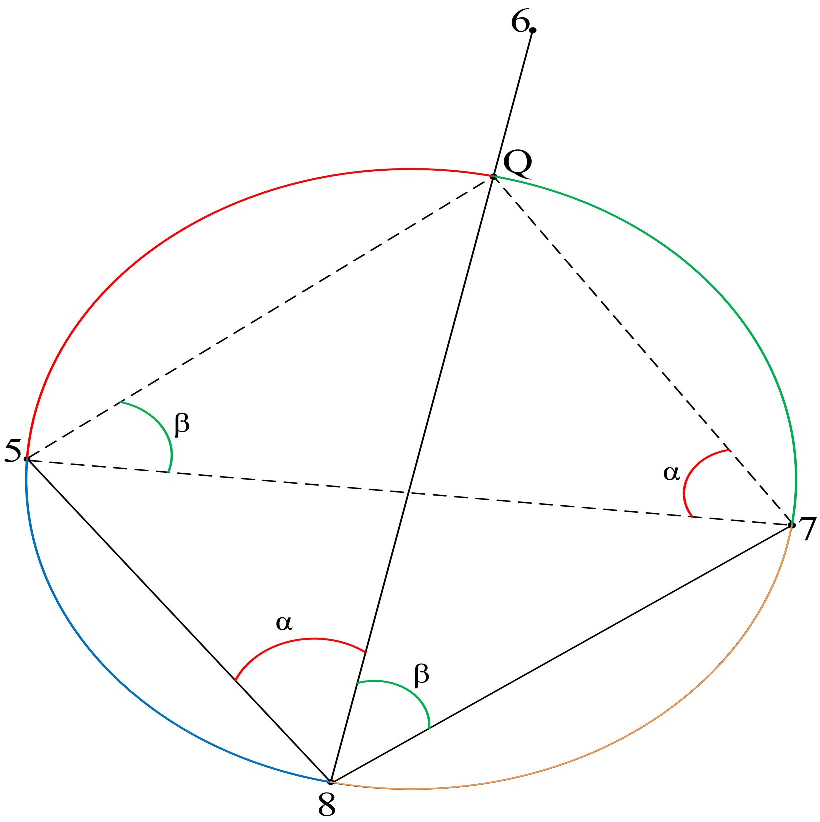
NNo	Y	X
5	560225.186	4358123.117
6	560263.392	4358152.005
7	560287.621	4358122.185

DN	BN	YA
8	5	38.7885^g
	6	79.0970^g
	7	108.3451^g

5, 6 ve 7 numaralı noktaların koordinatlarını ve 8 numaralı noktadan yapılan yatay açı değerlerini Collins geriden kestirme hesabında kullanarak 8 numaralı noktanın X_8 ve Y_8 koordinatlarını hesaplayınız.

8 numaralı noktaya kurulan elektronik takeometre ile 5, 6 ve 7 numaralı noktalara hedef alınıp, oluşan doğrultuların yatay açı değerleri belirlenmiştir. Bu yatay açı değerlerinden 6'ya bakılıp oluşan yatay açı değerinden 5'e bakılıp oluşan yatay açı değeri çıkarıldığında Şekil 167'de çizilmiş α kırılma açısı hesaplanır. Benzer şekilde 7 numaralı noktaya bakılan yatay açıdan 6

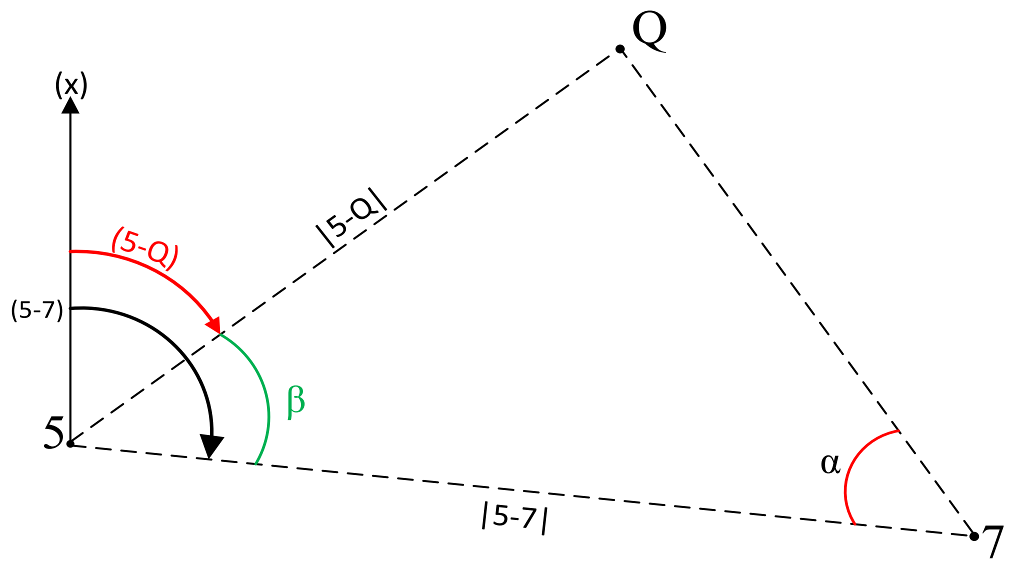
numaralı noktaya bakılan yatay açı değeri çıkarıldığında β kırılma açısı hesaplanır. Şekil 167 dikkatli incelendiğinde 8 numaralı noktadan 6 numaralı noktaya hedef alındığında oluşan doğrultunun, 8, 5, 7 noktaları ile aynı daire üzerinde olan Q noktası da gözükmektedir. Q noktası Collins hesabında Collins yardımcı noktasıdır. 8 numaralı noktanın koordinatlarının çözülebilmesi için ilk önce Q noktasının koordinatları hesaplanmalıdır. Bunun için 5, Q ve 7 noktalarının oluşturduğu üçgen kullanılır (Şekil 167).



Şekil 167

1) α ve β açılarının hesabı

$\alpha = 79.0970^g - 38.7885^g = 40.3085^g, \beta = 108.3451^g - 79.0970^g = 29.2481^g$



Şekil 168

2) (5-7) semt açısının hesabı:

$$(5-7) = 200 - \tan^{-1}\big((Y_7 - Y_5) \div (X_7 - X_5) * (-1)\big) = 100.9502^g$$

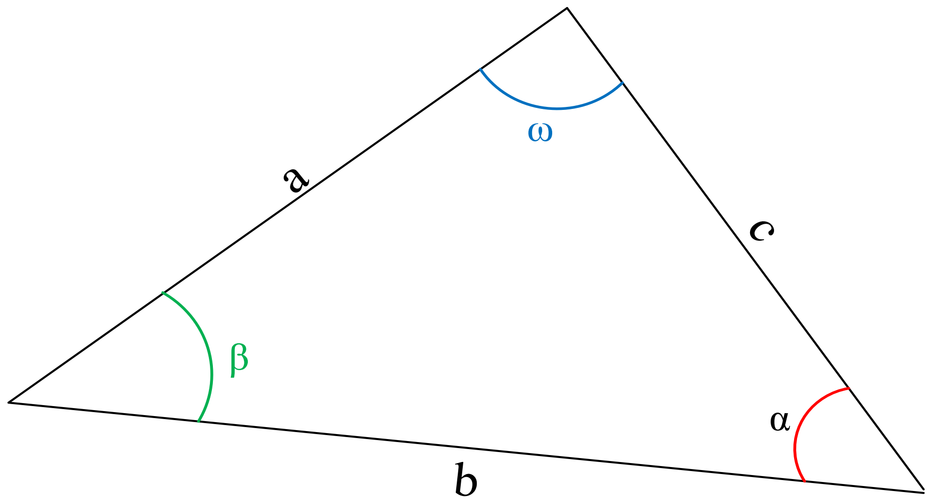
3) (5-Q) semt açısının hesabı:

$$(5-Q) = (5-7) - \beta = 71.7021^g$$

4) $\overline{5-7}$ uzunluğunun hesabı (Şekil 168'da $|5-7|$ olarak gösterilmiş)

$$|5-7| = \sqrt{((Y_7 - Y_5)^2 + (X_7 - X_5)^2)} = 64.442\ m$$

5) $\overline{5-Q}$ uzunluğunun hesabı sinüs teoremi kullanılarak yapılır ($\overline{5-Q}$ uzunluğu Şekil 168 üzerinde $|5-Q|$ olarak gösterilmiştir) . Sinüs teoreminde $\overline{5-7}$ uzunluğunun karşısındaki Q noktasındaki üçgen iç açısı yoktur. Bu açı yerine $\overline{5-7}$ kenarına komşu açıların toplamının sinüs fonksiyonu kullanılır. Şekil 169 ve altındaki denklemler bu duruma örnek olması için çizilmiş ve yazılmıştır.



Şekil 169

$$\frac{a}{\sin(\alpha)} = \frac{c}{\sin(\beta)} = \frac{b}{\sin(\omega)} \; aynı\, formül \frac{a}{\sin(\alpha)} = \frac{c}{\sin(\beta)} = \frac{b}{\sin(\alpha+\beta)}$$

$$\sin(\omega) = \sin(\alpha+\beta)$$

$$\frac{\overline{5-Q}}{\sin(\alpha)} = \frac{\overline{5-7}}{\sin(\alpha+\beta)} \rightarrow \overline{5-Q} = \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\alpha+\beta)} * \overline{5-7}$$

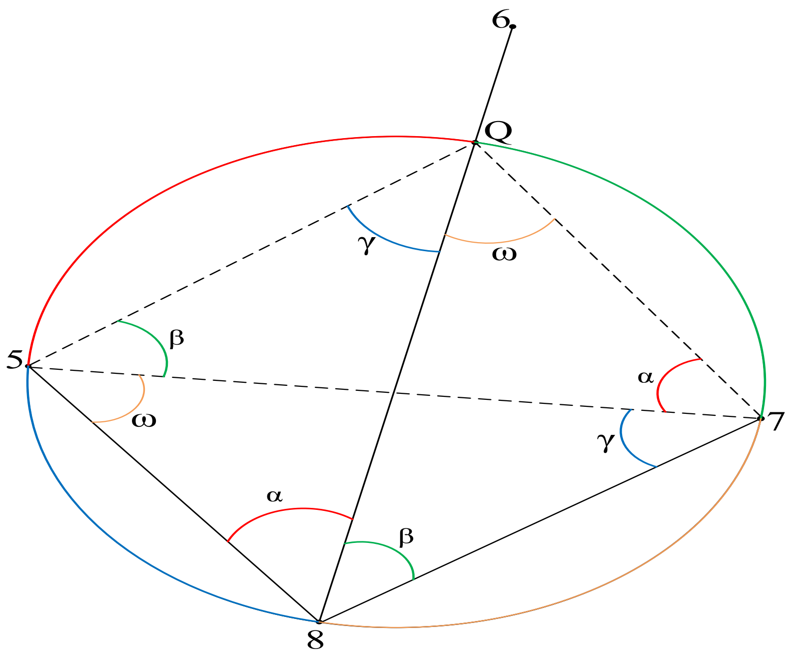
$$\overline{5-Q} = 41.615\; m$$

6) Q Collins yardımcı noktasının koordinatlarının 5 numaralı noktadan hesabı

$$Y_Q = \; Y_5 + \overline{5-Q} * \sin(5-Q) = 560225.186 + \overline{5-Q} * \sin(5-Q) = 560262.757\; m$$

$$X_Q = \; X_5 + \overline{5-Q} * \cos(5-Q) = 560225.186 + \overline{5-Q} * \cos(5-Q) = 4358141.012\; m$$

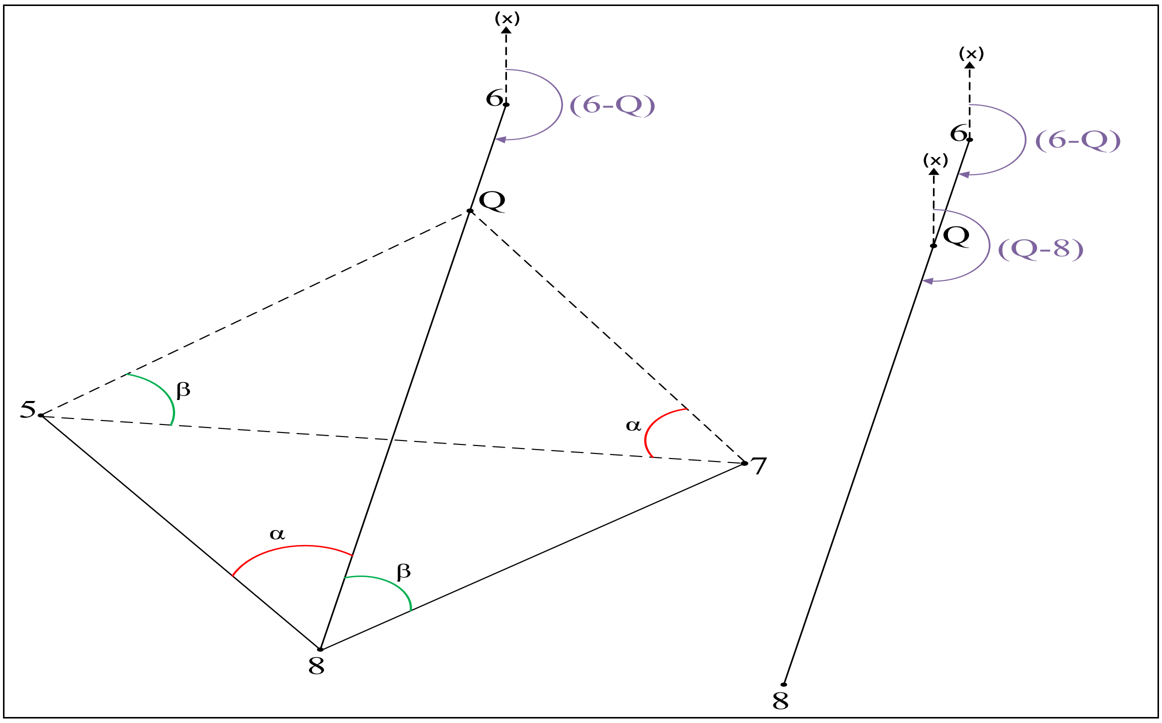
7) Q noktasının koordinatları bulunduktan sonra 5 ve 7 numaralı noktalardan 8 numaralı noktanın koordinatlarını hesaplamak için $Q57$ üçgeninin Q noktasındaki açı bulunmalıdır. $Q57$ üçgeninin Q noktasındaki açı, 6 ile 8 arasındaki doğru ile ikiye bölünmüş ve γ ile ω açıları oluşmuştur (Şekil 170). $Q57$ üçgeninde Q noktasındaki γ ile ω açıları, aynı daire yayı gördükleri 587 üçgeni içinde de oluşur. ω açısı, 5 numaralı noktadan 8 numaralı noktanın koordinatlarının hesaplanması için gerekli olan $(5-8)$ semtinin hesaplanmasında kullanılacaktır. Aynı şekilde γ açısı 7 numaralı noktadan 8 numaralı noktanın koordinatlarının hesaplanması için gerekli olan $(7-8)$ semt açısının hesaplanmasında kullanılacaktır.



Şekil 170

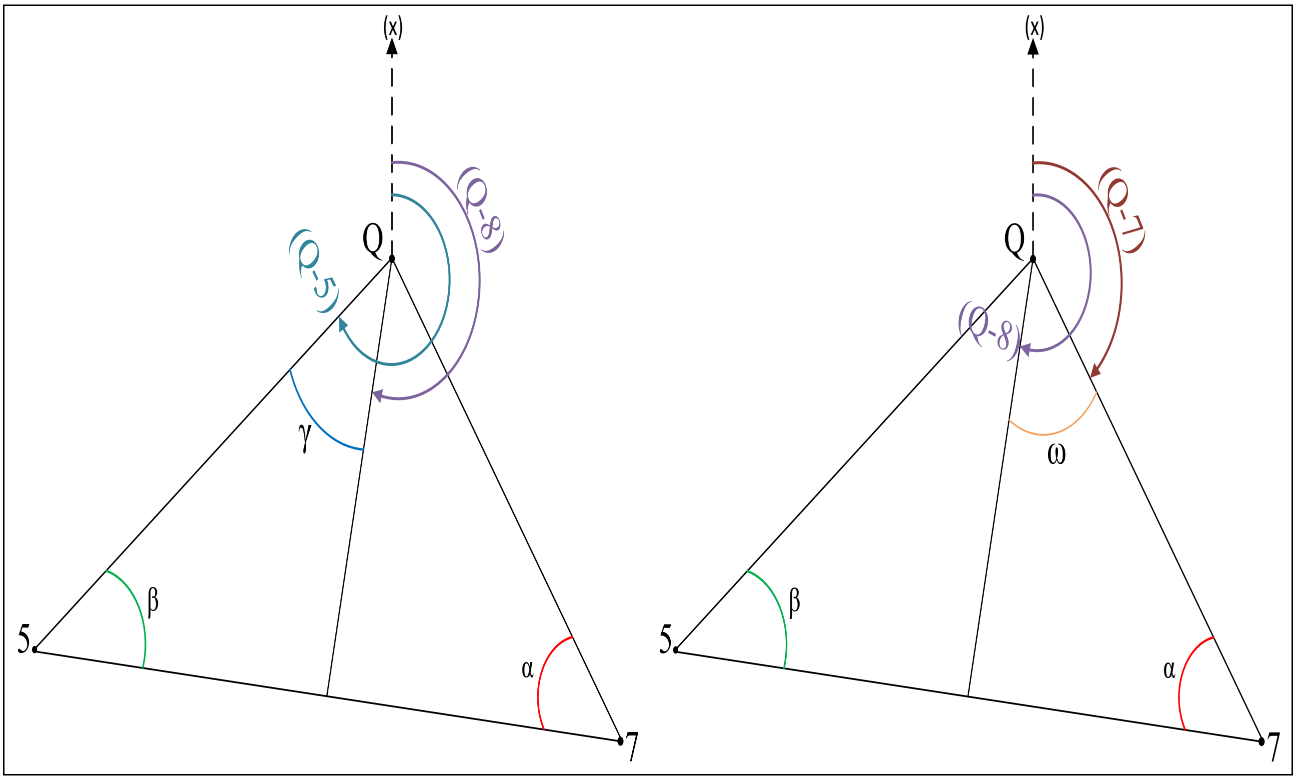
γ ile ω açılarının hesaplanması için $(6 - Q)$ semt açısının hesaplanması gereklidir (Şekil 171). $(6 - Q)$ semt açısı aynı zamanda 6, Q ve 8 numaralı noktaların arasında oluşan doğru parçasında $(Q - 8)$ semt açısına da eşittir (Şekil 171).

$$(6 - Q) = (Q - 8)$$

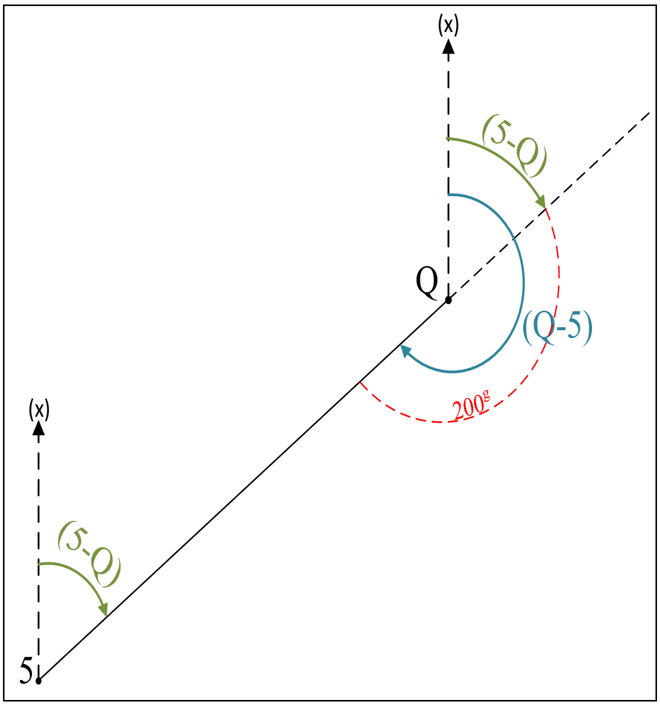


Şekil 171

$$\gamma = (Q-5) - (Q-8) \qquad \omega = (Q-8) - (Q-7)$$



Şekil 172

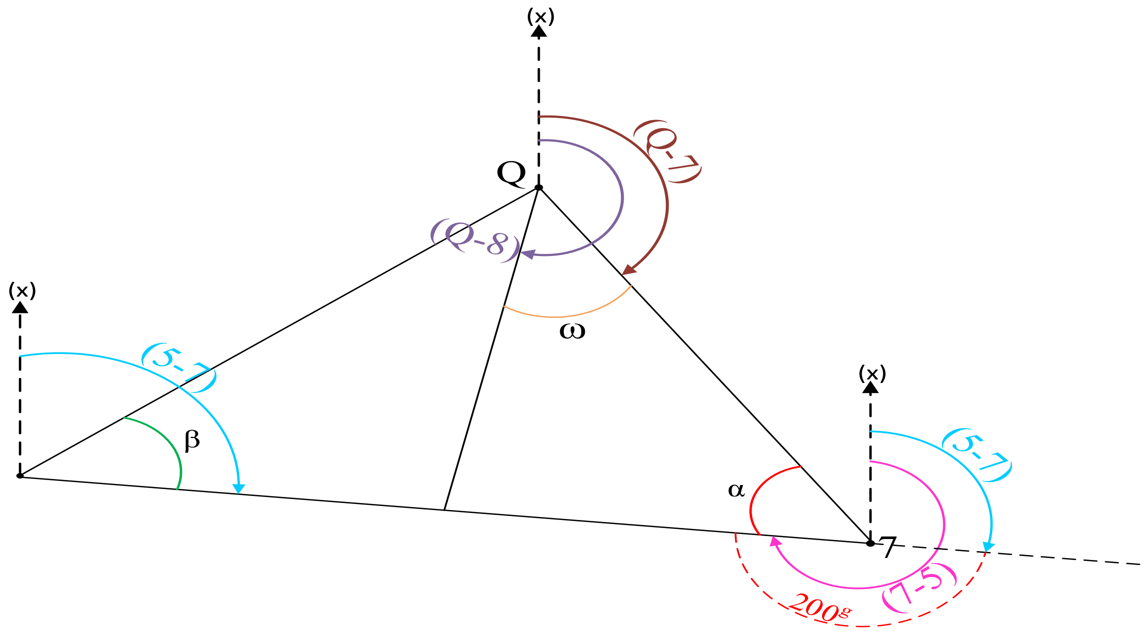


Şekil 173

$$(Q-8) = 200 + \tan^{-1}\left(\left(Y_Q - Y_6\right) \div \left(X_Q - X_6\right)\right) = 203.6733^g$$

$$\gamma = (Q-5) - (Q-8) = (5-Q) + 200^g - (Q-8) = 68.0289^g$$

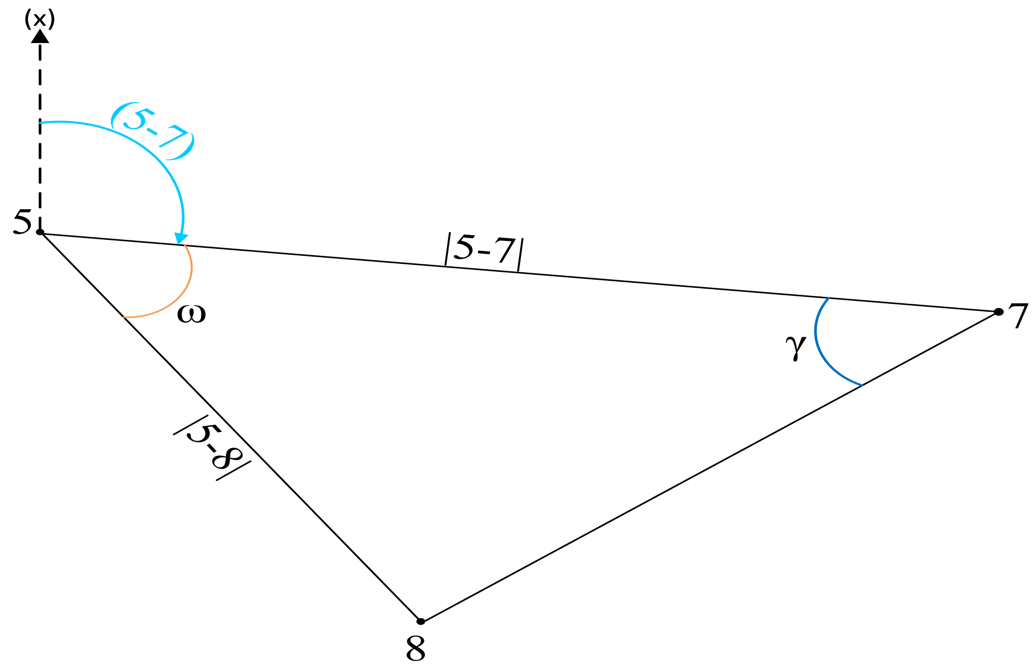
$$\omega = (Q-8) - (Q-7) = (Q-8) - [(7-Q) - 200^g]$$



Şekil 174

$$(7-Q) = (7-5) + \alpha = (5-7) + 200^g + \alpha = 341.2587^g$$

$$\omega = (Q-8) - [(7-Q) - 200^g] = 62.4145^g$$



Şekil 175

8) $\overline{5-8}$ uzunluğunun hesabı (Şekil 175'da $|5-8|$ olarak gösterilmiş)

$$\frac{\overline{5-8}}{\sin(\gamma)} = \frac{\overline{5-7}}{\sin\,(\gamma+\omega)} \rightarrow \overline{5-8} = \frac{\sin(\gamma)}{\sin(\gamma+\omega)} * \overline{5-7} = 61.647\;m$$

9) 5 numaralı noktadan 8 numaralı noktanın koordinatlarının hesaplanması

$$(5-8) = (5-7) + \omega$$

$$Y_8 = Y_5 + \overline{5-8} * \sin(5-8) = 560258.736\;m$$

$$X_8 = X_5 + \overline{5-8} * \cos(5-8) = 4358071.399\;m$$

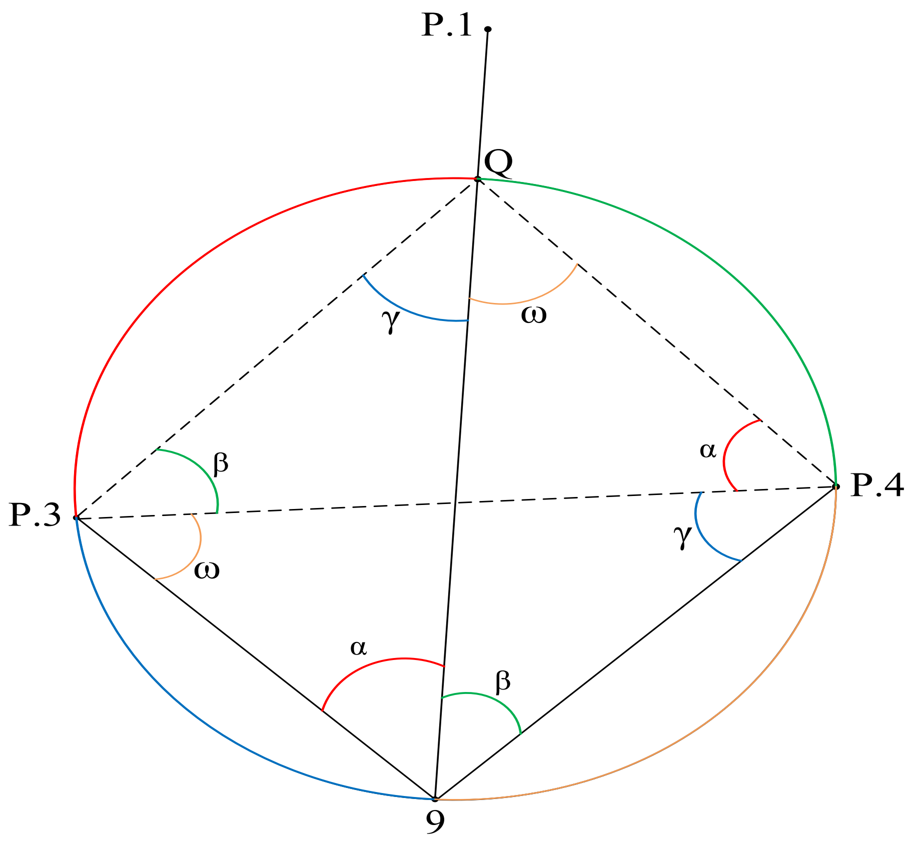
Örnek 2:

Nokta Koordinatları

Adı	Y	X
P.3	560068.101	4358232.763
P.1	560079.430	4358311.181
P.4	560127.956	4358229.002

Ölçüm verileri

DN	BN	YA
9	P.3	311.1960
	P.1	312.6520
	P.4	379.0350



P.3 numaralı noktadan 9 numaralı noktanın koordinatlarının hesaplanması:

1) α ve β açılarının hesabı

$\alpha = 312.6520^g - 311.1960^g = 1.4560^g, \beta = 379.0350^g - 312.6520^g = 66.3830^g$

2) (P.3-P.4) semt açısının hesabı:

$$(\mathrm{P.3-P.4}) = 200 - \tan^{-1}\big((Y_{\mathrm{P.4}} - Y_{\mathrm{P.3}}) \div (X_{\mathrm{P.4}} - X_{\mathrm{P.3}}) * (-1)\big) = 103.9950^g$$

3) (P.3-Q) semt açısının hesabı:

$$(\mathrm{P.3} - Q) = (\mathrm{P.3-P.4}) - \beta = 37.6120^g$$

4) $\overline{\mathrm{P.3-P.4}}$ uzunluğunun hesabı

$$\overline{\mathrm{P.3-P.4}} = \sqrt{((Y_{\mathrm{P.4}} - Y_{\mathrm{P.3}})^2 + (Y_{\mathrm{P.4}} - Y_{\mathrm{P.3}})^2)} = 59.973\ m$$

5) $\overline{\mathrm{P.3-Q}}$ uzunluğunun hesabı

$$\frac{\overline{P.3-Q}}{\sin(\alpha)} = \frac{\overline{P.3-P.4}}{\sin(\alpha+\beta)} \rightarrow \overline{P.3-Q} = \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\alpha+\beta)} * \overline{P.3-P.4}$$

$$\overline{P.3-Q} = 1.567\ m$$

6) Q Collins yardımcı noktasının koordinatlarının P.3 numaralı noktadan hesabı

$$Y_Q = Y_{P.3} + \overline{\mathrm{P.3-Q}} * \sin(P.3-Q) = 560225.186 + \overline{\mathrm{P.3-Q}} * \sin(5-Q) = 560262.757\ m$$

$$X_Q = X_{P.3} + \overline{\mathrm{P.3-Q}} * \cos(P.3-Q) = 560225.186 + \overline{\mathrm{P.3-Q}} * \cos(P.3-Q) = 4358141.012\ m$$

7) $(P.1-Q)$ semt açısı hesabı

$$(P.1-\mathrm{Q}) = 200 + \tan^{-1}\left(\left(Y_Q - Y_{\mathrm{P.1}}\right) \div \left(X_Q - X_{\mathrm{p.1}}\right)\right) = 208.5794^g$$

$$(P.1-Q) = (Q-9)$$

8) γ ve ω açılarının hesabı

$$\gamma = (Q-9) - (Q-P.4) \qquad \omega = (Q-P.3) - (Q-9)$$

$$\omega = (P.3-Q) + 200 - (Q-9) = 29.0326$$

$$\gamma = (Q-9) - (Q-P.4) = 103.1284^g$$

9) $(P.3-9)$ semt açısının hesabı

$$(P.3-Q) = (P.3-P.4) + \gamma = 207.1234^g$$

10) $\overline{P.3-9}$ uzunluğunun hesabı

$$\frac{\overline{P.3-9}}{\sin(\omega)} = \frac{\overline{P.3-P.4}}{\sin(\gamma+\omega)} \rightarrow \overline{P.3-9} = \frac{\sin(\omega)}{\sin(\gamma+\omega)} * \overline{P.3-P.4} = 30.182\ m$$

11) P.3 numaralı noktadan 9 numaralı noktanın koordinatlarının hesaplanması

$$Y_9 = Y_{P.3} + \overline{\mathrm{P.3-9}} * \sin(P.3-9) = 560064.731\ m$$

$$X_9 = Y_{P.3} + \overline{\mathrm{P.3-9}} * \sin(P.3-9) = 4358202.778\ m$$

P.4 numaralı noktadan 9 numaralı noktanın koordinatlarının hesaplanması: 9 numaralı noktanın koordinatları hem P.3 noktasından hem de P.4 noktasından hesaplanmalıdır. İki hesap sonucu Y ve X koordinatları arasındaki fark 7 cm'yi geçmemelidir.

(Q yardımcı noktanın koordinatları, $\omega\ ve\ \gamma$ açıları hesaplanmış olarak kabul edilip işlemler yapılmıştır)

1) $\overline{P.4-9}$ uzunluğunun hesabı

$$\frac{\overline{P.4-9}}{\sin(\gamma)} = \frac{\overline{P.4-P.3}}{\sin(\gamma+\omega)} \rightarrow \overline{P.4-9} = \frac{\sin(\gamma)}{\sin(\gamma+\omega)} * \overline{P.4-P.3} = 68.451\ m$$

2) (P.4-31) semt açısının hesabı

$$(P.4-31) = (P.4-P.3) - \omega = 274.9625^g$$

3)P.4 noktasından 9 numaralı noktanın koordinatlarının hesaplanması

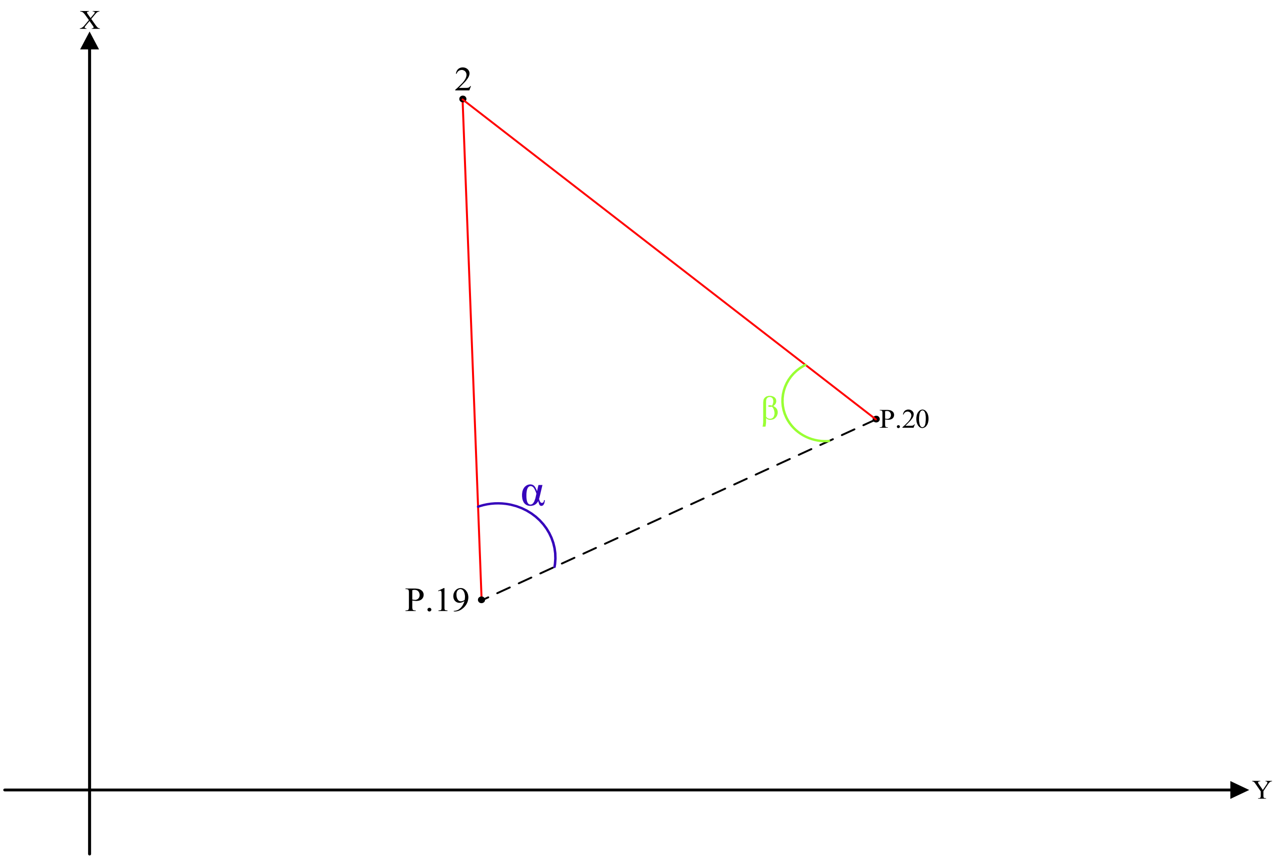
$$Y_9 = Y_{P.4} + \overline{\mathrm{P}.4-9} * \sin(P.4-9) = 560064.731\ m$$

$$X_9 = Y_{P.4} + \overline{\mathrm{P}.4-9} * \sin(P.4-9) = 4358202.778\ m$$

Önden Kestirme Hesabı (İleriden Kestirme Hesabı)

Üzerine ölçüm aleti kurulamayan ve koordinatları bulunmak istenen bir nokta (cami alemi, baz istasyonu uç noktası, paratoner uç noktası,…) olduğu takdirde bu noktanın yatay düzlem koordinatları önden kestirme hesabı ile hesaplanabilir. Önden kestirme hesabında ölçüm noktası koordinatları bilinen diğer noktalardır. Önden kestirme hesabı ölçülen büyüklüğün (açı veya mesafe) cinsine göre farklı hesaplama tekniklerine sahiptir. Örneklerde ölçülen yatay açı değerleri ile önden kestirme yöntemi anlatılmaktadır.

Şekil 176 2 numaralı noktanın önden kestirme hesabı ile koordinatlarının bulunması için P.19 ve P.20 numaralı noktalardan yapılan ölçümlerin temsilidir.



Şekil 176

Önden kestirme hesabında ölçümler koordinatı bilinen noktalardan, koordinatı bulunacak noktaya yapılmaktadır. Geriden kestirme hesabında ölçümler koordinatı bulunacak olan noktadan yapılmaktadır.

Ölçümlerde hem P.19 noktasından hem de P.20 noktasından açı ölçümleri yapılmıştır. 2 numaralı noktanın koordinatlarının kontrollü bir şekilde bulunması için hem P.19 hem de P.20 numaralı noktalardan koordinatlarının hesaplanması gerekir. Her iki noktadan da hesaplanan koordinatlar aynı çıkmalıdır.

Noktaların koordinatları ve ölçüm verileri:

NNo	**Y**	**X**
P.19	560051.812	4358290.727
P.20	560121.596	4358332.399
DN	**BN**	**YA**
P.19	2	19.7563^g
P.19	P.20	85.9747^g

DN	**BN**	**YA**
P.20	P.19	22.8066^g
	2	92.8267^g

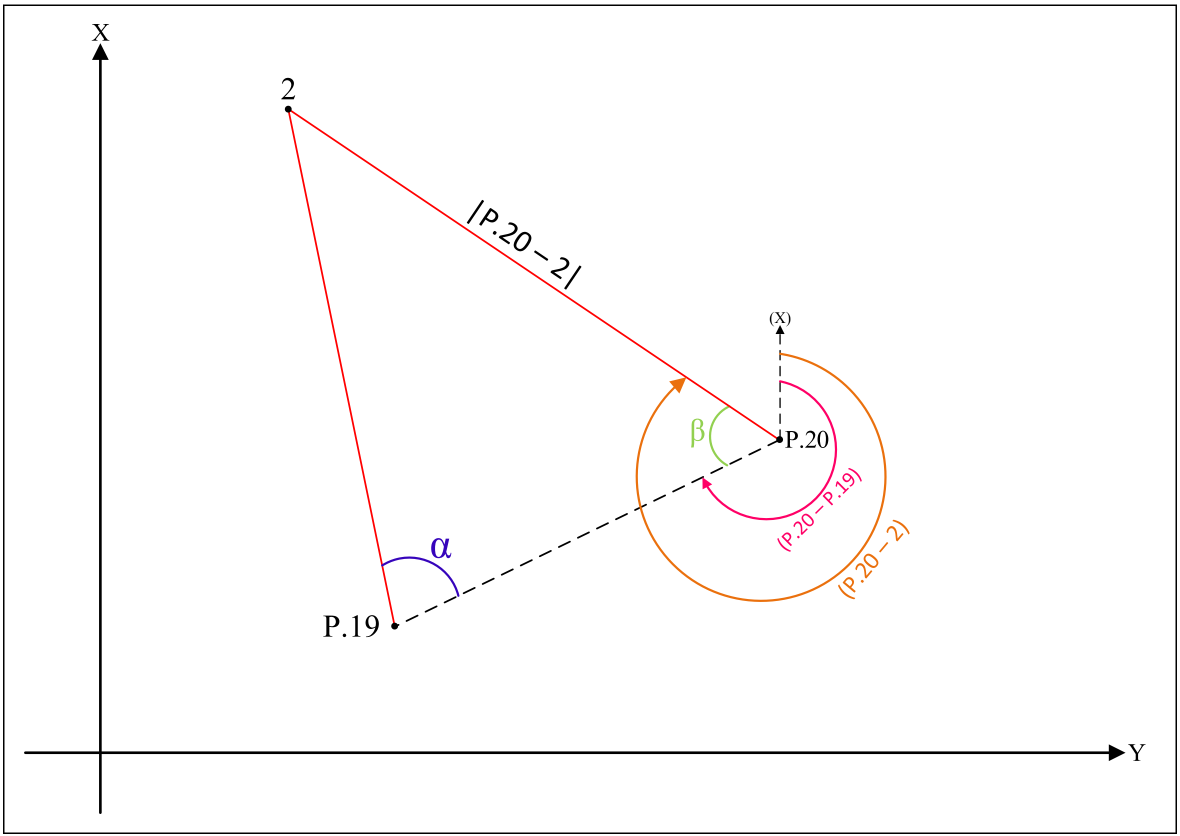
Çözüm:

1) *α açısının hesaplanması*

$$\alpha = 85.9751^g - 19.7563^g = 66.2188^g$$

2) *β açısının hesaplanması*

$$\beta = 92.8267^g - 22.8066^g = 70.0201^g$$



Şekil 177

Şekil 177 P.20 noktasından 2 numaralı noktanın yatay düzlem koordinatlarının hesaplanması için gerekli olan $(P.20-2)$ semt açısının hesaplanması için gerekli açıların temsilidir. Şekil incelendiğinde $(P.20-2)$ semt açısı:

$$(P.20-2) = (P.20-P.19) + \beta \text{ formülüyle hesaplanır.}$$

3) $(P.20-P.19)$ *semt açısının hesaplanması*

$$\left.\begin{array}{ll} Y_{P.19} - Y_{P.20} & negatif \\ X_{P.19} - X_{P.20} & negatif \end{array}\right\} 3.\,Bölge$$

$$(P.20-P.19) = 200^g + \tan^{-1}\big((Y_{P.19} - Y_{P.20}) \div (X_{P.19} - X_{P.20})\big)$$

$$(P.20-P.19) = 265.7291^g$$

4) $(P.20-2)$ semt açısının hesaplanması

$$(P.20-2) = (P.20-P.19) + \beta = 335.7492^g$$

Şekil 179 P.20 noktasından 2 numaralı noktanın yatay düzlem koordinatlarının hesaplanması için gerekli olan $\overline{P.20-2}$ yatay mesafesinin hesaplanmasında kullanılacak sinüs teoreminin kullanımı gösterilmiştir. Hesabın yapılabilmesi için $\overline{P.20 - P.19}$ yatay mesafesinin de hesaplanması gereklidir

5) $\overline{P.20 - P.19} = \sqrt{((Y_{P.19} - Y_{P.20})^2 + (X_{P.19} - X_{P.20})^2)} = 81.280\ m$

6) $\overline{P.20 - 2}\ yatay\ mesafesinin\ hesaplanması$

$$\frac{\overline{P.20 - 2}}{\sin(\alpha)} = \frac{\overline{P.20 - P.19}}{\sin(\alpha + \beta)}$$

$$\overline{P.20 - 2} = \sin(\alpha) * \frac{\overline{P.20 - P.19}}{\sin(\alpha + \beta)} = 83.226\ m$$

7) 2 numaralı noktanın yatay düzlem koordinatlarının P.20 noktasından hesaplanması

$$Y_2 = Y_{P.20} + |P.20 - 2| * \sin(P.20 - 2) = 560051.151\ m$$

$$X_2 = X_{P.20} + |P.20 - 2| * \cos(P.20 - 2) = 4358376.717\ m$$

2 numaralı noktanın koordinatları P.19 numaralı noktadan da hesaplanmalıdır. Örnekte sadece P.20 noktasından hesaplanmıştır.

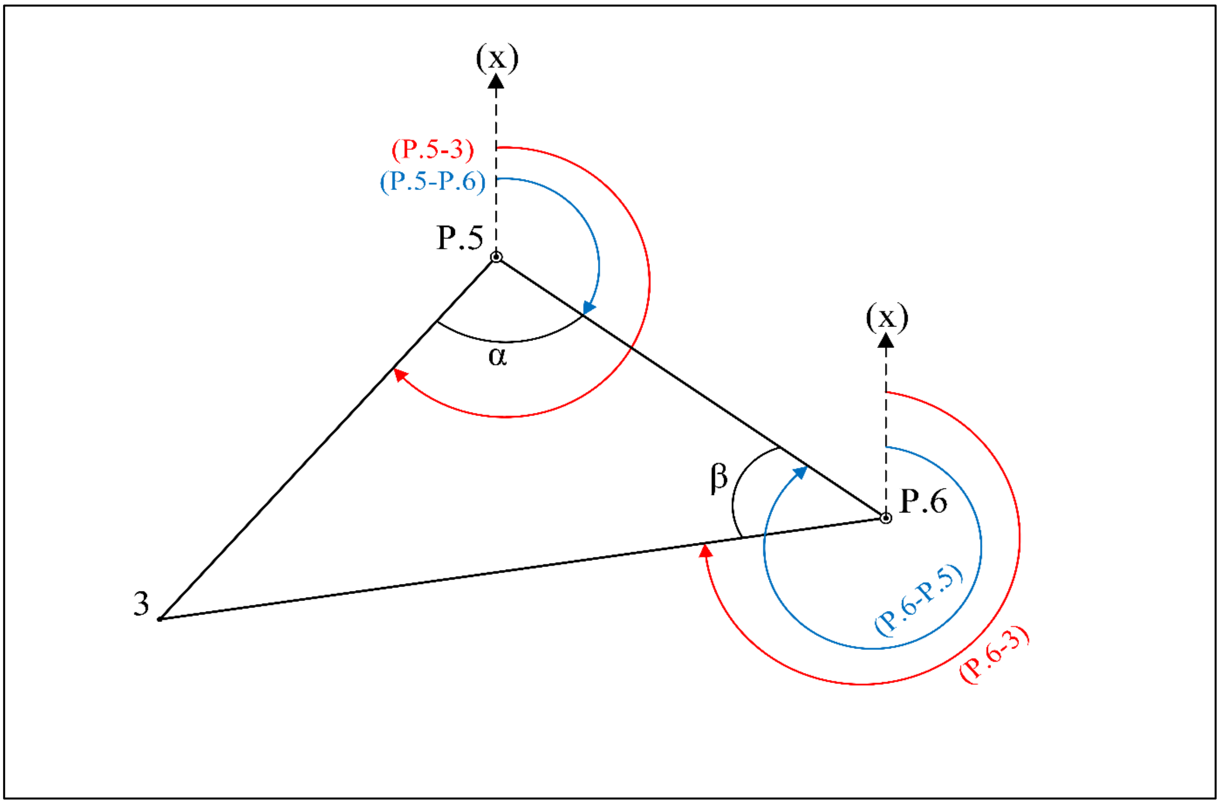
Örnek:

Nokta No	Y	X
P.5	559987.149	4358748.168
P.6	560004.648	4358734.696

DN	BN	YA
P.5	P.6	45.8950
	3	158.8469

DN	BN	YA
P.6	3	227.3711
	P.5	283.38903

P.5 ve P.6 noktalarından yapılan ölçümler ve P.5 ve P.6 noktalarının koordinatlarını kullanarak 3 numaralı noktanın koordinatlarını hesaplayınız.



Şekil 178

$$(P.5-3) = (P.5-P.6) + \alpha$$

$$(P.6-3) = (P.6-P.5) - \beta$$

$$\overline{P.5-3} = \frac{\sin(\beta)}{\sin(\alpha+\beta)} * \overline{P.5-P.6}$$

$$\overline{P.6-3} = \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\alpha+\beta)} * \overline{P.5-P.6}$$

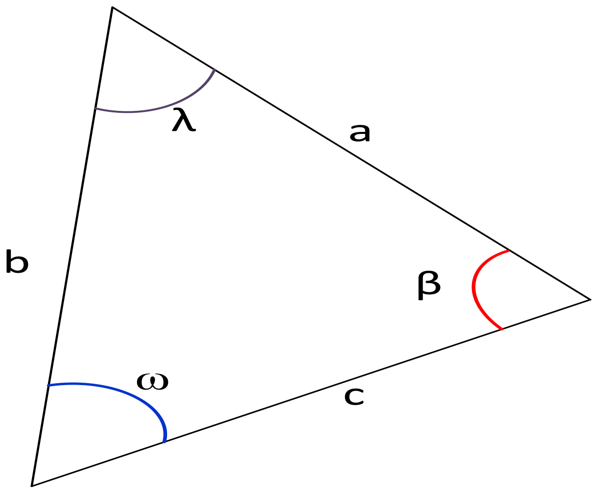
$$Y_3 = Y_{P.5} + \overline{P.5-3} * \sin(P.5-3)$$

$$X_3 = X_{P.5} + \overline{P.5-3} * \cos(P.5-3)$$

$$Veya$$

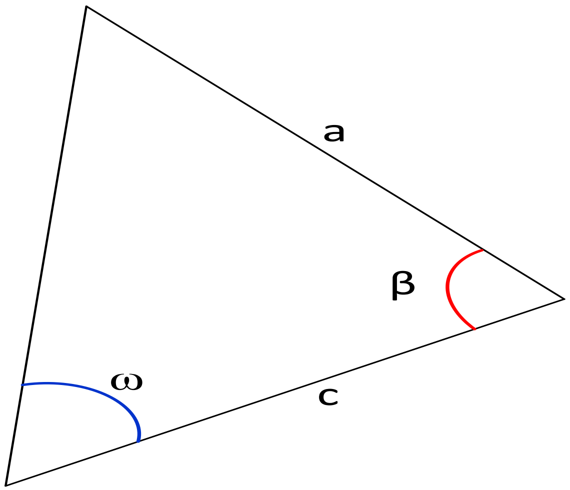
$$Y_3 = Y_{P.6} + \overline{P.6-3} * \sin(P.6-3)$$

$$X_3 = X_{P.6} + \overline{P.6-3} * \cos(P.6-3)$$



Sinüs teoremi

$$\frac{b}{\sin(\beta)} = \frac{a}{\sin(\omega)} = \frac{c}{\sin(\lambda)} = \frac{b}{\sin(\lambda+\omega)} = \frac{a}{\sin(\lambda+\beta)} = \frac{c}{\sin(\beta+\omega)}$$



-- ω ,β açısı, c uzunlukları biliniyor

-- a bulunmak isteniyor

$$\frac{a}{\sin(\omega)} = \frac{c}{\sin(\omega+\beta)}$$

$$a = \sin(\omega) * \frac{c}{\sin(\omega+\beta)}$$

Şekil 179

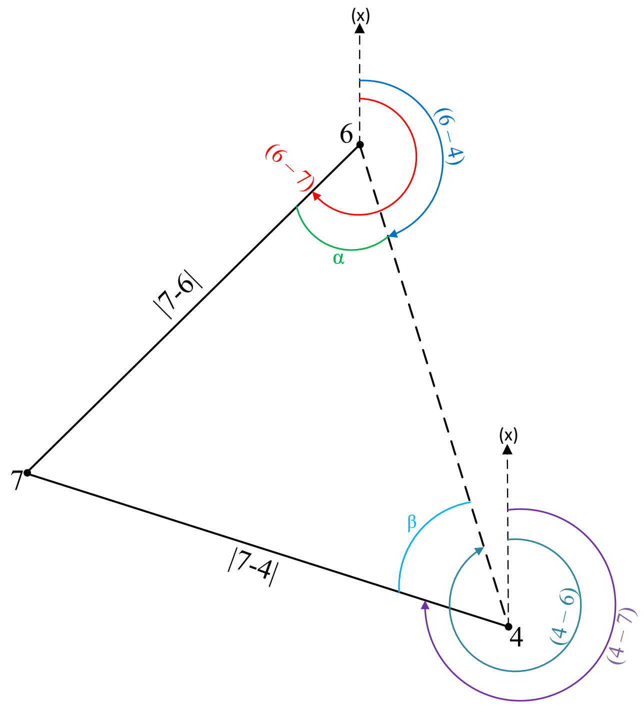
Örnek:

NNo	Y	X
6	560444.746	4357999.490
4	560459.333	4357967.401

DN	BN	YA
6	4	74.5842^g
	7	164.3107^g

DN	BN	YA
4	7	297.5305^g
	6	356.8651^g

Verilen koordinatlar ve ölçüm verilerini kullanarak 7 numaralı noktanın koordinatlarını önden kestirme hesabı ile bulunuz.



4 Numaralı noktanın koordinatlarının 7 numaralı noktadan hesaplanması:

1) $\overline{4-6}$ yatay mesafesinin hesaplanması:

$$\overline{4-6} = \sqrt{((Y_6 - Y_4)^2 + (X_6 - X_4)^2)} = 35.249\ m$$

2) $(4-6)$ semt açısının hesaplanması:

$$(4-6) = 400 - \tan^{-1}\big((Y_6 - Y_4) \div (X_6 - X_4) * (-1)\big) = 372.8383^g$$

3) β ve α kırılma açılarının hesabı

$$\beta = 356.8651^g - 297.5305^g = 59.3346^g \ \ , \alpha = 164.3107^g - 74.5842^g = 89.7265^g$$

4) $(4-7)$ semt açısının hesabı:

$$(4-7) = (4-6) - \beta = 313.5037^g$$

5) $\overline{7-4}$ uzunluğunun sinüs teoremi ile çözülmesi

$$\frac{\overline{7-4}}{\sin(\alpha)} = \frac{\overline{4-6}}{\sin(\alpha+\beta)} \rightarrow \overline{7-4} = \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\alpha+\beta)} * \overline{4-6} = 48.492\ m$$

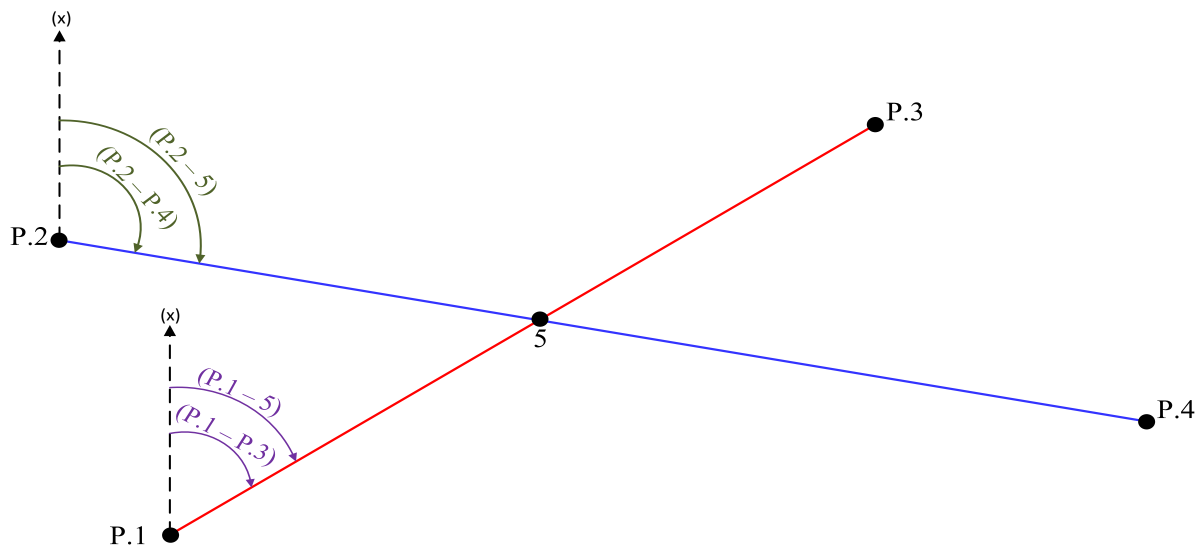
6) 7 numaralı noktanın koordinatlarının 4 numaralı noktadan hesaplanması:

$$Y_7 = Y_4 + \overline{7-4} * \sin(4-7) = 560411.928m$$
$$X_7 = X_4 + \overline{7-4} * \cos(4-7) = 4357977.610\ m$$

7 numaralı noktanın koordinatları 6 numaralı noktadan da hesaplanmalıdır. Örnekte sadece 4 noktasından hesaplanmıştır.

İki Çizgi Grafik Objesinin Kesişim Noktasının Koordinatlarının Hesabı

Yol güzergâhları, alt yapı projelerinde (doğalgaz, su, kanalizasyon projeleri) güzergâh objeleri çizgi grafik objesi ile çizilir. Her güzergâh objesi çizgi ile çizilir. Güzergahların kesiştiği noktalar yapılan projeye göre some noktaları, baca noktaları veya vana noktalarıdır. Kesişimin olduğu yerde nokta grafik objesi oluşmalı ve bu noktanın koordinatları hesaplanmalıdır. Şekil 180 P.1 ile P.3 arasındaki güzergahın (kırmızı çizgi), P.2 ile P.4 arasındaki güzergah arasındaki kesişimin 5 numaralı nokta temsili vardır. P.1, P.2, P.3 ve P.4 noktalarının koordinatları biliniyor. 5 numaralı noktanın koordinatları hesaplanmak isteniyor.



Şekil 180

Şekil 180 incelendiğinde, 5 numaralı nokta P.1 ile P.3 arasındaki doğru üzerinde kaldığı için (P.1-P.3) semt açısı (P.1-5) semt açısına eşittir. Aynı şekilde (p.2-P.4) semt açısı ile (P.2-5) semt açıları birbirine eşittir. Bu eşitliklerden yola çıkılarak kullanılarak 5 numaralı noktanın koordinatlarının hesaplanması için gereken koordinat hesabı formülleri bulunacak.

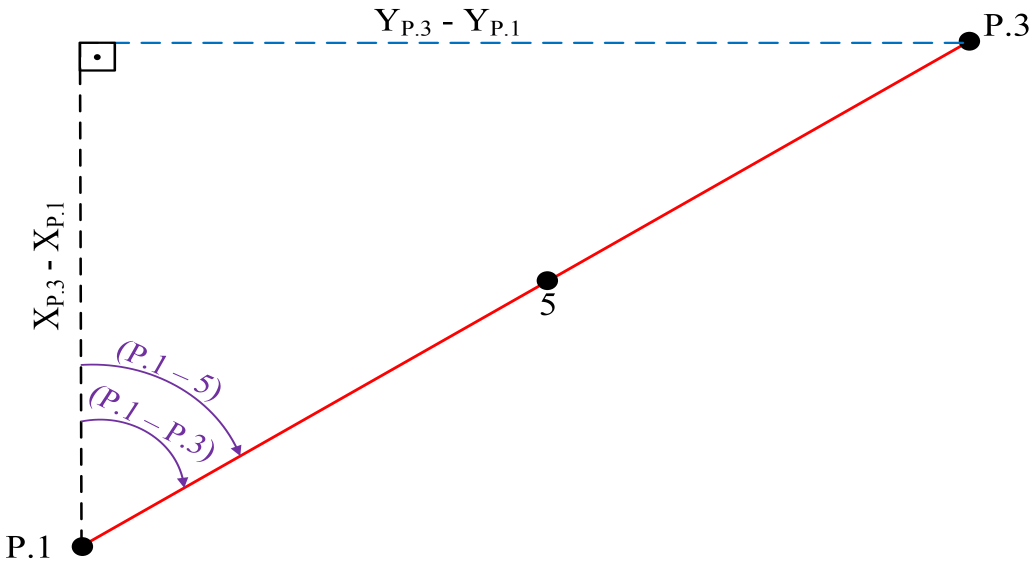
Şekil 181 (P.1-P.3) semt açısını ve P.1 ile P.3 noktalarının koordinatlarının ilişkisinin tasviridir.

$$\tan(P.1 - P.3) = \frac{(Y_{P.3} - Y_{P.1})}{(X_{P.3} - X_{P.1})} \rightarrow \tan(P.1 - P.3) = \tan(P.1 - 5)$$

$$\tan(P.1 - P.3) = \frac{(Y_5 - Y_{P.1})}{(X_5 - X_{P.1})} \rightarrow Y_5 = Y_{P.1} + (X_5 - X_{P.1}) * \tan(P.1 - P.3) \rightarrow \ Denklem\ 1$$

$$\tan(P.1-P.3)=\frac{(Y_5-Y_{P.1})}{(X_5-X_{P.1})}\rightarrow(X_5-X_{P.1})=\frac{(Y_5-Y_{P.1})}{\tan\,(P.1-P.3)}$$

$$X_5=X_{P.1}+\frac{(Y_5-Y_{P.1})}{\tan\,(P.1-P.3)}\rightarrow\;Denklem\;2$$



Şekil 181

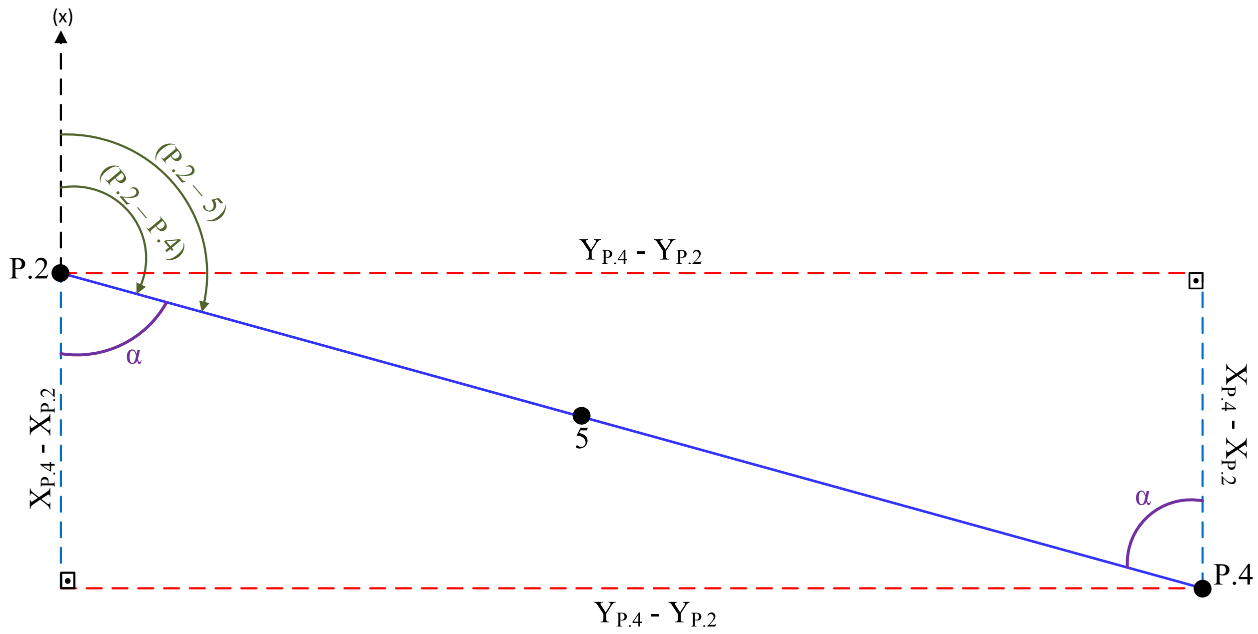
Şekil 182 (P.2-P.4) semt açısını ve P.2 ile P.4 noktalarının koordinatlarının ilişkisinin tasviridir.

$$\tan(P.2-P.4)=\frac{(Y_{P.4}-Y_{P.2})}{(X_{P.4}-X_{P.2})}\rightarrow\tan(P.2-P.4)=\tan\,(P.2-5)$$

$$\tan(P.2-P.4)=\frac{(Y_5-Y_{P.2})}{(X_5-X_{P.2})}\rightarrow Y_5=Y_{P.2}+(X_5-X_{P.2})*\tan(P.2-P.4)\rightarrow\;Denklem\;3$$

$$\tan(P.2-P.4)=\frac{(Y_5-Y_{P.2})}{(X_5-X_{P.2})}\rightarrow(X_5-X_{P.2})=\frac{(Y_5-Y_{P.1})}{\tan\,(P.2-P.4)}$$

$$X_5=X_{P.2}+\frac{(Y_5-Y_{P.2})}{\tan\,(P.2-P.4)}\rightarrow\;Denklem\;4$$



Şekil 182

$Denklem$ 1 ile $Denklem$ 3 birbirlerine eşitlenir ve X_5 parametresi yalnız bırakıldığında 5 numaralı noktanın X koordinatı tespit etmek için gerekli formül bulunmuş olur.

$$Y_{P.1} + (X_5 - X_{P.1}) * \tan(P.1 - P.3) = Y_{P.2} + (X_5 - X_{P.2}) * \tan(P.2 - P.4)$$

$$X_5 * (\tan(P.1 - P.3) - \tan(P.2 - P.4)) = X_{P.1} * \tan(P.1 - P.3) - X_{P.2} * \tan(P.2 - P.4)$$

$$X_5 = \frac{(Y_{P.2} - Y_{P.1} + X_{P.1} * \tan(P.1 - P.3) - X_{P.2} * \tan(P.2 - P.4))}{(\tan(P.1 - P.3) - \tan(P.2 - P.4))}$$

$Denklem$ 2 ile $Denklem$ 4 birbirlerine eşitlenir ve Y_5 parametresi yalnız bırakıldığında 5 numaralı noktanın Y koordinatı tespit etmek için gerekli formül bulunmuş olur.

$$X_{P.1} + \frac{(Y_5 - Y_{P.1})}{\tan\,(P.1 - P.3)} = X_{P.2} + \frac{(Y_5 - Y_{P.2})}{\tan\,(P.2 - P.4)}$$

$$\frac{Y_5}{\tan\,(P.1 - P.3)} - \frac{Y_5}{\tan(P.2 - P.4)} = X_{P.2} - X_{P.1} + \frac{Y_{P.1}}{\tan(P.1 - P.3)} - \frac{Y_{P.2}}{\tan\,(P.2 - P.4)}$$

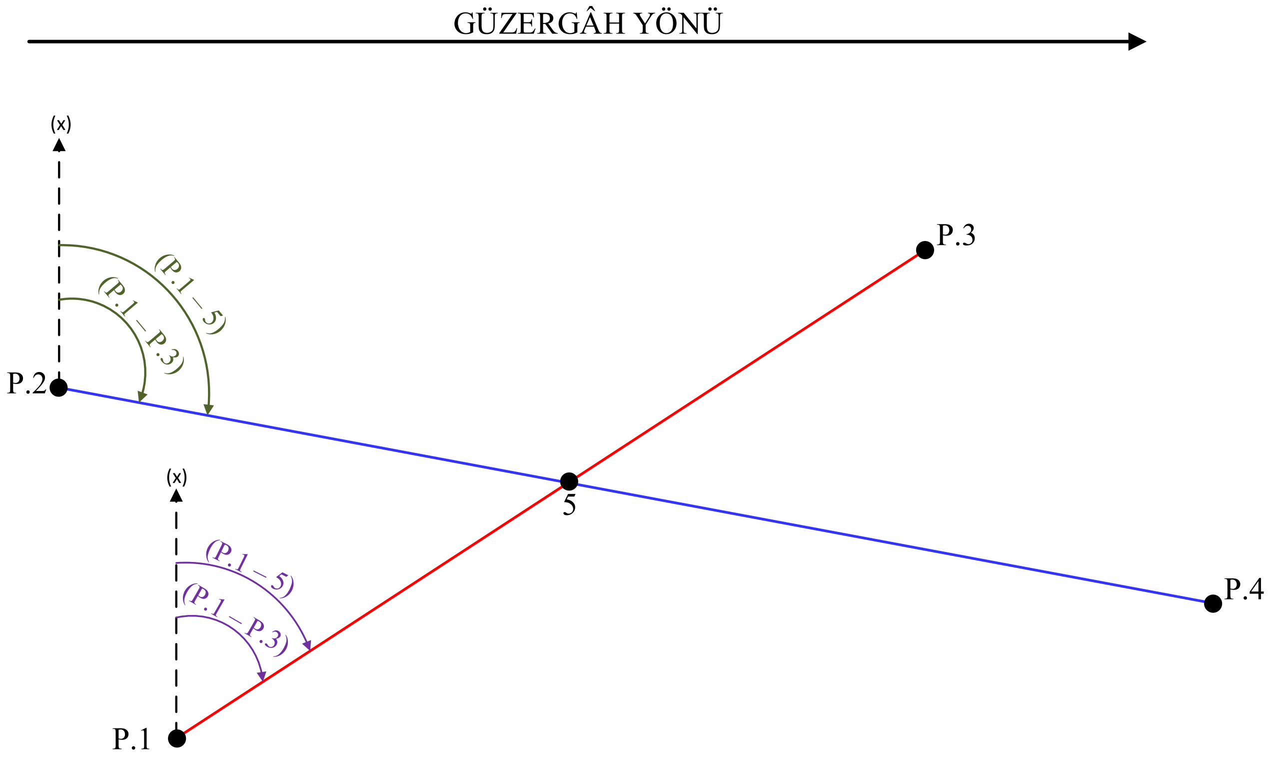
$$Y_5 = \frac{(\tan(P.2 - P.4) * \tan\,(P.1 - P.3))}{(\tan(P.1 - P.3) - \tan(P.2 - P.4))} * \left(X_{P.2} - X_{P.1} + \frac{Y_{P.1}}{\tan(P.1 - P.3)} - \frac{Y_{P.2}}{\tan\,(P.2 - P.4)}\right)$$

Örnek:

Güzergâh Nokta Koordinatları

Nno	Y	X
P.1	559716.478	4358103.786
P.2	559711.817	4358117.557
P.3	559746.35	4358123.066
P.4	559757.791	4358109.083

P.1 ile P.3 noktalarının oluşturduğu güzergâh ve P.2 ile P.4 noktaların oluşturduğu güzergâh kesişim noktasının (Şekil 183 5 numaralı nokta) koordinatlarını hesaplayınız.



Şekil 183

5 numaralı noktanın koordinatlarını hesaplayabilmek için konu içinde anlatılan formülleri kullanmak yetmez. Formülleri kullanmak için güzergâhın başlangıç yönü ve bu başlangıç yönüne göre güzergahların başlangıç noktaları belirlenmelidir. Şekil 183 incelendiğinde güzergah soldan sağa doğru oluşmaktadır. P.1 ile P.3 noktalarının oluşturduğu güzergâhta başlangıç noktası P.1 noktası, P.2 ve P.4 noktaları arasındaki güzergâhta başlangıç noktası P.2 noktasıdır. Semt açıları da bu noktalardan oluşturulmalıdır.

1) $(P1.-P.3)$ semt açısının hesabı

$$(P.1-P.3)=\tan^{-1}\big((Y_{P.3}-Y_{P.1})\div(X_{P.3}-X_{P.1})\big)=63.5122^{g}$$

2) $(P.2-P.4)$ semt açısının hesabı

$$(P.2 - P.4) = 200^g - \tan^{-1}\big((Y_{P.4} - Y_{P.2}) \div (X_{P.4} - X_{P.2}) * (-1)\big) = 111.6040^g$$

3) X_5 koordinatının hesaplanması:

$$X_5 = \frac{(Y_{P.2} - Y_{P.1} + X_{P.1} * \tan(P.1 - P.3) - X_{P.2} * \tan(P.2 - P.4))}{(\tan(P.1 - P.3) - \tan(P.2 - P.4))} = 4358113.830\ m$$

4) Y_5 koordinatının hesaplanması:

$$Y_5 = \frac{(\tan(P.2 - P.4) * \tan\,(P.1 - P.3))}{(\tan(P.1 - P.3) - \tan(P.2 - P.4))} * \left(X_{P.2} - X_{P.1} + \frac{Y_{P.1}}{\tan(P.1 - P.3)} - \frac{Y_{P.2}}{\tan\,(P.2 - P.4)}\right)$$

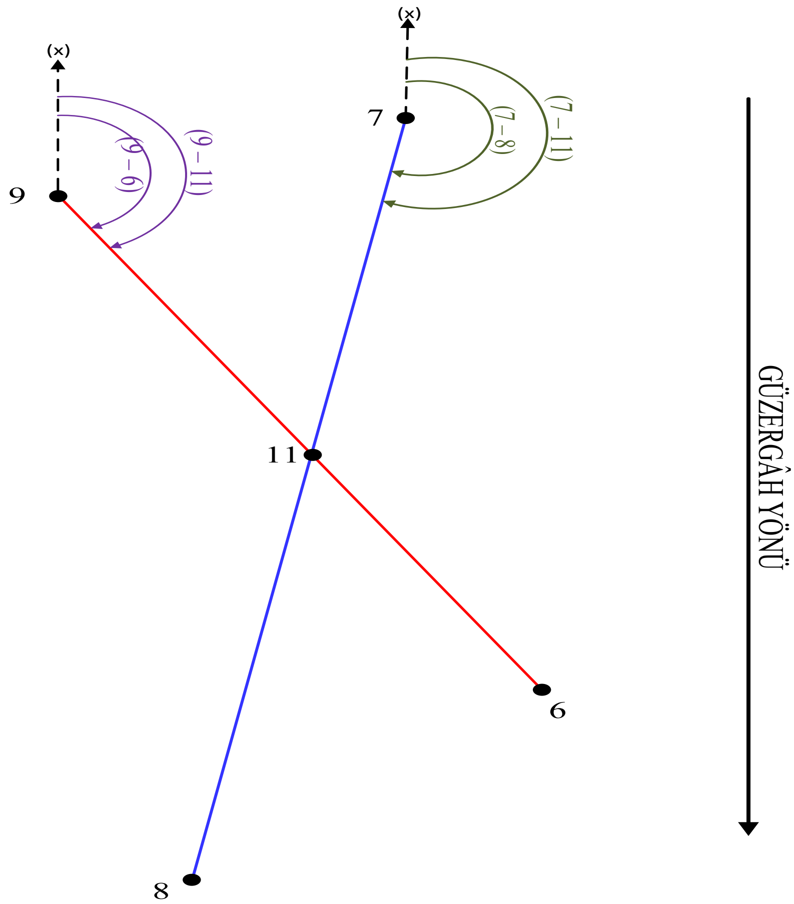
$$Y_5 = 559732.039\ m$$

Örnek:

Nokta Koordinatları

Nno	Y	X
6	560572.605	4358211.454
7	560570.571	4358257.724
8	560538.538	4358205.098
9	560537.775	4358256.199

9 ve 6 numaraların oluşturduğu güzergâh ile 7 ve 8 numaralın oluşturduğu güzergâhın kesişim noktası olan 11 numaralı noktanın koordinatlarını hesaplayınız.



Şekil 184

Yandaki Şekil 184 incelendiğinde güzergâh yönü yukarıdan aşağıya doğrudur. Güzergâh yönü daha önce oluşturulan formüllerin kullanılması için önemlidir. 9 ve 6 numaralı noktaların oluşturduğu güzergahın başlangıç noktası 9 numaralı nokta olarak alınacak. 7 ve 8 numaralı noktaların oluşturduğu güzergâhın başlangıç noktası 7 numaralı nokta olarak alınacak.

Daha önceki formüllerdeki $(P.1 - P.3)$ semt açısı yerine $(9 - 6)$ semt açısı kullanılacak. $(2 - 4)$ semt açısı yerine ise $(7 - 8)$ semt açısı kullanılacak. Bu bağlamda daha önce oluşturulmuş formüldeki P.1 noktası koordinatları yerine 9 numaralı noktanın koordinatları; P.2 noktası koordinatları yerine 7 numaralı noktanın koordinatları kullanılacak.

1) $(9 - 6)$ semt açısının hesabı:

$$(9-6) = 200 - \tan^{-1}\big((Y_6 - Y_9) \div (X_6 - X_9) * (-1)\big) = 157.8916^g$$

2) (7-8) semt açısının hesabı:

$$(7-8) = 200 + \tan^{-1}\big((Y_8 - Y_7) \div (X_8 - X_7)\big) = 234.8121^g$$

3) X11 koordinatının hesaplanması:

$$X_{11} = \frac{(Y_7 - Y_9 + X_9 * \tan(9-6) - X_7 * \tan(7-8))}{(\tan(9-6) - \tan(7-8))} = 4358233.226\, m$$

4) Y_{11} koordinatının hesaplanması

$$Y_{11} = \frac{(\tan(7-8) * \tan\,(9-6))}{(\tan(9-6) - \tan(7-8))} * \left(X_7 - X_9 + \frac{Y_9}{\tan(9-6)} - \frac{Y_7}{\tan\,(7-8)}\right)$$

$$Y_{11} = 560555.658\, m$$

Kaynakça

Gresham, John . «DR. JOHN GRESHAM lectrurer note of Trigonometry.» *https://faculty.tarleton.edu/.* eylül 2015. https://faculty.tarleton.edu/jgresham/Math%20109/math-109.html (erişildi: Temmuz 26, 2020).

HARİTAve KADASTRO MÜHENDİSLERİ ODASI. *BÜYÜK ÖLÇEKLİ HARİTALARIN YAPIM ve YÖNETMELİĞİ (7. BASKI).* İSTANBUL: TMMOB HARİTAve KADASTRO MÜHENDİSLERİ ODASI, 2001.

Karaali, Celalettin , ve Aslan Dilaver. *Trigonometri.* Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi, 1997.

Kunkel, Paul . «Theodolite Error.» *http://whistleralley.com/.* 26 Ocak 2012. http://whistleralley.com/surveying/theoerror/ (erişildi: Temmuz 05, 2020).

Makshud, Rejaul. *COORDINATE GEOMETRY BOOSTER with Problems & Solutions for JEE Main and Advanced.* Kolkata: McGraw Hill Education, 2017.

—. *COORDINATE GEOMETRY BOOSTER with Problems & Solutions for JEE Main and Advanced.* Kolkata: McGraw Hill Education, 2017.

ÖZGEN, Gündoğdu. *Topoğrafya (Ölçme Bilgisi).* İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, 1993.

SONGU, Celal. *Ölçme Bilgisi.* İstanbul: Birsen Yayınevi, 1998.

Şerbetci, Muzaffer, ve Veysel Atasoy. *Jeodezik hesap.* Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi, 2000.

TORGE, Wolfgang. *Geodesy.* Berlin: Walter de Gruyter, 1991.

—. *Geodesy.* Berlin: Walter de Gruyter, 1991.

Türk Dil Kurumu. *Türk Dil Kurumu Sözlükleri.* 26 Temmuz 2019. http://sozluk.gov.tr/.

—. «Türk Dil Kurumu Sözlükleri.» *T.C. Atatürk Kültür, Dil ve Tarih Yüksek Kurumu - Türk Dil Kurumu.* 2019. http://sozluk.gov.tr/ (erişildi: Temmuz 26, 2019).

Uçar, Doğan. *Harita Nedir? Haritaları Kimler Üretir?* 16 Mayıs 2000. http://www.hkmo.org.tr/meslegimiz/harita_nedir.php (erişildi: Ağustos 13, 2010).

Yıldırım, Faruk , ve Şevket Bediroğlu. «ŞERİTVARİ PROJELER İÇİN HARİTA PROJEKSİYON SEÇİMİ.» *13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı.* Ankara: TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odas, 2011.