

ARAZİ ÖZELLİKLERİNİN SAPTANMASI

Prof. Dr. Tahsin TOKMANOĞLU¹⁾

Kı s a Ö z e t

Ekonominin en önemli dayanağı, geniş anlamda ormancılığı ve hayvancılığı da kapsayan tarımdır. Tarımda araziden bilimsel şekilde yararlanılması, tarım arazilerinin verim gücünü azaltan toprak erozyonunun durdurulması zorunludur. Bunun için de, önce arazi özelliklerinin objektif şekilde saptanması ve sınıflara ayrılması gereklidir.

Bu konuda hem hava fotoğraflarından, hem de haritalardan ve arazi tarayan sistemlerden yararlanıldığı takdirde, arazi özellikleri kısa zamanda ortaya çıkarılabilmekte ve objektif sonuçlar elde edilebilmektedir. Bu amaçla yeni yöntemler geliştirilmiştir.

GİRİŞ

Dünyadaki ülkelerin büyük çoğunluğunda olduğu gibi, ülkemizde de ekonominin en önemli dayanağı tarımdır. Tarım denilince, sadece dar anlamdaki tarla tarımı anlaşılmalıdır. Geniş anlamda; ormancılığı da hayvancılığı da kapsayan tarım anlaşılmalıdır.

Üçüncü dünya ülkelerinin tamamında olduğu gibi, ülkemizde de nüfus süratle artmaktadır. Artan nüfuzumuzu gelecekte besleyebilmemiz için, arazilerimizden bilimsel şekilde yararlanmak zorundayız. Bilimsel yöntemleri uygulayabilmemiz için önce arazilerimizin özelliklerini saptamalıyız. Arazilerimizin verim gücünü azaltan toprak erozyonunu durdurmalı veya en aza indirmeliyiz.

Uygulanacak teknik yöntemler, arazinin özelliklerine göre çok değişmektedir. Bu nedenle, önce arazi özelliklerinin objektif şekilde saptanması ve sınıflara ayrılması gereklidir.

Arazi özelliklerinin saptanmasında, fotogrametri ve fotoyorumlama (Remote Sensing) teknikleri büyük yararlar sağlamaktadır. Uçaklardan ve uydulardan çekilen fotoğraflar ile tarama sistemleri, arazi yüzeyine ait özellikleri gözler önüne serdiği gibi, alt tabakalarda göl ve deniz diplerindeki varlıkları da ortaya çıkartmakta özelliklerinin birçoğunu da belirlemektedir.

Arazideki derelerin sık veya seyrek oluşu, yamaçların az veya çok eğimli oluşu, bitki örtüsünün sıklığı ve kalınlığı kapladığı alanın büyüklüğü veya küçüklüğü, arazi parçalarının çok önemli özellik-

1) İ.Ü. Orman Fakültesi, Orman İnşaatı, Geodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

leridir. Fotogrametri bilimi, topoğrafik haritaların kolaylıkla yapılmasını sağladığı gibi, arazi parçalarının diğer özelliklerini de ortaya çıkarmaktadır.

Hem hava fotoğraflarından, hem de haritalardan ve arazi tarayan sistemlerden yararlanıldığı takdirde, arazi özellikleri kısa zamanda ortaya çıkarılabilmekte ve objektif sonuçlar elde edilebilmektedir. Bu amaçla yeni yöntemler geliştirilmiştir. Aşağıda geliştirilen bu yöntemlerin bazıları özet olarak açıklanmıştır.

Jeomorfoloji bilimi, arazinin topoğrafyasından yararlanarak jeolojik yapısını ortaya çıkartmayı amaçlamaktadır. Derelerin sık veya seyrek oluşu, yamaçların küçük veya büyük oluşu, eğimlerinin az veya çok oluşu, jeomorfoloji biliminin önemle üzerinde durduğu özelliklerdir. Evvelce bu özellikler, görüşlerine göre sınıflandırılırdı, bugün ise bir ölçüye dayanılarak sınıflandırılmaktadır. Diğer bir deyimle; evvelce yapılan sınıflama subjektifti, şimdiki ise objektiftir. Bütün bu gelişmeler, fotogrametri ve uzaktan algılama tekniği sayesinde olmuştur.

İleri ülkelerde geniş çapta uygulanan fotogrametri tekniğini, biz de geniş çapta kullanmak zorundayız. Çok yeni olan ve çok süratle gelişmekte olan bu teknik, hem barışta hem de savaşta büyük faydalar sağlamaktadır.

1- Dere sıklığı

Derelerin yanlarındaki yamaçlar, daima dere eksenlerine diktir. Kavis yapmayan derelerde, dere uzunluğu ile, iki tarafındaki yamaçların toplam uzunluğu çarpılınca, yaklaşık olarak vadi alanı bulunur. Birçok kolu olan dereler, küçük doğru parçalarına ayrılabilir, bunların herbirine, "Dere parçaları" denilebilir.

Hava fotoğrafları stereoskopik olarak incelenerek, bütün dereler kollarıyla birlikte saptanır, ayrıca "dere parçaları" ayrılabilir. Ayrıca herbirinin, haritadaki karşılığı bulunabilir. Ölçek dikkate alınarak arazideki uzunlukları elde edilebilir. Bu incelemede, yamaçlarda meydana gelen erozyon, göçüntü, taş ve kaya yuvarlanmaları gibi olaylarda ortaya çıkarılabilir.

İncelenen alanın büyüklüğü, haritadan alınabilir, bunu A ile gösterelim. Bu alan içerisinde bulunan derelerin boyları, su ayırıcı çizgilerine kadar uzatılır ve ölçülür. Bulunan değerleri $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$ şeklinde gösterelim, toplamlarına L diyelim. $L/A = V$ oranı, birim alana isabet eden dere uzunluğunu verecektir. Bu oran dere sıklığını da belirlemektedir. Genellikle L, Km cinsinden A, Km^2 cinsinden alınır. V değeri, bir km^2 alanda kaç km uzunluğunda dere bulunduğunu gösterir. Şekil No: 1'de 2 arazi kesiti görülmektedir. Her iki arazide vadi derinlikleri aynıdır. A ile gösterilende dereler daha sık, B ile gösterilende ise daha seyreklerdir. A ile gösterilende dere sıklığı yani v değeri, B ile gösterilenkinden çok daha büyük çıkar. A alanındaki yamaçların eğimi, B'dekilerden çok fazladır.

Alanı km kare, boyu V değerine eşit, dikdörtgen şeklinde bir arazi parçası düşünelim. Bu arazinin genişliği $1/V$ olacaktır. Ortada bir dere, iki tarafında iki yamaç bulunacak olursa, yamaçlardan birinin uzunluğu, ortalama değer olarak $1/2V$ olacaktır.



Şekil No: 1

Vadi derinlikleri aynı olan 2 ayrı araziden alınmış kesitleri gösteren şekil. A ile gösterilen soldaki kesitte, dereler daha sık, sağdakinde ise daha seyreklerdir. Bu durum soldaki arazide vadilerin daha dar, yamaç uzunluklarının da daha küçük olduğunu gösterir. Aynı durumun doğal bir sonucu olarak da, soldaki arazide bulunan yamaçların, sağdakilerden daha eğimli olduğu söylenebilir.

Dere sıklığına, arazinin drenaj sıklığı da denilebilir. V ile gösterilen bu değer, arazi özelliklerinin saptanması amacıyla yapılan birçok araştırmada önemli bir faktör olarak kullanılmaktadır. Fakat; yalnız başına arazinin bütün özelliklerini gözler önüne sermek için yeterli olmamaktadır. Çünkü, dere sıklığı aynı kalmak koşulu ile, verim gücü çok azalmış bir arazi olabilir, sel yatağı olabilir. Taşınım materyallerinin birikerek koniler oluşturduğu bir arazi olabilir. Dere kenarlarına, suyun taşmasını önlemek amacıyla setler yapılmış ve bu nedenle doğal drenaj şebekesi değiştirilmiş bir arazi olabilir. Üzerinde çok sayıda küçük drenaj yarıntıları bulunan bir arazi olabilir. Dere sıklığının yanı sıra bu özelliklerin de belirlenmesi gereklidir.

2- Dere Sıklığının Saptanması

Dere sıklığı veya drenaj sıklığı, çeşitli şekillerde saptanabilmektedir.

A- Kesin yöneltmesi yapılmamış fotoğraf çiftleri üzerinde çalışarak: Fotogrametri yöntemi ile harita yapılırken, önce fotoğraf çiftleri birbirlerine uygun duruma getirilerek yani karşılıklı yöneltme yapılarak, stereoskopik model oluşturulur. Daha sonra; koordinatları bilinen noktalar yardımı ile, stereoskopik model, haritaya veya harita taslağına uydurulur yani kesin yöneltme yapılır. Aynalı stereoskopla veya cep stereoskopu ile, sadece karşılıklı yöneltme yapılabilir, kesin yöneltme yapılamaz.

Karşılıklı yöneltmesi yapılmış fakat kesin yöneltmesi yapılmamış stereoskopik model üzerinde, büyüklüklü küçük bütünü dereler görülebilir ve fotoğraflar üzerine çizilebilir. İstenirse fotoğraflardan biri üzerine saydam kâğıt konulabilir ve dereler bu kâğıda çizilebilir.

Dere sıklığı bu şekilde saptandığı takdirde, bazı hatalar ortaya çıkar. Fotoğraf ölçeği, harita ölçeği gibi kesin bir değer değildir, ortalama bir değerdir. Diğer bir deyimle fotoğrafın her noktasında ölçek başkadır. Ortalama ölçekten yararlanarak dere uzunlukları saptanınca hatalı değerler ortaya çıkacaktır. Arazideki yükseklikler nedeniyle, fotoğraflardaki noktalarda kaymalar olacaktır. Özellikle dağlık arazide bu şekildeki nokta kaymaları çok olmaktadır. Fotoğrafların tam düzey çekilememesinden, ayrıca; rüzgârların fotoğraf uçağının yolunu değiştirmesinden ve daha başka sebeplerden dolayı, hatalar ortaya çıkar.

B- Kesin yöneltmesi yapılmış fotoğraf çiftleri üzerinde çalışarak: Yukarıda açıklandığı üzere; fotoğraf çiftleriyle önce karşılıklı, sonra da kesin yöneltme yapılmakta, sonra da istenilen harita çizilmektedir. Kesin yöneltme yapıldığı zaman, yukarıda açıklanan hataların hepsi kullanılan aletin duyarlılığı oranında ortadan kalkmaktadır. Kesin yöneltmenin yapılabilmesi için, fotogrametri değerlendirme aletlerinden yararlanmak ve her stereoskopik model üzerindeki 3-4 noktanın yerlerini veya koordinatlarını, başka yöntemlerle saptamak zorunluğudur. Adı geçen başka yöntemler, yersel ölçü veya radyal nirengi (havai nirengi, resim nirengisi) olabilir. Hatasız sonuç veren bu yöntemin uygulanabilmesi için, daha fazla zaman ayırmak ve daha fazla para harcamak zorunludur.

C- Özel olarak yapılmış büyük ölçekli haritadan yararlanılarak: Fotogrametrik yöntem uygulanarak ve büyük ölçekli hava fotoğraflarından yararlanılarak, bütün ayrıntıları gösteren özel harita yapılabilir. Böyle haritalar üzerinde çalışılarak dere sıklıkları saptanabilir. Bütün dere ve derecikler bu haritalar üzerinde gösterilebilir. Dereciklerin çizilerek gösterilmeleri zorunlu değildir. Komşu birkaç eşyükselti eğrisinin, birlikte kavis veya dönemeç yaptığı yerler, derecikleri veya sırtları belirlerler.

Buraya kadar anlatılan, dere sıklığının saptanması yöntemleri çok zaman alıcı yöntemlerdir. Sonuçta daima yaklaşık değerler çıkmaktadır. Aynı yöntem, aynı arazide, değişik kişiler tarafından uygulandığında, farklı fakat birbirine yakın sonuçlar çıkmaktadır. Bu yaklaşık sonuçları daha kolay bir şekilde elde etmek amacıyla süratli yöntemler geliştirilmiştir. Aşağıda bu yöntemlerin önemlileri açıklanmıştır.

2.1 - Kıyaslama yöntemiyle sınıflara ayırma: Şekil No. 2'de, dere sıklığı bakımından sınıflara ayrılmış 6 arazi parçası görülmektedir. 1 nolu sınıf dereleri en seyrek olan arazidir. Sınıf numarası büyüdükçe dereler sıklaşmakta ve 6 noda en sık duruma gelmektedir. Buradaki 6 şekil bir iskala oluşturmaktadır. Şekillerin her biri 1 km² büyüklüğünde bir alanı göstermektedir. Dere sıklığı saptanacak bir arazi, bu şekillerle kıyaslanarak, hangi sınıfa girmesi gerektiği saptanır. Şekiller 1/50 000 ölçeğine göre düzenlenmiştir.

2.2 - Sayısal şekilde belirleme: Şekil No: 2'de görülen arazi parçalarının içerisinde ikişer tane de rakam bulunmaktadır. Birinci rakam V ile gösterilmiştir, bir km² alanda kaç km uzunluğunda dere bulunduğunu göstermektedir. İkinci rakam S ile gösterilmiştir ve birim alandaki dere parçalarının sayısını belirlemektedir.

Dere sıklığı saptanacak arazide, önce yukarıda açıklanan kıyaslama yöntemi uygulanır ve 6 sınıftan hangisine girdiği bulunur, sonra da o sınıfa ait V ve S değerleri alınır. Böylelikle dere sıklığına ait sayısal değer elde edilir. Uzun süre çalışarak, fotoğraf veya haritalar üzerinde dereciklerin boylarını ölçmeye gerek kalmaz.

2.3 - Regresyon denklemlerinden yararlanarak, dere sıklığının saptanması: Yukarıda açıklanan S ve V değerleri arasında ilişkiler kurularak, regresyon denklemleri oluşturulabilir. Birim alandaki dere parçalarının sayısı, yani S değeri büyüdükçe, Dere Sıklığı V değeri de büyümektedir. Belirli bölgeler için bu ilişki kurulabilmekte ve regresyon denklemleri elde edilebilmektedir. Daha sonra 1 km² alandaki dere parçaları (S) sayılarak ve denklemden yararlanılarak sıklık derecesi (V) kolaylıkla bulunabilmektedir.

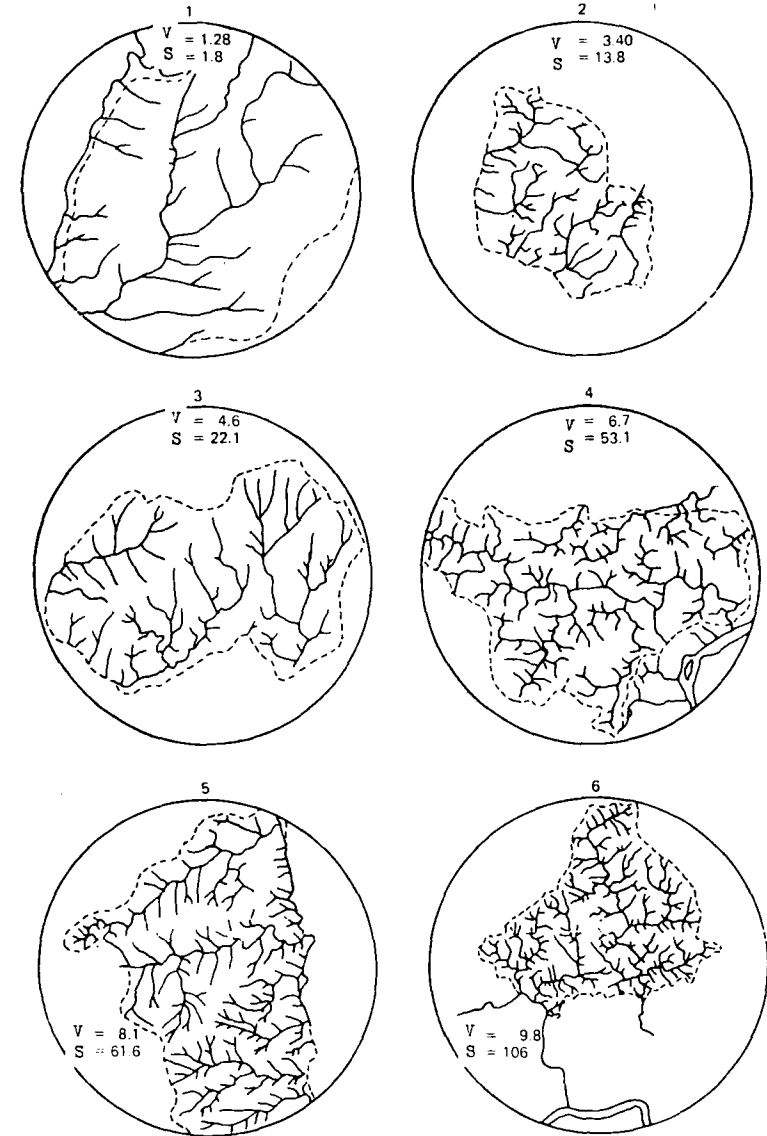
Örneğin; Sumatro'da, 1/50 000 ölçekli fotoğraflar üzerinde yapılan çalışmalar sonunda $V = 0,84 S$ denklemi bulunmuştur. Bu denklemin verdiği sonucun doğruluk (geçerlilik) derecesini, saptamak amacıyla korelasyon katsayısı hesaplanmıştır ve $R^2 = 0,91$ bulunmuştur. Bire yakın bir değer bulunması, ilişkinin çok yakın olduğunu göstermektedir. Şekil No: 3'te 13 dere parçasından oluşan 1 km² büyüklüğünde bir arazi görülmektedir. 13 rakamı regresyon denkleminde S yerine konularak V bulunabilir. Regresyon denklemi oluşturulduktan sonra dere parçalarının boylarını ölçmeye gerek yoktur. Dere parçalarının boyları, Su Ayrım Çizgisine kadar uzatılarak ölçülür.

Java'nın orta kısmı için 1/40 000 ölçekli fotoğraflar üzerinde aynı çalışma yapılmış $V = 0,1 S$ denklemi bulunmuştur. Bu denkleme ait korelasyon katsayısı da $R^2 = 0,56$ olarak bulunmuştur. Bu değer ilişkinin zayıf olduğunu kanıtlamaktadır.

Özellikleri saptanacak arazi, önce 1 km² büyüklüğünde parçalara (parsellere) ayrılır. Bu parçalar içerisinde, deresi en seyrek olandan en sık olana doğru gelişecek şekilde örnekler seçilir. Şekil No: 2'de bu şekilde seçilmiş örnekler görülmektedir. Bu örnekler üzerinde yoğun bir çalışma yapılarak, her örneğe ait S ve V değerleri saptanır. S değerleri yatay eksende V değerleri dikey eksende alınarak, her örnek için bir nokta bulunur. Noktalar arasından geçecek şekilde Regresyon doğrusu çizilir ve korelasyon katsayısı hesaplanarak denklemin geçerlilik değeri bulunur. Bire yakın bir sayı elde edilirse, diğer parsellerde yani örnek olmayan parsellerde yoğun çalışma yapmaya gerek yoktur. Sadece S değeri Şekil No: 3'te olduğu gibi sayılır ve V değeri Regresyon denkleminde yararlanılarak hesaplanır.

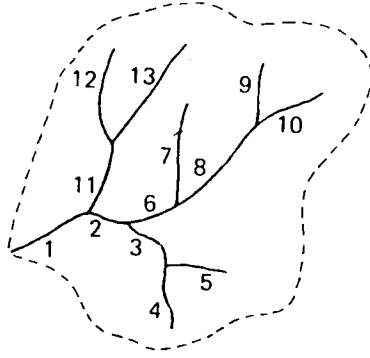
3- Yamaç Eğimi

Arazi özelliklerinin saptanmasında, yamaç eğimlerinin önemi çok büyüktür. Bu nedenle yamaç eğimlerinin, hatasız bir şekilde saptanması gereklidir. Şekil No: 4'te az ve çok eğimli 2 yamaç görül-



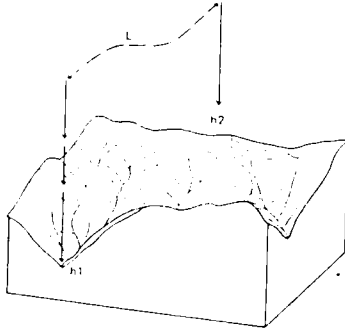
Şekil No: 2

1 Km² büyüklüğündeki arazi parçalarının dere sıklığı bakımından 6 sınıfa ayrılışını gösteren şekiller. Birinci sınıf gösteren sol yukarıdaki şekilde dereler en seyrek durumdadır. Sınıf numarası büyüdükçe dereler sıklaşmakta 6'ncı sınıfta en sık duruma gelmektedir. Buradaki şekiller 1/50 000 ölçekli haritaya göre düzenlenmiştir. Bir arazinin buradaki 6 sınıftan hangisine girdiğini saptamak için, gözle kıyaslama (Subjektif Yöntem) yapılabileceği gibi, bazı ölçülerden yararlanılarak objektif yöntem uygulama olanağı da vardır. Resimlerin kenarlarındaki rakamlar bu değerleri göstermektedir. V değerleri dere sıklığını yani 1 Km² alanda kaç Km uzunluğunda dere bulunduğunu, S değerleri de Dere Parçalarının sayısını göstermektedir.



Şekil No: 3

Bir derenin kolları ve kollar üzerinde saptanan "Dere Parçaları", Şekilde 13 tane "Dere Parça'sı" görülmektedir, 13 rakamı Şekil No: 2'deki örneklerde S ile gösterilen rakamdır. Bu rakam Regresyon denkleminde yerine konularak, "Dere Sıklığı" olan V bulunur. Birkaç örnekten yararlanılarak önce Regresyon denklemi kurulur, korelasyon katsayısı hesaplanarak geçerlilik derecesi bulunur. Kabul edilebilecek bir değerde ise, diğer alan birimlerinde uygulanır. V değeri, şekildaki derecikler su ayırım çizgilerine kadar (kesik çizgiler) uzatılarak bulunan toplam uzunluktur. 1 Km² alan içerisinde kaç Km uzunluğunda dere bulunduğunu göstermektedir.



Şekil No: 4

Az ve çok eğimli 2 yamaç arasındaki farkları gösteren şekil. Yukarıdaki yamaç çok eğimli olduğu için, üzerinde çok sayıda küçük derecik oluşmuştur. Çünkü yağmurla gelen sular, hemen yüzeyel akışa geçmektedirler. Aşağıdaki yamaç az eğimli olduğundan, yağmurla gelen sular hemen akışa geçmez, toprak yüzeyinde bir süre durur ve büyük kısmı toprak içerisine sızar. Bu nedenle böyle arazilerde, küçük dere sayısı azdır, S ve V değerleri küçüktür. Yamaç eğimi arttıkça bu değerlerin ikisi de büyümektedir. Bu düşünceler her iki yamaçın da çıplak oluşuna göre yürütülmüştür.

mektedir. Her ikisinin üzerinde de dere ve derecikler bulunmaktadır. Eğimi fazla olan yamaçlardaki sular, hızla dereye inecek, derelerin de eğimi fazla olduğundan, dere içerisinde de hızla akacaktır. Sonuç olarak, kısa zamanda araziden uzaklaşacaktır. Özet olarak; çok eğimli yamaçların drenajı kısa zamanda olur.

Yamaç eğimini saptamak amacıyla, çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Aşağıda bu yöntemlerin önemlileri açıklanmıştır.

- 1- Küçük dere havzalarında, en yüksek ve en alçak noktalar arasındaki yükseklik farkı ΔH , yatay uzaklık ΔL değerine bölünerek eğim bulunur.
- 2- Belirli bir yatay uzunluk baz olarak alınır ve bu uzunluktaki yükseklik farkı belirlenir. Alınan baz uzunluğunun grid noktasının belirlediği karenin bir kenarı kadar olması en uygun şekildir. Çok dik yamaçlarda, baz uzunluğuna isabet eden yükseklik farkları, büyük değerlere ulaşır.
- 3- Anadere, yukarıda açıklanan baz uzunluklarına bölünür ve her parçadaki yükseklik farkları saptanır. Diğer bir deyimle ana derenin uzunluk profilinin çizilmesini sağlayacak değerler elde edilir. Anaderenin eğimi ile, çevredeki yamaç eğimleri arasında doğrusal bağıntı bulunmaktadır.
- 4- Anaderenin küçük yarıçaplı kavisler yapması veya yamaçlarının volkanik olması veyahut da yamaçlardaki kaymalar nedeniyle, küçük göller oluşmuşsa hesaplanan eğimin, bütün yamaçlar için kullanılacak bir değer olduğu kabul edilir. Süratli akan derelerde gölcükler oluşmaz, engeller yıkılır ve dere süratle akar.

3.1 - Eğim Kademeleri

Eğimleri saptanan yamaçlar, istenilen şekilde eğim kademelerine ayrılabilir. Ayrıca aşağıda açıklanan çalışmalar, eğim kademelerine dayanılarak yapılabilir.

3.1.1 - Harita üzerine yerleştirilen bir grid yardımıyla, arazi karelere ayrılır. Her karedeki arazi parçasının eğimi, o parçanın çok önemli bir özelliğidir. Aynı eğim kademesine giren kareler birleştirilerek, arazi eğim kademelerine ayrılır. Böylelikle her eğim kademesine kaç km² arazinin girdiği ve bu yerlerin nereler olduğu ortaya çıkarılabilir.

3.1.2 - Bir arazi parçası, çeşitli amaçlarla incelenirken, yamaç eğimlerinin bilinmesine de şiddetle gereksinme duyulur. Örneğin; hidrolojik amaçla veya erozyon amacıyla bir arazi incelenirken, hem yamaçların eğimine hem de arazinin tamamının ortalama eğimine gereksinme duyulur. Ortalama eğim bulunurken; birinci maddede açıklandığı üzere, karelerin her birinin ortalama eğiminden yararlanılabileceği gibi, piksellerin her birinin ortalama eğiminden yararlanma olanağı da vardır. Bu durumda, her karenin veya pikselin X, Y, Z değerleri saptanır ve matematik istatistik formüllerinden yararlanılır. Matematik istatistik biliminden yararlanmak için önce; birimin ne olduğunun saptanması gerekir. Burada da kare şebekesinden yararlanılacaksa, karelerin büyüklüğünün önceden saptanması gerekir. Karelerin büyüklüğü yamaçların doğal yapısına uygun şekilde saptanmalı, diğer bir deyimle; yamaçların doğal yapısı, ortaya çıkartılabilmeli.

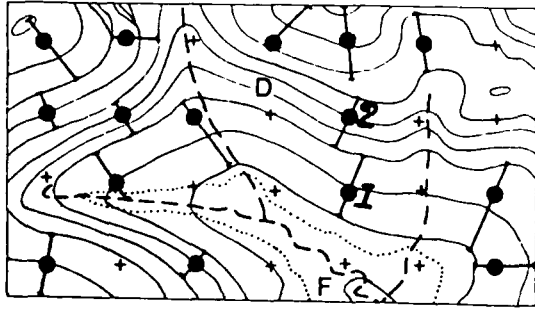
Basit düşünceye göre; bir yamaçın eğimi saptanırken, iki ucu arasındaki yükseklik farkı ΔH değerinin, yatay uzaklık ΔL değerine bölünmesi gerekir. Yamaç üzerinde girintiler çıkıntılar varsa, bu özelliğin belirtilebilmesi için, ΔL değerinin ve buna bağlı olarak da ΔH değerinin küçültülmesi gerekir. ΔL çok küçültüldüğü takdirde, iş çok büyür ve kısa zamanda, sonuca varma olanağı kalmaz. Bu nedenle ΔL değeri çok küçültülmemelidir fakat yamaçtaki kayaların, erozyon yarınlarının belirtilmesi sağlanmalıdır. ΔL değerini, yamaçın her noktasında aynı büyüklükte alma zorunluğu yoktur. Eğim değişim noktalarının sık veya seyrek oluşuna göre ΔL değeri değiştirilebilir. Yamaçların bitki örtüsü ile kaplı olan ve olmayan yerlerinin belirtilmesi de, erozyona elverişliliğin saptanması bakımından yararlıdır.

Harita üzerinde çalışarak yamaç eğimlerini saptamak için, eşyüksekti eğrileri arasındaki yükseklik farklarından yatay uzaklıklardan yararlanmak gerekir. Stereoskopik modeller üzerinde yapılan, eğim saptama çalışmaları, fotoğraf makinesinin odak uzaklığına ve uçuş yüksekliğine bağlı olarak değişmektedir. Bu şekildeki çalışmalarda, paralaks farkları ölçülmekte ve bunlardan yararlanılmaktadır.

4- Harita Yardımıyla Ortalama Eğim Bulma

Harita üzerine yerleştirilen bir grid (noktalı şablon) yardımıyla, nerelerde ve kaç noktada eğim ölçüsünün yapılacağı saptanır. Grid noktaları bir kare şebekesindeki köşe noktaları olabileceği gibi rastlantı yöntemiyle seçilmiş noktalar da olabilir. Birincileri "düzenli noktalar", ikincilere de "düzensiz noktalar" denilir.

Şekil no: 5'te bir harita üzerine yerleştirilmiş düzenli grid noktaları görülmektedir. + işareti ile gösterilen noktalar iptal edilmiştir, büyük siyah yuvarlak şekilde gösterilen noktalarda eğim ölçmeleri yapılacaktır. İptal edilen noktalar, yamaçların eğim değişim noktalarına isabet etmiştir. Bu nedenle iptal edilmişlerdir. Bu noktaların iki tarafındaki eşyüksekti eğrileri arasındaki uzaklıkların, birbirinden çok farklı oluşu, eğim değişim noktalarında bulduklarını kanıtlamaktadır.



Şekil No: 5

Eşyüksekti eğrili harita yardımıyla, arazi ortalama eğiminin bulunuşu. Harita üzerine bir kare şebekesi yerleştirilmiş ve köşe noktaları işaretlenmiştir. Büyük siyah noktaların bulunduğu yerlerde, eşyüksekti eğrilerinden yararlanılarak, eğimler bulunacaktır. + işaretlerinin bulunduğu noktalar, yamaçın eğim değişim noktalarıdır. Bu noktalarda eğim saptanmayacaktır. Eğim saptanacak noktalardan, iki taraftaki eşyüksekti eğrilerine dikler çizilmiş ve boyları, eğim değişim noktalarına kadar uzatılmıştır. 1 No: ile gösterilen noktadan çizilen dik 3 eşyüksekti eğrisini kesmiştir, yani 2 eşit parçaya bölünmüştür. 2 No'lu noktadan çizilen dik ise 4 eşyüksekti eğrisini kesmiş ve 3 eşit parçaya bölünmüştür. Bu doğrular daha fazla uzatılacak olursa, meydana gelecek parçalar farklı boyda olur. Şekilde noktalarla çevrili alan, F ile gösterilmiştir ve ana derenin iki tarafında bulunmaktadır. Bu alan çok düz olduğundan, içerisine düşen kare köşelerinde eğim ölçüsü yapılmamıştır. Yapılırsa çok küçük değerlerin bulunacağı açıkça görülmektedir.

Büyük siyah yuvarlak ile gösterilen noktalarda, yani eğim ölçüsü yapılacak noktalarda, iki taraf eğrilerine dik olacak şekilde doğrular çizilmiştir. Bu doğrular, en büyük eğim doğrultusunu göstermektedir. Doğruların uzunlukları birbirlerine eşit değildir, üzerinde buldukları ve her noktasındaki eğimi aynı olan yamaç parçasının uzunluğu kadardır. Komşu eşyüksekti eğrilerinin bu doğrular üzerinde ayırdığı parçalar, yaklaşık olarak birbirlerine eşittir. Haritada No: 1 ile gösterilen büyük siyah noktadan, eşyüksekti eğrilerine çizilen dik, 3 eşyüksekti eğrisi tarafından kesilmiştir, yani iki parçaya bölünmüştür. Parçalar yaklaşık olarak birbirlerine eşittir. Bu doğru daha fazla uzatılacak olursa, aşağı kısımda dere kenarındaki düzlüğe, yukarıda ise fazla eğimli yamaca ulaşılacaktır. Kısa bir deyimle, her iki tarafta, farklı eğimdeki yörelere geçilecektir. Bu nedenle, doğru daha fazla uzatılmamıştır.

Aynı haritada 2 no ile gösterilen büyük siyah yuvarlak noktada çizilen doğru, eşyüksekti eğrileri tarafından 3 parçaya bölünmüştür. Parçalar yaklaşık olarak birbirlerine eşittir. Daha fazla uzatılacak olursa, farklı eğimlerdeki yörelere geçeceği görülmektedir.

Büyük siyah ve yuvarlak noktaların hepsinde, bu düşüncelere göre uzunluklar saptanmıştır. Çizilen doğruların arazideki uzunlukları, harita ölçeğinden yararlanılarak bulunabilir. İki uçları arasındaki yükseklik farkları da, eşyüksektiler arasındaki yükseklik farklarından yararlanılarak bulunabilir. Sonuç olarak her yamaç parçasına yani büyük siyah noktaya ait eğim bulunmuş olur.

Şekil No: 5'teki haritada, iki derenin birleşerek daha büyük bir dere oluşturduğu görülmektedir. En büyük derenin etrafı düzlüktür. Şekilde F ile gösterilen bu düzlüğe isabet eden grid noktaları iptal edilmiştir. Çünkü eğimin çok küçük bir değer çıkacağı görülmektedir. Düzlüğün çevresi, noktalardan oluşan bir eğri ile belirtilmiştir.

5- Stereoskopik Model Yardımı ile Ortalama Eğim Bulma

Stereoskopik modeller eğim ölçme bakımından, haritalara kıyasla çok daha büyük faydalar sağlamaktadırlar. Bu nedenle, haritadan üstün tutulmaktadır. Stereoskopik modellerde, yükseklikler daima arazide olduğundan daha büyük görülmektedir. Diğer bir deyimle, yamaç eğimleri abartılmış olarak görülmektedir. Bu durumun doğal bir sonucu olarak, yamaçlar üzerindeki eğim değişim noktaları, belirgin bir şekilde görülmektedir. Az farklı eğim kademeleri dahi, birbirlerinden kolaylıkla ayırd edilebilmektedir.

Karşılıklı yöneltmesi yapılmış, fakat kesin yöneltmesi yapılmamış stereoskopik model üzerinde yükseklik farkı ΔH ve yatay uzaklık ΔL değerleri ölçülecek olursa, çok anormal sonuçlarla karşılaşılabilir. Stereoskopik model tümü ile dönmüş veya bir kısmı bükülmüş olabilir. Bu durumlar yapılan ölçülerin hatalı sonuçlar vermesine neden olur.

Bir değerlendirme aletine yerleştirilen, kesin ve karşılıklı yöneltmesi yapılan stereoskopik model üzerinde eğim ölçmeleri yapılacak olursa, kolaylıkla hatasız sonuçlar elde edilir. Bu çalışmayı yapacak olanın, deneyimli bir fotogrametrisi olmasına gerek de yoktur.

Kesin yöneltmeden sonra, stereoskopik model üzerinde çalışılarak, arazi çeşitli şekillerde küçük parçalara ayrılır, yatay uzaklıklar ve yükseklik farkları ölçülerek eğimler bulunur. Noktaların makine koordinatları ve yükseklikleri ölçülerek, "Sayısal Arazi Modelleri" oluşturulabilir. Bu modellerin oluşturulmasında da çeşitli güçlüklerle karşılaşılacaktır.

Eşyüksekti eğrileri boyunca inceleme yaparak, Sayısal Arazi Modeli oluşturma olanağı vardır. Eşyüksekti eğrileri arasındaki yatay uzaklığın 1 mm'den daha küçük olması durumunda, bu çalışma bir hayli zor olmakta ve çok zaman almaktadır. Dağlık arazide, bu durumla çok karşılaşılacaktır. "Sayısal Arazi Modeli" yapma çalışmalarını kolaylaştırmak amacıyla, yeni aletler yapılmış ve geliştirilmiştir. Uydudan çekilen fotoğraflardan yararlanarak, Sayısal Arazi Modelleri elde etme amacıyla, çok çeşitli çalışmalar yapılmaktadır.

6- Linear Olmayan Yöntemlerle Eğim Kademelerinin Saptanması

Arazi eğimi ile ilgilenen çeşitli kurumlar, eğim kademelerini saptamak amacıyla, farklı ıskalalar saptamış ve geliştirmişler. Aşağıda bu ıskalalardan birkaç tanesi görülmektedir. Yamaç eğimlerinin rakamla belirtilmesi, bazen yamaçın bütün özelliklerini belirlemeye yetmemektedir. Eğimi aynı olan iki yamaçtan, biri dışbükey, diğeri içbükey olabilmektedir.

ÇİZELGE NO: 1

Eğim Kademelerinin Saptanmasına Yarayan
Birinci Örnek

Kademe No.	Kademenin İsmi	Özelliği
1	Düz veya tamamiyle düz	Eğimi % 2'den az
2	Ondüleli	Eğimi % 2 ile % 8 arasında
3	Dalgalı	Eğimi % 8 ile % 16 arasında
4	Tepelikli	Eğimi % 16 ile % 30 arasında Orta derecede engebeli
5	Dik yamaçlı ve parçalı	Eğimi % 30'dan fazla, Orta derecede engebeli
6	Dağlık	Alçak ve yüksek noktalar arasındaki yükseklik farkları çok büyük.

ÇİZELGE NO: 2

Eğim Kademelerinin Saptanmasına Yarayan
İkinci Örnek

Bu örnek Amerika'da çok kullanılmaktadır ve Toprak Yıllığı'nda yayınlanmıştır. İncelenen arazideki en küçük ve en büyük eğimler saptanmakta ve bunlara göre sınıflandırma yapılmaktadır. Aynı sınıfa giren araziler, tek yamaç veya kompleks yamaç oluşuna göre de alt sınıflara ayrılmaktadırlar.

Sınıf No	En küçük Eğim %	En büyük Eğim %	Özelliği ve tanımı
1	0	1-3	Tek ve kompleks yamaçlıların her ikisine de düz veya düze çok yakın denilir.
2	1-3	5-8	Tek yamaçlılara çok az eğimli veya hafif eğimli, kompleks yamaçlılara hafif ondüleli denilir.
3	5-8	10-16	Tek yamaçlılara eğimli veya oldukça eğimli kompleks yamaçlılara dalgalı veya az dalgalı denilir
4	10-16	20-30	Tek yamaçlılara, orta derecede dik, kompleks yamaçlılara tepelik denir.
5	20-30	45-65	Tek yamaçlılarda kompleks yamaçlılara da dik arazi denilir.
6	45-65	65 <	Tek ve kompleks yamaçlıların her ikisine de çok dik veya uçurum denir.

ÇİZELGE NO: 3

Eğim Kademelerinin Saptanmasına Yarayan
Üçüncü Örnek

Erozyon çalışmaları, arazinin eğim kademelerine göre farklı şekillerde yapılmaktadır. Erozyon çalışmaları amacıyla saptanan eğim kademeleri:

Kademe No.	Eğim %	Özelliği ve tanımı
1	0-2	Düz
2	2-4	Hafif ondüleli
3	4-6	Ondüleli
4	6-10	Hafif dalgalı
5	10-16	Sert dalgalı
6	16-25	Tepelik
7	25 <	Dik

ÇİZELGE NO: 4

Eğim Kademelerinin Saptanmasına Yarayan
Dördüncü Örnek

Endonezya'da arazilerin daha verimli hale getirilmesi ve ağaçlandırma çalışmalarında uygulanmış eğim kademeleri:

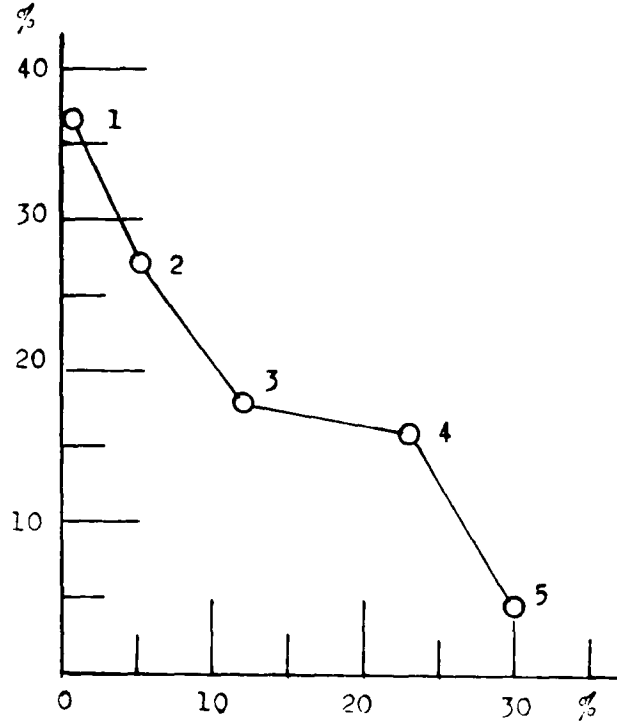
Kademe No.	Eğim %
1	0-8
2	8-15
3	15-25
4	25-45
5	45 <

7- Eğim Kademelerine Dağılımın, Grafiklerle Gösterilmesi

Şekil No: 5'te görülen arazinin bir benzeri üzerine yerleştirilen kareşebekesinin köşelerinde eğimlerin ölçüldüğünü, eğim kademelerinin yukarıda açıklanan çizelgelerden birine göre saptandığını varsayalım. Bulunan bu eğimlerin, matematik istatistik kurallarına göre değerlendirilmesi için çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Örneğin yukarıdaki örneklerden birincisi benimsenerek kademeler saptandığı takdirde, her kademeye kaç tane nokta girdiği saptanabilir. Buradan da her kademeye giren alan bulunabilir. Aşağıdaki örnekte 5630 hek. büyüklüğündeki alanın 6 kademeye dağılımı ve her kademedeki nokta sayısı görülmektedir. Teorik olarak bir nokta 64 hek. alanı göstermektedir. Yani kenarları 800 m olan bir kareyi göstermektedir. Fakat karelerin birçoğunun köşesi veya kenarı kesildiğinden, her kademeye giren toplam alan, nokta sayısının tam olarak 64 katı olmamaktadır. Çizelgede bu farklar gösterilmemiştir.

Çizelgedeki toplam alan, gerçek alandan 2 hek. büyük çıkmıştır. Kademe alanları da, gerçek alanlarından biraz büyüktür.

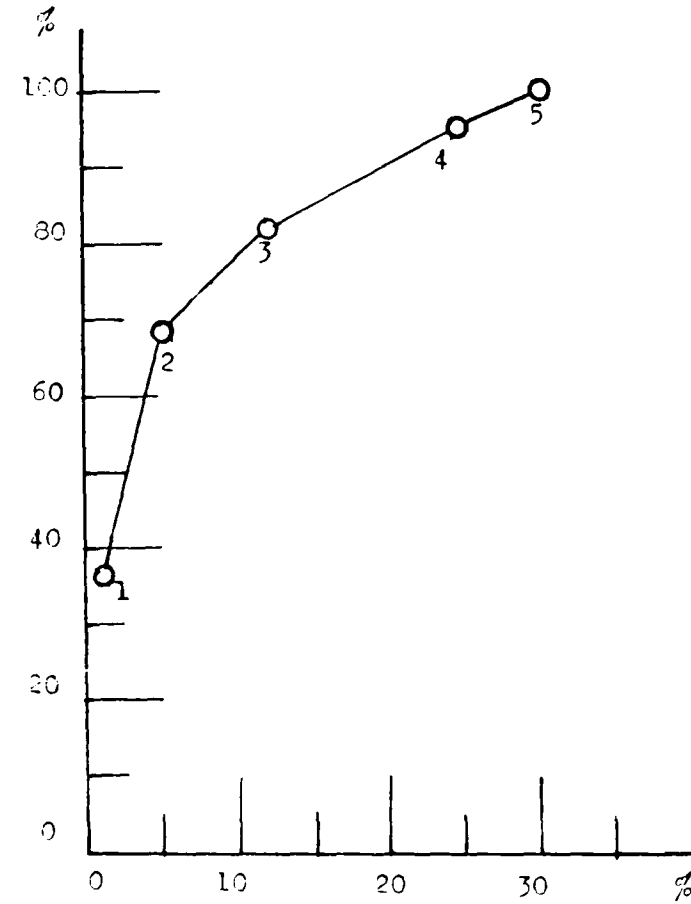
Çizelge sonuçlarını, grafik olarak göstermekte yarar bulunmaktadır. Şekil No: 6'daki grafik, bu çizelgenin sonuçlarına göre düzenlenmiştir. Yatay eksen eğim kademeleri, dikey eksen de her kademeye giren alanın, toplam alana oranı yani; çizelgedeki son sütun görülmektedir. Eğim kademelerinde 2 değer (alt ve üst sınır değerleri) bulunduğundan, 2 değerın ortalaması alınarak yatay eksene işaretlenmiştir. Grafik, deneme noktalarının kademelere dağılışını göstermektedir.



Şekil No: 6

Şekil No: 5'te görülen arazinin bir benzeri üzerine yerleştirilen kare şebekesinin köşelerinde eğimler ölçülmüş ve benimsenen bir örneği göre eğim kademelerine dağılımı yapılmıştır. Her kademeye giren nokta sayısı, toplam nokta sayısına bölünerek oranlar bulunmuş ve yukarıdaki grafiğin dikey ekseninde gösterilmiştir. Yatay eksen eğim kademelerinin orta değerleri alınmıştır. Eksenlerin her ikisindeki değerler de % cinsindedir. Grafik, kare köşelerinin yani alınan deneme noktalarının kademelere dağılışını göstermektedir.

Şekil No: 7'de toplam değerlere ait grafik görülmektedir. Şekil No: 6'daki grafikte bulunan Kademe Alanı/Toplam Alan oranları, sırasıyla birbirleriyle toplanarak buradaki dikey eksene işaretlenmiştir. Yatay eksen Şekil No: 6'daki grafiğin aynıdır. Birinci kademeye ait oran yani % 36,4 her iki grafikte de aynı olduğundan, 1 no.lu noktanın yeri her iki grafikte de aynıdır. Şekil No: 7'deki 2 nolu noktanın yeri dikey eksen de $36,4 + 27,3 = 63,7$ alınarak bulunmuştur. 3 nolu noktanın yeri de dikey eksen de $63,7 + 13,6 = 95,5$ alınarak bulunmuştur. Kural olarak; her kademeye ait oran, daha önceki kademelerdekiyle toplanarak dikey eksene taşınmıştır. Bu grafikte eğimlerin kademelere dağılışını hakkında bilgi vermektedir.

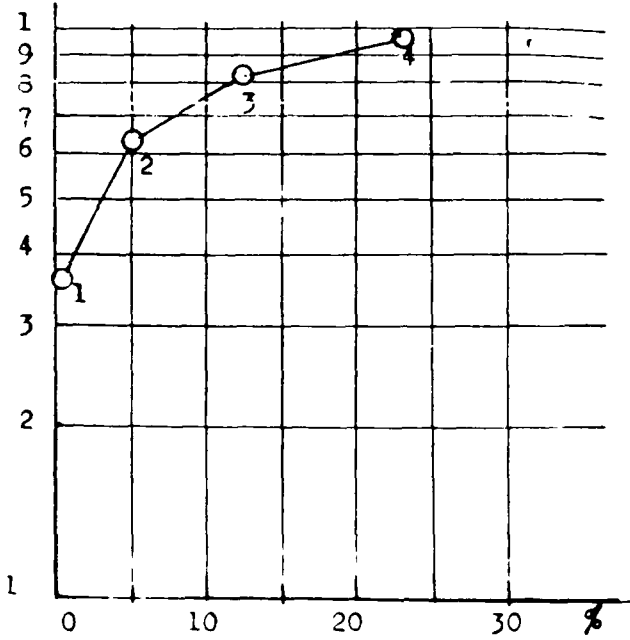


Şekil No: 7

Şekil No: 6'daki grafikte bulunan Kademe Alanı/Toplam Alan oranları, sırasıyla birbirleriyle toplanarak buradaki dikey eksene işaretlenmiştir. Birinci kademeye ait oran % 36,4 her iki grafikte de aynı olduğundan, 1 no.lu noktanın yeri her iki grafikte de aynıdır. 2 no.lu noktanın yeri yukarıdaki grafikte, dikey eksen de $36,4 + 27,3 = 63,7$ alınarak bulunmuştur. Her noktanın yeri, kendinden önceki noktaların oranları ile kendi oranı toplanarak bulunmuştur. Bu nedenle yukarıdaki grafiğe toplam grafiği denilmektedir. Yatay eksen, Şekil No: 6'daki grafiğin yatay ekseninin aynıdır.

Şekil No: 8'deki grafik, Şekil No: 7'dekinin aynıdır. Yalnız dikey eksen de, sayıların logaritmaları. Örneğin 3 rakamının bulunduğu yerle başlangıç noktası arasındaki uzaklık, 3'ün logaritması olan 0,4771 birim kadar alınmıştır. Aynı şekilde 8'in bulunduğu yer ile başlangıç noktası arasındaki uzaklık, 8'in logaritması olan 0,9031 kadar alınmıştır. Bu grafikte bulunan noktalar, bir doğru üzerine sıralanacak olurlarsa, dağılımın yani Şekil No: 6'daki grafiğin tam bir çan eğrisi oluşturduğu kanısına varılır. Örneğimizde Şekil No: 8'deki noktaların, bir doğru üzerinde olmadığı, Şekil No: 6'daki eğrinin de, çan eğrisinden uzak bulunduğu görülmektedir.

Buraya kadar yapılan açıklamalar, eğim kademelerinin saptanmasında, uluslararası düzeyde benimsenmiş bir yöntemin bulunmadığını göstermektedir.



Şekil No: 8

Yukarıdaki grafik, Şekil No: 7'deki grafiğin değerlerinden yararlanılarak çizilmiştir. Aradaki yegane fark buradaki düşey eksenin, loaritmik değerlere göre düzenlenmiş olmasıdır. Örneğin 3 rakamının bulunduğu yerle, başlangıç noktası arasındaki uzaklık 3 birim değildir. 3'ün logaritması olan 0.4771 birimdir. Bu grafikteki noktalar, bir doğru üzerine sıralanacak olurlarsa, dağılımın yani Şekil No: 6'daki grafiğin tam bir çan eğrisi oluşturduğu kanısına varılır. Yukarıdaki noktaların bir doğru üzerinde olmadığı fakat doğruya yaklaştığı görülmektedir.

8- VEJETASYON

Vejetasyon, toprak erozyonunun artmasında veya eksilmesinde, eğim kadar önemli bir etkenidir. Bir arazi incelenir ve toprak erozyonunu artıran etkenler saptanırken, vejetasyonun bütün özelliklerinin saptanması gerekir. Vejetasyonun kapladığı alan küçüldükçe, toprak erozyonu artmaktadır. Aynı şekilde vejetasyon seyreklikçe veya inceldikçe gene toprak erozyonu artmaktadır.

Eğimli tarım alanlarında, ekinler biçildikten sonra büyük çapta erozyon olmakta ve verimli topraklar akararak gitmektedir. Eğimli alanlarda devamlı ve sık bir bitki örtüsünün bulunması zorunludur. Meyve bahçelerini sık bir örtü olarak görmeye olanak yoktur. Çünkü meyve bahçeleri, her ağacın güneş görebilmesi için seyrek kurulus ve altındaki toprak da her yıl kazılarak seyreltilir. Buna rağmen, bir yamacın boş durmasından, meyve ağaçlarıyla kaplı olması çok daha iyidir. Bahçe sahibi teraslar yaparak, erozyona karşı önlemler de alırsa çok daha iyi olur. Fakat hiçbir zaman sık ve kaliteli bir ormanın yerini tutmaz, orman kadar toprak erozyonunu durduramaz.

Açıklanan sebeplerden dolayı, bir arazi incelenirken üzerindeki vejetasyon örtüsü de incelenmeli ve bütün özellikleri saptanmalıdır. Arazi kullanma şekli ile vejetasyon arasında yakın bir ilişki bulunduğundan, genellikle ikisi birlikte ele alınmakta ve birlikte incelenmektedir.

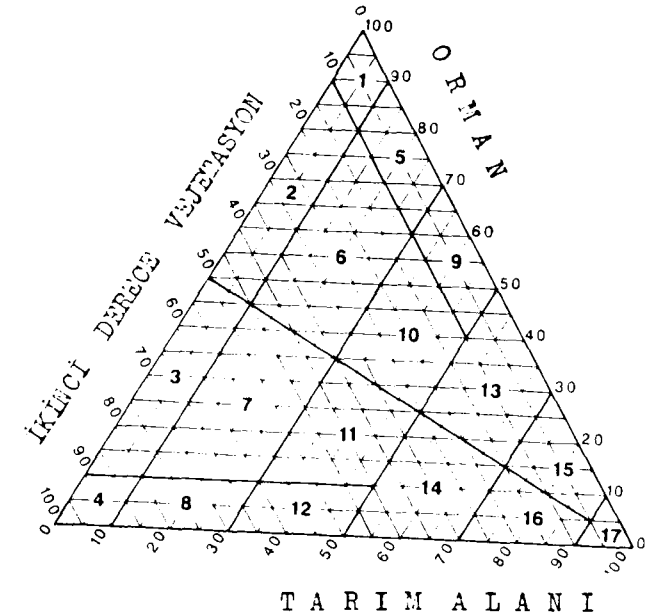
Makroplan düzeyinde yapılan çalışmalarda, arazi kullanma şekli veya vejetasyon 3 büyük gruba ayrılmaktadır. Bu grupların birincisi orman, ikincisi tarım alanları üçüncüsü de ikinci derecedeki yabancı bitkilere, Çalı ve benzerleri bu gruba girmektedir.

İncelenen arazinin bu gruplara dağılışı çok farklı şekillerde olabilir. Eğim saptanmasında olduğu gibi, burada da arazinin haritası üzerine bir kare şebekesi yerleştirilir, kare köşeleri deneme noktaları veya deneme alanları olarak alınır ve bu noktaların bitki örtüsü veya arazi kullanma şekilleri bakımından hangi gruplara girdiği saptanır.

İncelenen arazideki deneme noktalarının % 30'u ormana, % 60'ı tarım alanlarına % 10'u da ikinci derecedeki bitkilere isabet etmiş olabilir.

Araziler, bu 3 gruba dağılışlarına göre de kademelere ayrılmaktadır. Erozyonu durdurmak amacıyla alınacak önlemler her kademe başka olacaktır.

Şekil No: 9'da eşkenar üçgen şeklinde bir diyagram görülmektedir. Diyagramın yüzeyi 17 parçaya bölünmüştür ve numaraları da üzerlerine yazılmıştır. Bu numaralar, yukarıda belirtilen kademe numaralarını göstermektedir. Üçgenin tabanında tarım alanlarına ait oranlar, sağ yukarıdaki kenarda ormana ait oranlar, sol yukarıdaki kenarda ikinci derecedeki vejetasyona ait oranlar bulunmaktadır.



Şekil No: 9

Topraklardan yararlanma şekline veya vejetasyonun türüne göre, arazilerin 17 kademeye ayrılışını gösteren diyagram. Şekildeki eşkenar üçgenin kenarları sırasıyla ormana, tarım alanlarına ve ikinci derecedeki vejetasyona ayrılmış birer eksenidir. Her eksen üzerinde sıfırdan 100'e kadar sıralanmış değerler bulunmaktadır. İncelenen arazide, bu 3 gruba giren alanların toplam alana oranları bulunur ve şekildeki eksenlere taşınır. Saat akrebi yönünde dönmek koşulu ile, bulunan noktalardan bir sonraki eksenlere paraleller çizilir. 3 paralelin kesiştiği nokta, arazinin hangi kademeye girdiğini belirler.

Diyagramın kullanılışı şu şekilde olmaktadır:

Her 3 kenar üzerinde, saptanan oranlara ait noktalar bulunur. Saat akrebi yönünde dönülerek, her noktadan, bir sonraki kenara paralel çizilir veya çizilmiş paralel izlenir. Çizilen paralellerin üçünün bir noktada kesişmesi gerekir. Kesişmezse yapılan işlemde bir hata olduğu kanısına varılır.

Çizilen 3 paralelin kesiştiği noktanın, içinde bulunduğu alan, kademe numarasını göstermektedir.

Örneğin; yukarıda belirtildiği üzere, incelenen arazideki deneme noktalarının % 30'u ormana, % 60'ı tarım alanlarına, % 10'u da ikinci derecedeki vejetasyona isabet etmişse, diyagramın sağ yukarı kenarında 30 işaretlenir ve tabana çizilmiş paralel doğru izlenir. Tarımı gösteren tabandaki doğruya 60 işaretlenir ve sağ yukarıya giderek doğru izlenir. Her iki paralelin kesiştiği noktanın 13 rakamının tam altına düşüğü görülmektedir. İkinci derecede vejetasyon ekseninde bulunan 10 noktasından orman eksenine çizilen paralel de aynı noktadan yani 13 nolu yazıdan geçer. Sonuç olarak; % 30'u ormanla, % 60'ı tarımla % 10'u da ikinci derece vejetasyonla kaplı arazi 13'üncü kademeye girmektedir.

Ormanı % 55, tarımı % 20, ikinci derece vejetasyonu % 25 olan arazinin hangi kademeye gireceği araştırılırsa, orman ekseninden 55 alınır tarım eksenine paralel çizilir, tarım ekseninden 20 alınır ikinci derece vejetasyon eksenine paralel çizilir. Çizilen 2 paralelin, şekildeki 6 rakamının bulunduğu yerde kesiştiği görülür. İkinci derecede vejetasyon ekseninde bulunacak 25 noktasından orman eksenine çizilecek paralelin de 6 rakamının bulunduğu yerden geçtiği görülür. Böylelikle hem kontrol yapılmış olur hem de incelenen arazinin 6 nolu kademeye giren bir arazi olduğu kanısına varılır.

Diyagramda kademelerin sınırları da görülmektedir. Örneğin 7 nolu kademedenin sınır değerleri şöyledir: Orman oranı; alt sınır % 10 üst sınır % 35-45, tarım alanı oranı; alt sınır % 10 üst sınır % 30, ikinci derecedeki vejetasyon oranı; alt sınır % 35-45 üst sınır % 60-80.

Şekil No: 9'daki diyagramdan yararlanılarak bitki örtüsü oranları saptanmış bir arazinin hangi kademeye girdiği kolaylıkla bulunabilir. Bazen çizilen 3 paralel doğrunun kesiştiği nokta, iki kademenin arasındaki sınır çizgisi üzerine düşebilir. Bu durumda, şu 2 kademenin arasındadır demek gerekir. 4 kademenin birleştiği noktada bulunmaktadır. Diğer bir deyimle bu 4 kademenin özelliklerini birden taşımaktadır. Erozyonu durdurmak için 4 kademede uygulanan yöntemlerin bileşkesi olabilecek bir yöntem uygulanmalıdır.

KAYNAKLAR

- AKDENİZ F. *Olasılık ve İstatistik, Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi* 976
- BIRCHAL H.F. *Modern Surveying for Civil Engineers, Philosophical Library* 1956
- BRINK, ABA, JA MABUTT, R. WEBSTER ve PHT BECKET. *Report of the Working Group on Land Classification and Data Storage MEXE Rep. No: 940 Christchurch England* 966
- DÜZGÜNEŞ O. *Bilimsel Araştırmalarda İstatistik Prensipleri ve Metodları, Ege Üniversitesi, İzmir* 963
- KALIPSIZ A. *İstatistik Yöntemler, I.Ü. Orman Fakültesi Yayını* 1981
- KUTSEL A., MULUK Z., *Uygulamalı Temel İstatistik*

ÖZTÜRK A., *Tarım Biyoloji ve Sağlık Bilimlerinde Uygulamalı İstatistik, Ege Üniversitesi, Bornova-İzmir* 978

STEEL R.G.D. - Torrie J.H. *Principles and Procedures of Statistics Mc. Graw Hill Book Comp. New York* 1960

TAVŞANOĞLU, F. *Sel Derelerinin Islahı ve Çiğlara Karşı Yapılar, I.Ü. Orman Fakültesi Yayını OGM, Sayı 69, 1948.*

TOKMANOĞLU T. *1/25 000 Ölçekli Haritalar ve Hava Fotoğrafları Yardımıyla Arazi Ortalama Eğiminin Bulunması, I.Ü. Orman Fakültesi Yayını, 1975*

TOKMANOĞLU T. *Yol Projelerinin Yapılmasında, Matematik İstatistikten Faydalanma İmkânları Üzerine Bir Deneme, I.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, Cilt XXI, Sayı 1, Yıl 1971*

YILDIRIM CEMAL, *Matematiksel Düşünme, Remzi Kitabevi, İstanbul* 1988

WIJONGAARDEN, W VAN, V W P VAN ENGELEN, *Soil and Vegetation of the Tsava Area Recon. Soil Survey Rep. No: R 7, Nairabi* 1985