



## Arazi Tesviyesi Projelerinde En Küçük Kareler Yönteminin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Ortamında Kullanımı<sup>a</sup>

Çiğdem Demirtaş<sup>1</sup>, Ali Osman Demir<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Bursa  
\*e-posta: cidem@uludag.edu.tr, Tel: 0 224 2941623, Fax: 0 224 4428975

Geliş Tarihi: 15.02.2010, Kabul Tarihi: 20.04.2010

**Özet:** Yüzeysel sulama yöntemlerinin seçiminde, arazinin topoğrafyası önemli bir etkidir. Bu etken göz önüne alınmadığında, su kaybı, toprak erozyonu, besin maddelerinin yıkanması ve bunlara bağlı olarak ürün azalması sorunları ortaya çıkabilmektedir. Yüzeysel sulama yöntemlerinin, tarım alanlarına başarı ile uygulanıp, sulamadan beklenen yararın elde edilebilmesi, çoğu kez arazinin tesviye edilerek sulamaya hazırlanmasına bağlıdır. Bu çalışmada, arazi tesviyesi projelerinde, tesviye düzlemi eğimlerinin belirlenmesinde kullanılan en küçük kareler yönteminin, coğrafi bilgi sistemi (CBS) ortamında kullanım olanakları araştırılmıştır. Arazi tesviyesi projelerinde, coğrafi bilgi sistemi desteği ile elde edilen sonuçlar, geleneksel yöntem sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Arazi Tesviyesi, En Küçük Kareler Yöntemi (EKY), Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS).

## The Use of Least Square Method in Land Leveling Projects on Geographic Information System (GIS)

**Abstract:** Land topography is of great factor for selection of surface irrigation methods. When the this factor is not considered, some problems such as water loss, soil erosion and leaching of useful nutrients resulting yield reduce would occur. A successful application of surface irrigation methods and high irrigation performance depend mostly on land leveling project which is crucial for land preparation and appropriateness for irrigation. In this study, in the context of land leveling project design, the use of the Least Square Method (LSM) to determine the leveling plane slopes in Geographical Information Systems(GIS). The results estimated in GIS were compared with the results obtained by traditional methods It was determined that the cut and fill volumes per unit area estimated in GIS are lower than the traditional one.

**Key Words:** Land leveling, Least Square Method (LSM), Geographical Information Systems (GIS).

<sup>a</sup> Doktora Tezinin Bir Bölümü.

## Giriş

Yüzey sulama yöntemlerinin tarım arazilerine başarı ile uygulanıp, sulamadan beklenen yararın elde edilebilmesi, gerekli olan tarla içi geliştirme çalışmalarının yapılarak, arazinin sulamaya hazırlanmasına bağlıdır. Sulamaya hazırlık aşamasının en önemlisi ise arazi tesviyesidir. Çünkü, yüzey sulama yöntemlerinin tümünde, sulama suyu toprağa, yerçekiminin etkisi altında yüzeyden akıtılarak verilir. Sulama suyunun belirli bir düzen içerisinde toprağa verilebilmesi işlemi, arazi yüzeyinin belirli bir eğim derecesinde düzgün bir yüzeye sahip olmasını gerektirir. Böyle bir yüzeyin elde edilebilmesi ise, ele alınan tarım arazisinin tesviye edilebilmesi ile olasıdır (Korukçu, 1981).

Arazi tesviyesi; yüzey sulama yöntemlerinin istenilen biçimde planlanması için ilk adımdır (Hamad ve Ahmed, 1990). Tesviye, diğer bitki ve toprak hazırlığı işlemlerinden önce gelmektedir. Tesviye, yüzey toprağının bir yerden başka bir yere taşınması olarak da ifade edilebilir (Reddy, 1996).

Tesviye projelemesinde amaç, doğal topoğrafyaya en uygun tesviye düzleminin saptanması ve doğal arazi yüzeyi ile tesviye düzlemi arasında kalan kazı ve dolgu miktarlarının hesaplanmasıdır Bugüne kadar geliştirilen tesviye projeleme yöntemleri esas ve uygulama açısından deneyim-yanılgı, matematiksel ve optimizasyon teknikleri esasına dayalı yöntemler olarak üç bölüm altında toplanabilir (Güngör ve Yıldırım, 1987).

Matematiksel bir yöntem olan en küçük kareler tesviye projeleme yöntemi, Givan (1940) tarafından geliştirilmiştir. Givan, bu yöntemin geliştirilmesinde istatistikte yer alan en küçük kareler kuramını kullanmış, böylece doğal arazi topoğrafyasına en uygun tesviye düzlemini belirlemeye çalışmıştır. Geliştirilen bu yöntemle başlangıçta ancak düzgün şekilli arazilerin tesviye projeleri hazırlanabilmiştir.

Yöntemin temel ilkesi, kareler ağına ayrılmış arazide, kare köşelerinin yükseklikleri ile tesviye düzlemi yükseklikleri arasındaki farkların karelerinin toplamı en küçük olan tesviye düzleminin belirlenmesidir.

Chugg (1947) yaptığı çalışmada, en küçük kareler yöntemini, uygulamada daha çok karşılaşılan, düzgün şekilli olmayan arazilere de uygulanabilecek bir duruma dönüştürmüş ve bunun için gerekli olan matematiksel eşitlikler ile bunların işlem sıralarını açıklamıştır.

Günümüzde doğrudan arazi tesviye projelemesine yönelik olmayıp, farklı mühendislik çalışmaları için hazırlanmış, fakat içerisinde topoğrafik haritaların elde edilmesi, hacim, kazı-dolgu ve eğim hesaplamalarına kadar birçok mühendislik işlemleri bulunduran bilgisayar programları bulunmaktadır. Ele alınan bilgisayar programlarının tümü Basic veya Fortran dilinde yazılmış, DOS ortamında çalışan ve coğrafi verilerin x ve y boyutları ile ilgilenen programlardır.

CBS ortamı, coğrafi bilgilerin sahip olduğu konumların (x, y ve z), değerlendirilebileceği ve yorumlanabileceği bir ortamdır. Arazi tesviyesi projelemesi kapsamında kullanılan veriler konuma dayalı bilgileri içermektedir. Bu bağlamda, CBS'nin, arazi tesviyesi projelemesi için gerekli olan tüm hesaplamaların yapılabileceği ve sonuçların görüntülenebileceği bir yapıya sahip olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmada, arazi tesviyesi projelemesi kapsamında, özellikle şekli düzgün olmayan arazilerde, arazi tesviyesi projelerinin hazırlanmasında kullanılan en küçük kareler projeleme yönteminde, CBS'nin kullanım olanakları araştırılmış ve sonuçlar tartışılarak, arazi tesviyesi projelemesine farklı bir yaklaşım getirilmeye çalışılmıştır.

## **Materyal ve Yöntem**

### **Materyal**

Çalışmada, farklı alansal büyüklüklere ve eğimlere sahip olmak üzere, toplam 10 parselde, arazi tesviyesi projelemesinin gerektirdiği arazi ölçümleri yapılmıştır. Aynı zamanda, arazi tesviye projelemesi daha önce yapılmış, büyük bir proje sahası içinden, farklı şekil ve alansal büyüklüklere sahip 20 parsel seçilmiştir. Bu parsellerin, yüzey nivelmanı bilgileri ve sınır koordinatlarının elde edilebilmesi için, koordinatlı haritalar kullanılmıştır.

Tesviye düzlemi eğimlerinin belirlenebilmesi için, Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında bir veri tabanı oluşturulmaya çalışılmış ve bu bağlamda; Arc/Info 7.1.2. coğrafi bilgi sisteminin yazılım dili olan ve kullanıcıya coğrafi bilgi sistemi ortamını kullanarak, yazılım geliştirme olanağını sunan, Arc/Macro programlama dili ile gerçekleştirilmiştir.

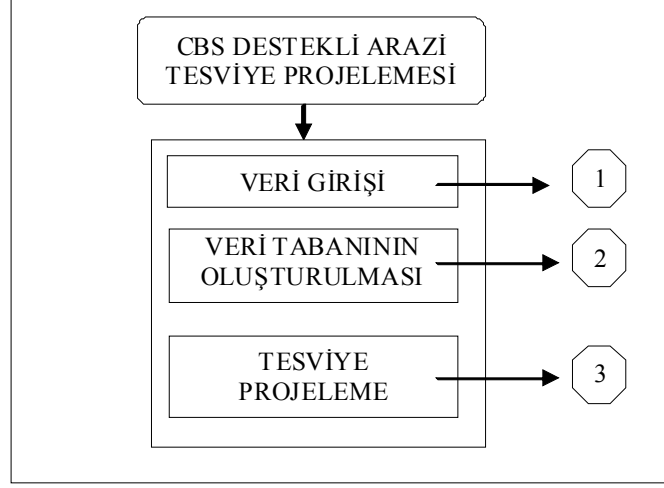
### **Yöntem**

Çalışma kapsamında, özellikle düzgün şekilli olmayan arazilerde, arazi tesviyesi projelerinin hazırlanmasında kullanılan en küçük kareler yönteminde, coğrafi bilgi sisteminin kullanım olanakları araştırılmış ve söz konusu yöntemin CBS ortamındaki uygulamalarına ilişkin sonuçları karşılaştırılmıştır.

CBS ortamında projelermeye ilişkin izlenen yol, 4 aşamada planlanmıştır.

- Projelermeye ilişkin verilerin toplanması,
- Tesviye projelermesine ilişkin veri tabanının oluşturulması,
- Tesviye düzlemi eğimlerinin belirlenmesi,
- Sonuçların değerlendirilmesi.

Projelermeye yönelik hazırlanan program tasarımı; projelermeye verilerinin sisteme aktarılabilmesi için “Veri Girişi”, aktarılan tüm veriler ile projelermeye bir altlık sağlayacak “Veri Tabanının Oluşturulması” ve hazırlanan veri tabanı ile arazi tesviyesi projelermesinin yapılabilmesi için “Tesviye Projelermeye Hesapları” bölümleri biçiminde oluşturulmuştur (Şekil 1).



**Şekil 1.** Projelermeye yönelik program tasarımı

Hazırlanan veri dosyalarının CBS ortamında etkin bir biçimde kullanılabilmesine için, programın gerekli komutlarından faydalanılarak bir yazılım hazırlanmıştır. Hazırlanan yazılımda, projelme için oluşturulan akış diyagramları göz önünde bulundurularak, ekran formları oluşturulmuş ve işlemler bu ekran formları üzerinden gerçekleştirilmiştir.

### **Veri Girişi**

Çalışma kapsamında ele alınan verilerin çokluğu ve özellikle büyük alanlarda yapılan çalışmalarda bu sayının daha da artması nedeniyle, bilgilerin sisteme otomatik olarak okutulması gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda, tesviye projelmesi için gerekli olan ve daha önce hazırlanan, sınır koordinatları ile parseller içerisindeki noktaların koordinat değerlerini içeren dosyalar, sisteme ayrı ayrı aktarılmıştır.

### **Arazi Tesviyesi Projelmesine İlişkin Veri Tabanının Oluşturulması**

Arazi tesviyesi projelerinin hazırlanmasında, özellikle tesviye projelmesine altlık oluşturabilecek bir veri tabanının oluşturulabilmesi ve kazı-dolgu hacimlerinin daha hassas bir şekilde belirlenebilmesi için, coğrafi bilgi sistemini olanakları kullanılarak oluşturulan veri tabanı işlemleri, 4 aşamada gerçekleştirilmiştir. Bunlar;

- Alan hesaplamaları,
- Proje alanı sayısal yükseklik modeli,
- Proje alanı tesviye eğrili haritaları,
- Proje alanı ağırlık merkezi hesaplamalarıdır.

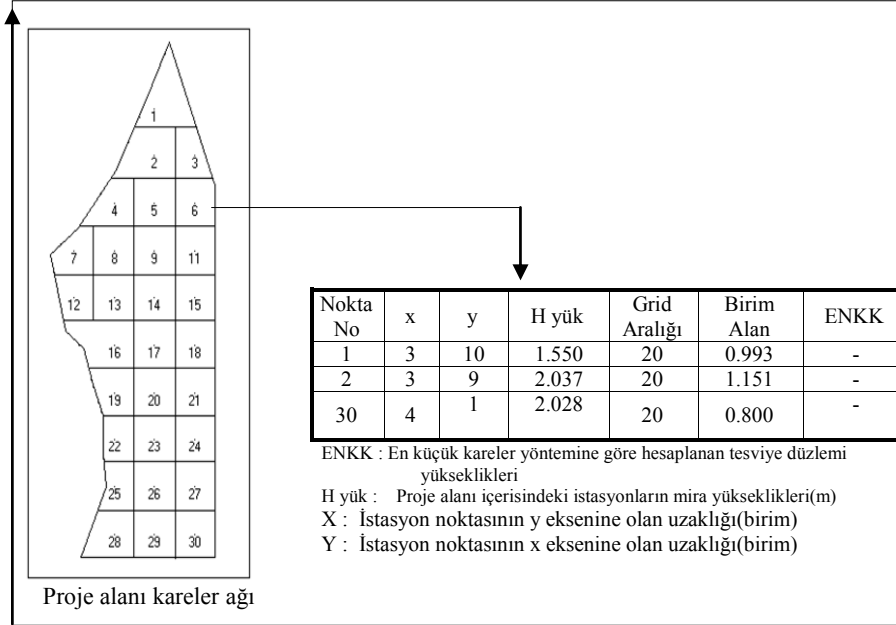
### Tesviye Projelme Hesapları

CBS olanakları kullanılarak hazırlanan arazi tesviyesi projelerinin, eğim ve kazı-dolgu hesaplamalarını içeren bölümleri, “Tesviye Projelme Hesapları” adı altındaki kısımda toplanmıştır. Çalışmada, tesviye projelmesinde matematik temellere dayalı *En Küçük Kareler Yöntemi* kullanılmıştır.

Tesviye düzlemi eğimlerinin belirlenmesinde, öncelikle, projelme sonunda hesaplanacak ve söz konusu yöntem içinde gerekli olan kimi temel bilgilerin, depolanacağı bir veri dosyası hazırlanmıştır. Çalışmada, söz konusu yöntemle ilişkin hesaplamalarda kullanılacak veri tablosunun belirlenmesinin ardından, elde edilen tüm tesviye düzlemi yüksekliklerinin birlikte depolanacağı bir veri dosyası oluşturulmuştur. Bu veri dosyasının içeriği ve kendisine ait kapsamları ilişkilendirilmesi Şekil 2’de gösterilmiştir.

Çalışmada tüm alanların ağırlık merkezi hesaplamaları, yöntemin gerektirdiği biçimde yapılmıştır. Bu bağlamda aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır (Givan, 1940; Chugg, 1947).

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^m X_i \sum_{j=1}^n X_i Y_j}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_i Y_j}$$



Şekil 2. En küçük kareler yöntemi için hesaplanan tesviye düzlemi yüksekliklerinin depolandığı veri tablosunun içeriği ve ilişkilendirilmesi

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{j=1}^n Y_j \sum_{i=1}^m Y_j X_i}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_i Y_j}$$

Eşitliklerde;

$$\sum_{i=1}^m X_i \sum_{j=1}^n X_i Y_j = x \text{ eksenine doğrultusundaki her bir istasyon noktasının temsil ettiği}$$

alan değeri ile bu noktanın y eksenine olan uzaklık çarpımlarının toplamını,

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_i Y_j = \text{Proje alanı içerisindeki tüm istasyon noktalarının temsil ettiği birim}$$

alan değerlerin toplamını,

$$\sum_{j=1}^n Y_j \sum_{i=1}^m Y_j X_i = y \text{ eksenine doğrultusundaki her bir istasyon noktasının temsil ettiği}$$

alan değeri ile bu noktanın x eksenine olan uzaklık çarpımlarının toplamını ifade etmektedir. Proje alanı ağırlık merkezi yüksekliğinin bulunmasında;

$$H_m = \frac{\sum H}{N} \text{ eşitliği kullanılmıştır (Raju, 1940). Eşitlikte;}$$

$$\sum H = \text{Proje alanı içerisindeki istasyonların mira yükseklikleri toplamını,}$$

N = Proje alanı içerisindeki toplam istasyon sayısını ifade etmektedir.

### **En Küçük Kareler Yöntemi**

Çalışmada, Givan (1940) tarafından geliştirilen yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemde temel ilke, kareler ağına ayrılmış arazide, kare köşelerinin doğal yükseklikleri ile tesviye düzlemi yükseklikleri arasındaki farkların karelerinin toplamı en küçük olan tesviye düzleminin belirlenmesidir. En küçük kareler yöntemi, düzgün şekilli ve düzgün şekilli olmayan arazilere kolaylıkla uygulanabilen bir yöntemdir.

Yöntemin işleyişindeki yükseklik değerleri, CBS olanakları elde edilen ve her proje alanı için farklı veri dosyaları içine depolanan sonuçlardan alınmıştır. Çalışmada, her bir istasyon noktasının temsil ettiği alan değerleri, CBS ortamında hazırlanan veri tabanı içerisinde alınmıştır. Bu yöntemde; tesviye düzlemi eğimlerinin belirlenmesinde;

$$b = \frac{\sum (H_y D_x) - n X_m H_m}{X^2 - n X_m^2}$$

$$c = \frac{\sum (H_x D_y) - n Y_m H_m}{Y^2 - n Y_m^2}$$

eşitlikleri kullanılmıştır. Eşitliklerde;

b = x eksenini doğrultusundaki eğim, m/birim

c = y eksenini doğrultusundaki eğim, m/birim

$H_x D_y$  = Her satırdaki mira yükseklikleri toplamının, x eksenine olan birim uzaklıkları ile çarpımı

$H_y D_x$  = Her sütundaki mira yükseklikleri toplamının, y eksenine olan birim uzunlukları ile çarpımı

n = Kare köşelerinin toplam sayısı,

$X_m$  = Ağırlık merkezi x koordinatı,

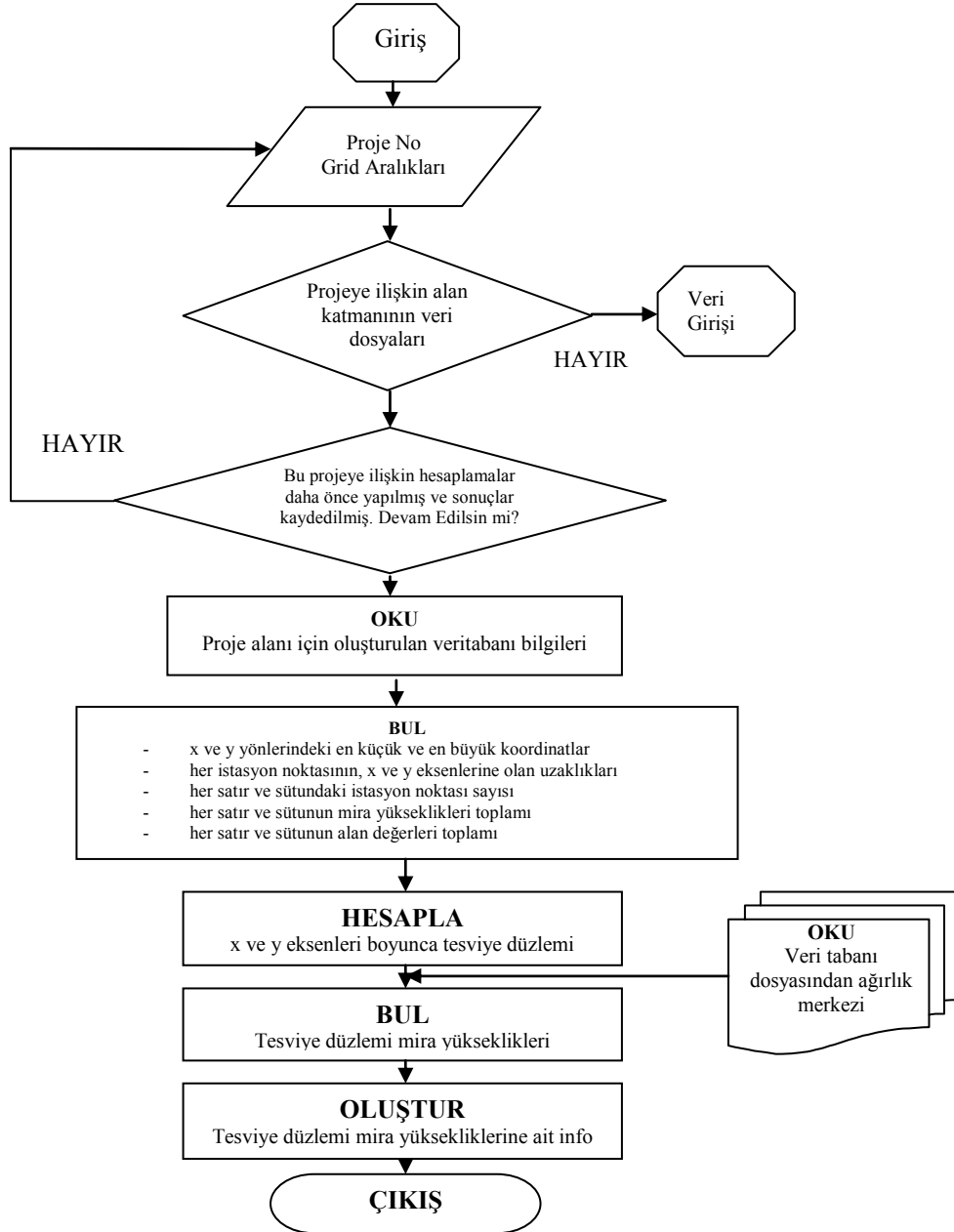
$Y_m$  = Ağırlık merkezi y koordinatı ve

$H_m$  = Ağırlık merkezi yüksekliği(m) dir

En küçük kareler yönteminin CBS olanakları kullanılarak hesaplanmasında izlenen yolu gösteren akış diyagramı Şekil 3'de verilmiştir.

Tesviye projelmesi kapsamında, en küçük kareler yöntemine göre sonuçların gösterildiği ekran formu Şekil 4'de verilmiştir.

Çalışmada, söz konusu yöntemle göre belirlenen, x ve y doğrultularındaki eğimlerin ardından, tesviye düzlemi yüksekliklerinin belirlenmesi işlemleri yapılmıştır. Bu bağlamda, CBS ortamında, eğim belirleme yöntemleri sonuçlarının depolandığı veri tabloları kullanılmıştır. En uygun tesviye düzleminin denklemi



Şekil 3. En küçük kareler yöntemi için hazırlanan akış diyagramı



hshy

En Küçük Kareler Yöntemi

-----

Proje No = 120                      Grid Aralıkları = 20

-----

Ağırlık Merkezinin x Eksenine Olan Uzaklığı :	2.91	birim
Ağırlık Merkezinin y Eksenine Olan Uzaklığı :	5.27	birim
Ağırlık Merkezinin Yüksekliği :	1.78	m
Proje Alanı x Doğrultusundaki Eğim :	-.07	m\birim
Proje Alanı y Doğrultusundaki Eğim :	-.20	m\birim
Proje Alanı Başlangıç Noktasının Yüksekliği :	3.08	m

-----

ÇIKIŞ

Şekil 4. En küçük kareler yöntemine göre hesaplanan eğim ve ağırlık merkezi sonuçlarını gösteren ekran formu

$$H_{ij} = a + bX_i + cY_j \quad \text{eşitliği ile belirlenmiştir (Shih ve Kriz, 1971).}$$

Eşitlikte;

$H_{ij}$  = Yüzey üzerindeki herhangi bir noktanın tesviye düzlemi yüksekliği

$X_i$  = Ele alınan noktanın y eksenine olan uzaklığı

$Y_j$  = Ele alınan noktanın x eksenine olan uzaklığı

a = Başlangıç noktasının yüksekliğidir.

a değerinin hesaplanmasında;

$$a = H_c - bX_c - cY_c \quad \text{eşitliği kullanılmıştır (Shih ve Kriz, 1971).}$$

Eşitlikte;

$H_c$  = Ağırlık merkezinin yüksekliği

$X_c$  ve  $Y_c$  = Ağırlık merkezinin x ve y koordinatlarıdır.

Söz konusu eşitliklerle hesaplanan tesviye düzlemi mira yükseklikleri, daha sonra kazı ve dolgu hesaplamalarında kullanılmak üzere, CBS ortamında oluşturulan ve veri tabloları içinde depolanmıştır.

## Araştırma Sonuçları ve Tartışma

### Ağırlık Merkezi Hesaplamalarına İlişkin Sonuçlar

Ağırlık merkezi hesaplamaları noktasal verilerden hesaplanmış ve tesviye projelemesinde bu verilerden elde edilen yükseklik değerleri kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında; en küçük kareler projelendirme yönteminin gerektirdiği işlemler çerçevesinde, ağırlık merkezi hesaplamaları yapılmış ve sonuçlar, CBS ortamında en küçük kareler yöntemi ile hesaplanan ağırlık merkezi değerleri ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** Ağırlık merkezlerine ilişkin sonuçlar

Proje No	En Küçük Kareler (A)			En Küçük Kareler (CBS ortamında) (B)		
	Ağırlık Merkezi Koordinatı	Ağırlık x Merkezi Koordinatı	Ağırlık y Merkezi Yüksekliği	Ağırlık Merkezi Koordinatı	Ağırlık y Merkezi Yüksekliği	Ağırlık Merkezi Yüksekliği
1	2.908	5.300	1.780	2.912	5.272	1.780
2	2.775	3.235	1.298	2.789	3.227	1.298
3	3.122	4.601	0.391	3.134	4.640	0.391
4	1.673	6.245	0.392	1.554	6.320	0.392
5	2.888	2.559	0.280	3.033	2.595	0.280
6	2.180	4.579	0.510	2.257	4.438	0.510
7	4.950	2.321	0.876	5.158	2.419	0.876
8	3.143	3.930	0.984	3.147	3.958	0.984
9	2.322	3.705	0.342	2.361	3.747	0.342
10	4.799	4.202	2.171	4.811	4.149	2.171
11	1.606	3.390	3.663	1.625	3.467	3.663
12	4.249	3.500	1.596	4.262	3.464	1.596
13	3.978	2.938	2.261	3.955	2.948	2.261
14	1.774	7.241	3.192	1.788	7.273	3.192
15	4.504	2.887	2.701	4.455	2.920	2.701
16	2.543	3.741	1.725	2.521	3.714	1.725
17	2.832	3.570	2.786	2.826	3.556	2.786
18	1.841	5.287	3.426	1.873	5.413	3.426
19	3.574	2.775	2.355	3.632	2.825	2.355
20	3.259	2.722	1.876	3.219	2.740	1.876
21	3.015	3.168	2.451	3.091	3.271	2.451
22	2.131	3.240	2.451	2.173	3.293	2.451
23	4.461	5.498	0.622	4.419	5.432	0.622
24	3.740	2.415	2.958	3.794	2.398	2.958
25	3.172	2.154	3.508	3.207	2.237	3.508
26	2.721	5.506	4.231	2.730	5.537	4.231
27	3.575	2.470	0.611	3.634	2.484	0.611
28	3.680	3.459	3.306	3.700	3.492	3.306
29	2540	5.951	3.103	2.558	6.047	3.103
30	3.190	3.504	1.308	3.256	3.473	1.308

Çizelgenin A ve B numaralı bölümleri incelendiğinde, ağırlık merkezi yüksekliklerinin her proje alanı için aynı, x ve y koordinat değerlerinin ise farklı olduğu görülmektedir.

Bilindiği gibi ağırlık merkezi hesaplamalarında, x ve y koordinatları bulunurken, istasyon noktalarının temsil ettikleri alan değerleri hesaplamaya katılmaktadır. Bu da, çizelgenin A ve B numaralı bölümlerindeki x ve y koordinatları için elde edilen sonuçların farklı olmasına neden olmuştur. Çünkü kareler ağı içerisindeki istasyon noktalarının temsil ettikleri alan değerleri hesaplanırken, A simgesi ile belirtilen alanda, ülkemizde projeli tesviye çalışmalarında kullanılan ünite alanları, B simgesi ile belirtilen bölümde ise CBS ortamında hesaplanan ünite alanları ile işlem yapılmıştır. Farklı alan değerlerinin kullanılması, ağırlık merkezlerinin x ve y koordinat değerlerinin farklı çıkmasına neden olduğu düşünülmektedir. Ancak bu farkın çok büyük olmadığı görülmüştür. Aynı şekilde, A ve B numaralı bölümlerin, ağırlık merkezi yükseklik sonuçları incelendiğinde ise sonuçların birbirleri ile aynı olduğu görülür. Ağırlık merkezi yüksekliğinin hesaplanmasında, noktaların mira yüksekliklerinin toplamı ve toplam istasyon sayısı önemli olduğu için, A bölümde CBS nin bir etkisi olmamış ve dolayısı ile sonuçlar aynı çıkmıştır.

Çalışma kapsamında, ele alınan 30 proje alanına, A ve B simgeleri ile belirtilen yöntemlerin uygulanması sonucunda, elde edilen ağırlık merkezi koordinatları, istatistiksel açıdan çoklu karşılaştırmaya tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar Çizelge 2 de verilmiştir. İstatistiksel açıdan incelendiğinde elde edilen sonuçlar arasında önemli bir fark gözlemlenmemiştir.

**Çizelge 2.** Ağırlık merkezi hesaplamalarına ilişkin istatistiksel sonuçlar

	Yöntemler	Ortalama	Standart Sapma	%95 güven aralığında	
				Alt Limit	Üst Limit
Ağırlık Merkezi x Koordinatı	A	3.105	0.919	3.087	3.122
	B	3.129	0.931	3.112	3.147
Ağırlık Merkezi y Koordinatı	A	3.870	1.306	3.848	3.892
	B	3.892	1.305	3.870	3.913
Ağırlık Merkezi z Yüksekliği	A	1.972	1.167	1.848	2.096
	B	1.972	1.167	1.848	2.096

### Tesviye Düzlemi Eğimlerine İlişkin Sonuçlar

Öncelikle, yöntemin gerektirdiği hesaplamalarla ağırlık merkezi ve eğimler belirlenmiş, sonrasında ise CBS'nin desteği ile aynı hesaplamalar tekrar yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Sonuçlar, *En Küçük Kareler Yöntemi* ve *En Küçük Kareler Yöntemi-CBS* olmak üzere iki başlık altında toplanmıştır.

Çalışma kapsamında, en küçük kareler projelendirme yöntemi ve CBS olanakları ile oluşturulan en küçük kareler yöntemine göre değerlendirilen 30 adet proje alanının x ve y doğrultularındaki eğimleri Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge oluşturulurken, en küçük kareler yöntemi içerisinde, özellikle sınırlardaki artık alanların hesaplanmasında CBS'nin kullanım olanaklarından faydalanılmış ve sonuçlar üzerinde herhangi bir değişiklik yapılmadan doğrudan yazılmıştır (En küçük kareler-CBS). Aynı zamanda, CBS'nin projelendirmede katkısını görebilmek ve sonuçları karşılaştırabilmek açısından, CBS'nin artık alan hesaplamasına girmeden de bir hesaplama yapılmıştır. Bu

hesaplama (En küçük kareler), sınırlardaki artık alanlar için çizelgeden alınan ünite alanları (ülkemizdeki projeli tesviye çalışmalarında kullanılan) ile işlem yapılmış ve sonuçlar elde edilmiştir.

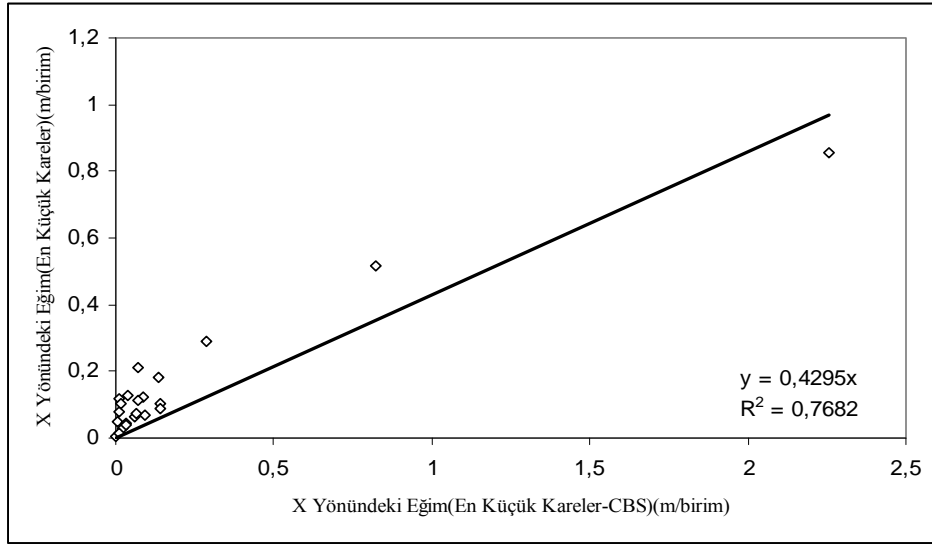
Eğim hesaplamalarında, kareler ağı içerisindeki her bir istasyon noktasının temsil ettiği alan değerlerinin hesaplamaya doğrudan katılmasından dolayı, sonuçların farklılık göstermesi beklenen bir durumdur. Çünkü birinci hesaplamada (en küçük kareler), proje alanı içerisindeki alan değerleri, mevcut arazi tesviyesi projelerin de yapıldığı gibi ünite alanları olarak çizelgeden doğrudan alınırken, ikinci hesaplamada (en küçük kareler-CBS) alan değerleri CBS içinde oluşturulan veri tabanı bilgilerinden alınmıştır. Özellikle sınırlardaki artık alanlar, bu hesaplama için çok daha hassas bir biçimde işleme girmiştir. Bu durumun, sonuçların farklı olmasının temel nedeni olduğu düşünülmektedir.

**Çizelge 3.** En Küçük Kareler Yöntemine ilişkin tesviye düzlemi eğimleri

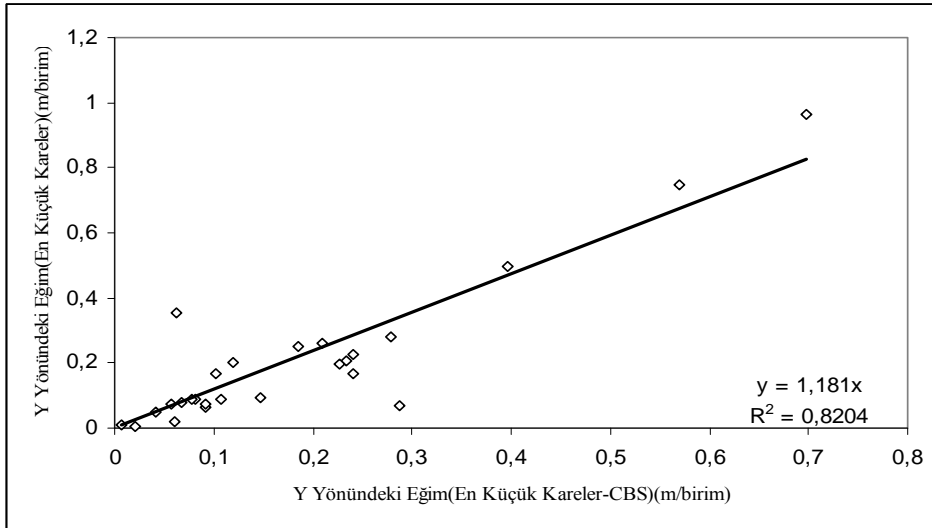
Proje No	En Küçük Kareler Yöntemi		En Küçük Kareler Yöntemi - CBS	
	X yönündeki eğim	Y yönündeki eğim	X yönündeki eğim	Y yönündeki eğim
1	-0.094	-0.234	-0.070	-0.208
2	-0.087	-0.240	-0.125	-0.228
3	-0.006	-0.058	-0.051	-0.075
4	-0.369	-0.060	0.031	-0.019
5	-0.064	-0.035	1.270	0.590
6	0.009	-0.021	-0.079	-0.005
7	0.068	-0.248	-0.213	-0.729
8	-0.058	-0.042	-0.064	-0.051
9	0.010	-0.082	-0.120	-0.089
10	0.288	0.279	0.290	0.278
11	-0.613	-0.396	0.849	0.499
12	-0.002	-0.214	-0.004	-0.168
13	0.067	-0.078	0.076	-0.090
14	0.655	0.288	0.107	0.071
15	0.030	-0.185	0.043	-0.251
16	0.073	-0.226	0.113	-0.198
17	-0.139	-0.091	-0.101	-0.063
18	-0.426	-0.063	-1.266	-0.355
19	-0.079	-0.102	-0.312	-0.169
20	-0.023	-0.209	0.029	-0.263
21	-0.017	-0.661	1.315	1.910
22	-2.256	-1.592	0.858	0.326
23	-0.143	-0.091	-0.088	-0.073
24	-0.014	-0.148	-0.103	-0.092
25	0.824	1.698	0.515	0.964
26	0.032	-0.569	-0.038	-0.748
27	-0.133	-0.067	-0.180	-0.077
28	-0.013	-0.007	-0.017	-0.009
29	-0.036	-0.120	0.127	-0.204
30	-0.195	-0.108	-0.614	-0.087

Çizelge 3'de verilen tesviye düzlemi eğimleri kendi aralarında karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma için sonuçlara regresyon analizi uygulanmıştır. İki ayrı hesaplama sonucunda elde edilen x yönündeki eğimler arasındaki regresyon ilişkisini gösteren regresyon grafiği

Şekil 5’de verilmiştir. Bu iki farklı ve birbirinden bağımsız veri arasındaki korelasyon ilişkisinde determinasyon katsayısı  $R^2= 0.76$ ’dır. Aynı biçimde, y yönündeki eğim için hazırlanan grafik ise Şekil 6’da verilmiştir. Birbirinden farklı bu iki hesaplama sonucunda elde edilen veri arasındaki ilişkiyi gösteren determinasyon katsayısı ise  $R^2=0.82$  dir. Bu sonuçlar, ilişkinin yüksek olduğunu göstermektedir. Özetle, her iki durumda da, yöntemler birbirine yakın sonuçlar vermiştir. Ancak CBS kullanılarak elde edilen sonuçların, gerçek alan değerini göz önüne alması nedeniyle daha doğru olacağı düşünülmektedir.



**Şekil 5.** Tesviye düzleminin x yönündeki eğimleri arasındaki ilişki



**Şekil 6.** Tesviye düzleminin y yönündeki eğimleri arasındaki ilişki

## **Sonuç ve Öneriler**

Arazi tesviyesi projelendirmelerinde, projelendirme kapsamında hesaplamaların yapılabilmesi için gerekli olan arazi ölçüm verileri (her bir istasyon noktasının x ve y koordinat değerleri ile yükseklik okuma değeri), öncelikle milimetrik kağıtlar üzerine işlenmekte ve arazinin yaklaşık bir krokisi çıkarılmaktadır. Daha sonra, bu veriler kullanılarak, hem projelendirme işlemleri yapılmakta, hem de bilgisayar ortamında matematiksel işlemlerin yapılabilirdiği paket programlara bu değerler girilerek projelendirme yapılabilmektedir. Çalışma kapsamında, CBS ortamında oluşturulan sistem ile söz konusu bu veriler, bilgisayar ortamına otomatik olarak aktarılmış, işgücü ve zaman açısından büyük kolaylıklar sağlanmıştır.

Arazi projelendirmesi kapsamında, Coğrafi Bilgi Sistemi olanaklarının kullanılması ile proje alanlarının gerçek ölçüleri, bilgisayar ortamında tam olarak hesaplanabilmektedir. Özellikle CBS ortamında yapılan konumsal analizler ve sorgulamalar ile, proje alanlarının sınırlarına denk gelen ve bir birimden farklı olan alan değerleri çok daha hassas bir şekilde hesaplanabilmektedir. Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında yapılan bu işlemler ile kazı-dolgu hesaplamalarının daha hassas yapılabileceği ve bunun da kazı maliyetleri olumlu yönde etkileyeceği düşünülmektedir.

## **Kaynaklar**

- Chugg, G. E. 1947. Calculation for land grading. *Agricultural Engineering* 28(10): 461-463.
- Gıvan, C. V. 1940. Land grading calculations. *Agricultural Engineering*. 21(1): 11-12.
- Güngör, Y. ve O. Yıldırım. 1987. *Tarla Sulama Sistemleri Kitabı*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi. 350 s.
- Hamad, S. N. ve A. M. Ahmed. 1990. Land-grading design by using nonlinear programming. *Journal Of Irrigation And Drainage Engineering*. Vol. 116. No. 2. 219-226.
- Korukçu, A. 1981. Tarımsal Arazilerin Sulamaya Hazırlanmasında Doğrusal Programlama Tekniğinden Yararlanma Olanakları. Yöneylem Araştırması VII. Ulusal Kongresi. 2-4 Eylül 1981. İstanbul. 17 s.
- Reddy, L. R. 1996. Optimal land grading based on genetic algorithms. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. Vol. 122 No. 4. 183-188
- Raju, V. S. 1960. Land grading for irrigation. *Transactions of Asae*. 3(1): 38-41.
- Shih, S. F. and G. J. Kızı. 1971. Comparison of types and methods of land forming design. *Transactions of the ASAE*. Vol: 14. No.5. 990-994.