

SAYISAL ARAZİ MODELLERİ İLE DOLGU MİKTARININ HESAPLANMASI

Yrd. Doç. Dr. Necmettin Şentürk¹⁾
Araş. Gör. Ayhan KOÇ²⁾
Or. Yük. Müh. Hakan YENER

Kısa Özet

Arazi topoğrafyasını en iyi temsil eden yüzeyin, toplanan arazi bilgileri kullanılarak, bilgisayar ortamında oluşturulması ile elde edilen sayısal arazi modelleri (SAM); 1955 yılından beri birçok ülkede otoyol planlama ve tasarım çalışmalarında, liman ve havalimanlarının planlanmasında, arazinin en ve boy kesitlerinin üretilmesinde, üç boyutlu tasarım paftalarının üretilmesinde ve bunlarla ilgili olan alan, hacim, kesit, uzunluk, eğim gibi geometrik hesapların yapılmasında kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, daha önce taşocağı olarak işletilen ve eski topoğrafik yapıya uygun olarak toprakla doldurulması düşünülen bir saha, uygulama sahası olarak seçilmiş ve sahada, dolgu yapılmadan önce ve dolgu yapıldıktan sonra, yapılan yersel ölçmeler ile elde edilen ve koordinatları (X, Y, Z) hesaplanan toplam 278 adet noktanın (dayanak noktası) sayısal değerleri ile SURFER bilgisayar paket programı kullanılarak oluşturulan sayısal arazi modellerinden (SAM) yararlanarak, sahaya yapılan dolgu miktarı hesaplanmıştır.

1. GİRİŞ

Sayısal arazi modelleri (Digital Terrain Models "DTM") düşüncesi, 1955 yıllarında karayolu projelerinin bazı aşamalarını otomatikleştirmek için Massachusetts Teknoloji Enstitüsünde ortaya

1) İ. Ü. Orman Fakültesi, Orman İnşaatı ve Transportu Anabilim Dalı

2) İ. Ü. Orman Fakültesi, Ölçme Bilgisi ve Kadastro Anabilim Dalı

atılmıştır (LEBERL, 1973). Başlangıçta, o dönemin bilgisayarlarının sınırlı olanakları ile karayolu projelerinde en ve boy kesitlerinin, kazı ve dolgu hacimlerinin hesaplanmasında sınırlı bir uygulama alanı bulan SAM; elektronik teknolojisinin gelişmesi ile bilgisayar olanaklarının artması, otomatik çizim sistemleri, grafik görüntü ekranları, sayısal çıkış veren veya otomatik kayıt yapan veri derleme aletlerinin geliştirilmesi sonucunda sanayi, mimarlık, inşaat mühendisliği, haritacılık gibi alanlarda çok yaygın bir uygulama alanı bulmuştur (GÜLER, 1978 ve 1983). Diğer bir ifade ile, elektronik ve bilgisayar teknolojisinin gelişmesi, yersel ölçmeler ile başlayan harita üretim çalışmalarını hızlandırmış ve günümüzde sayısal arazi modeli, ortofoto harita, sayısal harita, coğrafik bilgi sistemi gibi kavramlar ağırlık kazanmıştır.

Herhangi bir arazi veya parçasını sayısal olarak tanımlayabilmek için, yüzey üzerinde istenilen yoğunluk ve doğrulukta koordinatları (X, Y, Z) bilinen noktaların (dayanak noktalarının) var olması gereklidir. Bu dayanak noktalarının koordinatları (X, Y, Z);

- Takeometre veya elektronik takeometreler ile doğrudan ölçmelerle araziden,
- Fotogrametrik yoldan dolaylı ölçmelerle fotoğraflardan,
- Kartoğrafik sayısallaştırıcılar yardımı ile mevcut harita, plan ve belgelerden,
- Uydu ölçmeleri ve uzaktan algılama ile uzaydan

sayısal olarak elde edilmektedir (PEKTEKİN, 1985; ERDİN, 1987; ŞENTÜRK, 1992).

Yukarıda sıralanan kaynakların herhangi birinden elde edilen ve koordinatları (X, Y, Z) bilinen dayanak noktaları ile uygun yazılım ve donanımı olan bir bilgisayar sistemi ile sayısal arazi modelleri oluşturularak değişik amaçlara yönelik olarak kullanılabilir.

2. SAYISAL ARAZİ MODELLERİNİN TANIMI

Sayısal arazi modelleri, bir X, Y, Z koordinat sisteminde, koordinatları bilinen çok sayıda nokta ile yüzeyin istatistik gösterilimidir (TOZ, 1989). Diğer bir ifade ile SAM, bilgisayarlarla yapılacak işlemlere esas olmak üzere yeryüzeyinin sayısal olarak temsil edilmesidir (KOYUNCU, 1981; GÜLER, 1983). Bu tanımlamadan da anlaşılacağı üzere sayısal arazi modellerinin oluşturulabilmesi için, yalnızca koordinatları bilinen noktalar değil, uygun bilgisayar programları da gereklidir. Sayısal arazi modelleri geniş anlamda ayrıntıların konum ve arazi yükseklik bilgilerinin her ikisinin, dar anlamda ise yalnızca yükseklik bilgilerini içerir (KOYUNCU, 1981; GÜLER, 1983).

Genel anlamda arazinin sayısal biçimde deyimlendirilmesi olan, sayısal arazi modellerinin doğruluğu çeşitli faktörlere bağlıdır. Bunların içinde en önemli olanlar;

- Doğal yüzey üzerinde koordinatları (X, Y, Z) ölçülen noktaların (dayanak noktaları) seçimi ve dağılımı,
- Ölçme yönteminin karesel ortalama hatası,
- Ölçülen noktalardan yararlanılarak sayısal arazi modelinin hesaplanmasında kullanılan interpolasyon yöntemi,

- Arazinin yapısı. Yani, arazinin kırık hatlarının değerlendirmeye alınıp alınmaması gibi faktörlerdir (YILDIZ, 1988; TOZ, 1989). Sayısal arazi modellerinin doğruluğu, sayısal arazi modelini belirleyen dayanak noktaları dışında kalan noktalardaki gerçek değerler ile, interpolasyonla hesaplanan değerler arasındaki farklara dayanır. Yani, sayısal arazi modelinden hesaplanan değerler gerçek arazi şekline ne kadar uygunsa, interpolasyon yönteminin ve sayısal arazi modelinin doğruluğu o kadar iyi demektir. Bu nedenle, dayanak noktaları araziye temsil edecek yoğunluk ve dağılımda olmak zorundadır.

3. SAYISAL ARAZİ MODELLERİNİN UYGULAMA ALANLARI

Arazi topoğrafyasını en iyi temsil eden yüzeyin, toplanan arazi bilgileri kullanılarak, bilgisayar ortamında oluşturulması ile elde edilen sayısal arazi modelleri, 1955 yılından beri birçok ülkede kullanılmaktadır.

Söz konusu ülkelerden ABD'de "State of Michigan, Department of Transportation", "The Texas State Department of Highways and Public Transportation" ve "U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration" gibi kurumlar, otoyol planlama ve dizayn çalışmalarında fotogrametrik metodları, veri elde etme ve sayısal arazi modellerinin oluşturulmasında kullanmaktadırlar (HENRY, 1983; YILDIZ, 1988).

Avusturya ve Almanya'da çeşitli yazılımların yanı sıra SCOP (Stuttgart Contour Program) yazılımı da geniş bir uygulama alanı bulmuş, otoyol planlama ve tasarım çalışmalarında kullanılmaktadır. Bu SCOP yazılımı ile rastgele veya düzenli dağılmış örnekleme noktalarından sayısal arazi modeli oluşturulabilmektedir.

Bu ülkelerin yanı sıra Avustralya, Belçika, Kanada, İrlanda, Hollanda, Yeni Zelanda, İspanya, İngiltere, Fransa, İsveç gibi birçok ülkede, otoyol planlama ve tasarım çalışmalarında fotogrametri destekli SAM'ı kullanılmaktadır (YILDIZ, 1988).

Öte yandan "USDA Forest Service" kurumu da yılda yapımını gerçekleştirdiği 17.000 km'lik orman yolunun planlama ve dizaynında fotogrametri destekli SAM tekniklerini kullanmaktadır (SIMMONS ve SCOTT, 1982).

Ülkemizde fotogrametri destekli SAM tekniği, yeni bir konu olduğu için, çok yaygın olarak kullanılmamakla beraber otoyolların planlanması ve tasarım çalışmalarında, başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Ülkemizde ormancılığa yönelik uygulama alanında SAM'in kullanılması henüz genel geçerlilik kazanamamıştır. Ancak, bu konuya yönelik çalışmalara ivme kazandıracak araştırmalar yapılmış ve yapılmaktadır.

Sayısal arazi modellerinin oluşturulmasında sözkonusu olan kaynakların herhangi birinden elde edilen verilerden yararlanarak bilgisayar ortamında oluşturulan sayısal arazi modellerinden, uygun bilgisayar programları yardımıyla;

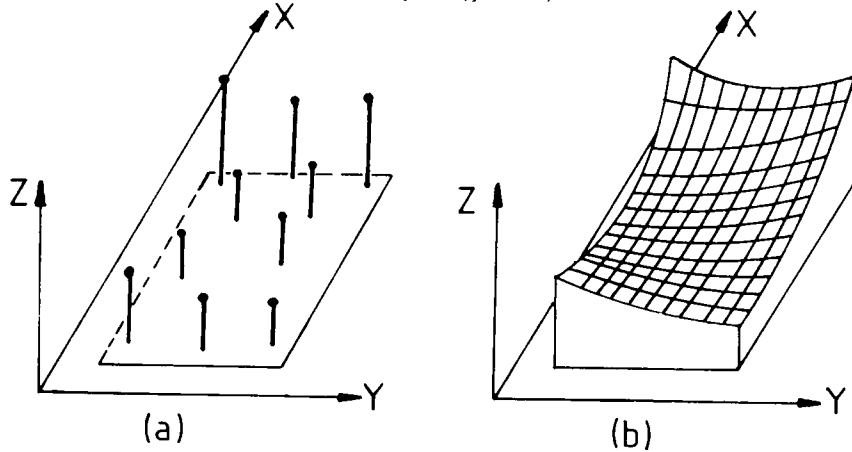
- Eşyükselti eğrilerinin otomatik üretimini,
- Kadastral, altyapı, güzergâh, eğitim vb. haritaların üretimini,

- Karayolu, demiryolu, kanal ve baraj planlarının üretimini,
- Sayısal kontrollü ortofoto üretimini,
- Röleve, vaziyet planı aplikasyon vs. planların üretimini,
- Liman ve havalimanlarının planlanması, endestri için teknik planların üretimini,
- Arazinin en ve boy kesitlerinin üretimini,
- Üç boyutlu arazi gösterim planlarının üretimini,
- Peyzaj çalışmalarına baz olacak paftaların üretimini

ve bunlarla ilgili olan hacim, alan, kesit, uzunluk, eğim, karp gibi geometrik hesapları çok kolay ve hızlı bir şekilde yapmak mümkündür (GÜLER, 1983; TOZ- 1989; MNG, 1991). Ancak, yukarıda sıralanan işlerin yapılabilmesi için arazinin veya objenin dayanak noktalarına ait X, Y, Z koordinatlarının bilinmesi yanında, uygun yazılım ve donanımları olan bir sistem de gereklidir.

4. SAYISAL ARAZİ MODELLERİNİN OLUŞTURULMASI

Bir arazinin veya bir parçasının sayısal arazi modellerinin oluşturulabilmesi için, arazi parçası üzerinde yeterli sıklıkta dağılmış, koordinatları (X, Y, Z) bilinen noktaların var olması gereklidir. Bu noktalara "örnekleme noktası" veya "dayanak noktası" adı verilir (Şekil 1a). Bu noktalar, daha önce de ifade edildiği gibi arazi, hava fotoğrafı, mevcut topografik harita ve planlar, uydu kayıtları gibi kaynaklardan sayısal olarak elde edilir. Bu dayanak noktalarından, düzgün dağılmış ve yeter sıklıkta bir üçgen veya dörtgen ağı oluşturulur. Daha sonra da bu ağın dayanak noktalarının dışında kalan köşe noktalarının yükseklikleri, interpolasyon yöntemlerinden yararlanılarak hesaplanır. Böylece arazi sayısal olarak belirlenmiş olur (Şekil 1b).



Şekil 1: a- Koordinatları (X, Y, Z) Bilinen Dayanak Noktaları
b- Arazinin Sayısal Olarak Gösterilmesi (GÜLER, 1978'den)

Bu şekilde oluşturulan sayısal arazi modellerinin, değişik arazi tiplerinde en az sayıda örnekleme noktası ile araziye temsil etmesi gerekir. Bu noktalar;

- Araziye rastgele dağılmış olan noktalar,
- Yapı, kırık çizgi ve arazinin karakteristik noktaları,
- Bir ağın kesim (düğüm) noktaları

olabilir (YILDIZ, 1988; TOZ, 1989).

Sayısal arazi modellerinin oluşturulmasında genellikle;

- Ağ yöntemi,
- Üçgenleme yöntemi

olmak üzere iki yöntem sözkonusudur (YILDIZ, 1988; TOZ, 1989).

Ağ yönteminde, arazi üzerinde kare veya dikdörtgen biçiminde yerleştirildiği düşünülen ağın düğüm noktalarının yükseklikleri hesaplanır. Dayanak noktalarının bir ağ oluşturulmaması durumunda, interpolasyon yapılarak ağ noktalarının yükseklikleri hesaplanabilir.

Üçgenleme yönteminde, arazi yüzeyine rastgele ya da düzgün olarak dağılmış bulunan örnekleme noktalarının birleştirilmesi ile arazi düzlemi üçgenlerden oluşan çok yüzlü (polihedron) bir yüzeyle hesaplanır.

Koordinatları (X, Y, Z) bilinen noktalar (dayanak noktaları) ile uygun bir bilgisayar programını kapsayan, sayısal arazi modellerinin oluşturulmasında, uygulama aşamasına gelmeden önce;

- Verilerin toplanması
- Verilerin işlenmesi

gibi iki önemli aşama sözkonusudur (KOYUNCU, 1981).

Verilerin toplanması, arazi yüzeyinin sayısallaştırılması işlemidir. Yani, sayısal arazi modellerinin iskeletini oluşturan verilerin, belirlenen kaynaktan (arazi, hava fotoğrafı, mevcut topografik harita vs.) elde edilmesidir ki, buna örnekleme safhası da denilmektedir (BAZ ve CAN, 1988).

Veri elde etme aşamasında toplanan noktaların yoğunluğu, arazinin yapısına, amaca ve ölçüğe bağlı olarak hektarda 25-2500 arasında değişmektedir (KOYUNCU, 1981).

Örnekleme safhasında toplanan veriler, genellikle düzensiz üçgen veya düzensiz dörtgen teşkil edecek şekilde gridler oluşturmaktadır. Örnekleme safhasında toplanan bu verilerin taşıdığı kaba hatalar giderilip, koordinat dönüşümü, kenar çakışması, veri sıklaştırması gibi dönüşümler yapıldıktan sonra grid yüzeyi, interpolasyon yöntemlerinden seçilen birinin uygulanması ile çizgisel veya yüzeysel veriler haline dönüştürülerek, uygulama amacıyla hazır hale getirilirler (KOYUNCU, 1981).

Öte yandan sayısal arazi modellerinin yaygın olarak kullanıldığı ülkelerde örneğin, ABD'de jeolojik ve fotogrametrik ölçmelerle sayısal arazi modellerinin oluşturulması için yönetmelikler hazırlanarak değerlendirme ölçütleri de belirlenmiştir.

Ülkemizde sayısal arazi modellerinin oluşturulması için böyle bir yönetmelik henüz hazırlanmamıştır. Ancak, 31 Ocak 1988 tarihinde 19711 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe gi-

ren "Büyük Ölçekli Haritaların Yapım Yönetmeliği" önceki yıllarda uygulanan benzeri yönetmeliklerden;

- Haritaların ülke nirengi ağına bağlı olarak yapılması,
- Haritaların topoğrafik ve kadastral özellikleri gösterecek biçimde tek tip olarak üretilmesi,
- Teknolojik olanaklardan yararlanarak haritaların sayısal biçimde yapılabilmesi,
- Harita-kadastro bilgi sisteminin kurulmasının hedeflenmesi,
- Bilgilerin tek arşivde toplanması ve mükerrer harita yapımının önlenmesi

gibi temelde farklı hükümler içermesi dolayısıyla bu konuda ileri atılmış bir adım olarak sayılabilir. Çünkü, sözkonusu yönetmeliğe yansayan böylesi köklü değişikliğin temelinde hiç kuşkusuz, teknolojinin sağladığı olanakları ülke genelinde ve bir bütünlük içinde kamu yararına sunma ve üretilecek haritaların çok amaçlı kullanımını gerçekleştirmek istekleri yatmaktadır (KOÇAK, 1988).

5. UYGULAMA ALANININ SEÇİMİ VE DAYANAK NOKTALARININ ÖLÇÜLMESİ

İstanbul ili, Sarıyer ilçesi İstinye mevkiinde, taşocağı olarak işletildikten sonra, eski topoğrafik yapısına uygun olarak toprakla doldurulması düşünülen bir saha uygulama sahası olarak seçilmiştir. Bu amaçla, arazi doldurulmaya başlamadan önce, arazi yüzeyini bilgisayar ortamında oluşturmaya yetecek kadar noktada yersel ölçü yapılarak bu noktaların (dayanak noktası) X, Y koordinatları ile siyah (arazi) kotları (Z) hesaplanmıştır. Saha toprakla doldurulup, eski topoğrafyasına uygun olarak dozerle tesviye edildikten sonra, yine bilgisayar ortamında arazi yüzeyini oluşturmaya yetecek kadar, dayanak noktası yersel ölçme ile ölçülerek X, Y, Z koordinatları hesaplanmıştır.

Uygulama sahasında yapılan yersel ölçümlerde, dolgu yapılmadan önce arazi yüzeyi çok kırıklı olduğu için 176 adet dayanak noktası (Tablo 1), dolgu yapıldıktan sonra da 102 adet dayanak noktası (Tablo 2) olmak üzere toplam 278 adet dayanak noktası ölçülerek X, Y, Z koordinatları hesaplanmıştır.

6. UYGULAMA SAHASININ SAYISAL ARAZİ MODELLERİNİN OLUŞTURULMASI VE DOLGU MİKTARININ HESAPLANMASI

Uygulama sahası olarak seçilen sahaya yapılan dolgu miktarı; dolgu yapılmadan önce ve dolgu yapıldıktan sonra arazide yapılan yersel ölçümler sonucu elde edilen toplam 278 adet dayanak noktasının X, Y, Z koordinat değerleri ile Fakültemiz Ölçme Bilgisi ve Kadastro Anabilim Dalı'nda bulunan "SURFER" bilgisayar paket programı kullanılarak oluşturulan sayısal arazi modellerinden yararlanarak bilgisayar ortamında hesaplanmıştır.

Bu nedenle, burada sayısal arazi modellerinin oluşturulmasında ve dolgu miktarının hesaplanmasında kullanılan "surfer" paket bilgisayar programının kısaca tanıtımı yapılacaktır.

Tablo 1. Saha Doldurulmadan Önce Arazide Yapılan Yersel Ölçümler ile Elde Edilen Dayanak Noktalarının X, Y, Z koordinatları.

Nokta No.	X	Y	Z	Nokta No.	X	Y	Z
1	597.82	318.46	11.29	31	678.60	245.70	32.18
2	606.03	332.90	12.56	32	674.79	258.69	29.09
3	615.35	323.04	12.89	33	700.79	251.31	33.82
4	613.41	340.14	14.30	34	696.87	239.97	43.98
5	621.99	346.88	15.27	35	711.23	228.70	45.67
6	622.48	368.53	15.55	36	686.05	270.71	22.08
7	634.48	363.22	16.84	37	704.95	262.83	23.66
8	638.46	326.69	15.62	38	648.78	291.99	20.10
9	609.96	307.98	16.18	39	618.63	308.77	14.74
10	613.73	304.17	16.82	40	639.16	302.99	15.44
11	617.64	304.67	17.11	41	659.78	281.70	21.66
12	616.83	300.72	18.49	42	674.72	275.83	21.86
13	623.11	295.09	22.90	43	719.65	256.61	25.18
14	625.51	292.91	23.18	44	716.91	242.37	35.43
15	638.11	298.07	19.13	45	726.87	239.31	37.46
16	636.57	292.30	22.92	46	728.52	252.77	26.32
17	637.24	293.26	22.82	47	738.64	245.13	29.29
18	630.53	288.37	23.72	48	724.51	226.33	48.61
19	643.84	289.01	22.93	49	756.93	216.87	50.59
20	634.76	280.89	29.84	50	758.87	239.11	39.22
21	636.84	277.03	30.06	51	758.86	228.04	45.09
22	641.27	265.39	32.29	52	772.60	221.94	54.40
23	650.16	273.63	26.98	53	770.67	232.00	49.63
24	655.53	264.94	28.33	54	768.08	241.34	44.85
25	651.21	248.37	35.00	55	785.34	250.07	44.70
26	658.45	242.61	36.32	56	790.36	236.24	53.35
27	666.92	258.92	29.09	57	795.36	236.24	53.35
28	665.39	239.98	39.82	58	809.94	232.06	57.17
29	674.51	241.49	40.78	59	825.14	237.74	59.51
30	688.54	245.07	42.28	60	825.29	237.74	59.51

Tablo 1. Devam

Nokta No.	X	Y	Z	Nokta No.	X	Y	Z
61	834.43	252.41	59.81	92	704.67	276.00	23.18
62	836.87	268.52	59.17	93	689.89	280.07	22.48
63	851.20	280.22	59.31	94	673.74	293.15	21.90
64	854.93	300.52	55.60	95	671.16	284.75	21.85
65	842.69	305.41	44.30	96	667.17	299.75	19.80
66	837.22	305.68	44.08	97	663.01	308.56	19.57
67	841.14	317.21	43.20	98	659.81	316.52	19.40
68	841.69	289.42	51.90	99	645.68	346.73	17.39
69	824.00	288.02	44.88	100	655.32	348.54	24.72
70	831.34	278.47	52.03	101	670.56	322.95	25.85
71	826.90	261.00	56.73	102	672.22	310.55	25.34
72	806.94	261.18	44.80	103	673.80	302.54	24.58
73	816.25	249.70	52.16	104	690.68	289.62	25.87
74	804.05	271.61	44.53	105	691.52	299.36	29.27
75	792.75	281.54	44.03	106	680.31	305.38	29.37
76	756.84	252.05	44.12	107	681.38	312.96	31.11
77	746.96	278.57	42.99	108	693.99	309.63	31.92
78	778.56	295.22	43.33	109	706.13	307.57	32.50
79	763.63	308.66	42.58	110	711.97	320.17	37.98
80	749.09	322.64	41.93	111	706.18	316.83	34.67
81	734.27	336.14	41.28	112	694.72	320.51	33.48
82	718.24	322.41	41.30	113	680.94	329.32	32.30
83	734.65	311.06	41.50	114	676.88	333.73	32.36
84	739.51	307.85	41.87	115	671.27	342.19	32.48
85	721.91	291.90	32.53	116	665.37	350.34	32.06
86	723.98	305.84	36.57	117	665.69	362.67	30.80
87	713.24	300.55	31.63	118	657.21	373.55	21.87
88	707.57	298.54	29.63	119	657.90	386.53	26.47
89	732.97	271.32	34.30	120	661.90	402.08	24.27
90	747.62	248.68	36.71	121	643.54	389.50	18.17
91	719.74	262.50	25.60	122	659.71	417.80	21.69

Tablo 1. Devam

Nokta No.	X	Y	Z	Nokta No.	X	Y	Z
123	662.37	420.24	22.17	151	753.12	360.51	38.38
124	670.66	435.95	21.48	152	750.08	356.02	39.85
125	682.40	429.98	21.70	153	747.38	345.93	40.52
126	672.91	422.89	25.97	154	719.75	351.21	39.83
127	693.71	420.05	22.14	155	718.45	356.21	37.13
128	690.12	413.58	28.08	156	718.44	344.06	40.63
129	686.47	406.80	34.02	157	702.46	336.70	34.16
130	685.85	404.16	34.80	158	704.08	327.07	34.12
131	676.96	405.24	33.75	159	760.20	347.35	41.23
132	674.16	410.43	30.47	160	765.88	352.97	37.12
133	670.53	396.80	33.20	161	762.86	349.98	39.17
134	668.74	390.26	32.83	162	780.85	332.61	38.62
135	665.17	376.69	31.90	163	788.94	326.61	38.53
136	660.89	375.15	26.85	164	803.88	332.17	38.86
137	683.68	383.91	33.92	165	824.74	339.20	41.67
138	687.05	364.58	32.76	166	811.20	329.66	41.78
139	705.81	355.03	35.45	167	789.43	319.51	42.52
140	698.06	375.28	34.92	168	789.09	323.00	40.52
141	713.86	372.12	36.80	169	777.35	329.75	42.53
142	707.50	385.15	36.05	170	774.45	327.12	42.83
143	704.58	389.31	36.00	171	779.22	331.36	40.57
144	696.35	399.83	34.95	172	711.23	344.89	37.71
145	710.74	392.40	32.49	173	712.72	353.48	37.64
146	714.03	399.96	28.94	174	700.11	404.56	30.24
147	673.60	396.78	33.51	175	830.91	296.94	44.48
148	726.92	386.90	34.91	176	704.01	345.59	34.48
149	719.92	379.42	35.85				
150	756.10	365.54	36.92				

SURFER paket bilgisayar programı, düzensiz (seçimli) ya da düzenli (raster) bir şekilde dağılmış bulunan dayanak noktalarından, istenilen kafes genişliğine sahip bir raster ağı ile sayısal yükseklik modellerinin ve eşyükseklik eğrilerinin çizimine olanak verir. Bu programda, nokta yoğunluğu ve nokta seçimi bakımından herhangi bir sınırlama sözkonusu değildir. Düzenli (raster) ya da düzensiz aralıklı profil noktaları, strüktür çizgileri boyunca ölçülen noktalar, topoğrafik yönden özel anlamı olan tek tek noktalar dayanak noktası olarak kullanılabilir.

SURFER paket bilgisayar programı GRID, TOPO, VIEW, SURF ve PLOT gibi yardımcı beş ana menüden oluşmaktadır. Bu ana menüler kısaca şu işlevleri görürler.

GRID: Kullanıcı tarafından belirlenen bir fonksiyon ile veya düzensiz aralıklarla dizilmiş olan verilerden, düzenli aralıklarla dizilmiş veri gridinin oluşturulması için, veri noktası dosyaları oluşturur ve yönetir. SURF ve TOPO ana menüleri, eşyükseklik eğrili haritalar ve üç boyutlu yüzey çizimleri oluşturmak için bu dosyaları kullanırlar.

TOPO: GRID ana menüsü ile oluşturulmuş bir gridden, eşyükseklik eğrili (topoğrafik) haritaların oluşturulması amacıyla kullanılır. Bunun için GRID ana menüsü ile oluşturulmuş ve ASC II kodlarıyla saklanmış bir grid dosyası, ismi yazılmak suretiyle çağırılır ve daha sonra TOPO ana menüsünün alt seçenekleri ile eşyükseklik eğrilerinin oluşturulması için gerekli bilgiler girilerek, topoğrafik harita oluşturulur.

SURF: GRID ana menüsü ile oluşturulmuş bir grid dosyasını kullanarak, üç boyutlu yüzey çizimlerinin (perspektif, ortogonal çizimler) oluşturulması gerçekleştirilir.

VIEW: GRID, TOPO veya SURF ana menüleri ile oluşturulan grid, eşyükseklik eğrileri veya üç boyutlu yüzeylerin ekran üzerinde görüntülenmesini, ekranda istenilen yere taşınmasını ve 1'den 9'a kadar istenilen oranda büyütülüp veya küçültülmesini sağlar.

PLOT: SURF ve TOPO ana menüleri ile gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra, bu menülerin her ikisinde de bir alt menü halinde yer alan Output menüsü ile bilgisayarın harddiskine aktarılacak suretiyle kaydedilen topoğrafik harita veya üç boyutlu yüzey çizimlerinin yazıcı (printer) veya çiziciden (plotter) çıktılarının alınması işlevini görür.

Yukarıda kısaca açıklanan SURFER paket programı ile, dayanak noktalarının X, Y, Z koordinatları kullanılarak;

- İnterpolasyonla istenilen kafes genişliğinde gridlerin oluşturulması,
- Eşyükseklik eğrilerinin, dolayısıyla topoğrafik haritaların üretilmesi,
- Sayısal arazi modellerinin oluşturulması ve
- Hacim hesapları

gibi işler yapılabilmektedir.

Sayısal arazi modelleri ile dolgu miktarının hesaplanabilmesi için, dolgu yapılmadan önce arazide yapılan yersel ölçmelerle ölçülen 176 adet noktanın (dayanak noktası) X, Y, Z koordinatları (Tablo 1) ile yukarıda kısaca tanımlanan SURFER paket bilgisayar programı kullanılarak, uygulama sahasının dolgu yapılmadan önceki durumuna ait topoğrafik haritası (Şekil 2) değişik bakış açıları altında oluşan sayısal arazi modelleri oluşturuldu (Şekil 3 ve 4).

Tablo 2. Saha Doldurulduktan Sonra Arazide Yapılan Yersel Ölçmeler ile Elde Edilen Dayanak Noktalarının X, Y, Z Koordinatları

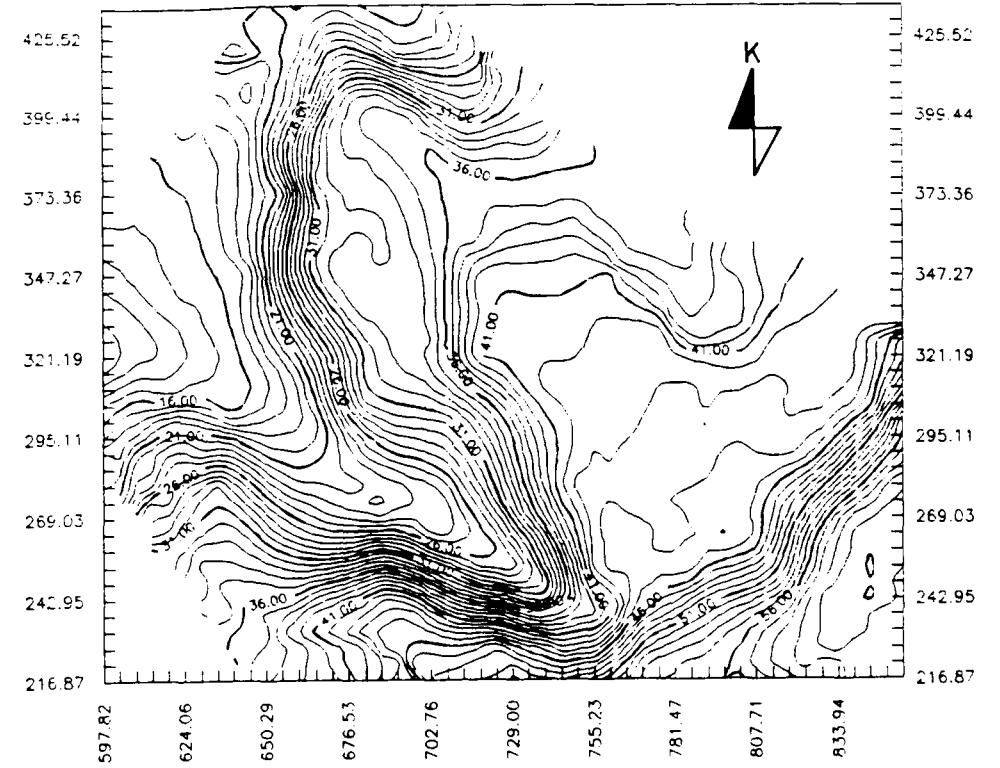
Nokta No.	X	Y	Z	Nokta No.	X	Y	Z
1	765.75	318.85	38.73	31	672.02	432.45	21.48
2	777.54	319.65	38.58	32	676.69	424.45	21.20
3	784.40	320.33	38.50	33	660.86	387.06	21.89
4	788.89	331.11	38.78	34	649.16	363.46	20.86
5	791.42	329.97	41.03	35	645.16	340.60	21.61
6	786.58	314.86	40.96	36	623.02	291.83	21.39
7	768.63	284.98	47.03	37	638.82	312.31	23.16
8	783.25	287.89	47.37	38	668.41	364.75	24.65
9	798.35	292.13	47.68	39	689.45	423.20	23.35
10	807.60	301.11	44.73	40	682.57	389.56	26.07
11	819.46	301.31	43.95	41	676.51	378.78	25.75
12	833.18	300.79	42.83	42	652.63	332.48	23.79
13	854.12	299.32	55.62	43	631.76	280.66	25.58
14	852.69	291.79	56.93	44	636.71	270.31	28.84
15	850.31	278.43	59.31	45	660.03	284.60	28.21
16	844.24	273.37	59.96	46	666.87	301.16	28.81
17	837.07	274.80	59.06	47	701.26	408.23	26.15
18	828.34	276.95	57.72	48	704.33	405.59	27.02
19	811.35	287.70	54.91	49	710.19	390.38	29.99
20	792.82	282.33	51.73	50	686.12	347.45	29.46
21	600.07	315.51	13.37	51	684.62	344.92	28.98
22	609.04	306.19	16.34	52	648.46	256.91	35.02
23	616.31	313.24	16.47	53	672.21	264.28	35.20
24	618.38	340.92	16.22	54	682.89	285.54	33.88
25	622.50	367.34	15.55	55	681.13	296.18	32.36
26	631.46	373.19	16.87	56	692.60	313.83	32.21
27	630.30	339.79	18.40	57	697.99	336.27	32.45
28	645.19	404.97	17.76	58	711.85	558.73	32.82
29	649.95	403.29	18.16	59	726.68	386.73	31.58
30	664.23	428.70	19.41	60	735.24	370.74	33.43

Tablo 2. Devam

Nokta No.	X	Y	Z	Nokta No.	X	Y	Z
61	749.38	369.91	34.45	82	726.43	256.78	43.84
62	719.39	344.78	34.74	83	701.31	232.13	44.19
63	734.97	349.62	35.85	84	674.65	240.88	39.63
64	760.82	358.20	36.18	85	712.41	215.36	47.12
65	753.68	343.75	37.14	86	725.19	237.52	45.81
66	739.56	332.90	37.34	87	738.75	222.32	48.85
67	772.70	345.82	39.96	88	749.63	225.58	49.61
68	777.76	338.67	37.46	89	757.57	217.41	51.09
69	760.02	334.01	38.06	90	761.94	244.61	50.14
70	746.01	324.61	38.42	91	752.47	263.13	47.18
71	729.96	318.15	38.14	92	778.21	269.30	50.22
72	713.40	324.20	35.50	93	790.15	249.52	53.79
73	707.73	292.49	36.90	94	774.66	226.40	53.08
74	700.60	269.14	37.32	95	773.64	221.88	53.10
75	652.56	247.77	36.73	96	789.45	232.13	54.97
76	671.03	244.79	38.49	97	805.27	234.44	56.32
77	690.52	245.18	40.97	98	813.72	255.87	56.72
78	724.78	275.30	40.37	99	829.63	240.48	59.13
79	728.05	300.94	39.02	100	847.01	245.33	60.46
80	746.04	303.13	41.29	101	841.76	260.60	59.99
81	748.35	288.27	42.46	102	823.77	337.89	41.67

Uygulama sahası, dolgu yapıp eski topoğrafyasına uygun olarak dozerle tesviye edildikten sonra, yine arazide yapılan yersel ölçmelerle ölçülen 102 adet noktanın X, Y, Z koordinatları (Tablo 2) ile SURFER paket bilgisayar programı kullanılarak, uygulama sahasının dolgu yapıldıktan sonraki durumuna ait topoğrafik haritası (Şekil 5) ve değişik bakış açıları altında oluşan sayısal arazi modelleri oluşturuldu (Şekil 6 ve 7).

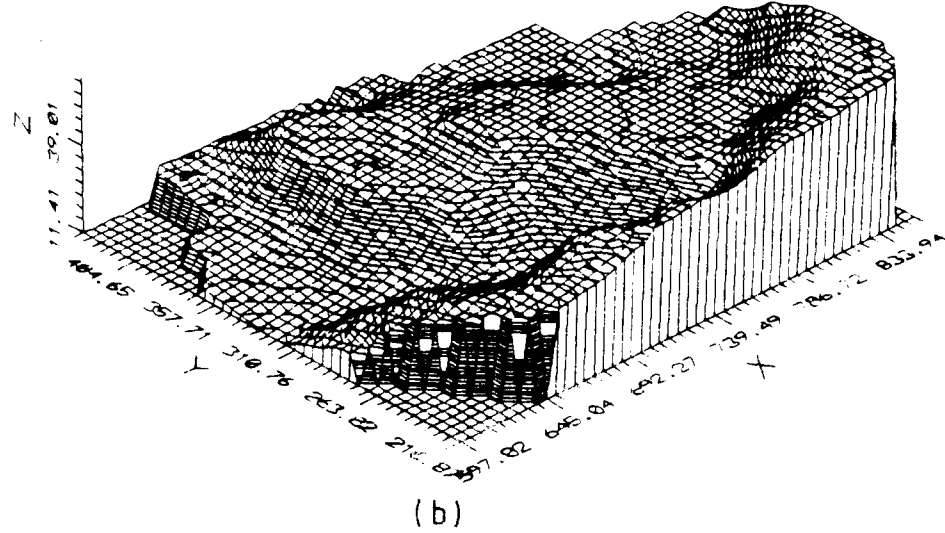
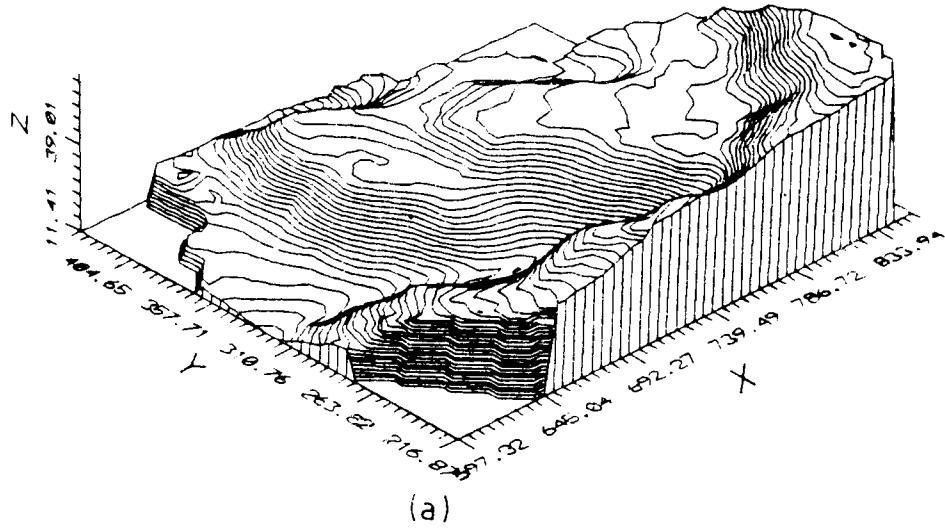
Uygulama sahasının, dolgu yapılmadan önceki ve dolgu yapılmadan sonraki durumuna ait sayısal arazi modellerinin oluşturulmasında kaynak çapı 30 m ve gridlerin düğüm noktalarının hesaplanmasında da en yakın olan 5 dayanak noktası dikkate alınmıştır.



Şekil 2 : Uygulama Sahasının (Dolgu Yapılmadan Önce) 176 Adet Dayanak Noktasından Elde Edilen Topoğrafik Haritası

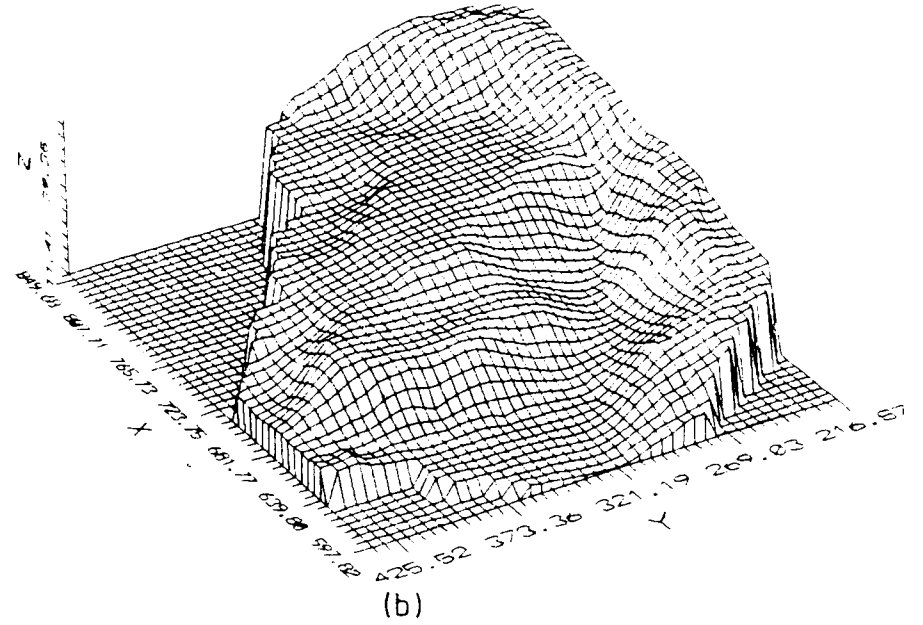
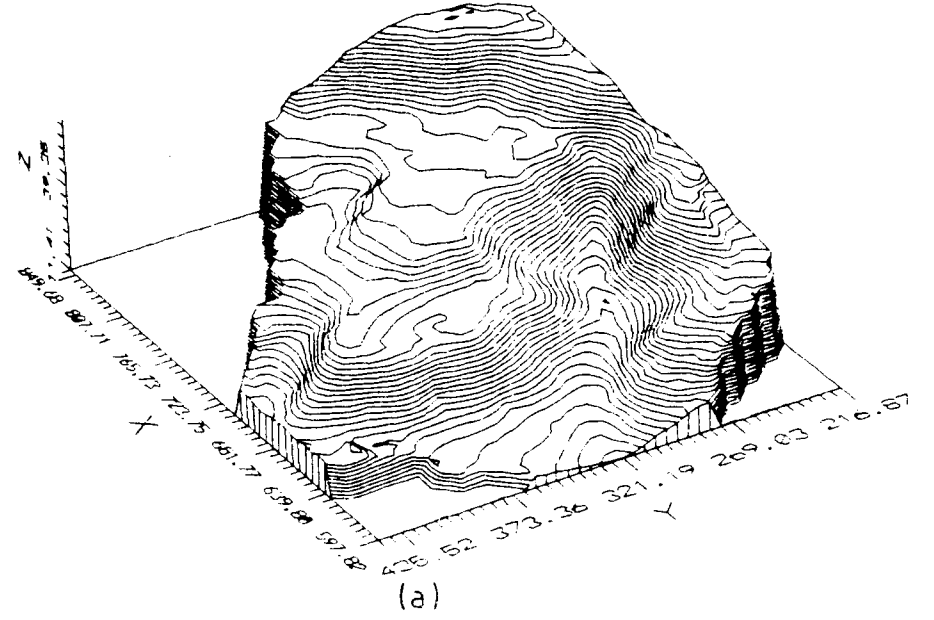
Uygulama sahasının, dolgu yapılmadan önceki ve sonraki durumlarına ait sayısal arazi modelleri oluşturulduktan sonra, SURFER programının alt modülü olan "VOLUME" kullanılarak dolgu miktarı hesaplanmıştır. Ancak, bu hesaplamaların yapılabilmesi için, dayanak noktalarının maksimum ve minimum Z değerlerinin klavyeden bilgisayara girilmesi gerekmektedir.

Bu nedenle, hesaplama yapılırken saha doldurulmadan önce arazide ölçülen dayanak noktalarının (Tablo 1) maksimum (59.81 m) ve minimum (11.29 m) Z değerleri ile, dolgu yapıldıktan sonra arazide ölçülen dayanak noktalarının (Tablo 2) maksimum (60.46 m) ve minimum (13.37 m) Z değerleri klavyeden girilerek çok kısa bir süre içinde sahaya yapılan dolgu miktarı 79589.918 m³ olarak hesaplanmıştır.



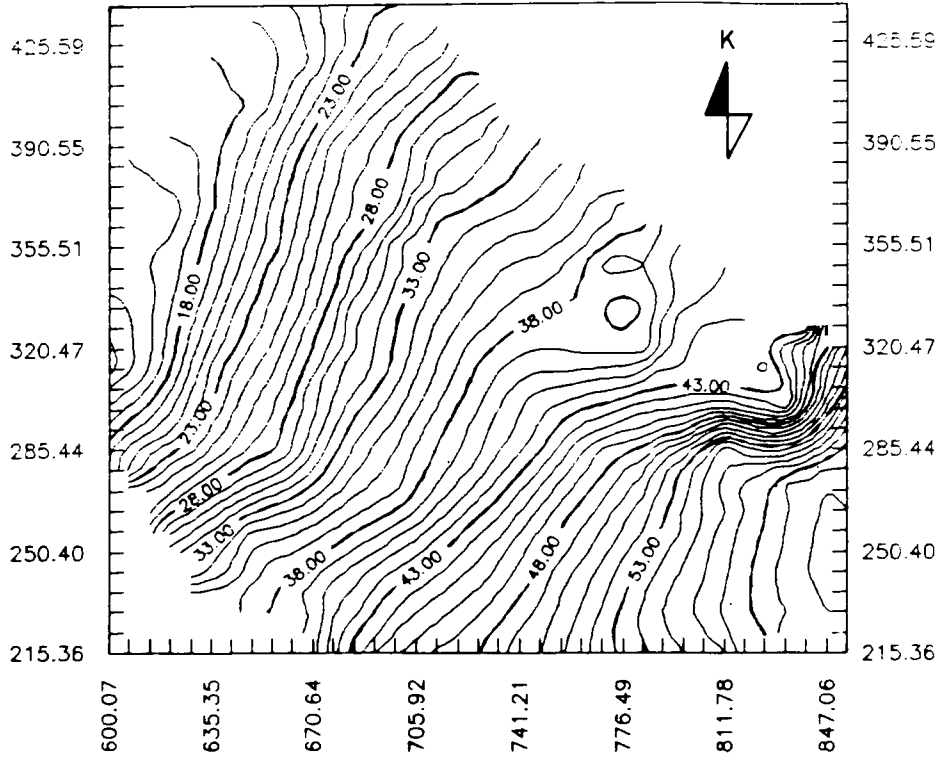
Şekil 3 : Uygulama Sahasının (Dolgu Yapılmadan Önce) 176 Adet Dayanak Noktasından Elde Edilen Perspektif Görünümü

- a) Üç boyutlu arazi yüzeyinde Z değerlerinin görünümü
b) Üç boyutlu arazi yüzeyinde X, Y, Z değerlerinin görünümü



Şekil 4 : Aynı Sahanın Değişik Bakış Açısı Altında Oluşan Perspektif Görünümleri

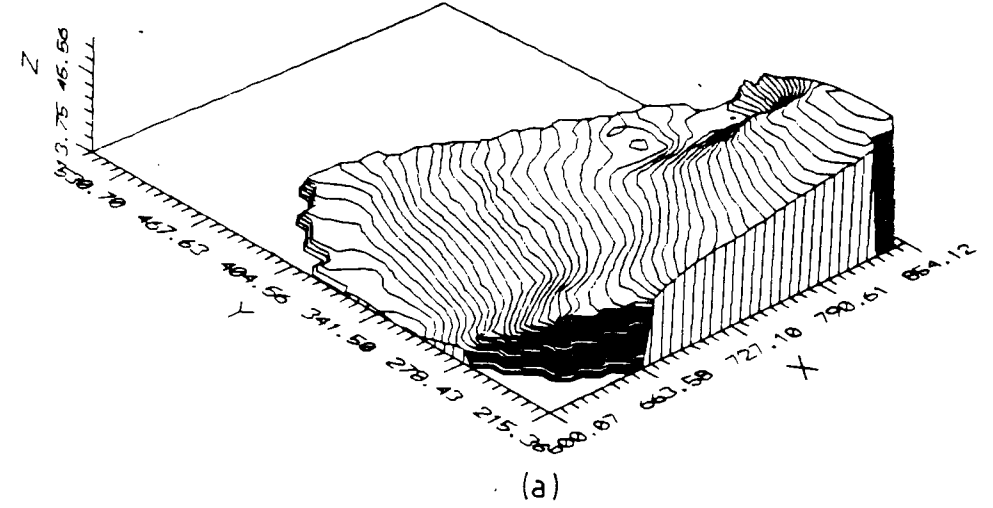
- a) Üç boyutlu arazi yüzeyinde Z değerlerinin görünümü
b) Üç boyutlu arazi yüzeyinde X ve Y değerlerinin görünümü



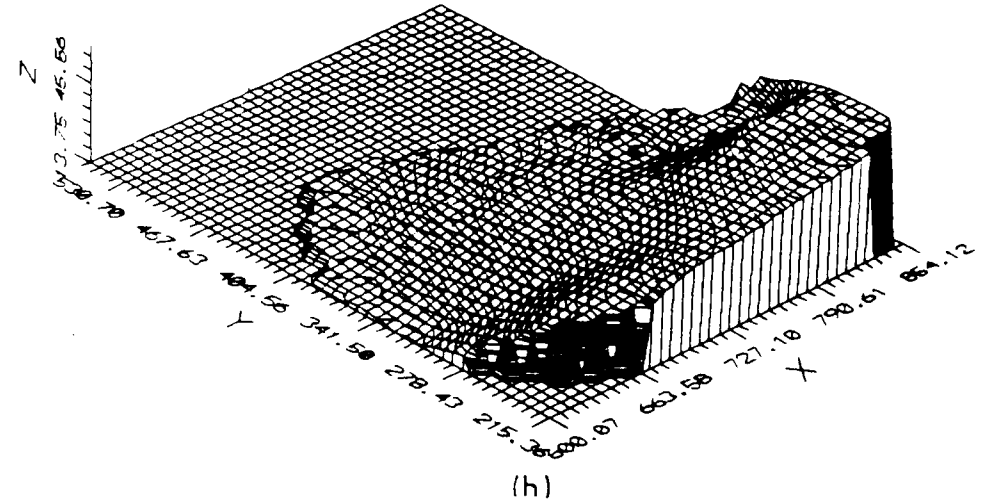
Şekil 5 : Uygulama Sahasının (Dolgu Yapıldıktan Sonra) 102 Adet Dayanak Noktasından Elde Edilen Topoğrafik Haritası.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Daha önce de ifade edildiği üzere, birçok ülkede sayısal fotoğrametri destekli sayısal arazi modelleri tekniği yerleşim ve endüstri bölgelerinin, hava limanlarının, otoyol demiryolu ve orman yolu ağlarının planlanmasında ve bunlarla ilgili olan alan, hacim en ve boy kesitleri gibi geometrik hesapların yapılmasında başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Ülkemizde sayısal fotoğrametri destekli SAM teknikleri henüz çok yaygın kullanılmasa da, otoyolların planlanmasında başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Yine 31 Ocak 1988 tarihinde 19711 Sayılı Resmî Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe giren "Büyük Ölçekli Haritaların Yapım Yönetmeliği" önceki yıllarda uygulanan yönetmeliklerden temelde farklı hükümler içermesi ve bir bilgi sisteminin oluşturulmasını amaçlaması dolayısıyla bu konuda ileri atılmış bir adım olarak sayılabilir.



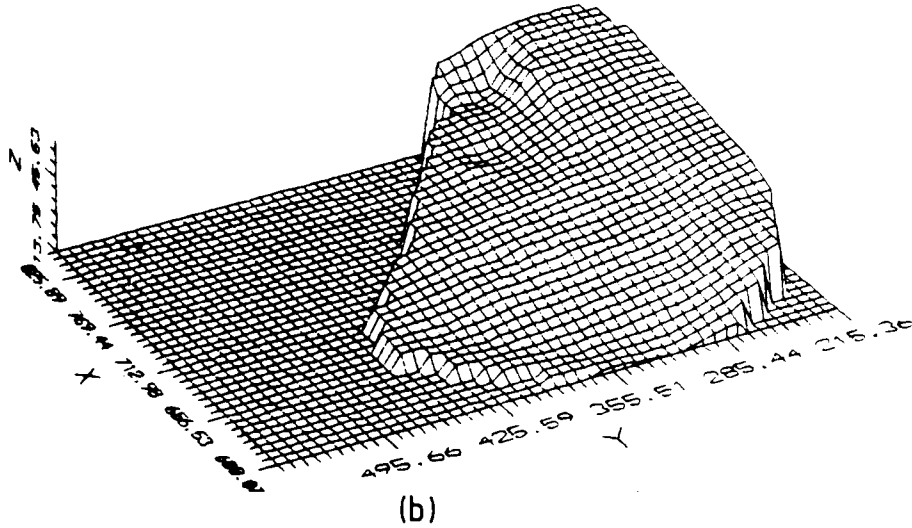
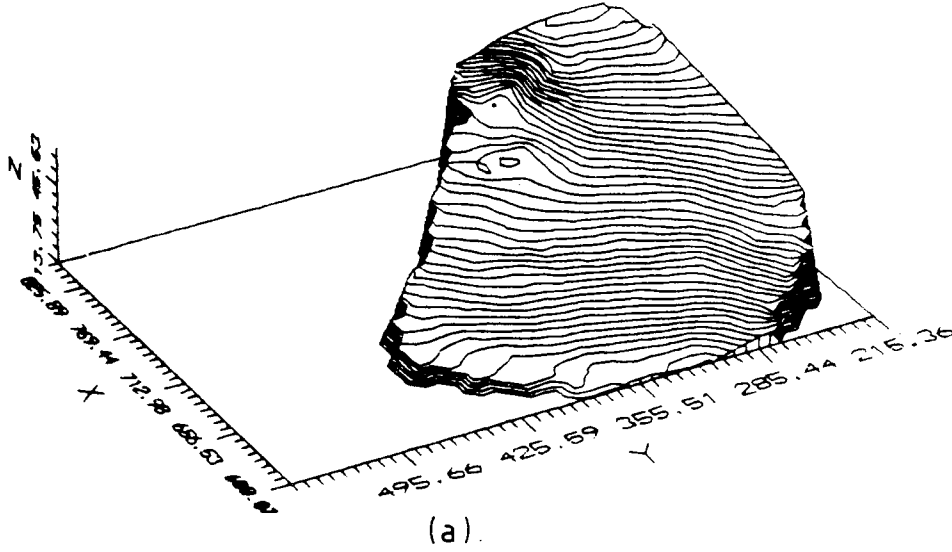
(a)



(h)

Şekil 6 : Uygulama Sahasının (Dolgu Yapıldıktan Sonra) 102 Adet Dayanak Noktasından Elde Edilen Perspektif Görünümleri

- Üç boyutlu arazi yüzeyinde Z değerlerinin görünümü
- Üç boyutlu arazi yüzeyinde X, Y, Z değerlerinin görünümü



Şekil 7 : Aynı Sahanın Değişik Bakış Açısı Altında Oluşan Perspektif Görünümleri

- a) Üç boyutlu arazi yüzeyinde Z değerlerinin görünümü
b) Üç boyutlu arazi yüzeyinde X ve Y değerlerinin görünümü

Öte yandan Orman Genel Müdürlüğü'nde son yıllarda; çok yönlü olarak sürdürülen ormancılık hizmet ve uygulamalarının daha hızlı, daha ekonomik ve daha etkin bir şekilde yürütülebilmesi ve uygulayıcı birimler arasındaki koordinasyonun sağlanabilmesinde gerekli olan temel altlık haritaların üretilmesi ve bu konuda sağlanabilmesinde gerekli olan temel altlık haritaların üretilmesi ve bu konuda çalışanların tüm isteklerine cevap verecek olan "Orman Bilgi Sistemi"nin (ORBİS) oluşturulması için çalışmalara başlamıştır.

Bu çalışmada, daha önce taşocağı olarak işletilen ve eski topoğrafyasına uygun olarak toprakla doldurulması düşünülen bir saha uygulama sahası olarak seçilmiş ve sahada, dolgu yapılmadan önce ve dolgu yapıldıktan sonra yapılan yersel ölçümler ile elde edilen toplam 278 adet dayanak noktasının X, Y, Z koordinatları ile SURFER paket bilgisayar programı kullanılarak, sahanın dolgu yapılmadan önceki ve dolgu yapıldıktan sonraki durumuna ait eşyükselti eğrili haritaları ile sayısal arazi modelleri oluşturulmuştur. Bu sayısal arazi modellerinden yararlanarak sahaya yapılan dolgu miktarı, çok kısa bir sürede 79589.918 m³ olarak hesaplanmıştır.

Bu çalışmada olduğu gibi, sayısal arazi modelleri ve SURFER paket bilgisayar programı ile;

- Orman alanı veya diğer alanlarda döküm yeri olarak kullanılan sahalara yapılan dolgu miktarını,
- Çeşitli amaçlara yönelik olarak yapılan hafriyat miktarını,
- Maden veya taş ocaklarından çıkarılan cevher miktarının hesaplanması gibi işler çok kısa bir sürede yapılabilir. Ancak, büyük alanlarda çalışırken sayısal arazi modellerinin oluşturulmasına temel teşkil eden dayanak noktalarının X, Y, Z koordinatları yersel ölçümlerle değil de, sayısal fotogrametri yöntemiyle toplanan ve manyetik bir ortamda arşivlenen bir bilgi sisteminden elde edilmeleri, en ekonomik ve en mantıklı çözümdür.

Bu nedenle, OGM'ce üretilecek sayısal haritalar ve oluşturulacak Orman Bilgi Sistemi'nden elde edilecek sayısal verilerin ve bu verilerden oluşturulacak sayısal arazi modellerinin çeşitli ormancılık çalışmalarında kullanılması en ekonomik ve en hızlı bir yöntem olacaktır. Çünkü bu verilerden, ormancılık sektöründe çalışan tüm kişiler hızlı ve ekonomik bir şekilde yararlanma olanağına sahip olacaklardır.

KAYNAKLAR

ERDİN, K. 1987. *Doktora Dersi Notları*.

GÜLER, A. 1978. *Sayısal Arazi Modellerinde İnterpolasyon Yöntemleri*. M.S.B. Harita Genel Komutanlığı, *Harita Dergisi*, Sayı 5, s. 53-70, Ankara.

GÜLER, A. 1983. *Sayısal Arazi Modellerinde İki İnterpolasyon Yöntemi ile Denemeler*, K.T.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Yayın No. 19, Trabzon.

HENRY, H. A. 1983. *Interactive Graphics in Highway Design*. *Transportation Research*, Vol. 923, s. 8-14.

KOÇAK, E. 1988. *Büyük Ölçekli Haritalar ve Bunların Yeniden Düzenlenmesi*. *Ülkemizin Kalkınmasında Mühendisliğin Rolü Sempozyumu*, S. 415-421, 20-24 Haziran, İstanbul.

KOYUNCU, D. 1981. *Sayısal Arazi Modelleri*. K.D.M.M.A. Yayını, Konya.

LEBERL, F. 1973. *Interpolation in Square Grid DTM*, ITC, 1973/5.

MNG A.Ş. 1991. *Yapılan Çalışmalara Ait Dokümanlar*.

PEKTEKİN, A. 1985. *Yersel Fotoğrameirik Koordinatlardan Hacim Hesabı İçin Üçgenlerin Numaralanması ve Açık Maden İşletmelerine Uygulanması*. TUFUAB, 3-6 Haziran, Ankara.

SIMMONS, P; SCOTT, D. 1982. *Development of Road Traverse And Cross Section From Digital Terrain Models*, USDA Forest Service, Washington D. C.

ŞENTÜRK, N. 1992. *Orman Yollarının Planlanmasında Sayısal Verilerden Yararlanma Olanakları*. İ. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, *Doktora Tezi*, İstanbul.

TOZ, G. 1989. *Sayısal Arazi Modelleri*. İ.T.Ü. Dergisi, Cilt 47, Sayı 2, s. 39-48, İstanbul.

YILDIZ, F. 1988. *Türkiye'de Karayolu Etüd ve Proje Çalışmalarında Uygulanabilecek Fotoğrameirik Değerlendirme Modeli ve Öneriler*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, *Doktora Tezi*, İstanbul.