

YOL PROJELERİNİN YAPILMASINDA, MATEMATİK İSTATİSTİK DEN FAYDALANMA İMKÂNI ÜZERİNE BİR DENEME 1

Doç. Dr. Tahsin TOKMANOĞLU

G İ R İ Ő

Yol projelerinin yapılması, külfetli ve masraflı bir iştir. Arazinin tesviye eğrili ve büyük ölçekli bir haritası varsa, proje bu harita üzerinde ölçmeler yapılarak hazırlanır. Arazinin haritası yoksa, proje ile ilgili bütün ölçmeler arazide yapılır. Haritada ve arazide yapılan ölçmelerle hazırlanan projelerin safhaları arasında büyük farklar bulunmamaktadır.

Harita üzerinde yapılan ölçmelere dayanılarak hazırlanan bir yol projesinin safhaları sırasile şunlardır.

- 1 — Güzergâhın etüdü
- 2 — Güzergâhın düzeltilmesi
- 3 — Kurpların tatbiki
- 4 — Güzergâhın metraji
- 5 — Uzunluk profilinin çizimi
- 6 — Enkesitlerin çizimi ve alanlarının ölçülmesi
- 7 — Kazılacak ve doldurulacak toprak hacminin hesabı
- 8 — Masraf hesabı

Uygulanmakta olan ve alışılmış bulunan metoda göre bu safhaların hiç birisinde, matematik istatistikten faydalanma yoluna gidilmemektedir.

Yaygın olan kanaata göre : Matematik istatistik yaklaşık değerler verir. Mühendislikle ilgili projelerde, kesin değerlerin bilinmesine ihtiyaç vardır. Bu sebeplerle yol projelerinde matematik istatistik bahis konusu olamaz.

1) Bu çalışma birçok cedvelin düzenlenmesini ve hesapların yapılmasını gerektirmiştir. Yer azlığı dolayısıyla cedvellerin pek azı yazıya alınmış, fakat hesap sonuçları verilmiştir. Bütün cedvellerin düzenlenmesi, hesaplanması ve grafiklerin çizimi Orman Yüksek Mühendisi İsmail Küçükkaya ile Kadir Erđin tarafından yapılmıştır. Burada kendilerine teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Yaygın olan bu kanaatin ne derece haklı veya haksız olduğunu, yapılmış bir proje üzerinde matematik istatistik prensiplerini uygulayarak incelemenin, araştırılmaya değer bir konu olduğu muhakkaktır.

Matematik istatistik, çok sayıdaki bireylerle uğraşır. Yol projesindeki ölçmelerin her biri bir bireydir. Kısa bir yol az sayıda ölçmeyi gerektirdiği için, diğer bir söyleyişle kısa yol projesinde az sayıda birey bulunduğu için matematik istatistiğın konusuna girmez. Uzun bir yolda, çok sayıda ölçme yapılacağından matematik istatistiğın faydalı olabileceği konular bulunabilir. Bu sebeple oldukça uzun bir yola ait, yapılmış bir proje ele alınmış ve yukarıda sıralanmış bulunan 8 safhanın her birinde, matematik istatistiğın neler sağlıyabileceği araştırılmıştır.

Aşağıda evvela klasik metodla yapılmış yol projesinin özellikleri açıklanmış, daha sonraki bahislerde de matematik istatistiğın uygulanmasına geçilmiştir.

KLASİK METODLA YAPILMIŞ BİR YOL PROJESİ

1/2000 ölçekli, 2 m. aralıkla tesviye eğrileri geçirilmiş bir haritada üzerinde bulunan B (Başlangıç) ve S (son) noktaları arasında yapılacak bir yol için hazırlanmış proje incelenmiştir. Evvela yol güzergâhının etüdü yapılmış ve yolun nerelerden geçeceği, hangi noktalara uğramak mecburiyetinde olduğu belirtilmiştir. Bundan sonra pergel açıklığı hesaplanmış ve B noktasından başlanılarak, son noktaya düşülmeye çalışılmıştır. Böylelikle kırık çizgilerden meydana gelen bir güzergâh elde edilmiştir. Bundan sonra güzergâhın düzeltilmesi yapılmış ve açıların içersine, uygun yarıçapta kavisler (kurplar) yerleştirilmiştir. Buraya kadar yapılan işler yukarıda sıralanan 8 safhanın ilk üçünü teşkil etmektedir. Daha sonra B noktasından başlanılarak güzergâhın metraji yapılmış ve 1168 m. bulunmuştur. Bu da 4 üncü safhadır.

Beşinci safha olarak güzergâh üzerindeki çeşitli noktaların kotları ve başlangıç noktasına mesafeleri hesaplanarak uzunluk profili çizilmiş, kırmızı çizgide geçirilmiştir. 1 nolu şekilde uzunluk profilinin başlangıç kısmı görülmektedir.

Altıncı safha olarak enine kesitler çizilmiş, herbirindeki kazı ve dolduru alanları hesaplanmıştır. İncelediğimiz projede 113 tane enine kesit bulunmaktadır. Mühendisi en çok uğraştıran, enine kesitlerin çizilmesi ve ölçülmesi olmuştur. 1 nolu tablonun 3 ve 4 nolu sü-

tunlarında yolun başlangıç kısmındaki 15 enine kesite ait kazı ve dolduru olanları görülmektedir.

Yedinci safha olarak : kazılacak ve doldurulacak toprak hacimlerinin hesabı yapılmıştır. 1 nolu tablonun 5 ve daha sonraki sütunlarında bu hacim hesaplarının nasıl yapıldığı görülmektedir. Bir-biri ardısıra gelen iki enine kesitteki kazı alanlarının ortalaması alınıp 5 inci sütuna yazılmıştır. Bu ortalama alan iki enine kesit arasındaki mesafe ile çarpılarak kazı hacmi bulunmuş ve 5 inci sütuna yazılmıştır. Birbiri ardı sıra gelen iki enine kesitteki dolgu alanlarının ortalaması alınıp 6 inci sütuna yazılmıştır. Bu eğer iki enine kesit arasındaki mesafe ile çarpılarak dolduru hacmi bulunmuş ve 9 uncu sütuna yazılmıştır.

8 ve 9 nolu sütunlardaki hacimlerden küçük olan 10 uncu sütuna yazılmıştır. Bu, aynı profil içinde kullanılacak miktarı göstermektedir. 8 ve 9 nolu sütunlardaki rakamların farkı, kazı fazlasını veyahut dolduru noksanını göstermektedir. Bu fark 11 veya 12 inci sütuna yazılmıştır.

I nolu tablonun 1, 2, 7, 11 ve 12 nolu sütunlarındaki değerler aynen II nolu cetvele alınmıştır. I nolu tabloda olduğu gibi fazla yer işgal etmemek gayesile II nolu tablonun da yalnız başkısı yazımıza alınmıştır. II nolu tabloda profiller arasında yapılacak toprak taşımaları ile, dışardan alınacak ve dışarıya atılacak toprak miktarları görülmektedir. Bu cetveldeki sütunların toplamı, kaç metre mesafeye kaç m³ toprağın taşınacağını ortaya çıkartmaktadır. Bu değerler masraf hesabında önemli rol oynamaktadır.

II nolu tablodaki hesaplar tamamlandıktan sonra bulunan sonuçlar III nolu cetvelin 5 inci bölümünde özet halinde gösterilmiştir.

III nolu tablo 5 bölümden meydana gelmiştir. 1 ve 2 inci bölümlerin sonuçları alınmıştır. Proje hangi prensiplere göre yapılırsa yapılsın bu iki masraf aynen yapılacaktır. 3 üncü bölüm (şiv ayaklarının yapılması) dir. İncelediğimiz projede bulunmamaktadır. Bu sebeple III nolu cetvelde 3 üncü bölüm yoktur. 4 nolu bölüm (Toprak ve taş kitlesinin kazılması ve bir defada alınması veya bir el arabası içine yüklenmesi) dir. III nolu tablo bu bölüm toplam halinde gösterilmiştir. Araziye güzergahın incelenmesile, kazılacak materyalin ne kadarının hangi cins materyal olduğunun tesbiti ve buna göre kısımlara ayrılması, yapmakda olduğumuz incelemeyi etkilememek-

tedir. 4 nolu bölümün toplam hacmi I nolu tablonun 8 nolu sütunundaki kazı hacimlerinin toplamıdır. (6702.9) m³ dür.

TABLO : I

Klasik metotla yapılmış yol projesinde, Toprak hacminin hesabına ve enine tesviyeye ait tavlo

Table : I

Digging and filling areas of cross sections and the calculations of the volume of digging and filling, by using the end - areas formula

Enine kesit No:	Hektometreler	Alanlar		Ortalama alanlar		Mesafeler	Toprak hacmi		Aynı profil için de kullanılacak miktar	Kazı Fazlası	Dolduru Noksanı
		Kazı	Dolduru	Kazı	Dolduru		Kazı	Dolduru			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0+00	3,4	0,5	1,95	3,5	18	35,10	63,0	35,10	-	-27,9
2	0+18	0,5	6,5	1,5	3,75	29	43,5	108,75	43,05	-	-65,2
3	0+47	2,5	1,0	2,4	0,9	5	12,0	4,5	4,5	+7,5	-
4	0+52	2,3	0,8	2,4	0,95	12	28,8	11,40	11,40	+17,4	-
5	0+64	2,5	1,1	1,65	2,05	12	19,80	24,60	19,8	-	4,8
6	0+76	0,8	3,0	0,4	6,55	8	3,2	52,40	3,2	-	49,2
7	0+84	-	10,1	0,3	5,75	2	0,6	11,50	0,6	-	10,9
8	0+86	0,6	1,4	2,05	0,9	19	38,95	17,1	17,1	21,85	-
9	1+05	3,5	0,40	7,05	0,20	25	176,25	5,0	5,0	171,25	-
10	1+30	10,6	-	9,60	-	10	96,0	-	-	96,0	-
11	1+40	8,6	-	5,85	0,3	10	58,5	3	3	55,5	-
12	1+50	3,1	0,6	1,95	1,95	10	19,5	19,5	19,5	-	-
13	1+60	6,8	3,3	1,90	1,80	15	28,5	27,0	27,0	1,5	-
14	1+75	3,0	0,3	3,2	0,75	4	12,8	1,0	1,0	11,8	-
15	1+79	3,4	0,2	3,1	0,25	5	15,5	1,25	1,25	14,25	-
16	1+84	2,8	0,3	3,0	2,15	8	24,0	17,20	17,20	6,80	-
17	1+92	3,2	4,0	1,6	4,65	10	16	46,5	16,0	-	30,5
18	2+02	-	5,3	-	6,65	8	-	53,20	-	-	53,2
19	2+10	-	8,0	-	7,0	5	-	35,0	-	-	35,0
20	2+15	-	6,0	-	1,75	3,15	7	12,25	22,05	12,25	-
21	2+22	3,5	0,3	3,8	0,3	13	49,4	3,9	3,9	45,5	-
22	2+35	4,1	0,3	4,1	0,25	8	32,8	2,0	2,0	30,8	-
23	2+43	4,1	0,2	5,05	0,11	8	40,40	0,88	0,88	39,58	-
24	2+51	6,0	0,02	6,50	0,01	7	45,50	0,07	0,07	45,43	-
25	2+58	7,0	-	7,5	-	42	315,0	-	-	315,0	-
26	3+00	8,0	-	6,1	0,05	15	91,5	0,75	0,75	90,75	-
27	3+15	4,2	0,1	8,1	0,05	10	41,0	0,5	0,5	80,5	-
28	3+25	12,0	-	27,4	-	15	411,0	-	-	411,0	-
29	3+40	42,8	-	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴

Genel Toplam :

6702,9

TABLO No: II
Klasik metotla yapılmış yol proesinde, boyuna tesviyeye ait tablo

Table : II
Transportation of the digging exces

Enine kesit No	Hektometreler		Kesitler		Doldurma		Kazı		Profiller dağıtım- dan alınacak		T A Ş I M A M E S A F E L E R İ (El arabası ile)							Profiller dağıtım- dan alınacak				
	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.		m.			
1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
1	0+00	18	27,9	-	27,9	27,9	27,9	27,9	27,9	27,9	27,9	27,9	27,9	27,9	27,9	27,9	27,9	27,9	27,9	27,9	27,9	
2	0+18	29	-65,2	-	65,2	65,2	65,2	65,2	65,2	65,2	65,2	65,2	65,2	65,2	65,2	65,2	65,2	65,2	65,2	65,2	65,2	65,2
3	0+47	5	-	-	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4
4	0+52	12	-	-	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
5	0+64	12	-	-	49,2	49,2	49,2	49,2	49,2	49,2	49,2	49,2	49,2	49,2	49,2	49,2	49,2	49,2	49,2	49,2	49,2	49,2
6	0+70	8	-	-	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9
7	0+84	2	-	-	21,85	21,85	21,85	21,85	21,85	21,85	21,85	21,85	21,85	21,85	21,85	21,85	21,85	21,85	21,85	21,85	21,85	21,85
8	0+86	19	-	-	17,125	17,125	17,125	17,125	17,125	17,125	17,125	17,125	17,125	17,125	17,125	17,125	17,125	17,125	17,125	17,125	17,125	17,125
9	1+05	15	-	-	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0
10	1+20	10	-	-	55,5	55,5	55,5	55,5	55,5	55,5	55,5	55,5	55,5	55,5	55,5	55,5	55,5	55,5	55,5	55,5	55,5	55,5
11	1+40	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	1+50	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	1+60	15	-	-	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
14	1+75	4	-	-	14,25	14,25	14,25	14,25	14,25	14,25	14,25	14,25	14,25	14,25	14,25	14,25	14,25	14,25	14,25	14,25	14,25	14,25
15	1+79	5	-	-	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80
16	1+84	8	-	-	30,5	30,5	30,5	30,5	30,5	30,5	30,5	30,5	30,5	30,5	30,5	30,5	30,5	30,5	30,5	30,5	30,5	30,5
17	1+92	10	-	-	49,5	49,5	49,5	49,5	49,5	49,5	49,5	49,5	49,5	49,5	49,5	49,5	49,5	49,5	49,5	49,5	49,5	49,5
					329,66	213,43	206,20	82,50	97,70	103,25	46,20	3,0										

TABLO : III

Yol Projesi keşif özet cetveli

TABLE III

The calculation of the cost of road construction

Bölüm No.	Yapılacak işlerin Kategorisi	Birimi	Miktarı	Birim fiyatı T.L.	Tutarı T.L.
1	Yapı alanının temizlenmesi	m ²			505,87
2	Çapları 20 - 29 cm. olan kütüklerin çıkarılması	Adet	72	1,00	72,00
4	Toprak ve taş kitlesinin kazılması ve bir defada alınması veya bir elarabasına yüklenmesi	m ³	6702,9	5,00	33514,50
5	Kazılan materyalin taşıma ve yığılması				
	10 m. aşağıya doğru taşıma	m ³	329,66	0,90	296,694
	20 » » » »		213,43	0,92	196,217
	30 » » » »		206,20	0,94	193,875
	40 » » » »		82,50	0,96	83,184
	50 » » » »		97,70	1,00	97,700
	60 » » » »		28,00	1,04	19,120
	70 » » » »		103,25	1,12	115,192
	80 » » » »		46,20	1,18	55,460
	90 » » » »		3,00	1,24	3,72
	Toplam				35153,53
	% 5 görünmeyen masraf				1757,68
					36911,21

III nolu tablonun 5 inci bölümüne yukarda belirtildiği gibi II nolu cetveldan alınan sonuçlar yazılmıştır. III nolu cetvelin sonunda görüldüğü gibi % 5 oranında görülemiyen masrafların ilavesile yolun (36911,21) liraya yapılabileceği kanaatine varılmıştır.

KLASİK METODLA YAPILMIŞ YOL PROJESİNİN İLK BEŞ SAFHASI

Özellikleri yukarıda belirtilen klasik metodla yapılmış yol projesinin ilk beş safhası için, matematik istatistiğin söyleyebileceği hiç bir şey olmadığı kanısındayız. Güzergâhın etüdü, düzeltilmesi, kurpların tatbiki metraj ve uzunluk profilinin çizimi klasik metotta belirtilen tekniğe uygun bir şekilde yapılmalıdır. Bu safhalarda çizimlere ve ölçü değerlerine çok itina göstermek zarureti vardır. Çünkü aynı şekli veya ölçü sonucunu değişik bir yoldan yürüyerek elde etmek ve böylelikle bir kontrol sağlamak bahis konusu değildir. Mesele: Uzunluk profili çizilirken yol eksenini üzerindeki bir veya bir kaç noktanın kotu haritadan yanlış alınırsa, uzunluk profilinde bu noktalara ait kısımlar yanlış çizilecek ve böylece kalacaktır. Bu noktaların kotlarını başka bir yoldan hesaplayarak hatayı bulmak, mümkün olmamaktadır. Aynı metodu tekrarlayarak, hesapları ve çizimleri kontrol etmek mümkün olmaktadır. Aynı hesabı tekrarlarken, insan genellikle eski hatasını da tekrarlamaktadır.

ENİNE KESİTLER VE MATEMATİK İSTATİSTİK

İncelediğimiz projede 113 tane enine kesit bulunmaktadır. 113 enine kesitin çizilmesi, kazı ve dolduru alanlarının hesaplanması çok zaman alan işlerdir. Bunlarda da çizimin ve alan ölçmelerinin çok itinalı yapılması gerekir. Yapılacak bir hatanın klasik metoda göre bulunup ortaya çıkartılmasına imkân yoktur.

Matematik istatistik sayesinde bir kaba hata ortaya çıkarılabilirse, büyük bir fayda sağlanmış olacaktır.

Enine kesitlerin herbirine ait 5 tane rakkam bulunmaktadır. Bu rakkamlar şunlardır.

1 — Enine kesitlerin numaraları, I nolu tablonun birinci sütununa yazılmışlardır.

2 — Enine kesitlerin, yolun başlangıcından uzaklıkları, I nolu tablonun 2. ci sütununa yazılmışlardır. Bir çok yol projesinde bu mesafeler, enine kesitlerin numaraları yerine kullanılır.

3 — Enine kesitlerdeki kazı alanları, I nolu tablonun 3. cü sütununa yazılmıştır.

4 — Enine kesitlerdeki dolduru alanları, I nolu tablonun 4. cü sütununa yazılmıştır.

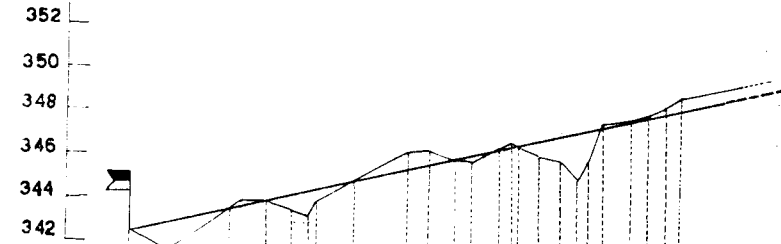
5 — Enine kesitlere ait kot farkları, uzunluk profilinde, her enine kesit için bir kot farkı yazılıdır. Bu değer, kırmızı kot ile siyah kotun farkıdır.

Aynı enine kesite ait 5 rakkamdan 2 si veya daha fazlası arasında bir bağıntı kurulabilirse, bu bağıntıdan faydalanarak klasik metodla bulunan rakkamları kontrol etmek mümkün olur. Hatta aynı enine kesite ait 5 rakkamdan bir veya ikisi yeni kurulan bağıntı yardımıyle daha kolay bir şekilde hesaplanabilir.

Aynı enine kesite ait 5 rakkamdan, aralarında bir bağıntı bulunma ihtimali en fazla olanlar şunlardır :

— Kot farkı ile, kazı alanı arasında bağıntı

— Kot farkı ile, dolduru alanı arasında bağıntı



PROFİL NO	1	2	34	5	6	78	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
KOT FARKLARI		0.00	0.94	0.00	0.32	0.00	0.00	0.84	0.70	0.00	0.28	0.00	0.00	0.67	0.00	1.10	2.08	1.40	0.24	0.15	0.15	0.38	0.62	
KIRMIZI KOTLAR		342.50	342.54	343.57	343.68	344.00	344.00	344.84	345.70	346.00	346.14	346.14	346.14	346.87	347.10	347.18	347.18	347.40	347.56	347.56	347.56	347.56	348.04	348.38
SİYAH KOTLAR		342.50	341.60	343.57	343.36	344.00	344.00	344.89	346.30	346.00	346.14	346.14	346.14	346.87	347.10	347.18	347.18	347.40	347.56	347.56	347.56	347.56	348.04	348.38
ARA MESAFELER		0	18	29	12	12	19	25	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
BAŞLANGIÇ NOKTASINA OLAN MESAFELER	0+00	0+18	0+47	0+59	0+71	0+83	0+102	0+127	0+137	0+147	0+157	0+167	0+177	0+187	0+197	0+207	0+217	0+227	0+237	0+247	0+257	0+267	0+277	0+287
HEKTOMETRELER	0		I																					
KİLOMETRELER			I																					
MEYİLLER			% 2,2	1,8	3,5	m.	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
KAVİSLER			R=20m																					

Şekil No: I

Uzunluk profilinin başlangıç kısmı

Fig : I

Longitudinal profil of the road

Bu bağıntıların hakikatte var olup olmadıkları, varsa ne şekilde bir bağıntı olduklarını ortaya çıkartmak gayesile, tarafımızdan aşağıda açıklanan incelemeler yapılmıştır.

ENİNE KESİTLERDE, KOT FARKI İLE KAZI ALANI
ARASINDAKİ BAĞINTININ ARAŞTIRILMASI

II nolu şekilde her enine kesit bir nokta ile gösterilmiştir. X eksenini üzerinde kot farkları, Y eksenini üzerinde kazı alanları alınarak, her enine kesit için bir nokta bulunmuş ve enine kesit numarasında noktanın üzerine yazılmıştır. Üzerinde kazı alanı bulunmayan enine kesitlerin, grafiğe işlenmesinde şu problemle karşılaşmıştır.

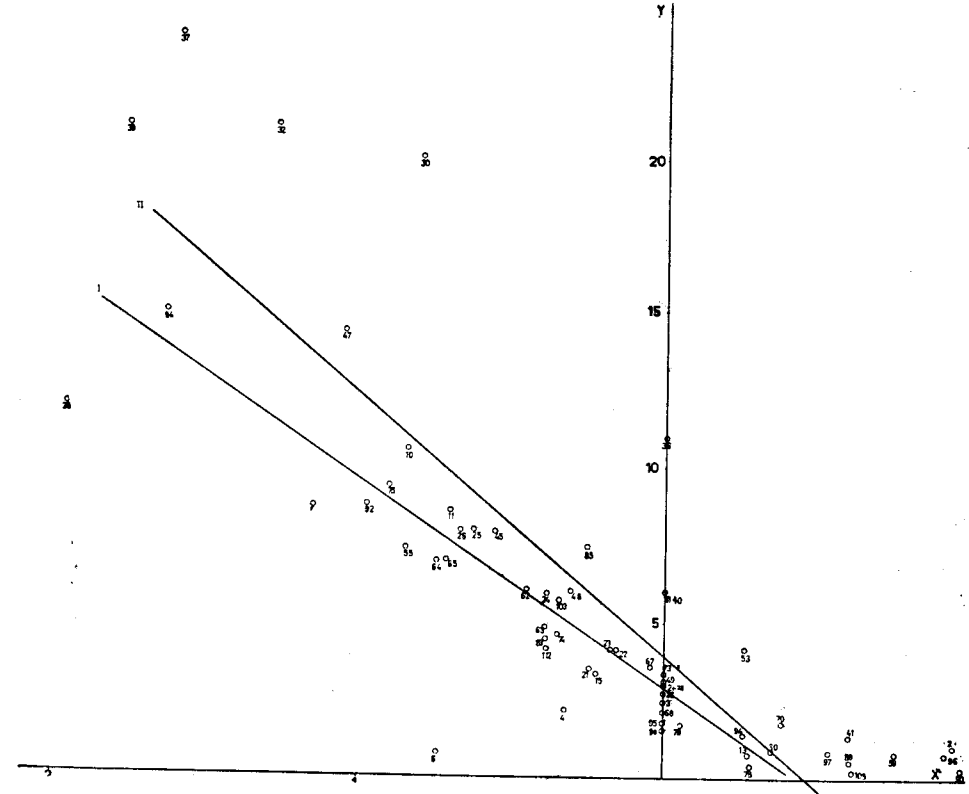
Kazı alanı bulunmayan enine kesitlerde, kazı alanı sıfır olarak mı kabul edilmeli yoksa, bu enine kesitler grafiğe hiç işlenmemeli mi?

Evvela kazı alanı sıfır kabul edilerek, noktalar yerleştirilmiştir. Meydana çıkan şekil, kazı alanı bulunmayan enine kesitlerin grafiğe işlenmemesi halinde, noktaların doğruya yakın bir dağılım meydana getireceklerini ortaya koymuştur.

Elde edilen bu sonuca dayanılarak, kazı alanı sıfır olan enine kesitler grafikden çıkarılmıştır. 113 tane enine kesitte 14 tanesinde kazı alanı bulunmamaktadır. Geri kalan 99 enine kesit II nolu şekilde birer nokta ile gösterilmiştir. Kot farkı (—) işaretli olan enine kesitlerde kazı alanı büyük, (+) işaretli olanlarda ise küçüktür veya hiç bulunmamaktadır. Bu, noktaların genellikle doğruya yakın bir dağılım meydana getirdikleri görülmektedir. Fakat 35 ve 43 nolu noktalar genel dağılımın çok dışına çıkmışlardır. Bu iki noktanın milimetrelilik kâğıt üzerine konuluşu, kontrol edilmiş ve bir çizim hatasının mevcut olmadığı görülmüştür. I nolu cetvelde 35 nolu enine kesit için $6,0 \text{ m}^2$ 43 nolu enine kesit içinse $31,5 \text{ m}^2$ kazı alanı gösterilmiştir. Bu değerler enine kesitler üzerinde yazılı kazı alanlarıyla karşılaştırılınca, hatalı oldukları görülmüştür. Enine kesitler üzerinde yazılı değerlere göre 35 nolu enine kesitteki kazı alanı $11,0 \text{ m}^2$, 43 nolu enine kesitteki kazı alanı ise $0,1 \text{ m}^2$ dir. 2 nolu şekilde 35 ve 43 nolu noktaların yerleri bu değerlere göre düzeltilmiş ve böylelikle bu iki noktanın da diğer noktaların arasına girdiği görülmüştür. Klasik metoda göre yapılan projede, bu iki kaba hatanın farkına varılamamış ve proje hatalı olarak hesaplanmıştır.

Yazımızın başlangıcında, klasik metodla yapılmış bir yol projesi üzerinde, matematik istatistik prensiplerini uygulamanın faydala-

rını araştırmak gayesile, bu çalışmanın yapıldığı belirtilmiştir. Kaba hata ile yüklü bir projedeki değerleri, matematik istatistiğin vereceği sonuçlarla karşılaştırarak bir hükme varmanın mümkün olamayacağı tabiidir. Bu sebeple kaba hataları düzelterek projeyi yeniden düzenledik. Başlangıçtan buraya kadar verdiğimiz değerler, düzeltilmiş projeye ait değerlerdir.



Şekil No: II

Enine kesitlerde, kot farkı (X) ile kazı alanı (Y) arasındaki bağıntıyı gösteren grafik

Fig : II

Scatter diagram of elevation differences (X) and digging areas (Y)

Kaba hatanın ortaya çıkarılmasının küçümsenmeyecek bir fayda olduğu açıktır.

II nolu şekilde 35 ve 43 nolu noktalar, düzeltilmiş yerlerinde bulunmaktadır.

II nolu şekilde görülen ve genellikle doğruya yakın bir dağılım meydana getiren 99 noktanın aralarından geçecek regresyon doğrusunun denklemi aşağıda açıklandığı şekilde aranmış ve bulunmuştur.

Regresyon doğrusu, apsisi \bar{X} (99 noktanın apsilerinin ortalaması), ordinatı \bar{Y} (99 noktanın ordinatlarının ortalaması) olan noktadan geçer.

Bu prensibe uyularak, 99 noktanın apsilerinin ortalaması hesaplanmış $\bar{X} = 0,246$ ve ordinatlarının ortalaması hesaplanmış $\bar{Y} = 5,923$ bulunmuştur. Böylelikle regresyon doğrusuna ait bir noktanın koordinatları elde edilmiştir.

Regresyon doğrusunun eğimi

$$b = \frac{\sum X Y - \frac{\sum X \sum Y}{n}}{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}} \quad (1)$$

formülü ile hesaplanır.

99 noktanın herbiri için $X Y X^2$ değerlerinin hesaplanması ve toplamalarının bulunması, büyük bir cetvelin düzenlenmesini gerektirmiştir. Fazla yer tutacağı için cetvel buraya alınmamıştır.

Hesap sonunda $b = - 8,563$ bulunmuştur.

Koordinatları belli bir noktadan geçen ve eğimi bilinen doğrunun denklemi

$$\frac{Y - \bar{Y}}{X - \bar{X}} = b \quad (2)$$

formülü ile hesaplanır.

Bilinen değerler bu formülde yerlerine konularak, regresyon denklemi

$$\frac{Y - 5,923}{\bar{X} + 0,246} = - 8,563 \quad \text{den} \quad (3)$$

$$Y = - 8,563 \bar{X} + 3,817$$

Şeklinde bulunmuştur.

Bu denkleme ait doğru II nolu şekil üzerinde I no ile gösterilmiştir. Her hangi bir enine kesitin kot farkı biliniyorsa, bu kot farkı yu-

kardaki denklemde X yerine konularak Y değeri hesaplanır. Bulunan Y değeri o enine kesite ait kazı alanı olur. Mesela 1 nolu enine kesitte kot farkı sıfırdır. Yukarıdaki denklemde X yerine sıfır okunursa $Y = 3,817 \text{ m}^2$ bulunur II nolu cedvelde bu değer $3,4 \text{ m}^2$ olduğu görülmektedir.

Regresyon denklemi, enine kesitlere ait kazı alanlarını yaklaşık olarak vermektedir.

Burada şu soru hatıra gelmektedir :

Enine kesitlere ait kazı alanlarının kesin değerleri bilindiğine göre, yaklaşık değerlerini hesaplamak ne gibi bir fayda sağlar?

Yukarıdaki regresyon denklemi 99 enine kesit yardımıyla hesaplanmıştır. Şayet aynı denklem 99'un $1/3$ ü veya $1/4$ ü kadar enine kesit yani (25-33 tane) yardımıyla hesaplanabilirse, (66-74) enine kesitin çiziminden ve alan ölçmesinden kurtulma imkânı elde edilmiş olur. Ayrıca klasik metodla yapılan projede düşülen kaba hatayada düşülmeyecektir.

KOT FARKI İLE KAZI ALANI ARASINDAKİ BAĞINTIYI VEREN DENKLEMİN AZ SAYIDA ENİNE KESİT YARDIMI İLE HESAPLANMASI

Enine kesit adedini $1/4$ e indirmek gayesile, numarası 4 ün katı olan enine kesitler numune olarak seçilmiş ve IV cetvele yazılmıştır. 20, 52, 88, 104 nolu enine kesitlerin numaraları 4 ün katı olmalarına rağmen, kazı alanına sahip bulunmadıkları için IV nolu cetvele alınmamışlardır. Sonuç olarak IV nolu cetvele 24 tane enine kesit girmiştir. Cetvelin 2 inci sütununa kot farkları yani X değerleri, 3 üncü sütununa kazı alanları yani Y değerleri I nolu cetvelden aynen alınarak yazılmıştır. 4 üncü sütuna X^2 değerleri son sütunada $\bar{X} Y$ ler hesaplanarak yazılmıştır. Son iki sütun yeni regresyon denkleminin hesaplanmasında kullanılacaktır.

I nolu cetvel olmasaydı IV nolu cetveli düzenlemek mümkün olurdu. Kot farkları uzunluk profilinden alınmaktadır. Yalnız numune olarak seçilen 24 enine kesit çizilerek, kazı alanları bulunurdu.

IV nolu cetveldeki hesaplar tamamlandıktan sonra, regresyon denkleminin hesabına geçilir.

Regresyon doğrusu, apsisi \bar{X} (24 noktanın apsilerinin ortalaması), ordinatı \bar{Y} (24 noktanın ordinatlarının ortalaması) olan noktadan geçeceğine göre : evvelâ \bar{X} ve \bar{Y} değerlerini hesaplayalım.

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} = \frac{6,92}{24} = 0,288$$

$$\bar{X} = \frac{\sum Y}{n} = \frac{130,0}{24} = 5,417$$

(1) nolu formül yardımı ile regresyon doğrusunun eğimi hesaplanır.

$$b = \frac{-100,346 - \frac{(-6,92)(130,0)}{24}}{12,4972 - \frac{6,92^2}{24}} = -5,982$$

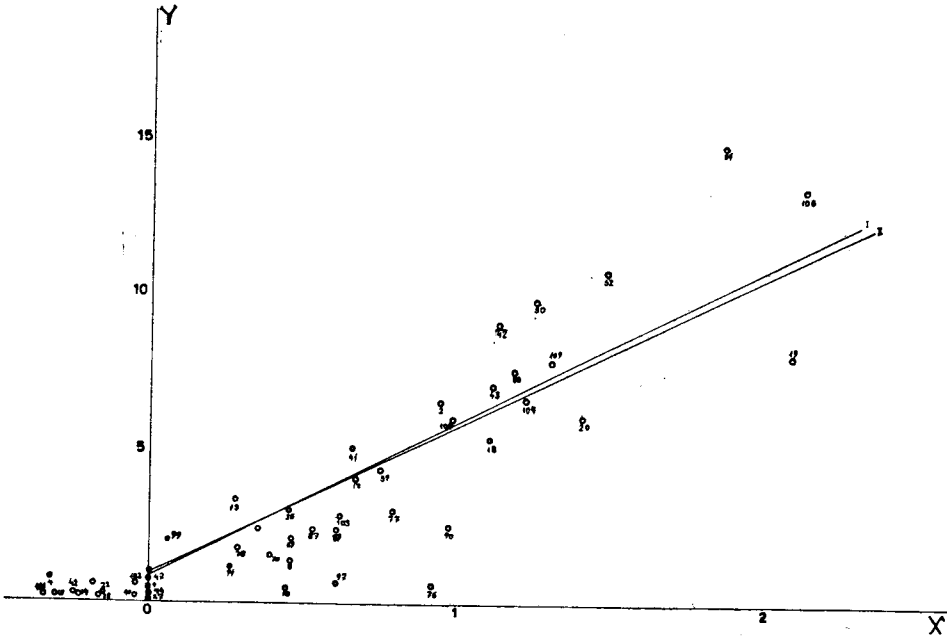
Bir noktasının koordinatları ile eğimi bilinen doğrunun denklemi (2) nolu formül yardımı ile hesaplanır.

$$\frac{Y - 5,417}{X + 0,288} = -5,982 \quad \text{den}$$

yeni regresyon denklemi

$$Y = -5,982 X + 3,694 \quad (4)$$

olarak bulunur.



Şekil No: III

Enine kesitlerde kot farkı (X) ile dolgu alanı (Y) arasındaki bağıntıyı gösteren grafik

Fig : III

Scatter diagram of elevation differences (X) and filling areas (Y)

TABLO : IV

I nolu tabloda bulunan 113 enine kesit içersinden seçilen, 24 enine kesit yardımı ile (kot farkı-Kazı alanı) bağıntısını veren regresyon doğrusu denklemi ile ilgili hesapları gösteren tablo.

Table : IV

The calculatino of regression formula of elevation differences (X), and digging areas (Y) by depending an 24 cross sections.

No.	Kot farkı X	Kazı Y	X ²	Y ²	X Y
4	-0,32	2,3	0,1024	5,29	- 0,736
8	+ 0,46	0,6	0,2116	0,36	0,276
12	0,00	3,1	---	9,61	0
16	0,00	2,8	---	7,84	0
24	-0,38	6,0	0,1444	36,00	- 2,280
28	-1,95	12,0	3,8025	144,00	- 23,400
32	-1,26	21,0	1,5876	141,00	- 26,460
36	0,00	11,0	---	121,00	0
40	0,00	6,0	---	36,00	0
44	0,00	3,5	---	12,25	0
48	-0,30	6,0	0,0900	36,00	- 1,800
56	-0,77	5,2	0,5929	27,04	- 4,004
60	-0,36	0,9	0,1296	0,81	- 0,324
64	-0,74	7,0	0,5476	49,00	- 5,180
68	0,00	2,2	---	4,84	0
72	0,00	3,1	---	9,61	0
76	0,00	1,1	---	1,21	0
80	0,00	1,5	---	2,25	0
84	-1,62	15,0	2,6244	225,00	- 24,300
92	-0,97	8,8	0,9409	77,44	- 8,536
96	+ 0,92	0,7	0,8464	0,49	0,644
100	-0,59	5,8	0,3481	33,64	- 3,422
108	+ 0,62	0,2	0,3844	0,04	0,124
112	-0,38	4,2	0,1444	17,64	- 1,596

+ 2,36	130,0	12,4972	1298,36	+ 1,368
- 9,28				- 101,714
- 6,92				- 100,346

Yeni regresyon denklemi 2 nolu şekil üzerine II no ile çizilmiştir. I ve II doğrularının birbirine yakın oldukları söylenebileceği gibi, uzak oldukları da söylenebilir. Diğer bir söyleyişle yukardaki 3 ve 4 nolu formüllerin birbirine yaklaşık oldukları kabul edilebileceği gibi kabul edilmeyebilir. Bu hüküm kabul edilecek hata oranına göre değişir.

ENİNE KESİTLERDE, KOT FARKI İLE DOLDURU ALANI ARASINDAKİ BAĞINTININ ARAŞTIRILMASI

III nolu şekilde, her enine kesit bir nokta ile gösterilmiştir. X ekseninde kot farkları, Y ekseninde dolduru alanları alınarak, her enine kesit için bir nokta bulunmuş ve numarası yazılmıştır.

Kazı alanlarına ait grafiğin (şekil no: II çizilmesinde olduğu gibi, burada da dolduru alanı bulunmayan, enine kesitlerin, grafiğe işlenmesinde tereddüt edilmiştir. II nolu şeklin çizilmesinde olduğu gibi, burada da evvela dolduru alanı bulunmayan enine kesitlerde, dolduru alanı sıfır kabul edilerek bütün enine kesitler grafiğe işlenmiştir. Meydana çıkan şekil, dolduru alanı bulunmayan enine kesitlerin grafiğe işlenmemesi halinde, noktaların doğruya yakın bir dağılım meydana getireceklerini ortaya koymuştur. Bu sonuca dayanılarak, dolduru alanı sıfır olan enine kesitler grafikten çıkarılmıştır. 113 enine kesitten 38 tanesinde dolduru alanı bulunmamaktadır. Geri kalan 75, enine kesit III nolu şekilde birer nokta ile gösterilmişlerdir. Kot farkı (+) işaretli olan enine kesitlerde dolduru alanı büyük, (-) işaretli alanlar ise küçüktür veya hiç bulunmamaktadır. Bu noktaların genellikle doğruya yakın bir dağılım meydana getirdikleri görülmektedir. II nolu şeklin çiziminde olduğu gibi, burada genel dağılımın çok dışına çıkan noktaya rastlanmamıştır. Bu durum dolduru alanlarına ait değerlerde kaba hata bulunmadığını göstermektedir.

III nolu şekilde görülen 75 noktanın aralarından geçecek regresyon doğrusunun denklemi aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

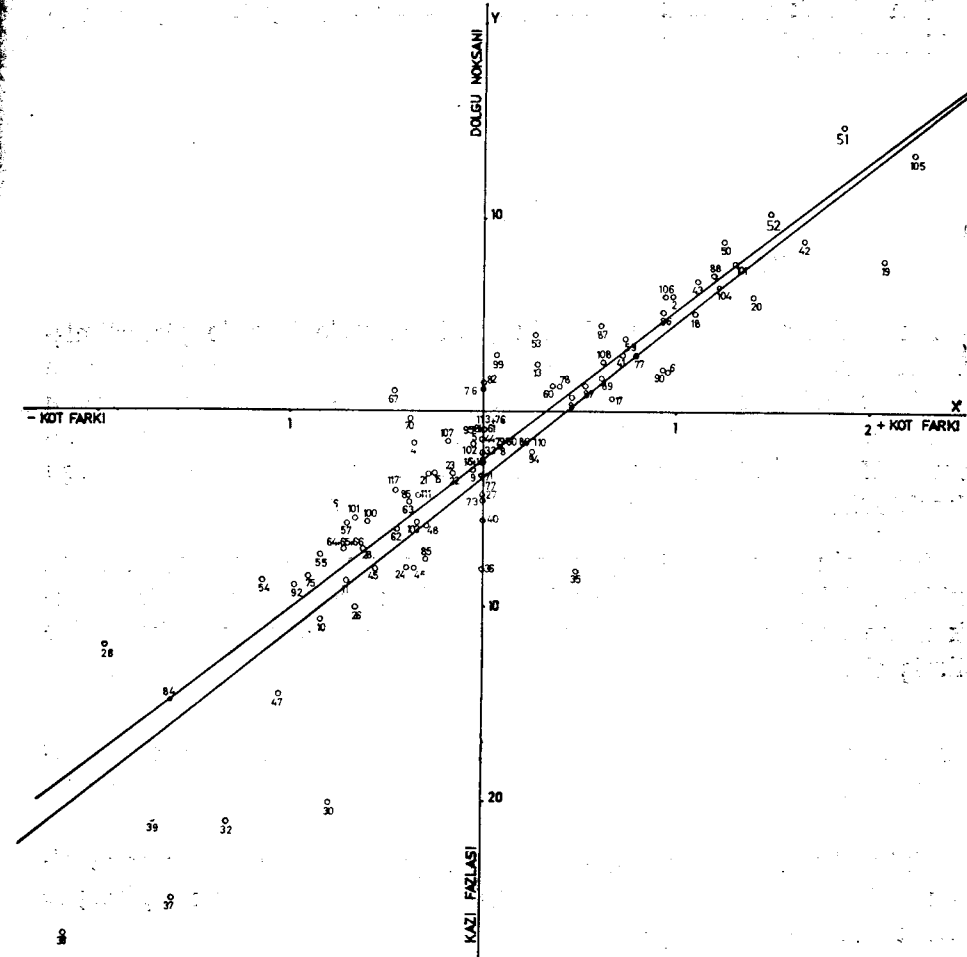
Regresyon doğrusu üzerinde bulunan (\bar{X}, \bar{Y}) noktasının koordinatlarının hesabı :

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} = \frac{34,22}{75} = -0,456$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y}{n} = \frac{238,992}{75} = 3,186$$

Regresyon doğrusunun eğiminin (1) nolu Formül yardımı ile hesabı :

75 noktanın herbiri için X Y ve \bar{X}^2 değerlerinin hesaplanması ve toplamlarının bulunması için büyük bir cetvel düzenlenmiştir. Fazla yer tutacağı için bu cetvelde yazıya alınmamıştır.



Şekil No: IV

Enine kesitlerde kot farkı (X) ile, kazı fazlası veya dolduru noksanı (Y) arasındaki bağıntıyı gösteren grafik

Fig : IV

Scatter diagram of elevation differences X and digging excess or filing deficiency (Y)

$$b = \frac{310,1237 - \frac{(34,22)(238,992)}{75}}{55,7664 - \frac{34,22^2}{75}} = 5,001$$

bulunmuştur.

Son olarak (2) nolu formül yardımı ile regresyon doğrusunun denklemi hesaplanmış ve

$$\frac{Y - 3,186}{\bar{X} - 0,456} = 5,001 \quad \text{den}$$

$$Y = 5 \bar{X} + 0,906 \quad (5)$$

bulunmuştur.

Bu denkleme ait doğru III nolu Şekil üzerinde I no ile gösterilmiştir. Her hangi bir enine kesite ait kot farkı bu denklemde \bar{X} yerine konularak, dolduru alanının yaklaşık değeri elde edilir. Mesela 1 nolu enine kesitte kot farkı sıfırdır. (5) nolu denklemde \bar{X} yerine sıfır konulursa $Y = 0,906$ bulunur. I nolu cetvelde bu değer 0,5 m olduğu görülmektedir.

(5) nolu formül 75 enine kesit yardımı ile hesaplanmıştır. Aynı denklemi daha az sayıda enine kesit yardımı ile hesaplanabilirse, birçok enine kesitin çiziminden ve ölçülmesinden kurtulma imkanı elde edilmiş olur.

KOT FARKI İLE DOLDURU ALANI ARASINDAKİ BAĞINTIYI VEREN DENKLEMİN AZ SAYIDA ENİNE KESİT YARDIMI İLE HESAPLANMASI

Enine kesit adedini 1/4 e indirmek gayesile, kızı alanlarında olduğu gibi, numarası 4 ün katı enine kesitler, numune olarak seçilmiş ve V nolu cetvele yazılmıştır.

28, 32, 56, 64, 76, 80, 84, 92, 100 ve 112 nolu enine kesitlerin numaraları 4 ün katı olmalarına rağmen, dolduru alanına sahip bulunmadıkları için V nolu cetvele alınmamışlardır. V nolu cetvele 18 tane enine kesit girmiştir. 2 inci sütuna kot farkları, yani X değerleri, 3 üncü sütuna dolduru alanları yani Y değerleri I nolu cetveldən aynen alınarak yazılmıştır. 4 üncü sütuna X^2 son sütunada X Y hesaplanarak yazılmıştır.

Burada kullanılan 18 enine kesit, kazı alanlarına ait regresyon denkleminin hesaplanmasında kullanılan 25 enine kesitin içinde bulunmaktadır. Diğer bir söyleyişle 18 enine kesitin dolduru alanları, evvelce kazı için çizilmiş 25 enine kesitte hazır olarak vardır. Ayrıca 18 enine kesit çizimi lüzum yoktur.

V nolu cetveldeki hesaplar tamamlandıktan sonra, 18 noktanın aralarından geçecek regresyon doğrusunun denklemi aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

TABLO : V

I nolu cetvelde bulunan 113 enine kesit içersinden seçilen 18 enine kesit yardımı ile (kot farkı Kazı alanı) bağıntısını veren regresyon doğrusu denklemi ile ilgili hesapları gösteren tablo.

Table : V

The calculation of regression formula of elevation differences (X), and filling areas (Y) depending on 18 cross sections.

No.	Kot farkı (X)	Kazı (Y)	X^2	Y^2	X Y
4	-0,32	0,8	0,1024	0,64	- 0,256
8	+0,48	1,4	0,2116	1,96	0,644
12	0,00	0,6	—	0,36	—
16	0,00	0,3	—	0,09	—
20	+1,40	6,0	1,9600	36,00	8,400
24	-0,38	0,002	0,1444	0,000004	- 0,00076
36	0,00	3,0	—	9,00	—
40	0,00	0,5	—	0,25	—
44	0,00	0,25	—	0,0625	—
48	-0,30	0,2	0,0900	0,04	- 0,060
52	+1,48	10,7	2,1904	114,49	15,836
60	-0,36	2,4	0,1296	5,76	- 0,864
68	0,00	0,3	—	0,09	—
72	0,00	0,4	—	0,16	—
88	+1,18	7,5	1,3924	56,25	8,850
96	+0,92	6,0	0,8464	36,00	5,520
104	+1,22	6,6	1,4884	43,56	8,052
108	+0,62	2,8	0,3844	7,84	1,736
<hr/>					
+ 7,64					
- 1,00					
<hr/>					
+ 6,64					
49,752					
8,9400					
312,552504					
+ 49,902					
- 0,31676					
<hr/>					
+ 49,5852					

Regresyon doğrusu üzerinde bulunan (\bar{X}, \bar{Y}) noktasının koordinatlarının hesabı:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} = \frac{6,64}{18} = 0,363$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y}{n} = \frac{49,752}{18} = 2,764$$

Regresyon doğrusunun eğiminin (1) nolu formül yardımı ile hesabı yapılmış ve

$$b = \frac{49,5852 - \frac{(6,64)(49,752)}{18}}{8,9400 - \frac{6,64^2}{18}} = 4,953$$

bulunmuştur.

(2) nolu formül yardımı ile regresyon doğrusunun denklemi hesaplanmış ve

$$\frac{Y - 2,764}{\bar{X} - 0,363} = 4,953 \quad \text{den}$$

$$Y = 4,953 X + 0,966 \quad (6)$$

bulunmuştur.

Bu denkleme ait doğru III nolu şekil üzerinde II no ile gösterilmiştir. I ve II doğrularının birbirine çok yakın oldukları görülmektedir. Diğer bir söyleyişle 5 ve 6 nolu formüllerin birbirlerine yaklaşık oldukları görülmektedir.

REGRESYON DENKLEMLERİ YARDIMI İLE BULUNAN KAZI VE DOLDURU ALANLARINA DAYANILARAK YOL PROJESİNİN YAPILMASI

4 ve 6 nolu formüller, kot farklarına dayanarak kazı ve dolduru alanlarının yaklaşık değerlerin bulunmasını sağlamaktadırlar. Yaklaşık değerler içersinde kaba hata yoktur. Çünkü II ve III nolu grafikler kaba hata yapılmasını önlemektedirler. 4 ve 6 nolu formüllere dayanılarak bulunan alanları, grafiklerden kontrol etmek gerekir.

113 enine kesite ait, kot farklarını uzunluk profilinden aldık, 4 ve 6 nolu formüllerde X yerine koyarak Y değerlerini hesapladık. Bulduğumuz sonuçlara göre I nolu cetveli yeniden düzenledik, yeni dü-

zenlediğimiz cetvel çok yer tutacağı için buraya alınmamıştır. Klasik metolla yapılan projede, kazıların aynı işaretli oldukları kabul edilmektedir. Regresyon denklemine göre hesaplanan kazı alanlarının bir kısmı (+), bir kısmı ise (-) işaretli çıkmaktadır. Dolduru alanları içinde durum aynıdır. Alanlar işaretlerine itina edilerek cetvele yazılmış ve hesaplar buna göre yapılmıştır. Yeni cetvelin sonuçlarına dayanarak II nolu cetvelin bir benzerini düzenledik. Bu cetvelde fazla yer tutacağı için buraya alınmamıştır. Son olarak III nolu cetvelin benzerini düzenledik. Bu son cetvel kıyaslama yapabilmek gayesile aşağıya alınmış ve VI no ile gösterilmiştir.

TABLO : VI

Regresyon denklemleri yardımı ile hesaplanan keşif özet tablosu

Table : VI

The calculation of the cost of road construction by the way of regression formulas

Bölüm No.	Yapılacak işlerin Kategorisi	Birimi	Miktarı	Birim fiyatı	Tutarı T.L.
2	Yapı alanının temizlenmesi				505,87
4	Çapları 20 - 29 cm. olan kütüklerin çıkarılması				72,00
5	Toprak ve taş kitlesinin kazılması ve bir defada alınması veya bir elarabasına yüklenmesi		5334,05	5,00	505,87
10	Kazılan materyalin taşıma ve yığılması		192,20	0,90	172,98
20	10 m. aşağıya doğru taşıma		246,10	0,92	226,412
30	» » » »		188,00	0,94	176,72
40	» » » »		297,65	0,96	285,744
50	» » » »		337,15	1,00	337,15
60	» » » »		73,65	1,04	76,596
			60,75	1,12	68,04
70	» » » »				
			Toplam		28591,76
			% 5 görünmeyen masraf		1429,80
					30021,56

III nolu cetvel sonucuna göre yol 36911,21 liraya mal olacaktır. VI nolu cetvel sonucuna göre ise 30 021,56 liraya mâl olacaktır. Arada 6889,65 lira fark bulunmaktadır. Farkın meydana gelmesinde en-

önemli etken. Regresyon denklemlerine göre bulunan alanlar ile enine kesit üzerinde yapılan ölçmelerle bulunan alanlar arasındaki farktır. II ve III nolu grafiklerde, noktaların regresyon doğrularından (1 nolu doğrular) uzaklaşmaları, alan farklarının büyüklüklerini göstermektedir. Her grafikde (+) işaretli alan farklarının toplamı, (—) işaretlilerin toplamına eşittir. Bu halde: (+) hataların (—) hataları gidermesi III ve VI nolu cetvel sonuçlarının da birbirine eşit veya çok yakın olması gerekirdi. Halbuki böyle olmamıştır.

Projeler II ve III nolu grafiklerde bulunan noktalara göre düzenlenseydi, III ve VI nolu cetvel sonuçları birbirine eşit olurdu. Halbuki böyle yapılmamış II ve III nolu grafiklerde bulunmayan noktalar (enine kesitler) Proje hesaplarına girmiştir. Mesela 20 nolu enine kesitte kot farkı + 1,40 m dir, kazı alanı yoktur. 4 nolu regresyon denkleminde X yerine + 1,40 konulduğu takdirde $Y = - 4,5$ bulunmaktadır. Klasik metodla yapılan profilde 20 nolu enine kesit için kazı alanı sıfır olarak gösterildiği halde, ikinci projede $- 4,5$ m olarak gösterilmektedir. Bu misal II ve III nolu grafiklerde bulunmayan noktaların, iki proje arasındaki farkı büyüttüğünü göstermektedir.

Klasik metödle yapılan projelerde, enine kesit alanları hesaplanırken, bulunmayan kazı veya dolduru alanlarını sıfır olarak kabul etmek doğrumudur? Üzerinde durulması ve araştırılması gerken bu soru konumuzun dışında kalmaktadır.

ENİNE KESİTLERDE, KOT FARKI İLE KAZI VEYA DOLDURU FAZLASI ARASINDAKİ BAĞINTININ ARAŞTIRILMASI

Kazı ile dolduru, birbirinin ters yönünde, aynı karakterli iki faktördür. Kazılar (—) işareti ile gösterildiği takdirde doldurular (+) işaretini alırlar. Aynı enine kesit üzerinde genellikle kazı ve dolduru alanlarının her ikisi birden bulunduğu için, yukarıda her ikisinin ayrı ayrı hesaplanmasına yarıyan formüllerin elde edilmesine çalışılmış, 4 ve 6 nolu formüller çıkarılmıştır.

Enine kesitlerde kazı alanı ile dolduru alanı birbirinden çıkarıldığı takdirde, kazı fazlası veya dolduru noksanı da, birbirinin ters yönünde, aynı karakterli iki faktördür. Kazı fazlaları (—) işareti ile gösterildikleri takdirde dolduru noktaları (+) işaretli olacaktır. Bu yeni faktörün (Kazı fazlası veya dolduru noksanı) enine kesitlerdeki kot farklarıyla bir bağıntısı olup olmadığı araştırılmaya değer bir konudur.

Yeni bağıntıyı araştırmak gayesile 113 enine kesite ait kot farklarını X eksenini üzerinde, kazı fazlalarını (—), dolgu noksanlarını (+) işaretli kabul ederek, Y eksenini üzerinde gösterdik. Böylelikle IV nolu şekil meydana çıktı. Her enine kesitte ya kazı fazlası veyahut dolduru noksanı bulunmaktadır. Bu sebeple bütün noktalar tereddütsüz olarak grafiğe işlenmiştir.

IV nolu şekilde noktaların bir doğru meydana getirecek şekilde dağıldıkları görülmektedir. II ve III nolu şekillerde olduğu gibi, bir kısım noktayı atmak lüzumu ile karşılaşmamıştır. Yalnız II nolu şekilde olduğu gibi burada da genel dağılımın çok dışına çıkan 2 noktaya rastlanmış ve sebebi araştırılmıştır. Sebebin rakkam hatası olduğu anlaşılmıştır. Hata düzeltilince noktaların diğerlerinin arasına girdiği görülmüştür.

IV nolu şekildeki 113 noktanın arasından geçen regresyon doğrusunun denklemi yukarıda açıklanan metoda göre hesaplanmış ve

$$Y = 8,02 \bar{X} - 3,362 \quad (7)$$

şeklinde bulunmuştur. Bu denkleme ait doğru IV nolu şekil üzerinde I ile gösterilmiştir.

Aynı regresyon denkleminin daha az nokta ile çıkarılıp çıkarılmıyacağını incelemek gayesile, numarası 4 ün katı olan enine kesitler, numune olarak seçilmiş ve bunlara dayanılarak regresyon denklemi hesaplanmıştır. Hesaba 28 tane enine kesit girmiştir. Hesap sonunda

$$Y = 7,73 X - 2,186 \quad (8)$$

bulunmuştur.

Bu denkleme ait doğru IV nolu şekil üzerinde II no ile gösterilmiştir. 7 ve 8 nolu denklemlerin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. 8 nolu denklem yardımı ile, enine kesitlerin herbiri için kazı fazlasını veya dolduru noksanını hesaplamak mümkündür.

L İ T E R A T Ü R

1. Prof. Dr. Faik Tavşanoğlu
Orman Transport tesis ve taşıtları
İstanbul
2. Prof. Dr. Michail Prodan
Ormancılar için biyometri
Çeviren : Doç. Abdülkadir Kalıpsız
1964 — İstanbul

3. Dr. Haluk Cillov
Tatbiki İstatistikler 1968 -- İstanbul
4. Prof. Dr. Orhan Düzgünes
Bilimsel Araştırmalarda İstatistik Prensipleri ve metodları 1963 — İzmir
5. Yule and Kendall
An introduction to the theory of Statistics London
6. Harold Frank Birchall
Modern Surveying for civil Engineers New - York
7. Davis Fote
Surveying : Theory and Practice New York - Toronto - London
8. W. H. Rayner, Milton O. Schmidt
Surveying : Elementary and Advanced New York - Toronto - London
9. H. Threlfall, F. R. C. Sc. I., M. Sc. Tech.
London
10. Philip Kissamm
Surveying for Civil Engineers New York - Toronto - London
11. Raymond E. Davis, Francis S. Fote, Joe W. Kelly
Surveying : Theory and Practice New York - Toronto - London

S U M M A R Y

An Estimating of the road Construction Cost from topographic Maps

One of the topographic mapping purpose is to provide data, in their most convenient form, so that road construction can be planned on. The earthwork is the item that most affects the cost of the road construction. Usually cost estimates of earthwork for road Proposed Plans must be compared before the best solution can be selected. We tried to estimate the cost of a road construction on a 1/2000 scale and 2 m contour map. We tried to use matemathical statistics in this estimating too.

Fig I shows first part of the longitudinal profile of the road axis, which decided on the topographic map. There are Two kind lines on this figure 1 — Natural line 2 — Artificial line. In first row, the elevation differences are written, for all points on the road axis line. For example, it is necessary to fill 0,94 m on number 2 and it is necessary to dig 0.82 m on number 4. The long of the road is 1168 m. There are 113 special points on the axis of the road. We transport all these points on the map, and draw Perpendicular lines from these Points to the road axis. Then, we draw 113 Profiles of these lines. They are cross sections. We measured the digging and filling areas of these profiles with a planimeter.

Table I shows digging and filling areas of the 113 profiles, and the calculation of the volume of digging and filling, by using the end-areas formula.

In table I

- 1 th column : Number of profil of special point
- 2 th » : The distance between profil and initial point of the road
- 3 th » : Digging area of the profil
- 4 th » : Filling area of the profil
- 5 th » : The mean of the end digging areas
- 6 th » : The mean of the end filling areas
- 7 th » : The distance between the end areas
- 8 th » : The volume of the digging
- 9 th column : The volume of the filling
- 10 th » : The smoller volume one of the 8 th and 9 th column
- 11 th » : Digging exces
- 12 th » : Filling deficiency

Table II shows the transportation of the digging exces.

Table III shows the calculation of the cost of road construction. As it is seen, at the end of the table, 36.911,21 T.L. ise necessary to construct of the road.

For estimating of the cost of road construction, we draw a lot of profile and we measured their areas. They took much time. For this reason we tried to use matemathical statistics, for to less the number of profiles.

Fig II shows the scatter diagram of elevation differences (X) and Number 35 and 43 points were very for from other points. We controlet their figurs and we found big errors. This is first benifical of scotter diagram. After that, we calculate-the formula of regression line and we found.

$$Y = 8,563 X + 3,817 \quad (3)$$

Than we took number of (4,8,12,...) points as samples and calculated formula of regression line again and we found

$$Y = - 5,982 X + 3,694 \quad (4)$$

On figure II, line of number I represents formula (3), and line of number II represents formula (4).

Fig III shows the scatter diagram of elavation differences and filling areas for cross sections. Each point represents a cross section. We calculate the formula of regression line and we found

$$Y = 5 X + 0,906 \quad (5)$$

Than we took number of (4,8,12,...) points as samples and calculated formula of regression line again and we found

$$Y = 4,953 X + 0,966 \quad (6)$$

On figure III, line of number I represents formula (5) and line of number II represents formula (6).

By using formula (4) and (6) we calculate the cost of the road cons truction again and we found 30021,66 T.L.

Fig IV shows the scatter diagram of elevation differences and (digging area - filling area). On this figure there are 113 points. We calculate the formula of regression line and we found

$$Y = 8,02 X - 3,362 \quad (7)$$

Then we took number of (4, 8, 12,...) Points as samples and calculated formula of regression line again and we found

$$Y = 7,73 X - 2,186 \quad (8)$$

On figure IV, line of number I represents formula (7) and line of number II represents formula (8). These two lines are very near each other.

It is possible to calculate the cost of the road construction by using formula (8) By this way only... Cross sections are enough for calculation of the road construction. Cost.
