

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TOPOGRAFİK HARİTALARIN ÜRETİMİNDE
EŞ YÜKSEKLİK EĞRİLERİ, AKAN SU VE SU İLETİM HATLARI
COĞRAFİ VERİLERİN OTOMASYON SÜREÇLERİ**

**DOKTORA TEZİ
Y. Müh. Bülent ÇETİNKAYA**

Anabilim Dalı : JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ

Programı : GEOMATİK MÜHENDİSLİĞİ

EKİM 2006

**TOPOGRAFİK HARİTALARIN ÜRETİMİNDE
EŞ YÜKSEKLİK EĞRİLERİ, AKAN SU VE SU İLETİM HATLARI
COĞRAFİ VERİLERİN OTOMASYON SÜREÇLERİ**

**DOKTORA TEZİ
Y. Müh. Bülent ÇETİNKAYA
Enstitü No : 501022301**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 24 Mart 2006
Tezin Savunulduğu Tarih : 18 Ekim 2006**

Tez Danışmanı : Prof.Dr. F. Gönül TOZ
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Orhan ALTAN (İ.T.Ü.)
Prof.Dr. Onur GÜRKAN (B.Ü.)
Prof.Dr. Sıtkı KÜLÜR (İ.T.Ü.)
Doç.Dr. F. Gül BATUK (Y.T.Ü.)

EKİM 2006

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında, çalışmam süresince bana yol gösteren ve desteklerini esirgemeyen danışman hocam Prof.Dr. Gönül TOZ ve tez izleme komitesindeki hocalarım Prof.Dr. Orhan ALTAN ve Prof.Dr. Onur GÜRKAN'a, bilgi ve deneyimleri ile bana sürekli destek olan Y.Müh. Dursun Er ILGIN ve Y.Müh. Serdar ASLAN başta olmak üzere tüm HGK personeline, özveriyle sabreden ve sürekli manevi desteğini esirgemeyen eşim ve oğluma teşekkür ederim.

Bülent ÇETİNKAYA

MART 2006

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	ix
ÖZET	x
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ	1
2. TÜRETME COĞRAFI VERİLERİN ÜRETİMİ	3
2.1. Genelleştirme Kavramı ve Model Teorisi	3
2.2. Türetme Coğrafi Veri Setlerin Üretimi	5
2.3. Genelleştirme Konusunda Yapılan Araştırmalar	6
2.3.1. Sayısal Genelleştirmeden Model Genelleştirmesine Geçiş Süreci	7
2.3.2. Genelleştirme İçin Bilgiye Dayalı ve Nesne Yönelimli Metotlar	11
2.3.3. Çok Ölçekli Veritabanı ve Çoklu Gösterim	14
2.3.4. Raster Tabanlı Genelleştirme	15
2.3.5. İhtiyaç Anında Genelleştirme	15
2.4. Vektör ve Raster Tabanlı Genelleştirme	16
2.4.1. Vektör Tabanlı Genelleştirme Operatörleri	16
2.4.2. Raster Tabanlı Genelleştirme	25
3. TOPOGRAFİK HARİTALARIN ÜRETİMİNDE EŞ YÜKSEKLİK EĞRİSİ COĞRAFI VERİLERİ OTOMASYON SÜREÇLERİ	27
3.1. Eş Yükseklik Eğrilerin Genelleştirilmesi İle İlgili Mevcut Kurallar	28
3.2. Eş Yükseklik Eğrisi Veri Analizi	29
3.3. Ana ve Ara Eş Yükseklik Eğrilerin Seçimi	30
3.4. Yardımcı Eş Yükseklik Eğrilerin Türetilmesi	30
3.5. Yardımcı Eş Yükseklik Eğrilerin İyileştirilmesi	33
3.6. Yardımcı Eş Yükseklik Eğrileri Otomatik Seçim	35
3.7. Yardımcı Eş Yükseklik Eğrileri Seçimi İyileştirme	39
3.7.1. Küçük Çizgi Parçacıkların Filtrelenmesi	39
3.7.2. Seçim Koşullarını Sağlayan Yrd. Eş Yükseklik Eğrilerin Uzatılması	40
3.7.3. Yardımcı Eş Yükseklik Eğrileri Nihai Seçim	40
3.8. Eş Yükseklik Eğrilerin Basitleştirilmesi ve Yumuşatılması	41

4. TOPOGRAFİK HARİTALARIN ÜRETİMİNDE AKAN SU VE SU İLETİM HATLARI COĞRAFİ VERİLERİ OTOMASYON SÜREÇLERİ	47
4.1. Akan Sular ve Su İletim Hatları Genelleştirmesi ile İlgili Mevcut Kurallar	47
4.2. Akan Sular ve Su İletim Hatları Veri Analizi	49
4.3. Hidrografya Alandan Çizgiye Geometrik ve Semantik Dönüşüm	50
4.4. Hidrografya Akan Sular Genelleştirmesi	54
4.4.1. Akan Suların Gruplandırılması	54
4.4.2. Akan Sulara Yükseklik Bilgilerin (Z değeri) Eklenmesi	54
4.4.3. Nehir Akış Yönlerinin Belirlenmesi	55
4.4.4. Nehir Akış Yönlerinin İyileştirilmesi	56
4.4.5. Akan Sular Seçim Ağırlıklarının Hesaplanması	57
4.4.6. Akan Suların Seçimi	59
4.5. Hidrografya Su İletim Hatları Genelleştirmesi	61
4.4. Hidrografya Alan Akan Suların Genelleştirmesi	62
4.5. Hidrografya Basitleştirme ve Yumuşatma İşlemi	65
5. UYGULAMA SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	69
5.1. Akan Sular ve Su İletim Hatları Otomatik Seçimin Değerlendirilmesi	69
5.2. Yardımcı Eş Yükseklik Eğrileri Otomatik Seçimin Değerlendirilmesi	76
5.3. Hidrografya ve Yükseklik Detay Sınıflarında Basitleştirme ve Yumuşatma	79
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	82
KAYNAKLAR	85
EKLER	93
ÖZGEÇMİŞ	112

KISALTMALAR

AGENT	: Automated Generalisation New Technology
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
CVS	: Coğrafi Veri Seti
CVT	: Coğrafi Veri Tabanı
HGK	: Harita Genel Komutanlığı
KYY	: Kritik Yörünge Yöntemi
NCGIA	: National Center for Geographical Information and Analysis
ODBMS	: Object Oriented Database Management System
STH	: Standart Topografik Harita
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
SAYM	: Sayısal Arazi Yükseklik Modeli
TIN	: Triangulated Irregular Network – Düzensiz Üçgen Ağı
UHK	: Ulusal Haritacılık Kuruluşu

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 4.1 Akan sular seçim ağırlık katsayıları.....	57
Tablo 4.2 Akan sular seçim ilave ağırlık katsayıları.....	57
Tablo 4.3 Su iletim hatları seçim ağırlık katsayıları.....	61
Tablo 4.4 Su iletim hatları seçim ilave ağırlık katsayıları.....	61
Tablo 5.1 Akan su ve su iletim hatları girdi veri istatistikleri.....	70
Tablo 5.2 Akan su ve su iletim hatları otomatik seçim hata matrisi (detay sayıları).....	71
Tablo 5.3 Akan su ve su iletim hatları otomatik seçim hata matrisi (detay uzunlukları).....	74
Tablo 5.4 Yardımcı eş yükseklik eğrileri girdi veri istatistikleri.....	77
Tablo 5.5 Yardımcı eş yükseklik eğrileri otomatik seçim hata matrisi (detay uzunlukları).....	77
Tablo 5.6 Yardımcı eş yükseklik eğrileri seçim istatistikleri.....	78

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1 : CBS ortamında genelleştirme	4
Şekil 2.2 : Türetme coğrafi veri üretiminde basamak yaklaşımı.....	5
Şekil 2.3 : Türetme coğrafi veri üretiminde yıldız yaklaşımı.....	6
Şekil 2.4 : Douglas-Peucker algoritması ile çizgi basitleştirme.....	17
Şekil 2.5 : Çizgi yumuşatma.....	18
Şekil 2.6 : Yerleşim yeri içinde binaları birleştirme.....	18
Şekil 2.7 : Alan birleştirme.....	19
Şekil 2.8 : Çizgi birleştirme.....	19
Şekil 2.9 : Geometri dönüşümü.....	20
Şekil 2.10 : Orijinal yerinde bırakarak seçme.....	21
Şekil 2.11 : Tipikleştirme ile seçme.....	21
Şekil 2.12 : Abartma.....	22
Şekil 2.13 : İyileştirme.....	23
Şekil 2.14 : Öteleme.....	24
Şekil 2.15 : Sınıflandırma.....	24
Şekil 3.1 : Sayısal Arazi Yükseklik Modelinin (SAYM) oluşturulması.....	32
Şekil 3.2 : Türetilen yardımcı eş yükseklik eğrileri (1/2) detay sınıfı.....	33
Şekil 3.3 : Birbirlerine belli bir mesafeden daha yakın olan aynı yükseklikteki kapalı eş yükseklik eğrilerin birleştirilmesi.....	33
Şekil 3.4 : Birbirlerine belli bir mesafeden yakın olan aynı yükseklikteki kapalı eş yükseklik eğrileri ile kapalı olmayan eş yükseklik eğrilerin birleştirilmesi.....	34
Şekil 3.5 : Oluşturulan yardımcı eş yükseklik eğrilerin iyileştirilmesi sonrası.....	34
Şekil 3.6 : En kısa mesafe ölçüm algoritması	36
Şekil 3.7 : Eş yükseklik eğrilerin genelleştirmesinde kullanılan parametre ve ölçütler.....	38
Şekil 3.8 : Eş yükseklik eğrileri basitleştirme ve yumuşatma işlemi	43
Şekil 3.9 : Eş yükseklik eğrileri basitleştirme ve yumuşatma öncesi	45
Şekil 3.10 : Eş yükseklik eğrileri basitleştirme ve yumuşatma sonrası	45
Şekil 3.11 : Eş yükseklik eğrilerin basitleştirme ve yumuşatma öncesi durumları ile karşılaştırılması.....	46
Şekil 4.1 : Hidrografya alandan çizgiye geometrik ve semantik dönüşüm öncesi.....	52
Şekil 4.2 : Raster veri modeline dönüşüm.....	52
Şekil 4.3 : Raster inceltme (thinning) işlemleri sonrası.....	53
Şekil 4.4 : Raster veri modelinden vektör veri modeline dönüşüm	53
Şekil 4.5 : Nehir akış yönünün belirlenmesi.....	55
Şekil 4.6 : Nehir akış yönlerinin iyileştirilmesi.....	56
Şekil 4.7 : Akan sular detayların seçim işlemi.....	60
Şekil 4.8 : Akan sular detayların seçimi.....	60

Şekil 4.9	: Akan sular çizgi ve alan detayları.....	63
Şekil 4.10	: Akan sular alandan çizgiye geometrik ve semantik dönüşüm.. ..	63
Şekil 4.11	: Akan sular otomatik seçim sonrası.....	64
Şekil 4.12	: Alan akan suların genelleştirilmesi.....	64
Şekil 4.13	: Alan akan sular genelleştirme sonrası.....	65
Şekil 4.14	: Hidrografya basitleştirme ve yumuşatma işlemi.....	66
Şekil 4.15	: Hidrografya basitleştirme ve yumuşatma öncesi.....	67
Şekil 4.16	: Hidrografya basitleştirme ve yumuşatma sonrası.....	67
Şekil 4.17	: Hidrografya basitleştirme ve yumuşatma karşılaştırma.....	68
Şekil A.1	: 1:25.000 ölçek içerikli eş yükseklik eğrileri.....	93
Şekil A.2	: Ana ve ara eş yükseklik eğrileri seçim sonrası.....	94
Şekil A.3	: Sayısal Arazi Yükseklik Modeli (TIN).....	95
Şekil A.4	: Türetilen ve iyileştirilen yardımcı eş yükseklik eğrileri.....	96
Şekil A.5	: Ana, ara ve türetilen yardımcı eş yükseklik eğrileri.....	97
Şekil A.6	: Yardımcı eş yükseklik eğrileri otomatik seçim sonrası.....	98
Şekil A.7	: Küçük çizgi parçacıkların filtrelenmesi sonrası.....	99
Şekil A.8	: Seçim koşulları sağlayan yrd. eş yükseklik eğrilerin uzatılması sonrası.....	100
Şekil A.9	: Yardımcı eş yükseklik eğrileri nihai seçim sonrası.....	101
Şekil A.10	: Yardımcı eş yükseklik eğrileri nihai seçim sonrası.....	102
Şekil A.11	: Yardımcı eş yükseklik eğrileri seçimi düzeltme sonrası	103
Şekil A.12	: Yardımcı eş yükseklik eğrileri seçimi düzeltme sonrası	104
Şekil B.1	: Akan sular ve su iletim hatları coğrafi verileri.....	105
Şekil B.2	: Akan suların gruplandırılması.....	106
Şekil B.3	: Sayısal Arazi Yükseklik Modeli (TIN).....	107
Şekil B.4	: Akan sulara yükseklik bilgilerin (Z değeri) eklenmesi	108
Şekil B.5	: Nehir akış yönlerinin belirlenmesi.....	109
Şekil B.6	: Akan sular otomatik seçim sonrası.....	110
Şekil B.7	: Akan sular otomatik seçimi düzeltme sonrası.....	111

SEMBOL LİSTESİ

a	: Üst eş yükseklik eğrisine koşulları sağlayan en kısa mesafe
b	: Alt eş yükseklik eğrisine koşulları sağlayan en kısa mesafe
c	: Aynı yükseklikteki eş yükseklik eğrisine koşulları sağlayan en kısa mesafe
$\bar{c}$	: Aynı yükseklikteki eş yükseklik eğrisine koşulları sağlayan en kısa mesafeyi oluşturan doğru parçası
L	: Detay uzunluğu
M	: Toplam ağırlık
M_1	: Birinci ağırlık katsayısı
M_2	: İkinci ağırlık katsayısı
M_3	: Bağlamsallığı ve hidrografiya ağ yapısını güçlendirici ağırlık katsayısı
m_K	: Kaynak harita ölçek katsayısı
m_T	: Türetme harita ölçek katsayısı
M_i	: Eş yükseklik eğrisinin i 'nci kırıklık noktası için seçim karar koşulu
n_K	: Kaynak haritadaki coğrafi nesne sayısı
n_T	: Türetme haritadaki coğrafi nesne sayısı
r	: Hata matrisindeki satır sayısı
X_{ii}	: Hata matrisinin i 'nci satır ve i 'nci sütun elemanı
X_{i+}	: Hata matrisinin i 'nci satır elemanlarının toplamı
X_{+i}	: Hata matrisinin i 'nci sütun elemanlarının toplamı
$Z_{\text{başlangıç}}$	: Çizginin başlangıç noktası yükseklik değeri
$Z_{\text{bitiş}}$	: Çizginin bitiş noktası yükseklik değeri
Z_i	: Eş yükseklik eğrisinin i 'nci kırıklık noktası için seçim durumu

TOPOGRAFIK HARİTALARIN ÜRETİMİNDE EŞ YÜKSEKLİK EĞRİLERİ, AKAN SU VE SU İLETİM HATLARI COĞRAFI VERİLERİN OTOMASYON SÜREÇLERİ

ÖZET

Coğrafi veri tabanı oluşturma ve topografik harita üretim amacı ile fotogrametrik yöntemler kullanılarak toplanan coğrafi veriler, verinin karşılığı temel ölçekteki topografik haritanın üretiminde doğrudan kullanılabilen ve çok az kartografik işlemi gerektirmektedir. Fakat türetme harita ve değişik nitelik ve içerikte coğrafi veri setlerinin üretiminde, kendisinden daha yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip temel ölçek harita verisi ve coğrafi veri setlerinin (birincil modeller) doğrudan kullanılması mümkün olmamakta ve ilave birçok genelleştirme işlemleri gerektirmektedir. Sayısal coğrafi verilerin varlığı, coğrafi veri üreticilerini; klasik genelleştirme iş akışlarını bırakmalarına ve yeni sayısal genelleştirme iş akışlarını ve otomasyon süreçlerini oluşturmalarına zorlamaktadır.

Hidrografiya ve yükseklik verilerinin genelleştirmesi, türetme coğrafi veri setleri ve haritaların üretilmesinde önemli bir işlem adımını oluşturmaktadır. Hidrografiya ve yükseklik konumsal bilgilerin genelleştirmesinde yeni, otomatik ve/veya yarı-otomatik genelleştirme tekniklerine olan ihtiyaç belirgin olarak kendini göstermektedir. Söz konusu çalışmada, türetme topografik haritaların üretiminde gerekli olan eş yükseklik eğrileri, akan su ve su iletim hatları coğrafi verilerin otomasyon süreçleri; mevcut birçok genelleştirme yöntem, operatör ve algoritmaların bir araya getirilmesi, iş akışlarının oluşturulması ve geliştirilen birçok ilave genelleştirme algoritmaları ile gerçekleştirilmiştir.

Türetme haritaların üretiminde gerekli olan ve otomasyonu problem olan yardımcı eş yükseklik eğrilerin seçimi için, kural bazlı yeni algoritma ve yöntem geliştirilmiştir. Akan su ve su iletim hatları coğrafi detayların otomatik seçiminde ise, kritik yörünge hesabından esinlenilmiş ve hidrografik ağ yapısı ve diğer birçok durum ve kriterleri de dikkate alan yeni algoritma ve yöntem geliştirilmiştir. Yardımcı eş yükseklik eğrileri, hidrografiya akan sular ve su iletim hatlarının otomatik seçimi için geliştirilen yeni algoritma ve yöntemlerin topografik harita üretiminde oldukça başarılı sonuçlar verdiği, test bölgesi olarak seçilen 1:100.000 ölçekli Balıkesir-J19 paftasının kapladığı veride gözlenmiştir. Geliştirilen yeni algoritma ve yöntemlerin türetme coğrafi veri, harita ve hızlı üretim için tercih edilen zenginleştirilmiş ortofoto haritaların üretiminde, büyük zaman alan yükseklik ve hidrografiya verilerin üretilmesinde yüksek standardizasyon ve otomasyon oranlarında kullanılabilir olduğu değerlendirilmektedir. Söz konusu çalışmanın, haritacılık alanında var olan bu boşluğun doldurulmasına önemli katkılar sağlayacağı değerlendirilmektedir.

AUTOMATION PROCESSES OF CONTOUR AND HYDROGRAPHIC NETWORK DATA IN TOPOGRAPHIC MAP PRODUCTION

SUMMARY

Geographic data collected through photogrammetric methods for the purpose of building geographic database and topographic map production, can be directly used in the map production of topographic maps at equivalent scale with minor cartographic processes. But deriving geographic datasets and maps at smaller scales from this master database requires much more sophisticated processes and generalization tools. Availability of master databases forces data providers to leave traditional generalization workflows and to construct new generalization workflows on digital environments and automate the processes as much as possible.

Generalization of hydrographic data and contours constitute an important part in the production of derived datasets and maps. New automatic and/or semi-automatic generalization techniques are needed in the generalization processes of hydrographic data and contours. In this study, automation processes of contours and hydrographic network data has been constructed through gathering together many generalization methods, operators, and algorithms available, building workflows and developing new additional generalization algorithms.

A new rule-based method has been developed to automate the selection process of auxiliary contours, which is a need in the derived map production. For the automatic selection of hydrographic network data, another method has been developed that utilizes Critical Path Method (CMP) and takes into account the hydrographic network and many other criteria. New algorithms and methods developed for the automation of selection processes of auxiliary contours and hydrographic network data have been practiced very successfully in the production of 1:100.000 scale derived topographic map of Balıkesir-j19 sheet. The new algorithms and methods developed can be used to obtain contours and hydrographic data with high automation and standardization ratios for the production of derived datasets and maps, and will contribute to fulfill the needs towards the automation of generalization processes.

1. GİRİŞ

Özellikle 1990'lı yıllardan sonra büyük bir ivme kazanan bilgisayar teknolojisindeki baş döndürücü gelişmeler; diğer birçok bilim dalı gibi haritacılık bilimini de etkilemiştir. Klasik haritacılığın yerini sayısal haritacılık almıştır. Klasik harita üretim teknikleri, yerini bilgisayar destekli harita üretimine bırakmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) hayatın her alanında vazgeçilmez bir unsur olmaya başlamıştır. Basılı harita ihtiyacı yanında, CBS'nin temel bileşenlerinden olan Coğrafi Veri Setlerine (CVS) ve sayısal haritalara olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Söz konusu bu gelişmelerin paralelinde, Ulusal Haritacılık Kuruluşları (UHK), ülkelerinin temel ölçek sayısal Coğrafi Veritabanlarını (CVT) oluşturmaya öncelik vermişler ve kendi sorumluluk alanlarının veri toplama işlemlerini bitirmek için yoğun bir çaba içine girmişlerdir. UHK'larının temel ölçek veri toplama işlemlerinde belli bir aşamaya gelmesi ve küçük sorumluluk alanlarına sahip bazı UHK'ların veri toplama işlemlerini bitirmesi sonrası, haritacılık bilimi; sayısal haritacılığın getirdiği ve aşması gereken iki dar boğaz ile karşılaşmıştır. Bunlardan birincisini sayısal veri güncelleme (versiyonlama) ve ikincisini ise temel ölçek dışı sayısal harita ve türetme coğrafi veri setlerin üretilmesi (sayısal genelleştirme) oluşturmaktadır. **(Hardy ve Meyer, 2003).**

Sayısal genelleştirme ve otomasyonu, yapılan bu çalışmanın ana konusunu teşkil etmektedir. Genelleştirme, harita üretim sürecinin vazgeçilmez bir bileşenidir **(Lee, 1996a)**. Kısaca genelleştirme, büyük ölçekli mekansal veri kaynağı ya da setinden, istenilen özelliklere uygun daha az ayrıntıya sahip veri seti türetme işlemi olarak tanımlanabilir.

Türetme harita ve değişik nitelik ve içerikte coğrafi veri setlerinin üretimi; doğrudan fotogrametrik ya da yersel ölçüm yöntemler ile yapılabilir (nesne genelleştirmesi) olmasına rağmen, kendisinden daha yüksek mekansal (geometrik ve semantik) çözünürlüğe sahip temel ölçek sayısal harita verisi ve coğrafi veri setlerinden (birincil modeller) model genelleştirme ve/veya kartografik genelleştirme yöntemleri

kullanılarak üretilmesi daha akılcı ve tercih edilen yöntem olmaktadır (**Hardy ve Meter, 2003**). Dolayısıyla klasik harita üretiminde sadece uzman ve deneyimli kartograflar tarafından gerçekleştirilen ve doğası gereği karmaşık ve öznel bir yapıya sahip olan klasik genelleştirme; sayısal üretimde yerini aramaktadır (**Itzhak ve diğ., 2001**).

Genelleştirmenin sayısal ortamda maksimum standardizasyon ve otomasyon oranlarında yapılması amaçlanmaktadır (**Itzhak ve diğ., 2001**). Yazılı genelleştirme kurallarının varlığındaki eksiklik, açık ve yorum gerektirmeden uygulanabilir genelleştirme kurallarının tanımlanmalarındaki zorluk, genelleştirmenin öznel yapısı ve karmaşıklığı, genelleştirme düzeyi ve standartlılığı, ve genelleştirme sonrası coğrafi detaylar arasındaki bağımlılığın (konteks) korunması zorunluluğu gibi hususlar karşımıza aşılması gereken güçlükler olarak çıkmaktadır.

Verinin kalitesi, içeriği, doğruluğu ve mekansal çözünürlüğü ile veri modeli; genelleştirme ile yakından ilişkili olup, uygulanacak genelleştirme yöntem ve algoritmaların belirlenmesinde oldukça etkindir.

Hidrografya ve yükseklik verilerin genelleştirmesi, model genelleştirme (veritabanı genelleştirmesi) ve kartografik genelleştirme işlemlerinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Türetilmiş coğrafi bilgilerin üretiminde gerekli olan hidrografya konumsal bilgilerinin genelleştirmesinde yeni, otomatik ve/veya yarı-otomatik genelleştirme tekniklerine olan ihtiyaç belirgin olarak kendini göstermektedir (**Kilpelainen, 1999**). Aynı durum yükseklik verilerin genelleştirilmesi ve otomasyonu için de geçerlidir. Eş yükseklik eğrilerin genelleştirilmesi, önümüzdeki yıllarda acil olarak araştırılması gereken konular arasında gösterilmektedir (**Stoter, 2005a**). Hidrografya ve yükseklik verilerin genelleştirme öncesi ve sonrası birbirleri ile olan vazgeçilmez uyum zorunluluğu ve bağlamsal (konteks) ilişkileri, bu iki veri grubunun genelleştirmesinin birlikte düşünülmesini gerektirmektedir.

2. TÜRETME COĞRAFI VERİLERİN ÜRETİMİ

2.1 Genelleştirme Kavramı ve Model Teorisi

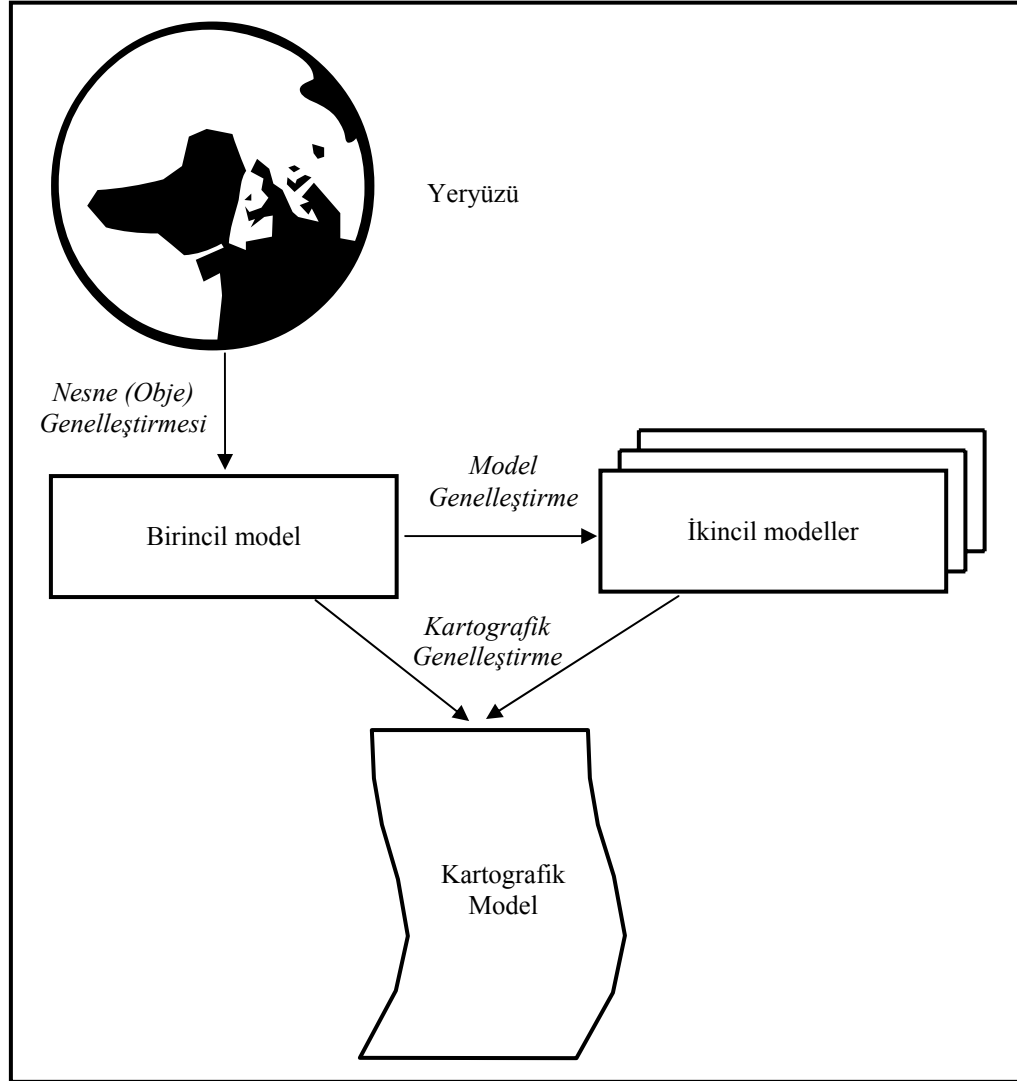
Bir işlem olarak genelleştirme, hedef ölçek tanımlamalarına göre, mekansal verilere ya da mekansal verilerin grafik gösterimlerine uygulanan işlemler olarak kabul edilebilir. Başka bir ifade ile genelleştirme; ayrıntılı, büyük ölçekli mekansal veri kaynağından ya da setinden istenen özelliklere uygun daha az ayrıntıya sahip, küçük ölçekli bir veri seti türetme işlemi olarak tanımlanabilir (**Jaakkola, 1998; Van Smaalen, 1996**).

Sayısal ortamda genelleştirme kavramı üç aşamalı olarak ele alınabilir (Şekil 2.1):

Nesne (Obj) genelleştirmesi: Mekansal veri toplama aşamasında yapılan genelleştirme işlemleridir. Bu aşamada birincil model oluşturulur.

Model genelleştirme: Birincil modelden daha düşük mekansal (geometrik ve semantik (tematik)) çözünürlüğe sahip ikincil modeller elde edilirken yapılan genelleştirme işlemleridir. Model genelleştirmenin başlıca amaçlarından biri; geometrik, semantik ve/veya zamansal bakımdan kontrollü veri azaltmadır. Veri indirgeme birçok amaca hizmet edebilir. Klasik amaç, depolama gereksinimlerini azaltma ya da işlem hızını artırmaya yönelik veri hacminin indirgenmesidir. Diğer önemli bir neden, bir veri setinin doğruluğu ve çözünürlüğünü indirgeyerek veri bütünleme işleminde farklı veri setlerinin homojenleştirilmesidir. Eğer veri indirgeme (sürekli verilere) filtreleme işlemi olarak uygulanırsa, verilere ilişkin hataların denetlenmesi ve elimine edilmesi mümkün olabilir. Veri indirgemenin yanında, önemli bir model genelleştirme amacı, çoklu doğruluk ve bilgi düzeylerinde veritabanlarının türetilmesidir. Son olarak, model genelleştirme, kartografik genelleştirmeye bir ön işleme işlemi olarak hizmet edebilir.

Kartografik Genelleştirme: Birincil ya da ikincil modellerden belirli bir amaca yönelik kartografik model elde edilirken yapılan genelleştirme işlemidir. Kartografik genelleştirme; görselleştirme amacıyla, haritadaki detayların, hedeflenen harita için taşıdıkları önem ve yaptıkları katkıya göre özetlenmesi ve basitleştirilmesi olarak tanımlanabilir (Başaraner, 2000).



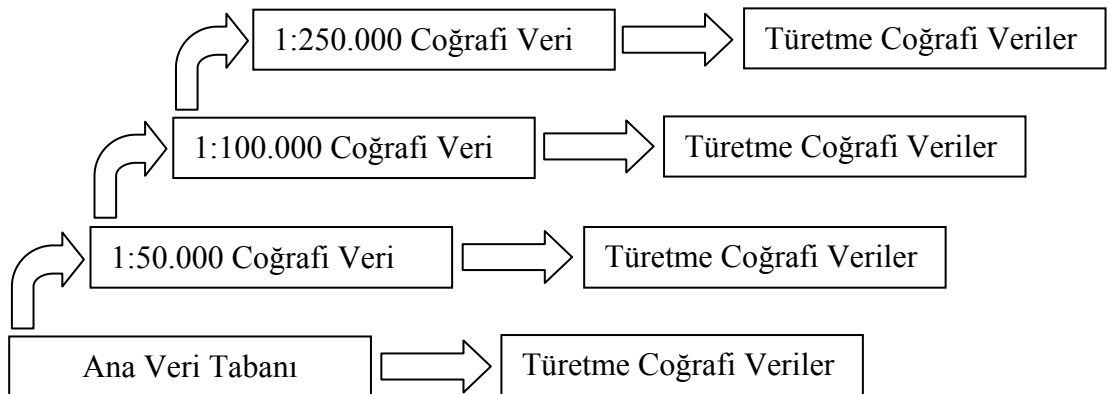
Şekil 2.1: CBS ortamında genelleştirme (Joao, 1998)

2.2 Türetme Coğrafi Veri Setlerin Üretilmesi

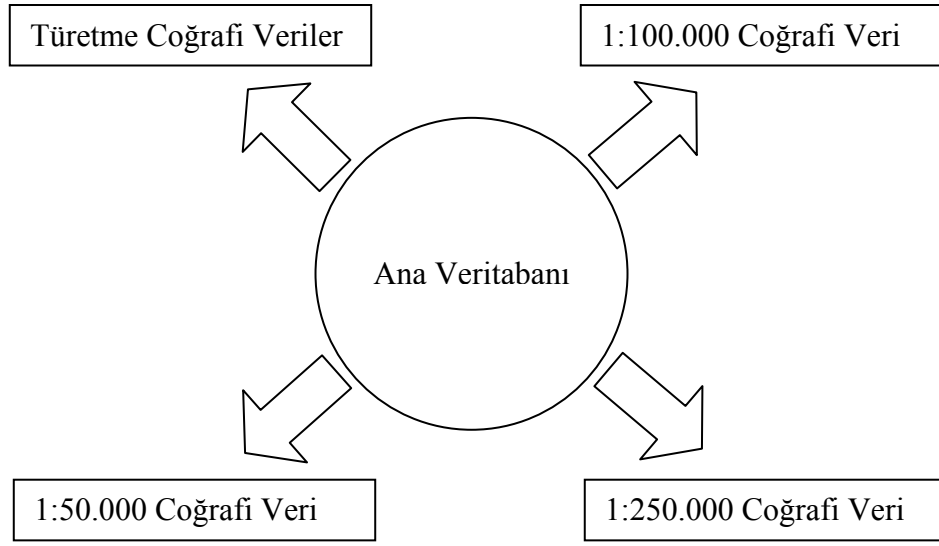
Coğrafi veri toplama, çoğunlukla çok maliyetli olan bir işlemdir. Fotogrametrik kıymetlendirme, coğrafi veri toplama yöntemlerinden biri olup, geniş alanlara ait coğrafi verilerin belirli ölçeklerde toplanmasında kullanılabilir. Fotogrametrik kıymetlendirme yapan bilgisayar operatörün yaptığı işlem, aslında nesne genelleştirmesidir. Ana coğrafi veri tabanı oluşturulduktan sonra, türetme coğrafi veri setlerini genelleştirme yöntemi ile üretmek çoğu zaman daha akılcı ve tercih edilen bir yöntem olmaktadır (**Hardy ve Meter, 2003**).

İsteğe bağlı olarak küçük ölçekli coğrafi veri setlerinin türetilbildiği dinamik genelleştirme kavramı, yakın gelecekte pek gerçekçi gözükmemektedir. Ayrıca belirli ölçek yerine geniş ölçekleri kapsayan bir genelleştirme, yakın bir zamanda uygulanabilir değildir (**Spiess , 2005; Stoter, 2005b**).

Coğrafi verilerin türetilmesinde alınması gereken önemli kararlardan biri de, basamak (ladder) ya da yıldız (star) yaklaşımlarından hangisinin uygulanacağıdır (Şekil 2.2 ve 2.3). Basamak yaklaşımında küçük ölçekli coğrafi veri setleri, bir önceki büyük ölçekli coğrafi veri setlerinden türetilmektedirler. Küçük ölçekli coğrafi setlerin yıldız yaklaşımı ile türetilmesinde ise, tüm türetme coğrafi veri setleri tek bir ana coğrafi veri setinden türetilmektedir. Türetme coğrafi verilerin türetilmesinde bu iki yaklaşımın karışımını uygulamak da mümkündür (**Stoter, 2005b**).



Şekil 2.2: Türetme coğrafi veri üretiminde basamak yaklaşımı (**Eurogeoraphics, 2005**)



Şekil 2.3: Türetme coğrafi veri üretiminde yıldız yaklaşımı (Eurogeoraphics, 2005)

2.3 Genelleştirme Konusunda Yapılan Araştırmalar

Kartografik genelleştirme, bir harita üzerinde mevcut olan fiziksel durumun basitleştirilmesi işlemini kapsamaktadır (Robinson ve diğ., 1978). Genelleştirme; aslında her bir haritanın, gerçek dünyadan seçilmiş bazı coğrafi olguları gösteren bir ortam olması ve gerçek dünyanın bir özetlemesi olmasından, genellikle de daha büyük ölçekli bir başka haritanın küçültülmesi olduğundan dolayı, kartografya biliminin ana işlemlerinden ve en önemli problemlerinden biri olagelmıştır. Haritanın kartografik iletişimin asli formu olması, kartografik genelleştirmeyi doğurmuştur. Haritayı daha anlaşılabilir hale getirmek için coğrafi nesnelerin genelleştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Kartografik genelleştirme, uzun yıllar yapılan araştırmalara rağmen halen çok iyi tanımlanmış bir işlem değildir ve otomatik kartografik genelleştirme daima yeni araştırmaları gerektirmektedir. Tamamen otomatik genelleştirme araçlarının eksikliği, halen gelişmekte olan kartografik bilgi sistemlerinin bir sorunudur (Meng, 1997).

2.3.1 Sayısal Genelleştirmeden Model Genelleştirmesine Geçiş Süreci

Sayısal genelleştirme konusundaki araştırma süreci, 1960'lı yıllarda başlamıştır. Bu yıllardaki bilimsel araştırmaların en iyi bilinen sonuçlarından bazıları, basit matematiksel formüller (2.1, 2.2) ile **Töpfer (1974)** tarafından ifade edilmiştir.

$$m_T < 100\ 000 \Rightarrow n_T = n_K \sqrt{\frac{m_K}{m_T}} \quad (2.1)$$

$$m_T > 100\ 000 \Rightarrow n_T = n_K \frac{m_K}{m_T} \quad (2.2)$$

Bu ifadede n_T türetme haritadaki, n_K ise kaynak haritadaki obje sayılarını, m_K kaynak harita, m_T ise türetme harita ölçek modüllerini göstermektedir. Töpfer yasası olarak bilinen bu matematiksel formül ile; değişik ölçeklerde gösterilen coğrafi nesne sayısını tanımlayan seçme kuralı ifade edilmiştir. Formül hedef ölçeklerde yer alacak nesne sayısını ifade etmekte, ancak hangi sınıfların ve nesnelerin seçileceğini açıklamamaktadır. Türetme haritada obje anlamları ve işaret tablosu kaynak haritadan çok farklı ise, bağıntı bir dizi başka bağıntılara göre değiştirilir. Çizgisel objelerde (yollar, nehirler) köşe noktaları ya da dönüş noktaları, alansal objelerde (göller, idari bölgeler) sınır çizgileri hayali bağımsız objelermiş gibi düşünülürse bağıntı geometrik şekil basitleştirmesinde de kullanılabilir (**Bildirici, 2000**).

Sayısal genelleştirmenin başlangıç periyodunda (1960-1975), çizgi basitleştirmesi için algoritmalar araştırılmış ve sunulmuştur. Bu zaman periyodu içinde ve günümüzde halen en çok kullanılan çizgi basitleştirme algoritması **Douglas ve Peucker (1973)** tarafından geliştirilmiştir. Sayısal genelleştirmenin ikinci periyodu sayılabilecek 1970'li yılların sonu ile 1980'li yılların başlangıcı arasındaki süreçte, geliştirilen algoritmaların hızlı ve verimli çalışmaları konularına yoğunlaşmıştır. Sayısal kartografyanın ilk zamanlarındaki genelleştirme araştırmaları, genel problemlerden çok -çizgi genelleştirmesi, verilen belli bir kriter değerine göre seçim gibi- özel konularda olmuştur. Bu dönemde ilgilenilen, ilk araştırmaları yapılan ve daha karmaşık olarak nitelenebilecek bazı problemlerle ilgili yaklaşımlara örnek olarak otomatik öteleme problemleri verilebilir. Nokta ve çizgi işaretlerin otomatik ötelemesi üzerine çalışmıştır.

1980’li yıllarda bilim adamları, genelleştirmenin daha kavramsal yönlerine odaklanmaya başlamışlardır. **Monmonier (1982)**, bilgisayar destekli kartografyada genelleştirme konusundaki zorluğun sadece problemlerin karmaşıklığından kaynaklanmadığını, aynı zamanda harita basitleştirmesinin ilke ve amaçlarının tam olarak anlaşılmadığından kaynaklandığını ifade etmiştir.

Bertin (1983), kavramsal ve yapısal genelleştirme olarak genelleştirmenin olası iki metodundan söz etmiştir. Kavramsal genelleştirmede, uygulamanın değiştirilmesi ile yeni bir kavramsal düzeyden bahsedilmiştir (örnek olarak nokta kümesinden bir alan geometriye dönüşüm). Genellikle işlem anında yeni bilgiler gerekebilmektedir. Yapısal genelleştirmede uygulama ve olgunun düzlemsel yapısı dikkate alınarak, ama aynı zamanda dağılımı basitleştirerek kavramsallığın seviyesi korunabilmektedir.

McMaster ve Shea (1988), sayısal genelleştirme için kavramsal genelleştirme modelini önermişlerdir. Sayısal genelleştirme işlemi üç önemli noktaya bölünmüştür:

- “Neden genelleştirilir?” sorusu için felsefi amaç,
- “Ne zaman genelleştirilir?” için mevcut şartların kartometrik değerlendirmesi,
- “Nasıl genelleştirilir?” sorusu için genelleştirme metotları, yani genelleştirme operatörleri cevap olarak verilmiştir.

Genelleştirme işleminin “ne zaman?” bölümü 3 parçadan oluşmaktadır:

- Koşullar (conditions),
- Ölçütler (measures),
- Kontroller.

Yazarlar, tüm genelleştirme işlemlerinin sayısal olarak başarılmasının amaçlanması durumunda; “Ne zaman” ve “Nasıl” işlemlerinin organizasyonunun önemli olduğunu savunmuşlardır. Bu yazarların, “Neden”, “Ne zaman”, “Nasıl” tespitleri uzun yıllar boyunca çok çeşitli ortam ve yayınlarda tartışılmış olup yaygın bir şekilde kabul görmüştür.

Shea ve McMaster (1989), nasıl sorusuna cevap olarak 12 genelleştirme operatörü tespit etmişlerdir: basitleştirme, yumuşatma, nokta geometrileri birleştirme, alan birleştirme, çizgi birleştirme, geometri dönüşümü, orijinal yerinde bırakma ve

tipikleştirme, abartma, iyileştirme, öteleme ve sınıflama. Bu operatörler, genelleştirme yazılımlarının gelişimi için önemli bir temel oluşturmuşlardır (**Aslan, 2003**). **Keates (1996)**, kartografik genelleştirme uygulamasının aslında görsel bir uzmanlık konusu olduğunu, fakat konuyla ilgili eğilim ve yaklaşımların sadece genelleştirme metotlarına ve işlemlerine yoğunlaştığını, aslında bu durumun problemin gerçek çözümünde daha az rol oynamakta olduğunu ifade etmiştir. Kartograf, genelleştirme yaparken işlem metotlarına değil, işlemin amaçlarına odaklanmaktadır.

Timpf (1998) tarafından, kartografik genelleştirme gibi karmaşık ve holistik işlemlerin, otomasyona uygun hale getirilmesi düşüncesinin geliştirilmeye ihtiyacı olduğu vurgulanmıştır. 1980'li yılların sonları ve 1990'lı yılların başlarında ana araştırma konusu genelleştirme modelleri olmuştur. Genelleştirme için benzer modeller bazı araştırmacılar tarafında sunulmuştur. Özellikle genelleştirme işleminin uygulamasını kapsayan 1970 ve 1980'li yıllar boyunca ortaya atılan genelleştirme modellerinin ayrıntılı özeti **McMaster (1991)** tarafından verilmiştir. Bu modeller sayısal genelleştirme için düşünsel bir iskelet oluşturmaktadır. **Ratajski (1967)**, genelleştirmenin ilk resmi modellerinden birini sunmuş, nicel ve nitel olarak genelleştirme işleminin iki temel tipini tanımlamıştır. Nitel genelleştirme, işaretleştirmenin temel biçimden daha soyut biçime dönüşmesiyle sonuçlanırken, nicel genelleştirme harita içeriğinin ölçek değişimine bağımlı olarak basamaklı bir şekilde azalmasını gerektirmektedir.

1988'de Brassel ve Weibel, istatistiksel ve kartografik genelleştirmeyi ayırmışlardır. İstatistiksel genelleştirme, bir veritabanındaki bilgi içeriğinin azaltılmasıyla ilgili olan istatistiksel kontrol, analitik işlem olarak tanımlanmıştır. Sayısal genelleştirme için beş işlem tanımlanmıştır:

- Yapı tanıma (structure recognition),
- İşlem tanıma (process recognition),
- İşlem modelleme (process modelling),
- İşlem uygulama (process execution),
- Veri gösterimi (data display).

Brassel-Weibel modelindeki yapı tanıma harita genelleştirmesinin birinci safhasıdır (**Brassel ve Weibel, 1988**).

Genelleştirme işlemlerinin modellerinden biri de **Nickerson ve Freeman (1986)** tarafından geliştirilmiş ve uzman sistemler yaklaşımı için özellikle tasarlanmıştır. Nickerson ve Freeman modeli beş safhadan oluşmuştur:

- dört farklı detay değiştirme uygulamaları (silme, basitleştirme, birleştirme ve tip değiştirme),
- işaret ölçekleme,
- detayın yeni konumunun belirlenmesi,
- ölçek küçültme,
- isim yerleştirme.

Müller (1991), ICA'nın genelleştirme tanımında (**ICA, 1973**) amaçlar ile araçlar karıştırıldığından tanımın yanıltıcı olduğunu ifade etmiştir. Müller'e göre konumsal veritabanı, coğrafi gerçeklik hakkında bir ifadedir ve genelleştirme bu ifadenin içeriğini genelleştirmeye eğilimli olan bir işlemidir. Müller genelleştirmenin harita gösterimi, iletişim ve aynı zamanda analitik amaçlar için uygulanan bilgiye yönelik (information-oriented) bir işlem olduğunu, aynı zamanda genelleştirme görevleri üzerine gelecekte yapılacak araştırmaların daha çok holistik problem ele alınarak yürütülmesinin faydalı olacağını vurgulamıştır. Müller bu uyumsuzlukların çözümü için değişik kartografik detayların eşzamanlı görünümü, öncelikler ve araçlara ihtiyaç duyulduğunu ve bu alanda otomatik çözüm için bilgiye dayalı (knowledge-based) araçların kullanımını önermiştir (**Kilpeläinen, 1999**).

Zhilin ve diğ. (1999), eş yükseklik eğrileri genelleştirmesi ve otomasyonunun çok önemli olduğu ve CBS ve kartografyada halen problem olduğundan bahsetmektedirler. Türetme eş yükseklik eğrilerin oluşturulmasında, orijinal komşu eş yükseklik eğrilerinden oluşan üçgen ağ (triangulation) tabanlı algoritmaların kullanabileceğini belirtmektedirler. **Gökgöz (1999)**, eş yükseklik eğrilerin basitleştirilmesinde, arazi karakteristik çizgilerini dikkate alınması gerekliliğini vurgulamış ve sayısal arazi modelinden operatör etkileşimli olarak türetilen karakteristik çizgilerini bu amaçla kullanmıştır (**Gökgöz ve Selçuk, 2004**). **Ying (2003)**, eş yükseklik eğrilerin, karakteristik çizgi ile kesişim yerlerine basitleştirme

öncesi atılacak düğüm noktaları ile eş yükseklik eğrisi üzerindeki karakteristik noktaların korunabileceğini belirtmiştir. Gerekli olan karakteristik çizgilerin türetilmesine yönelik geliştirilen birçok yöntemler vardır. Bu çalışmaların bir kısmı **Mark (1984)**, **Yoeli (1984)**, **Finsterwalder (1986)**, **Inaba ve diğ. (1988)**, **Tang (1992)**, **Bennett ve Armstrong (1996)**, **Peng ve diğ. (1996)** ve **Chang ve diğ. (1998)** tarafından gerçekleştirilmiştir. **Gökgöz (2005)**, eş yükseklik eğrilerinin karakteristik noktalarının sapma açıları kullanılarak belirlenmesi ilgili çalışmalar yapmıştır. **Lee ve Hardy (2005)**, eş yükseklik eğrileri basitleştirme algoritmalarında çizgilerin birbirlerini kesmemesi koşulunu dikkate almışlardır. **Itzhak ve diğ. (2005)**, eş yükseklik eğrilerin basitleştirmesinde üçüncü boyutu da gözetererek, yükseklik bilgilerin ve doğrulukların da dikkate alınması gerekliliğini vurgulamaktadırlar.

Itzhak ve diğ. (2001), genelleştirme işlemlerin otomasyonunun halen problem olduğundan bahsetmekte ve hidrografya verilerin genelleştirmesinde kullanılabilecek birincil ve ikincil parametreleri sıralamaktadır. Hidrografya seçiminde, öncelikle girdi verinin önceden tanımlı nehir ve hidrografik ağ desenlerinden hangisine girdiği belirlenmekte ve sonrasında seçim gerçekleştirilmektedir. Doğru desen sınıfını belirlemenin ise, problem olduğundan bahsetmektedir. **Felkel ve Obdrzalek (1998)**, **Thomas (1998)**, **Christensen (1999)**, **McAllister ve Snoeyink (2000)**, hidrografya alandan çizgiye tam ve kısmi dönüşümler için çeşitli yöntem geliştirme çalışmalarında bulunmuşlardır. **Li (2003)**, veritabanı zenginleştirmenin, genelleştirme işlemlerinin otomasyonu için olumlu katkılar yapacağını belirtmektedir.

2.3.2 Genelleştirme İçin Bilgiye Dayalı ve Nesne Yönelimli Metotlar

Bilgiye dayalı metotlar olarak genellikle; bunların kontrol ve sonuç çıkarma parçalarından ayrı bir şekilde bilgi tabanına depolanmış sistemler olduğu kastedilmektedir. Bir bilgi tabanı, bilgi alanı (domain) için, uzmanın deneyimlerinin ifadesi olan kurallar veya olaylar ve gerçekleri içermektedir.

Harita genelleştirmesi için kartografik bilgiyi formüle etme, uzman sistemler (expert systems), bilgiye dayalı metotlar (knowledge-based methods), yapay sinir ağları (neural networks) ve nesne yönelimli teknikler (object-oriented techniques) için anlaşılabilir metot araştırmaları 1980'li yıllarda başlamış ve günümüzde de yoğun bir

şekilde devam etmektedir. 1990'lı yılların başlangıcındaki araştırma konularından biri de, gösterim teknikleri ve veri modellemesini de kapsayan genelleştirme için, kural bazlı (rule-based) metotların oluşturulmasıdır (**Kilpeläinen, 1999**).

Genelleştirme operatörlerini yürütmek ve kural bazlı sistemlerde bilgiyi saklamak için kurallar ve parametreler tablosu şeklindeki iki yapı halen günümüzde kullanılmaktadır. **Armstrong (1991)**, bilgiye dayalı genelleştirmenin bilgi düzenlemesinden ve belirli bir harita içeriğindeki uygun genelleştirme operatörleri ve algoritmalarının seçimindeki süreçsel bilginin kullanımından söz etmiştir. **Mark (1991)**, kuralların önemliliğini belirlemek için kesin etkenlerden söz etmiştir. **Shea (1991)** -aslında işlemin doğasında veri tarafından yönetildiği ve bulunulan duruma özel olmasından dolayı-, genelleştirme için daha fazla uygun seçenek olduğundan dolayı, ileri zincirlemeyi (forward-chaining) hesaba katmak ve genelleştirme kurallarının önceliğini kontrol etmek için yüksek dereceli kurallar kurmayı önermiştir.

Beard (1991), genelleştirme kuralları oluşturmak için kısıtlamalardan (constraints) söz etmiş ve **Schylberg (1993)**, kuralları toplamış ve topografik haritalarda genelleştirme sonrası küçük alanların korunması tekniklerini geliştirmiştir. Schylberg'in yaklaşımı raster tabanlı alan genelleştirmesinde uygulanmış, bilgiye dayalı teknikler örneğin uzaktan algılama alanları gibi diğer raster tabanlı uygulamalarda daha başarılı bir şekilde uygulanmıştır.

Kuralları tanımlama ile ilişkili bazı problemlerin üstesinden gelebilmek için **Weibel (1991)**, daha akıllı genelleştirme yaklaşım biçimlerinden birisi olarak, güçlendirilmiş yapay-zekayı (amplified-intelligence) önermiştir. Anahtar kararlar, genelleştirme işini üzerine alan yüksek seviyeli araçlar tarafından, karar vericiye sunulan özümlemiş bilgiler ile karar verilecek konular kullanıcıya sunulmakta ve karar vermesi sağlanmaktadır. Güçlendirilmiş yapay-zeka, aslında, insan davranışını aşama aşama sisteme taşımayı amaçlayan ve sonunda tamamıyla uzman yaklaşımına ulaşabilmeyi amaçlayan bir geçişi sağlayabilecek bir yaklaşımdır. Benzer düşünce ile genelleştirme de kullanılan yarı otomatik yaklaşımlar da aynı şekillerde tanımlanabilmektedir.

Uzman sistemleri kurmaya engel olan ana eksikliklerden birisinin de, kural bazlı genelleştirme için gerekli bilginin formüle edilememesi olduğu vurgulanmıştır. Bağımlı uygulama da kuralları formüle etmek bir problemdir. Uygulamalar ülkeden ülkeye büyük farklılıklar arz ettiğinden, bütün uygulamalar kendi kurallarının kullanılmasını istemektedir. 1990'lı yılların başlangıcında genelleştirme için bilgiye dayalı yaklaşımlardaki tartışmalar araştırmacılar için cazip olmuştur. Lee, genelleştirme için kural bazlı tezini sunanlarda biridir (**Lee, 1996b**).

Nesne yönelimli yaklaşımlar 1990'lı yılların başından beri genelleştirme görevi için umut verici olarak göz önüne alınmıştır. Örnek olarak **Mark (1991)**, bir sistem kurmak için, nesne yönelimli veritabanının denenmesi gereken gerçek bir potansiyel olduğunu ifade etmiştir. Konuyla ilgili ilerlemelerin ancak gerçek dünya nesnelerinin kartografik gösterimlerinden çok özellikleri ile genelleştirmek ve modellemek ile başarılabilirliğini savunmuştur. Ayrıca nesne yönelimli yaklaşımlarda, merkezi ilginin özel nesne sınıflarına gösterilmesi için, tanımlanma ve ortak davranışlar ile nesne sınıflarının bulunmasının gerektiğini ifade etmiştir. **Laurini ve Thomson (1992)**, nesne yönelimli yaklaşımın gerçek dünyanın modellenmesi için diğer modellere göre çok daha uygun olduğunu belirtmiştir.

Genelleştirme operatörleri uyumsuzluk yaratan veya yaratmayan olarak sınıflandırılabilir. Orijinal yerinde bırakma (refinement), basitleştirme, nokta birleştirme, alan birleştirme ve geometri dönüşüm operatörleri uyumsuzluk sayısını genelde artırmazlar. Abartma ve öteleme çoğunlukla uyumsuzluk sayısı artırır.

Peng (1997), otomatik genelleştirmede veri modeli ve uygulama seviyelerinde nesne yönlendirmesi kullanımı çalışmasını yapmıştır. Nesne yönelimli kavramlar ile genelleştirmenin geliştirilmesi **Ormsby ve Mackaness (1999)** tarafından yakın zamanda incelenmiştir. Nesne yönelimli yaklaşımı gerçek dünya nesnelerinin bağlamsal ilişkisini ve semantik anlamını hesaba katan olgu tabanlı (phenomena-based) algoritmelerde, alan detayların genelleştirmesi için geometri tabanlı algoritmaları uygulamışlardır.

Ormsby ve Mackaness'a göre olgusal yaklaşım, uzmanlar (agents) olarak adlandırılabilir oluşumların bilgi gereksinimlerini sağlayabilmek için ana yaklaşım olmaktadır. Son zamanlarda harita genelleştirmesinde uzman sistemler

metodolojileri ilgi odağı olmuştur (**Morriset ve Ruas, 1997**). Uzman kendi kendini kontrol eden programlardan oluşmaktadır. Bu program içerisinde kendi çevresini algılamasına dayalı olarak, ayrıca bir veya daha fazla amacı gerçekleştirmek için kendi oluşturduğu düşünce ve hareketi kontrol etme yeteneği bulunmaktadır. Uzman sistemlerin detaylı olarak irdelendiği, Avrupa birliği bilim fonu (ESPRIT) tarafından fonlanan büyük bir proje olan AGENT 2001 yılı sonunda tamamlanmıştır.

Genelleştirme araştırmaları geçiş periyodunda bulunmaktadır. Nesne yönelimli yaklaşımı kullanarak bilgiye dayalı sistemleri ve coğrafi bilgi sistemlerini uygulamasına denemeler yapılmış, fakat bu denemeler ticari yazılımlar içerisinde henüz tam uygulanamamıştır. Konuyla ilgili bazı ticari firmaların çözüm hedefleri bulunmaktadır.

2.3.3 Çok Ölçekli Veritabanı (Multiscale Database) ve Çoklu Gösterim (Multiple Presentation)

Çoklu gösterim konusundaki bilimsel araştırmaların başlangıcı, NCGIA'daki araştırma programı olarak değerlendirilebilir (**NCGIA, 1989**). Konuyla ilgili birçok araştırma çalışması ve bilimsel yayın yapılmıştır.

“Çok ölçekli veritabanı” ve “çoklu gösterim” kavramları çoğunlukla aynı konu ile ilgili olarak kullanılmıştır. NCGIA programında çoklu gösterimde kavramsal (örnek konumsal boyutluluk) ve matematiksel gösterimin (örneğin raster-vektör) değişebildiği vurgulanmıştır. Kartografik genelleştirme açısından bakıldığında; eğer otomatik genelleştirme için uygun ve tamamen kabul edilmiş kurallar ve kabuller olmuş olsa idi, her türlü genelleştirme istekleri ihtiyaç anında (on demand) görüntülenebileceği için, çoklu gösterim için duyulacak ihtiyaç minimum düzeyde olacaktı. Bu bağlamda çoklu gösterim, değişik ölçeklerde ihtiyaç duyulan harita üretimleri ve görselleştirmelerinin sağlanabilmesi için pratik bir yaklaşım olarak değerlendirilebilir. Çoklu gösterim aynı zamanda güncellemenin otomatik veya yarı otomatik olarak ilerletilebilmesi (propagation) için çok uygun araçlar sunmaktadır (**Kilpeläinen, 1999**).

Günümüze kadar, Casanovas ve Molenaar, Hellstrom, Harrie ve Kilpeläinen tarafından sunulan çalışmalar dışında uygulama sayısı çok fazla olmamakla beraber,

yoğun araştırmalar sürmektedir (**Casanovas ve Molenaar, 1995; Hellstrom, 1999; Harrie, 1998; Kilpeläinen, 1999**). Avrupa Komisyonu Bilim fonu tarafından desteklenen ve fonlanan AGENT projesinde, Laser-Scan firmasının nesne yönelimli konumsal veritabanı yönetim sistemi (ODBMS) olan GOTHIC kullanılarak çok ölçekli üretimin tam otomatik olarak yapılması için prototip üretilmiştir. AGENT yaklaşımı kullanılarak yine aynı firma tarafından CLARITY yazılımı hazırlanmıştır.

2.3.4 Raster Tabanlı Genelleştirme

1990'lı yıllarda genelleştirme için raster tabanlı yöntemler küçük ölçekli harita üretimlerinde kullanılmıştır. **Schylberg (1993)**, alan işaretler ile ilgilenerek basitleştirme, silme, alan birleştirme ve öteleme operatörlerini incelemiştir. Jaakola, CORINE Arazi Kullanımları Verileri genelleştirmesi için raster tabanlı metotları geliştirmiştir (**Jaakola, 1998**). **Weibel ve Jones (1998)**, raster veri modelleri genellikle uzaktan algılama görüntülerinden türetilmiş veri ve arazi kullanım verisi için kullanıldığını, diğer kartografik veri setlerinin çoğunun genellikle vektör modeller kullanılarak sunulduğunu, bu nedenle genelleştirme algoritmalarında araştırmaların önemli bir bölümünün vektör tabanlı tekniklerde yoğunlaşmış olduğunu, raster ve vektör yaklaşımların gelecekte nasıl birleşeceği ve iki model arasında geçişin açıkça nasıl yapılacağını, dönüşüm hatalarının azaltılması ve insan eliyle yapılacağını görmek ilginç olacağını ifade etmişlerdir.

2.3.5 İhtiyaç Anında (On the fly / On line) Genelleştirme

1995'den beri, tüm dünya da internet iletişiminin popülerlik kazanması ve yaygınlaşması, genelleştirme araştırmacılarının konuyla ilgili yeni araştırmaları söz konusu olmasına sebep olmuştur. Etkileşimli çözümler anlık (real-time) talebi artık tatmin edemez olmuştur (**Meng, 1997**).

İhtiyaç anında genelleştirme ile; baz veritabanları ve/veya genelleştirilen veri/harita setlerinden elde edilen coğrafi veritabanlarından, ihtiyaç anında, önceden tanımlanamayan ölçek oranı ile anlık olarak yeni harita veya görselleştirmelere ihtiyaç duyulmasıdır. Genelleştirme tekniğinin bu çeşidi esnek tarzda kullanıcılara istek üzerine kendi harita üretimlerini tasarlamaya ve tanımlamaya müsaade edecektir. Günümüzde bazı araştırmacılar bu alanda çalışmaktadırlar (**Aslan, 2003**).

2.4 Vektör ve Raster Tabanlı Genelleştirme

2.4.1 Vektör Tabanlı Genelleştirme Operatörleri

Shea ve McMaster (1989) sayısal genelleştirmenin metotlarını 1989 yılından itibaren incelemiş olup bilimsel olarak en çok kabul edilen sınıflamayı yapmışlardır. Bu sınıflamada yer alan 12 genelleştirme operatörü çeşitli yayınlarda sunulmuştur.

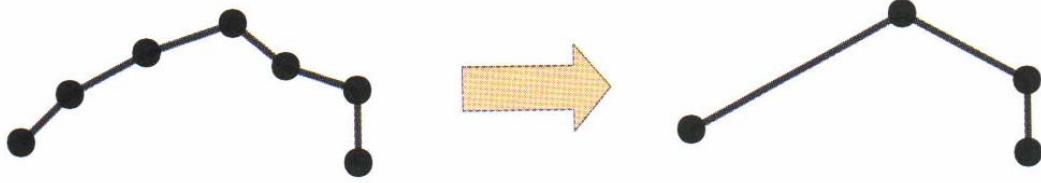
Genelleştirme operatörleri, otomatik genelleştirmenin doğasını tanımlamak için vasıtadırlar. Operatörler klasik genelleştirme tekniklerini ve matematik tabanlı tekniklerini sayısal ortama taşımak için tanımlanmışlardır (**McMaster ve Shea, 1992**). Genelleştirme operatörleri 10 konumsal (Basitleştirme, yumuşatma, nokta geometrileri birleştirme, alan birleştirme, çizgi birleştirme, geometri dönüşümü, seçme/eleme, abartma, iyileştirme ve öteleme) ve 2 öznitelik dönüşümlerini (sınıflandırma ve işaretleştirme) ihtiva etmektedir. Bu operatörler aşağıda detaylı bir biçimde açıklanmaktadır.

2.4.1.1 Basitleştirme (Simplification)

Basitleştirme operatörü, büyük ölçekli veritabanlarından daha küçük ölçekli harita veya kartografik veritabanları üretirken verinin boyutunu azaltmak için kullanılır. Basitleştirme aynı zamanda, konumsal nesnenin karakteristik özelliğini korumak koşuluyla, koordinat sayısının optimum derecede seyreltilmesini içermektedir.

Coğrafi alan nesnelerinin dış alanını oluşturan çizgisel karakterli geometrilerin basitleştirmesi, çizgi basitleştirme operatörü ile yerine getirilir. Basitleştirme operatörleri çizgilerin özelliğini göstermek için bazı geometrik kriterlere dayalı -örneğin noktalar arası mesafe veya merkezi çizgiden ötelemeler gibi- şeklin karakteristik özelliklerini tanımlayan noktaları seçer ve gereksiz olarak değerlendirilebilecek olan diğer noktaları eler (**McMaster and Shea, 1992**). Basitleştirme algoritmaları global veya lokal olmak üzere ikiye ayrılır. Global algoritmalar veri indirgemesinde bütün çizgiyi hesaba katmakta olup en tanınmış global basitleştirme algoritması Douglas-Peucker algoritmasıdır (**Douglas and Peucker, 1973**). Bu algoritma -şekil koruma özelliğinin yanında uygulanmasının da

kolay olmasından dolayı-, bütün genelleştirme yazılımlarında standart olarak bulunmakta, özellikle çizgi geometrilerin basitleştirilmesinde yoğun bir şekilde kullanılmaktadır (Şekil 2.4).



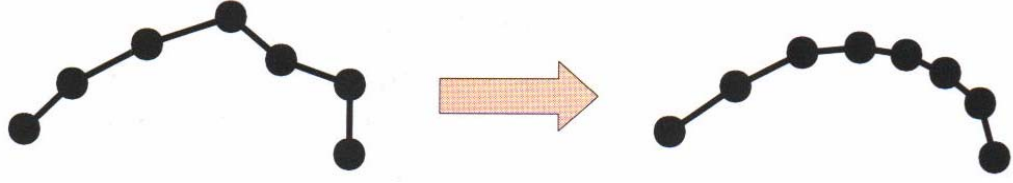
Şekil 2.4: Douglas-Peucker algoritması ile çizgi basitleştirme

Douglas-Peucker algoritması tamamen holistik yaklaşım kullanırken, lokal algoritmalar nokta seçme/eleme tanımlamasında yakın komşu noktalarının özelliklerini ve sıralı biçimde çizgileri hesaba katmaktadır. Çizginin orijinal geometrik özelliğini özellikle iyi koruyan Lang algoritması buna iyi bir örnektir (**McMaster, 1987**). Basitleştirme algoritmaları lokal ve global olarak; Nokta atlama, Vectgen, Nokta rahatlatma (point relaxation), Reumann-Witkam Koridoru gibi bir çok yöntemde kullanılmıştır.

2.4.1.2 Yumuşatma (Smoothing)

Yumuşatma operatörü, geometri üzerinde mevcut koordinatların yerlerini değiştirerek veya yeni koordinatlar oluşturarak, en karakteristik eğimlerini koruyacak şekilde rahatsız edici küçük çıkıntıları düzlemek suretiyle geometriye etki eder (**McMaster and Shea, 1992**). Bu operatörlerin uygun kullanımı ile sayısallaştırma ve genelleştirmede uygun veri çözünürlüğünü ve kartografik tatmini bozucu şekil bozuklukları giderecek estetik çizgiler üretebilmektedir.

Basitleştirme operatörü koordinat sayısını artırıcı bir etki yapabilmektedir. Koordinatlar baz ölçekteki konumlarında değişikliğe uğrar ve yumuşatma sonucunda umulan şekle doğru hareket eder (Şekil 2.5).

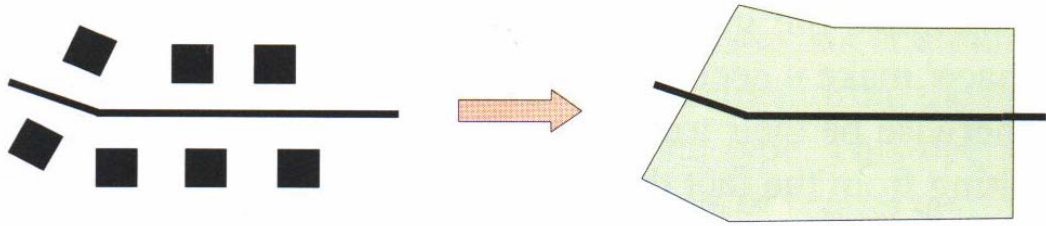


Şekil 2.5: Çizgi yumuşatma

Çizgi yumuşatma operatörleri çizginin estetik kalitesini artırdığından, genellikle çizgi basitleştirme operatörlerini tamamlayıcı bir şekilde kullanılmaktadır. Yumuşatma operatörü; Brophy metodu, basit ortalama (simple average), ağırlıklı ortalama (weighted average) gibi yöntemler ile gerçekleştirilebilmektedir.

2.4.1.3 Nokta Geometrileri Birleştirme (Noktalardan Alan Oluşturma (Aggregation))

Nokta geometrileri birleştirme; nokta geometriye sahip aynı sınıftaki nesnelerin yeni bir amaç için kullanılması veya türetme haritalar ve/veya veri setlerini oluşturacak hedef ölçeklerde kullanımı için, yakınlık analizlerine bağlı olarak kümelenerek birleştirmedir. Kartografik görselleştirmesi kare şeklindeki işaret ile yapılan, ancak veri düzeyinde nokta geometrisine sahip ‘tek bina’lar eşik mesafesi dahilinde alan geometriye dönüştürme örnek olarak verilebilir (Şekil 2.6).

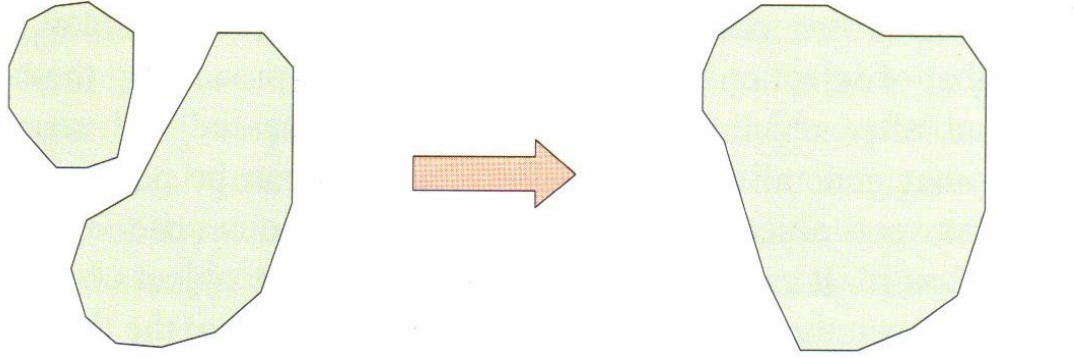


Şekil 2.6: Yerleşim yeri içinde binaları birleştirme

Bu operatörün uygulanmasında, kümeleme (clustering), kümelerin gruplanması (dendogram), dışbükey kabuk (convex hull), büzüşmeli katlama (shrink wrap), tampon alan oluşturma (buffer) gibi çeşitli yöntemler ve bunların birleşimi kullanılmaktadır.

2.4.1.4 Alan Birleştirme (Alanlardan Alan Oluşturma (Amalgamation))

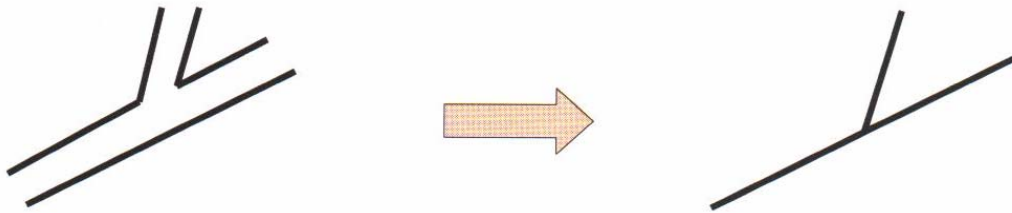
Alan birleştirme operatörü, alan geometrisine sahip yerleşim yerleri, orman ve kayalık arazi gibi çeşitli coğrafı nesnelerin genelleştirmesi esnasında ihtiyaç duyulan birleştirme işlemlerinin yapılması amacıyla kullanılır (şekil 2.7). Alan birleştirme, vektör tabanlı genelleştirme işlemleri yanında raster tabanlı genelleştirme ihtiyaçlarında da yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Coğrafı nesnelerin şekillerinin karakteristik özelliklerine göre ‘ortogonal’ veya ‘ortogonal olmayan’ yapıları da göz önüne alınıp farklı birleştirmeler yapılabilir. Detayların insan yapısı veya doğal detaylar olarak sınıflanmasında ortogonallikte farklı davranışlar olduğu görölmektedir.



şekil 2.7: Alan birleştirme

2.4.1.5 izgi Birleştirme (Merging)

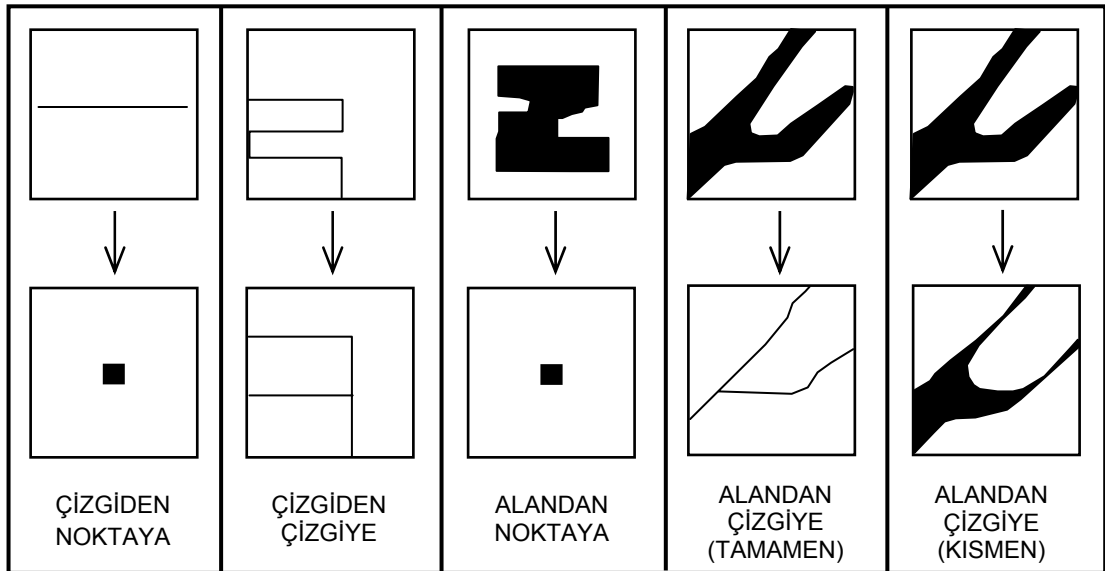
izgi birleştirmede, çizgisel coğrafı nesneler iki çizgi yerine bir çizgi ile ifade edilirler (şekil 2.8). Özellikle birbirine yakın çizgi detaylar da bu operatör uygulanır. Örneğin: Derelerde, yollarda vb.



şekil 2.8: izgi birleştirme

2.4.1.6 Geometri Dönüşümü (Collapse)

Amaca yönelik olarak ölçek küçüldüğünde, alan geometrisine sahip bir çok coğrafi nesnenin, nokta veya çizgi geometrisine dönüştürülerek kullanılması gerekmektedir. Alan veya çizgi coğrafi nesnelerin nokta geometrisine, alan coğrafi nesnelerin çizgi geometrisine dönüşümü yoğun olarak kullanılmaktadır (Şekil 2.9). Büyük ölçeklerde çoğu kez alan detay olarak değerlendirilen yerleşim yeri, havaalanı, nehir, göl, ada, bina vs gibi detayların daha küçük ölçeklerde nokta veya çizgi detaylara dönüştürülerek kullanılması gerekmektedir. Bu dönüşümlerde belirleyici olan en önemli hususlar; minimum seçim ve ayırım kriterleri, kısa kenar, yakınlık, en küçük alan vs. gibi konularda kabul edilecek eşik değerleridir (Nickerson and Freeman, 1986).



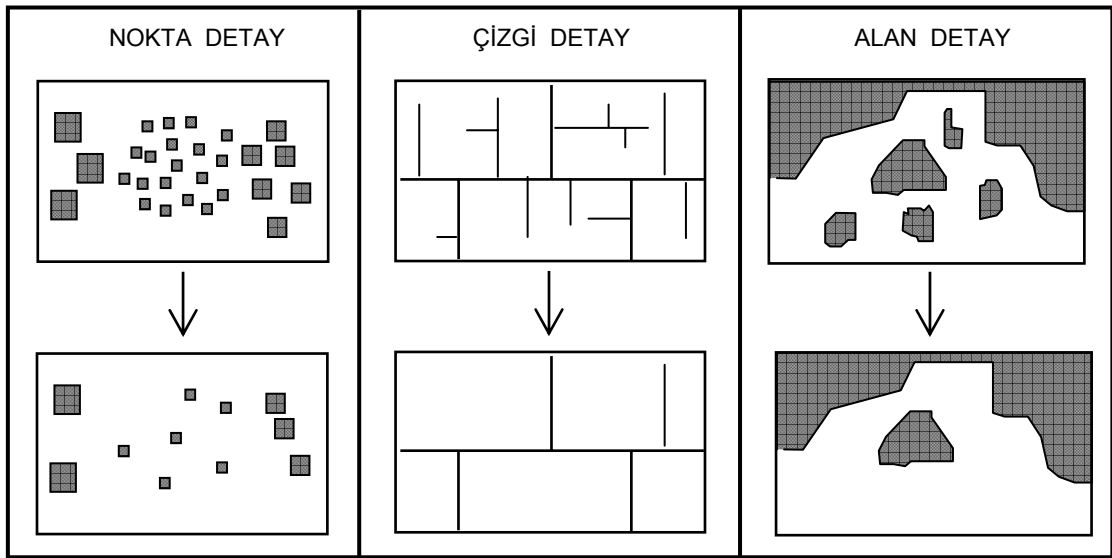
Şekil 2.9: Geometri dönüşümü

2.4.1.7 Seçme (Selection) / Orijinal Yerinde Bırakma (Refinement) / Tipikleştirme (Typification)

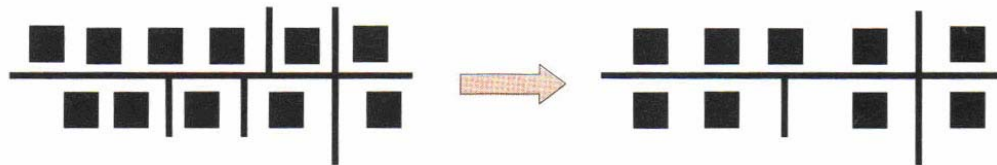
Genelleştirme operatörlerinden en çok kullanılan seçme operatörü, çoğu kez genelleştirme öncesi bir işlem olarak da değerlendirilmektedir. Bu yaklaşımla diğer operatörlerden önce kullanılmakta, seçimi yapılmış detaylara diğer operatörler uygulanmaktadır. Seçme, değişik seçim kriterlerine göre oluşturulan coğrafi nesne sınıflarına göre uygulanmaktadır. Seçme işlemleri bilgisayar ortamında yazılan çeşitli konumsal, topolojik, geometrik, özniteliksel vs. bazında yapılabilmekte ve seçim kümesi iyileştirilmektedir.

Bu işlemler örneğin; belirtilen alan ölçütleri, çizgisel uzunluklar, yakınlık, nitel ve nicel öznelilik değerlerine göre ve/veya bunların birleştirilmiş kullanımları şeklinde yapılabilir.

Shea ve McMaster'a göre seçme işlemleri iki tip operatörü kapsamaktadır (**Shea ve McMaster, 1989**). Bunlar orijinal yerinde bırakma (refinement) (Şekil 2.10) ve yaklaşık yerinde bırakma olarak değerlendirilen tipikleştirme (typification) (Şekil 2.11). Orijinal yerinde bırakma operatörü karmaşıklığı büyük çoğunlukla azaltarak coğrafi nesnenin genel özelliğini kaybetmez. Bunun yanında tipikleştirme operatörü ise genel olarak bütünün özelliğini korur fakat coğrafi nesneler konumsal olarak yaklaşık yerlerindedir.



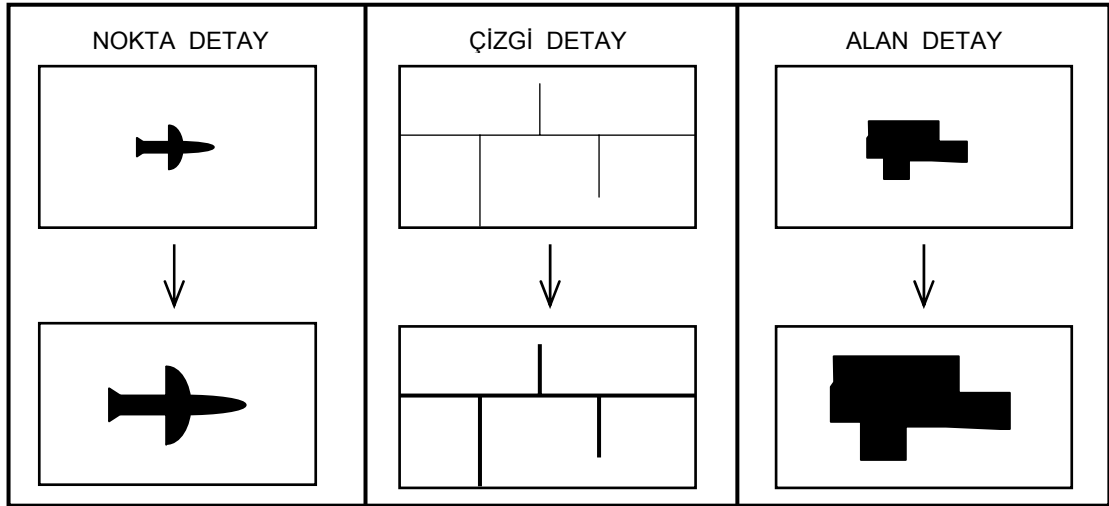
Şekil 2.10: Orijinal yerinde bırakarak seçme



Şekil 2.11: Tipikleştirme ile seçme

2.4.1.8 Abartma (Exaggeration)

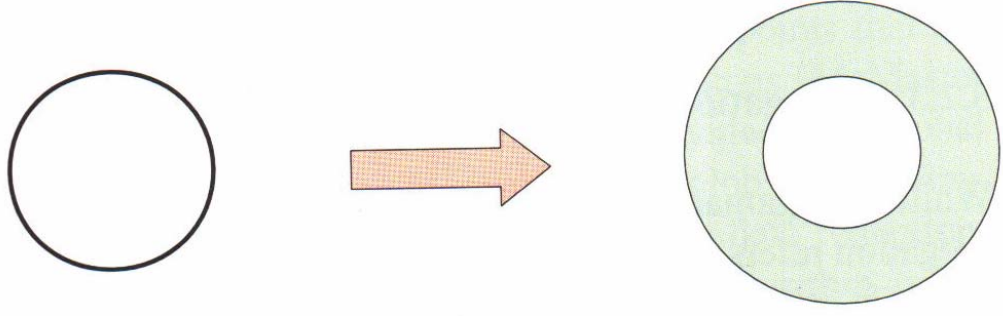
Alan, çizgi ve nokta coğrafi nesneler ile bunların ikincil kartografik modelinde harita işaretlerinin abartılması, haritanın okunaklılığını artırdığı gibi, haritanın yapılış amacına uygun olarak, son kullanıcının algılamasını güçlendirilmesi istenen coğrafi bilgileri vurgulamak için kullanılmaktadır. Uygulamada abartma çoğu kez uyumsuzluklara neden olabilmekte, bu yüzden abartmadan sonra öteleme gibi operatörlerin kullanılmasına ihtiyaç duyulabilmektedir (Şekil 2.12). Abartılan nesneler ile abartılmayan nesneler arasında karşılaştırma tutarsızlıklara veya yanlış değerlendirmelere sebep olabileceğinden uygun bir şekilde kullanılması gerekmektedir.



Şekil 2.12: Abartma

2.4.1.9 İyileştirme (Enhancement)

Bir haritanın özel gereksinimlerini karşılamak için, coğrafi nesnelerin şekil ve büyüklüğünü abartmaya veya vurgulamaya ihtiyaç duyabilir (Şekil 2.13). İyileştirme operatörü abartma operatörü ile karşılaştırıldığında, nesnenin konumsal boyutları ile ilgili olarak değil, işaretleştirme elemanlarının kullanıldığı kartografik gösterim ile yapılmaktadır.



Şekil 2.13: İyileştirme

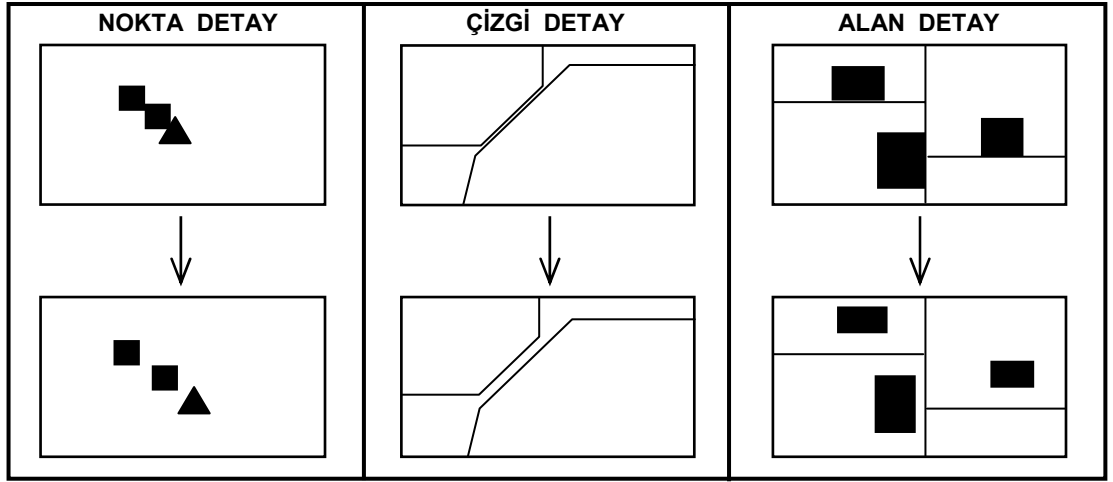
2.4.1.10 Öteleme (Displacement)

Bir haritanın ölçekten dolayı yeterince geniş bir gösterim alanı olmaması ve grafik kısıtlamalardan dolayı, haritanın okunurluğunun artırılması amacıyla coğrafi nesnelerin bulundukları gerçek konumlardan daha iyi bir grafik gösterimin sağlanabileceği farklı bir konuma ötelenmesi gerekebilmektedir. Bundan dolayı, ölçek küçüldükçe harita detaylarının gerçek yerlerinde gösterilme olanağı zorlaşmakta ve uyumsuzluklar meydana gelmektedir. Bu uyumsuzluklar;

- nesneleri gerçek koordinat yerlerinden kaydırarak (öteleme)
- nesneleri değiştirerek (işaretleştirmeyi değiştirerek)
- çakışma yaratan nesneleri tamamıyla harita veya görüntüden atarak (seçme)

çözölebilmektedir.

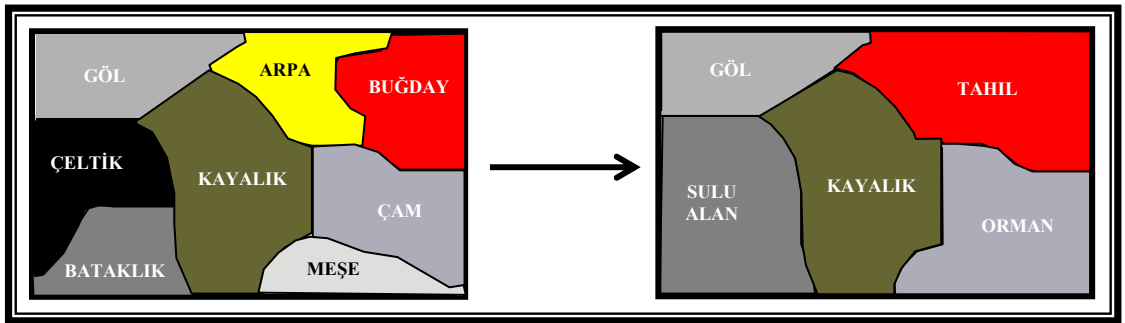
Öteleme operatörünün yoğun olarak kullanıldığı durumlara örnek olarak, bina ve yol uyumsuzlukları gösterilebilir. Yol nesneleri ile topolojik ve geometrik olarak komşuluk ilişkisine sahip olan bina nesneleri, ölçek değişimi (küçülmesi) durumunda yolların işaretleştirilmesi ile ortaya çıkacak alan büyümesinden dolayı, yol çizgileri ile üst üste çakışacaktır. Bu durumda binaların ötelenmesine ihtiyacı vardır (Şekil 2. 14). Meydana gelen uyumsuzlukları giderebilmek için yapılacak öteleme sonucunda, nesnelerin gerçek konumları değişmiş olacaktır.



Şekil 2.14: Öteleme

2.4.1.11 Sınıflandırma (Classification)

Sınıflandırma, benzer veya aynı nitelikteki özellikleri paylaşan nesnelerin bir araya getirilmesidir (Şekil 2.15). Bu işlem genellikle veri değerlerinin birbirine yakın olması durumlarında, değerlerin yakınlıkları ve benzerlikleri göz önüne alınarak farklı gruplar içerisinde toplanması şeklinde yapılmaktadır. Sınıflandırma işlemi, genellikle coğrafi nesnelerin sahip oldukları her bir öznitelik değerinin ayrı ayrı gösteriminin uygun olmaması ve son kullanıcının bu yaklaşımla yapılacak haritaları algılamasının çok zor olacağı gibi sebeplerden dolayı gereklidir.



Şekil 2.15: Sınıflandırma

2.4.1.12 İşaretleştirme (Symbolisation)

Robinson (1978) 'a göre genelleştirme sırasında işaretleştirme işlemi ya da başka bir ifadeyle işaretli gösterimi gerekli kılan operatörler sınıflandırma ve basitleştirmedir. Bu bağlamda işaretleştirme operatörü genelleştirmeyi görünür hale

getiren önemli bir işlemdir. Örneğin, bir ormanlık alanı haritada göstermek için önce ormandaki ağaçlar öznelik bilgilerine göre sınıflandırılır. Daha sonra bu sınıflandırmaya uygun işaretler ve/veya renkler belirlenir. Böylece ormanlık alan işaretlerle ya da renklerle ya da ikisinin uygun kombinasyonu ile haritada gösterilebilir.

2.4.2 Raster Tabanlı Genelleştirme

Raster tabanlı genelleştirme; raster formatlarda kullanılan verilere uygun olarak yapılan genelleştirme işlemleri olarak düşünülmektedir. Genellikle hava fotoğrafları, uzaktan algılama verileri, uydu görüntüleri gibi veriler kullanılarak yapılan arazi kullanımı, toprak kullanımı, toprak çeşitlemeleri analiz ve sınıflamalarda yapılmaktadır. Raster tabanlı genelleştirme aynı zamanda vektör bazlı genelleştirme işlemlerinin yapılmasında da karma şekillerde kullanılabilir. Bunun için genelleştirme işlemine başlamadan önce vektör formatlardaki veriler raster formatlara dönüştürülür. Bu formatın sağladığı olanak ve avantajlar kullanılarak yapılabilecek genelleştirme işlemlerinden sonra raster formatlı veri tekrar vektör formata dönüştürülür. Bu genelleştirme metotlarının çoğu, alansal detayların görüntü işlemleri ve analizlerinden meydana gelmektedir. Örnek olarak yakın komşuluk hesaplamaları, çakıştırma (overlay) analizleri, kenar bulma (edge detection), yumuşak alan ve en az enerji yüzeyi oluşturma (construction of spline surface or minimal-energy surface), alçak geçiş filtreleme (low-pass filter), kıvrım operatörü (convolution operator), çekme ve genişleme (shrink-age and expansion) vb. işlemler verilebilir. Görüntü işleme metotları uygun şartlar ve uygun bir yol ile birleştikleri zaman elimine etme (elimination), alan birleştirme (amalgamation), genişleme (dilation), aşınma (erosion), yumuşatma (smoothing), uyumsuzluk belirleme (conflict detection) vb. gibi tipik genelleştirmeyi yerine getirebilirler (**Meng, 1997**). Raster tabanlı genelleştirme için temel metotlar; yeniden sınıflama, küçük alanları elimine etme (seçme), poligon çizgilerini basitleştirme ve yumuşatma, alan birleştirmedir.

Tomlin tarafından raster ortamdaki genelleştirme işlemleri için yerel (local), merkezsiz (focal), ve bölgesel (zonal) fonksiyonlar listelenip, geliştirilmiştir (**Tomlin, 1990**).

Piyasada raster tabanlı kartografik genelleştirme için özel programlar bulunmamaktadır. Fakat görüntü işleme yazılımlarında bazı araçlar bu amaçla kullanılmaktadır. Örneğin ArcInfo yazılımının GRID modülü bu amaçla kullanılabilir. Jaakkola, CORINE arazi verilerinin genelleştirmesi için raster tabanlı metotlar geliştirmiştir. Uygulamaları Arc/Info GRID modülünde fonksiyonlar kullanarak yapmıştır (**Jaakkola, 1998**).

3. TOPOGRAFIK HARİTALARIN ÜRETİMİNDE EŞ YÜKSEKLİK EĞRİSİ COĞRAFI VERİLERİ OTOMASYON SÜREÇLERİ

Coğrafi veri tabanı oluşturma ve topografik harita üretim amacı ile fotogrametrik yöntemler kullanılarak toplanan coğrafi veriler, verinin karşılığı temel ölçekteki topografik haritaların üretiminde doğrudan kullanılabilmekte ve çok az ilave kartografik işlemleri gerektirmektedir. Fakat türetme harita ve değişik nitelik ve içerikte coğrafi veri setlerinin üretiminde, kendisinden daha yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip söz konusu temel ölçek sayısal harita verisi ve coğrafi veri setlerin (birincil modeller) doğrudan kullanılması mümkün olmamakta ve ilave birçok genelleştirme işlemlerini gerektirmektedir.

Bu nedenle bu bölümde, türetme coğrafi verilerin üretimi için geliştirilen ve önerilen eş yükseklik eğrisi coğrafi verileri otomasyon süreçleri üzerinde durulacaktır.

Tez uygulama çalışmalarında, 1:25.000 ölçekli coğrafi veriler kullanılarak, 1:100.000 ölçekli standart topografik harita için gerekli olan coğrafi verilerin türetilmesi amaçlanmıştır. Söz konusu ölçeklerin seçiminin iki nedeni vardır.

- Ölçek değişiminden dolayı genelleştirme ihtiyacı daha fazladır. 1:25.000 'ten 1:100.000 ölçeğe geçiş için geliştirilen yöntem, 1:25.000'ten 1:50.000'e geçişte kolaylıkla uygulanabilir.
- 1:25.000 ölçek, ana ölçektir. Söz konusu ölçekteki veriler bozulmamıştır ve gerçek durumu daha iyi yansıtmaktadır. Dolayısıyla, daha doğru konumsal ve semantik sorgulamalar sonrasında türetme coğrafi veriler üretilebilir.

3.1 Eş Yükseklik Eğrilerin Genelleştirilmesi İle İlgili Mevcut Kurallar

Yükseklik genelleştirmesinin amacı, topografik haritaların üretimi için gerekli olan yükseklik verilerinin, uygun içerikte ve kalitede hazırlanmasıdır. Eş yükseklik eğrilerin genelleştirmesi ile ilgili mevcut kurallar çoğunlukla uzman kartograflara yönelik ve klasik üretim için tanımlanmış kurallardır. Söz konusu kuralların bir kısmı aşağıdadır:

- Belirli olmayan ve nispeten büyük arazi şekillerine ait boyunlar, 25m veya 12.5m'lik vasat münhanilerle belirtilirler **(HGK, 1964)**.
- Çok düz arazide vasat münhaninin geçirilebilmesi için 1:25.000 paftadaki rakım noktalarına veya o paftaya ait rakım kalkine müracaat etmek icap eder **(HGK, 1964)**.
- Tepelerin, anormal meyil değişikliği gösterenlerine vasat ilave edilir **(HGK, 1964)**.
- Vasat münhaniler boyunlarda, kokurdanların ifadesinde, çok düz yerlerde, tepe ve kokurdanların rakımlarının şekillendirilmesinde kullanılır **(HGK, 1999)**.
- Yan ayna ve aynı değerde ise küçük kokurdanlar ve küçük tepeler birleştirilerek alınır **(HGK, 1999)**.
- Münhani tersimi süresince mavi kalıp münhani kalıbının altında olmalı ve dikkate alınmalıdır **(HGK, 1999)**.
- Düz ve muntazam münhanili arazi kısımlarında tamamen isirlere sadık kalınarak çizim gerçekleştirilir. Münhanilerin ufak bükülme ve kıvrılma yaptığı arazi kısımlarında ise arazinin karakterini bozmayacak şekilde genelleştirme yapılır. Genelleştirmede ufak kıvrımlar ortalanarak münhani biraz daha düz çizilir **(HGK, 1999)**.
- Vasatların başlama ve bitim noktalarının iki münhani ortasında olmaları sağlanmalıdır **(HGK, 1999)**.

Söz konusu kurallar incelendiğinde, kuralların çoğunlukla nicellikten uzak, nitel yapıda olduğu ve uzman kişilerin algılaması ile kuralların beyinlerde tamamlandığı ve uygulandığı görülmektedir. Söz konusu işlemlerin otomasyonu, kuralların yorum gerektirmeyecek şekilde açık ve metrik ölçütlerle ifade edilmesine, bilgisayar tarafından uygulanabilir olarak yeniden tanımlanmasına ve otomasyon süreçlerin oluşturmasına bağlıdır.

3.2 Eş Yükseklik Eğrisi Veri Analizi

1:25.000 ölçekli STH için eş yükseklik eğrisi yükseklik aralığı;

- Ana eş yükseklik eğrisi : 50m,
- Ara eş yükseklik eğrisi : 10m.

1:100.000 ölçekli STH için eş yükseklik eğrisi yükseklik aralığı;

- Ana eş yükseklik eğrisi : 250m,
- Ara eş yükseklik eğrisi : 50m,
- Yardımcı eş yükseklik eğrisi (1/2) : 25m,
- Yardımcı eş yükseklik eğrisi (1/4) : 2.5m,
- Yardımcı eş yükseklik eğrisi (1/8) : 6.25m.

1:100.000 ölçekli STH üretimi için gerekli olan ana ve ara eş yükseklik eğrilerin seçimi, kaynak verideki eş yükseklik eğrilerin 50m ve katlarının seçimi şeklinde gerçekleşebilir. Fakat 1:100.000 ölçekli STH üretimi için gerekli olan yardımcı eş yükseklik eğrileri; kaynak 1:25.000 ölçekli veride doğrudan bulunmadığından türetilmesi gerekmektedir.

1:25.000 ölçekli verilerden 1:50.000 ölçekli STH üretiminde, yardımcı eş yükseklik eğrisi (1/2), kaynak veride doğrudan bulunduğundan söz konusu yardımcı eş yükseklik eğrisi için türetme işlemine gerek yoktur.

Uygulamada, 1:100.000 ölçekli Balıkesir-j19 pafta bölgesini kapsayan TOPO25 verisi kullanılmış ve 1:100.000 ölçekli topografik harita üretimi için gerekli olan eş yükseklik eğrisi coğrafi verilerin elde edilmesi amaçlanmıştır. TOPO25 verisi, fotogrametrik yöntem kullanılarak nesne genelleştirmesi ile toplanan, arazi bütünlmesi gerçekleştirilen ve 1:25.000 ölçekli topografik haritaların üretiminde doğrudan kullanılan sayısal coğrafi veridir (HGK, 2002).

3.3 Ana ve Ara Eş Yükseklik Eğrilerin Seçimi

1:100.000 ölçekli STH üretimi için gerekli olan ana ve ara eş yükseklik eğrilerin seçimi, kaynak verideki eş yükseklik eğrilerin 50m ve katlarının seçimi ve öznitelik bilgilerin ana ve ara şeklinde yeniden düzenlenmesi ile gerçekleştirilebilir. Belirlenen ölçüitten daha kısa olan çok küçük kapalı eş yükseklik eğrileri, hedef ölçekte anlamsız olacağından otomatik olarak silinebilir.

Şekil A.1’de, çalışma bölgesinin bir kısmına ait 1.25.000 ölçek içerikli eş yükseklik eğrileri gösterilmektedir. Ana ve ara eş yükseklik eğrilerin seçim sonrası durumu, Şekil A.2’de sunulmaktadır.

3.4 Yardımcı Eş Yükseklik Eğrilerin Türetilmesi

Yardımcı eş yükseklik eğrileri, kaynak veride doğrudan bulunmadığı durumlarda türetilmesi gerekmektedir. Yardımcı eş yükseklik eğrileri, kaynak verilerden enterpolasyon (centerline, vb.) gibi yöntemlerle gerekli olduğu yerlerde bilgisayar operatörü tarafından etkileşimli olarak üretilebilir. Fakat söz konusu bu yöntem:

- zaman,
- operatörün müdahale etme zorunluluğu,
- operatöre bağımlılık, dolayısıyla standart türetilmiş veri elde etmedeki güçlük,
- enterpolasyon yöntemi ve türetilen verilerin doğruluğu,

gibi nedenlerle pek uygulanabilir gözükmemektedir.

Bunun yerine, kullanılabilecek mevcut tüm verileri kullanarak Sayısal Arazi Yükseklik Modeli (SAYM) oluşturmak ve söz konusu yardımcı eş yükseklik eğrisi detay sınıflarını bu arazi modeli kullanarak üretmek:

- doğruluk,
- tamlık,
- standartlık ve
- otomasyon oranı

yönlerinden daha iyi sonuç verecektir.

Arazi modeli oluşturulurken kullanılabilecek TOPO25 verileri aşağıda sunulmaktadır:

(a). yukseklik_cizgi_25K detay sınıfı,

MUNHANI_ANA,
MUNHANI_ARA,
MUNHANI_YARDIMCI_(1/2),
MUNHANI_YARDIMCI_(1/4),
MUNHANI_YARDIMCI_(1/4DEN_AZ),

(b). yukseklik_nokta_25K detay sınıfı,

KOT_NOKTASI,

(c). tesis_nokta_25K detay sınıfı,

NIRENGI_HUDUT_TASI,
TUTGA_NOKTASI,
NIRENGI_NOKTASI_1.DERECE,
NIRENGI_NOKTASI_2.DERECE,
GPS_NOKTASI,
NIRENGI_NOKTASI_3.DERECE,
NIRENGI_NOKTASI_4.DERECE,

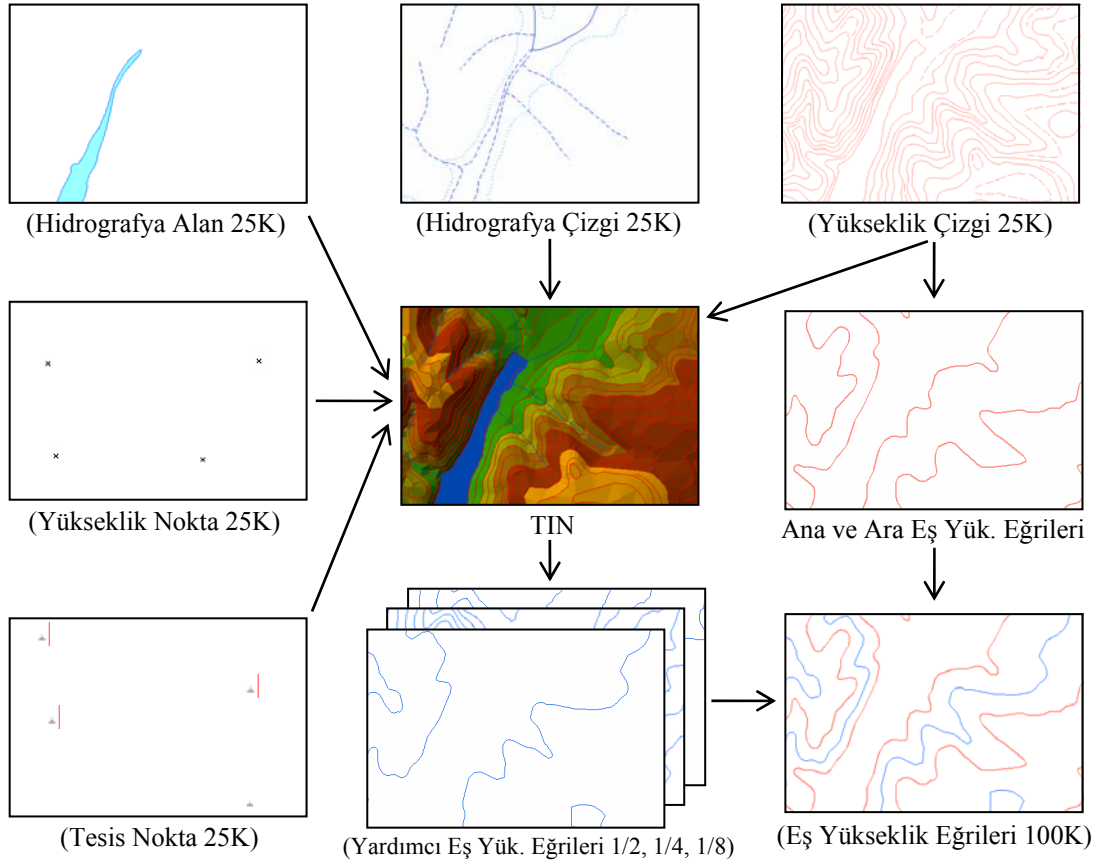
(ç). hidrografiya_cizgi_25K detay sınıfı,

DERE_ONEMLI,
DERE,
DERE_(KURU)_ONEMLI,
DERE_(KURU),

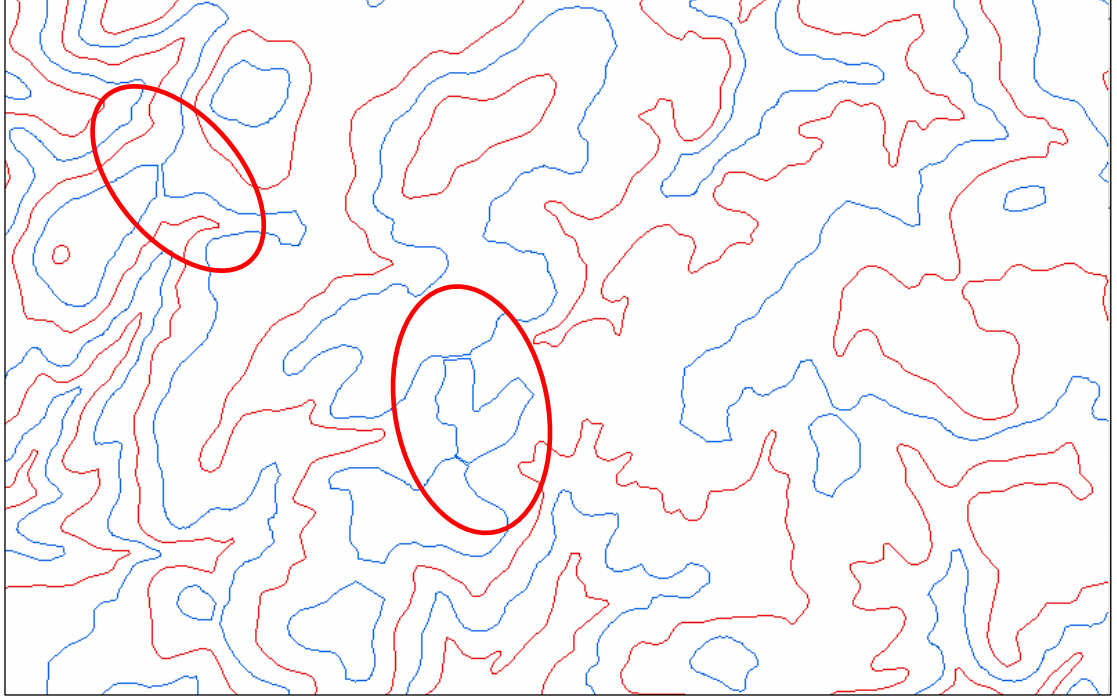
(d). hidrografiya_alan_25K detay sınıfı,

BARAJ_GOLU,
DENIZ,
GOL,
GOLET,
DERE_GENIS_YATAKLI,
DERE_ISLAH_EDILMIS,
AKARSU_YATAGI_(ESKI),

Sayısal Arazi Yükseklik Modelinin oluşturulması Şekil 3.1’de gösterilmektedir. Oluşturulan düzensiz üçgen ağı (TIN) SAYM kullanılarak türetilen yardımcı eş yükseklik eğrisi (1/2) detayları Şekil 3.2’de mavi renk ile gösterilmektedir. Şekil 3.2’de kırmızı renk ile gösterilen çizgiler ise, ana ve ara eş yükseklik eğrilerin seçimi ile elde edilen eş yükseklik eğrilerini göstermektedir. TIN sayısal arazi yükseklik modelinden yardımcı eş yükseklik eğrileri türetilmesinde boyun oluşturulan kısımlarda, sayısal arazi modelinde oluşan yatay üçgenlerden, geliştirilen ve uygulanan algorithmadan ve gerçek durumdan dolayı bazı yanlış boyun oluşumları ile karşılaşmak mümkün olabilmektedir. Şekil 3.2’de kırmızı halkalarla gösterilen boyun oluşumlarında, her iki durum da boyun oluşturulan arazi kısmı için mümkün olabilmektedir. Fakat bunlardan yalnızca bir tanesi gerçek durumu göstermektedir.



Şekil 3.1: Sayısal Arazi Yükseklik Modelinin oluşturulması

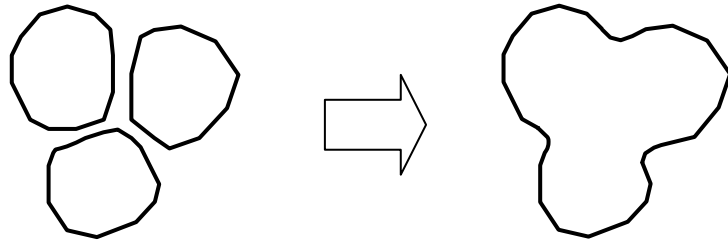


Şekil 3.2: Türetilen yardımcı eş yükseklik eğrileri (1/2) detay sınıfı

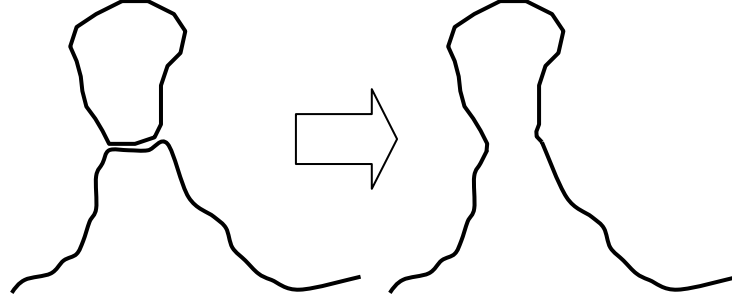
3.5 Yardımcı Eş Yükseklik Eğrilerin İyileştirilmesi

Yardımcı eş yükseklik eğrileri otomatik seçim ve genelleştirme işlemlerinin daha iyi sonuç verebilmesi amacı ile, türetilen yardımcı eş yükseklik eğrilerinde iyileştirmeler yapılabilir:

- Birbirlerine belli bir mesafeden daha yakın olan aynı yükseklikteki kapalı eş yükseklik eğrilerin birleştirilmesi (Şekil 3.3),
- Birbirlerine belli bir mesafeden daha yakın olan aynı yükseklikteki kapalı eş yükseklik eğrileri ile kapalı olmayan eş yükseklik eğrilerin birleştirilmesi (Şekil 3.4),

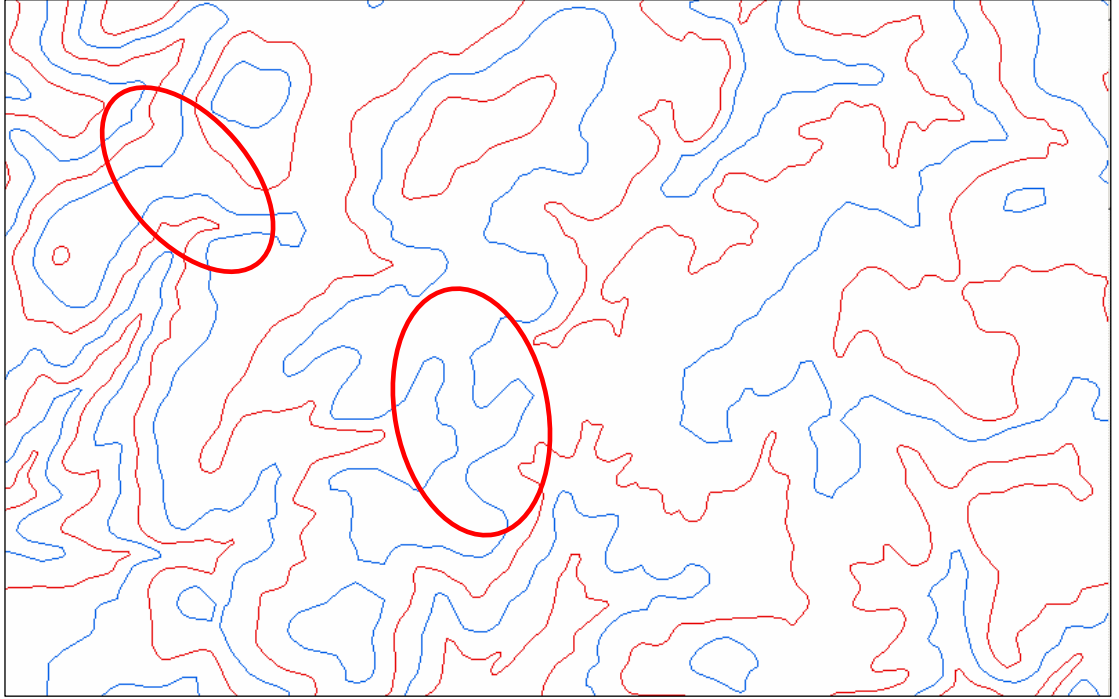


Şekil 3.3: Birbirlerine belli bir mesafeden daha yakın olan aynı yükseklikteki kapalı eş yükseklik eğrilerin birleştirilmesi



Şekil 3.4: Birbirlerine belli bir mesafeden yakın olan aynı yükseklikteki kapalı eş yükseklik eğrileri ile kapalı olmayan eş yükseklik eğrilerin birleştirilmesi

Yardımcı eş yükseklik eğrilerin iyileştirilmesi sonrası eş yükseklik eğrisi detay sınıfı Şekil 3.5’te sunulmaktadır.



Şekil 3.5: Oluşturulan yardımcı eş yükseklik eğrilerin iyileştirilmesi sonrası

Çalışma bölgesinin bir kısmına ait veriler ve görüntüleri, Şekil A.3, A.4 ve A.5’te sunulmaktadır. Yardımcı eş yükseklik eğrilerini türetmek amacı ile oluşturulan TIN sayısal arazi yükseklik modeli Şekil A.3’te ve türetilen ve iyileştirilen yardımcı eş yükseklik eğrileri ise Şekil A.4’de gösterilmektedir. Şekil A.5’te ise, kırmızı renk ile gösterilen çizgiler, ana ve ara eş yükseklik eğrilerini, mavi renk ile gösterilen çizgiler ise türetilen ve iyileştirilen yardımcı eş yükseklik eğrilerini göstermektedir.

3.6 Yardımcı Eş Yükseklik Eğrileri Otomatik Seçim

Arazi, yeterli sıklıkta eş yükseklik eğrileri ile temsil edilmelidir. Arazinin gereken kısımlarında, gerektiği kadar yardımcı eş yükseklik eğrileri kullanılmalıdır.

Yardımcı eş yükseklik eğrileri,

- Arazinin ani eğim değişimi gösteren kısımlarında,
- Arazinin boyun oluşturan kısımlarında,
- Arazinin tepe ve zirveyi gösteren kısımlarında ve
- Arazide, seçilen iki eş yükseklik eğrisi arasındaki mesafenin büyük olduğu kısımlarında

araziye daha iyi temsil etmek ve okunurluğu artırmak için kullanılmalıdır.

Türetme coğrafi verilerin üretilmesinde, yardımcı eş yükseklik eğrilerin seçimi ve otomasyonu büyük sorun teşkil etmektedir. Yükseklik genelleştirmesi ile ilgili yazılı ve yazılı olmayan mevcut kuralların, diğer tüm işlemlerde olduğu gibi, programlanabilir kural ve ölçütlerle ifade edilmesi gerekmektedir.

Ayrıca, yardımcı eş yükseklik eğrisi detaylarının seçim işlemi,

- “koşulları sağlayan detayların seçimi” şeklinde değil,
- “detayın, koşulları sağlayan kısımlarının seçilmesi”

şeklinde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu durum daha karmaşık sorgulamaların, algoritmaların ve işlemlerin tasarlanmasını, geliştirilmesini ve programlanmasını gerektirmektedir.

Yardımcı eş yükseklik eğrilerin otomatik seçim işlemini gerçekleştirebilmek için, eş yükseklik eğrisi çizgilerine;

- Z değeri (Z value) ve
- M değeri (M value)

değerleri ilave edilebilir ve veri 4 boyutta değerlendirilerek seçim işlemi gerçekleştirilebilir. Eş yükseklik eğrisi çizgi detayı üzerinde, her bir kırıklık noktası ve belli aralıklarda oluşturulacak noktalar için aşağıdaki hesaplamalar ve koşul sorgulamaları yapılarak o noktanın alınması ya da alınmaması durumu belirlenir.

Z_i : Eş yükseklik eğrisinin i 'nci kırıklık noktası için seçim durumu (0-seçme, 1-seç)

M_i : Eş yükseklik eğrisinin i 'nci kırıklık noktası için seçim karar koşulu

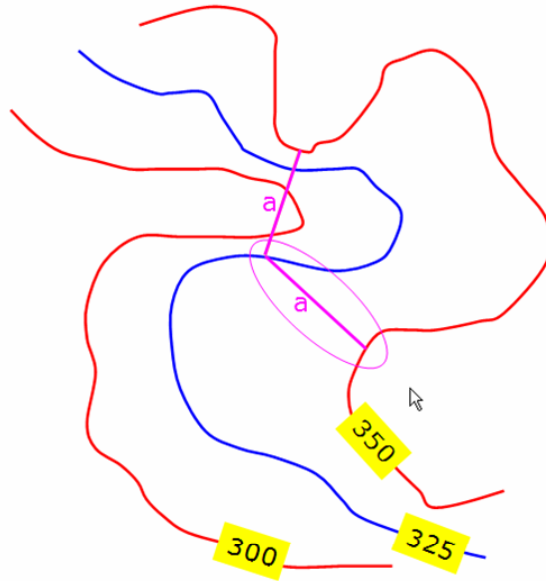
En kısa mesafe ölçüm algoritması:

Eş yükseklik eğrisi çizgi detayı üzerinde, her bir kırıklık noktası ve belli aralıklarda oluşturulacak noktalar için hesaplanan ilgili eş yükseklik eğrisine en kısa mesafe, aynı zamanda başka bir eş yükseklik eğrisini kesmemelidir. Kesmesi durumunda, ilgili eş yükseklik eğrisinin kesmeyen diğer noktalarına veya koşulları sağlayan başka bir yükseklik eğrisinin kesmeyen kısımlarına en kısa mesafe alınır. Şekil 3.6'da sunulan en kısa mesafe ölçüm örneğinde, 325m yardımcı eş yükseklik eğrisi için bir üst eş yükseklik eğrisine en kısa mesafe, elips içine alınan a uzaklığı ile ifade edilmektedir.

a : Üst eş yükseklik eğrisine koşulları sağlayan en kısa mesafe

b : Alt eş yükseklik eğrisine koşulları sağlayan en kısa mesafe

c : Aynı yükseklikteki eş yükseklik eğrisine koşulları sağlayan en kısa mesafe



Şekil 3.6: En kısa mesafe ölçüm algoritması

Uygulanan Kurallar:

Yardımcı eş yükseklik eğrileri seçim kuralları, bilgisayar tarafından uygulanabilir tanımlamalara ve kurallara dönüştürülmüştür. Mesafe hesaplamalarında yukarıda

tanımlanan en kısa mesafe ölçüm algoritması kullanılmıştır. Yardımcı eş yükseklik eğrileri seçim kuralları:

- (1). Yardımcı eş yükseklik eğrilerin, bir üst veya bir alt eş yükseklik eğrisine 40m'den daha yakın olan kısımlarını seçme, (Koşul 1: $a < 40m$ veya $b < 40m \Rightarrow Z_i = 0, M_i = 1$)
- (2). En alt ve en üste ait yardımcı eş yükseklik eğrilerini doğrudan seç ($>40m$ koşulunu sağlayan kısımlar için), (Koşul 2: $a = ?$ veya $b = ? \Rightarrow Z_i = 1, M_i = 2$)
- (3). Yardımcı eş yükseklik eğrilerin, boyun oluşturan kısımlarını seç, (Koşul 3: $c < 1000m$ ve $\bar{c} \cap (Yrd.Mun.) = \emptyset$ ve $\bar{c} \cap (Ana\ ve\ Ara\ Mun.) = \emptyset \Rightarrow Z_i = 1, M_i = 3$)
- (4). Yardımcı eş yükseklik eğrilerin, bir üst ve bir alt eş yükseklik eğrilerine mesafeleri toplamının 300m'den küçük olan kısımlarını seçme, (Koşul 4: $a + b < 300m \Rightarrow Z_i = 0, M_i = 4$)
- (5). Yardımcı eş yükseklik eğrilerin, bir üst ve bir alt eş yükseklik eğrilerine mesafeleri toplamı $300m < < 500m$ aralığı arasında olan ve bir üst ve bir alt eş yükseklik eğrilerine mesafeleri oranı $3/7 < < 7/3$ aralığı dışında olan kısımlarını seç, içinde olan kısımlarını seçme, (Koşul 5: $300m < a + b < 500m$ ve $3/7 < a/b < 7/3 \Rightarrow Z_i = 0, M_i = 5$)
- (6). Yardımcı eş yükseklik eğrilerin, bir üst ve bir alt eş yükseklik eğrilerine mesafeleri toplamı $500m < < 1000m$ aralığı arasında olan ve bir üst ve bir alt eş yükseklik eğrilerine mesafeleri oranı $3.5/6.5 < < 6.5/3.5$ aralığı dışında olan kısımlarını seç, içinde olan kısımlarını seçme, (Koşul 6: $500m < a + b < 1000m$ ve $3.5/6.5 < a/b < 6.5/3.5 \Rightarrow Z_i = 0, M_i = 6$)
- (7). Yardımcı eş yükseklik eğrilerin, bir üst ve bir alt eş yükseklik eğrilerine mesafeleri toplamı $1000m < < 1500m$ aralığı arasında olan ve bir üst ve bir alt eş yükseklik eğrilerine mesafeleri oranı $4/6 < < 6/4$ aralığı dışında olan kısımlarını seç, içinde olan kısımlarını seçme, (Koşul 7: $1000m < a + b < 1500m$ ve $4/6 < a/b < 6/4 \Rightarrow Z_i = 0, M_i = 7$)
- (8). Yardımcı eş yükseklik eğrilerin, bir üst ve bir alt eş yükseklik eğrisine mesafeleri toplamı 1500m'den büyük olan kısımlarını seç, (Koşul 8: $1500m < a + b \Rightarrow Z_i = 1, M_i = 8$)

Yardımcı eş yükseklik eğrilerin otomatik seçimi için yukarıda tanımlanan ölçütler, 1:25.000 ölçek içerikli CVT’ndan 1:100.000 ölçekli STH yükseklik verisi oluşturmak için belirlenmiştir. Buradaki ölçütler, Şekil 3.7’de sunulan parametreler ve ölçütler menusu kullanılarak değiştirilebilir. Uzman olmayan kullanıcılar için ise, ölçütlerin gruplandırılarak tanımlandığı ölçek bağımlı seçenekler sunan bir ara yüz tasarlanabilir. 4, 5 ve 6. kural türündeki kuralların sayıları ve band aralıkları, amaca göre değiştirilebilir ya da artırılabilir.

Yükseklik Genelleştirme Parametreleri		
	Tanımlanan Değer	Uygulanan Değer
Birbirlerine yakın kapalı/kapalı olmayan münhanilerin birleştirilmesi	30	30
Çok küçük kapalı münhanilerin silinmesi (Çizgi Uzunluğu)	130	130
Yardımcı Münhani Seçimi :		
Münhaniye tanımlanan mesafeden daha yakın olan kısımları seçme	40	40
Boyun oluşturan kısımların seçiminde boyun oluşturma kriteri	1000	1000
Üst ve alt münhaniye mesafeleri toplamı, tanımlanan değerden küçük olan kısımları seçme	300	300
Üst ve alt münhaniye mesafeleri toplamı, tanımlanan değerler arasında olan ve	300	300
Kısa mesafenin uzun mesafeye oranı, tanımlanan değerden küçük olan kısımları seç, büyük olan kısımları seçme	500	500
	0.43	0.43
Üst ve alt münhaniye mesafeleri toplamı, tanımlanan değerler arasında olan ve	500	500
Kısa mesafenin uzun mesafeye oranı, tanımlanan değerden küçük olan kısımları seç, büyük olan kısımları seçme	1000	1000
	0.54	0.54
Üst ve alt münhaniye mesafeleri toplamı, tanımlanan değerler arasında olan ve	1000	1000
Kısa mesafenin uzun mesafeye oranı, tanımlanan değerden küçük olan kısımları seç, büyük olan kısımları seçme	1500	1500
	0.67	0.67
Üst ve alt münhaniye mesafeleri toplamı, tanımlanan değerden büyük olan kısımları seç	1500	1500
Yardımcı Münhani Seçimi İyileştirme :		
Tek ve kapalı olmayan kısa çizgi parçaların filtrelenmesi (boyun için)	600	600
Tek ve kapalı olmayan kısa çizgi parçaların filtrelenmesi (diğerleri için)	2000	2000
Nihai yardımcı münhani seçimi minimum uzunluk kriteri (boyun için)	600	600
Nihai yardımcı münhani seçimi minimum uzunluk kriteri (diğerleri için)	2500	2500
ÇIKIŞ Parametreleri Kaydet		

Şekil 3.7: Eş yükseklik eğrilerin genelleştirmesinde kullanılan parametre ve ölçütler

Yardımcı eş yükseklik eğrileri otomatik seçim sonucu Şekil A.6'da sunulmaktadır. Kırmızı renk ile gösterilen çizgiler, ana ve ara eş yükseklik eğrilerini, mavi renk ile gösterilen çizgiler ise türetilen ve iyileştirilen yardımcı eş yükseklik eğrilerini göstermektedir. Otomatik olarak seçilen yardımcı eş yükseklik eğrileri ise yeşil renk ile gösterilmektedir.

3.7 Yardımcı Eş Yükseklik Eğrileri Seçimi İyileştirme

Otomatik olarak seçimi gerçekleştirilen yardımcı eş yükseklik eğrileri, koşulları sağlayan ve sağlamayan çizgi parçacıklarına ayrıştırıldığında, hedef ölçekte istenmeyen birçok küçük çizgi parçacıkları oluşabilmektedir. Bu durum Şekil A.6'da görülmektedir. Harita üretim amaçlı olarak yapılan kartografik genelleştirmeyi düşündüğümüzde, söz konusu çok küçük ve çok parçalı çizgi parçacıkların elimine edilmesi ve yeterli uzunluktakilerin seçilmesi gerekmektedir. Bunu gerçekleştirmek için, yardımcı eş yükseklik eğrileri otomatik seçim işleminden sonra yardımcı eş yükseklik eğrileri seçimi iyileştirme algoritmalarının çalıştırılması gerekmektedir. Yardımcı eş yükseklik eğrileri seçimi iyileştirme, aşağıda belirtildiği gibi birkaç adımda gerçekleştirilebilir.

3.7.1 Küçük Çizgi Parçacıkların Filtrelenmesi

Yardımcı eş yükseklik eğrileri seçim işleminde eş yükseklik eğrileri, Şekil A.6'da görüldüğü gibi, koşulları sağlayan ve koşulları sağlamayan çizgi parçacıklarına bölünmektedir. Bir başka deyişle eş yükseklik eğrileri, seçilen ve seçilmeyen çizgi parçalarına ayrılmaktadır.

Burada ayrılan en küçük çizgi parçasının uzunluğuna bakılır. Belirlenen ölçütten küçük ise seçim durumu tersi yönde değiştirilir ve seçim durum özneteliği aynı olan ve birbirlerine değen çizgiler için çizgi birleştirme (unsplit) işlemi uygulanır. Çizgi birleştirme işleminden sonra, söz konusu eş yükseklik eğrisi için, uzunluğu belirlenen ölçütten küçük çizgi sorgulaması tekrar yapılır ve varsa yukarıdaki iterasyona devam edilir. En küçük çizgi parçası belirlenen ölçütten büyük olduğunda iterasyona son verilir.

Küçük çizgilerin filtrelenmesi işleminde ölçüt, boyun oluşturan çizgi kısımları için küçük, boyun oluşturmeyan çizgi kısımları için büyük tutulmak istenmektedir. Ölçüt büyük tutulduğunda eğrinin boyun oluşturan kısımları kaybolmakta, küçük tutulduğunda ise eğrinin boyun oluşturmeyan kısımlarında birçok istenmeyen küçük çizgiler seçilebilmektedir. Bu durumdan kurtulmak ve daha iyi seçim sonucu almak için küçük çizgilerin filtrelenmesinde eğrinin boyun oluşturan ve oluşturmeyan kısımları için iki farklı ölçüt kullanılabilir (Şekil 3.7). Küçük çizgi parçacıkların filtrelenmesi işleminden sonraki durum Şekil A.7’de gösterilmektedir. İstenmeyen birçok kısa çizgilerin filtrelendiği Şekil A.7’de görülmektedir.

3.7.2 Seçim Koşulları Sağlayan Yardımcı Eş Yükseklik Eğrilerin Uzatılması

Vasatların başlama ve bitim noktaları iki münhani ortasında olmalıdır (HGK, 1999). Bu işlem kartografik okunurluğu artırmak amacı ile yapılması istenen ve sonuç ürünün kartografik kalitesini ve harita okunurluğunu önemli derecede artıran bir işlemdir. Otomatik olarak seçilen ve küçük çizgi parçaların filtrelenmesi işleminden geçen yardımcı eş yükseklik eğrilerin başlama ve bitim noktaları, iki eş yükseklik eğrisi arasında olacak şekilde çizgi boyunca uzatılır. Seçim koşullarını sağlayan çizgilerin uzatılması sonrasındaki durum Şekil A.8’de gösterilmektedir. Söz konusu uzatma işlemi, tüm veri için tamamlandıktan sonra tekrar küçük çizgi parçacıkların filtrelenmesi işlemi uygulanabilir.

3.7.3 Yardımcı Eş Yükseklik Eğrileri Nihai Seçim

Küçük çizgi parçaların filtrelenmesi ve seçim koşullarını sağlayan çizgilerin uzatılması işlemi sonrasında yardımcı eş yükseklik eğrileri için nihai seçim ölçütleri belirlenebilir. Tanımlanacak nihai seçim ölçütleri ile seçilmesi istenen eş yükseklik eğrilere ulaşılmaya çalışılır. Nihai seçim ölçütü aşağıdaki gibi olabilir:

(a). Seçilen kapalı eş yükseklik eğrilerin tümü alınsın,

(b). Seçilen kapalı olmayan eş yükseklik eğrileri içinse;

Boyun oluşturan detaylar için minimum uzunluk seçim ölçütü : 600m

Diğer detaylar için minimum uzunluk seçim ölçütü : 2500m

Yardımcı eş yükseklik eğrileri nihai seçim sonucu, Şekil A.9 ve A.10’da sunulmaktadır. Yardımcı eş yükseklik eğrileri seçiminin; arazinin ani eğim değişim

gösteren kısımlarında, tepe ve zirvelerde, boyunlarda ve iki eş yükseklik eğrisi arası mesafenin fazla olduğu yerlerde gerçekleştiği görülmektedir. Şekil A.11 ve A.12, uzman kartograf tarafından editlenen ve kabul edilen son durumu göstermektedir.

3.8 Eş Yükseklik Eğrilerin Basitleştirilmesi ve Yumuşatılması

Eş yükseklik eğrilerin basitleştirilmesi ve yumuşatılmasında aşağıda belirtilen hususlara dikkat edilir:

- Eş yükseklik eğrilerin hedef ölçekte önemli olmayan küçük girinti ve çıkıntıları basitleştirilmeli ve yumuşatılmalıdır.
- Basitleştirme ve yumuşatma sonrası eş yükseklik eğrileri birbirlerini kesmemelidir.
- Basitleştirme ve yumuşatma işleminde, arazinin karakteristik yapısı dikkate alınmalı ve korunmalıdır. Arazinin karakteristik çizgileri olarak adlandırılan
 - o Su toplama çizgileri (geniş yataklı dere, dere, kuru dere, vb.) ile
 - o Su dağıtma çizgileri (sırt hatları)basitleştirme ve yumuşatma sonrasındaki eş yükseklik eğrilerinde korunmalıdır.
- Eş yükseklik eğrilerin nehir ile uyumları, basitleştirme sonrasında korunmalıdır (bağlamsal genelleştirme).

Arazinin karakteristik çizgilerinden su toplama çizgileri, genelleştirilmiş hidrografiya verilerinden seçim yolu ile doğrudan elde edilebilir. Fakat su dağıtma çizgileri, girdi veride çoğunlukla doğrudan bulunmamaktadır. Su dağıtma çizgileri verisi türetilmesi gerekmektedir.

Su dağıtma çizgileri, eş yükseklik eğrileri veya SYAM'lerinden türetilir. Karakteristik çizgilerin türetilmesine yönelik geliştirilen birçok yöntemler vardır. Karakteristik çizgilerin eş yüksek eğrilerinden türetilmesine yönelik çalışmaların bir kısmı **Finsterwalder (1986)**, **Inaba ve diğ. (1988)**, **Ebner ve Tang (1989)**, **Aumann ve diğ. (1991)** ve **Tang (1992)** tarafından gerçekleştirilmiştir. Karakteristik çizgilerin SAYM'lerinden türetilmesine yönelik çalışmaların bir kısmı ise **Mark (1984)**, **Yoeli (1984)**, **Finsterwalder (1986)**, **Douglas (1986)**, **Weibel**

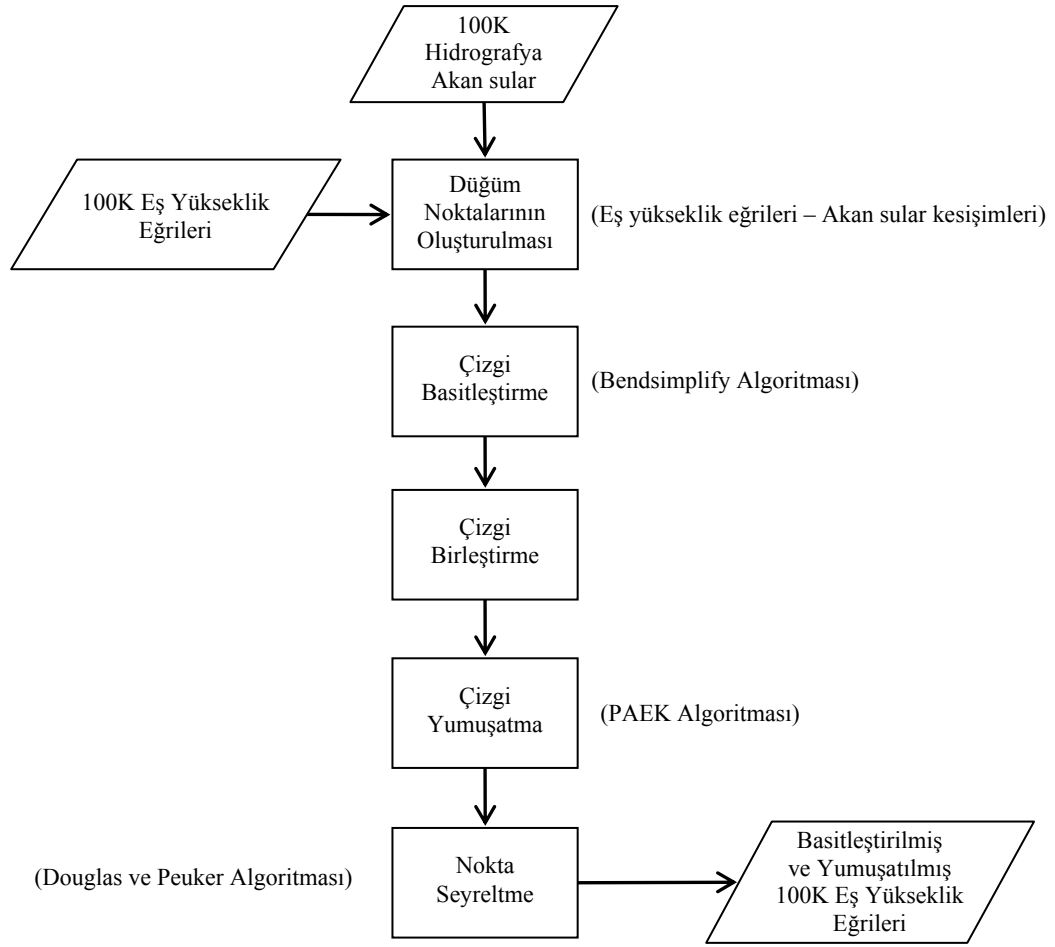
(1987), Seemullar (1989), Qian ve diğ. (1990), Bennett ve Armstrong (1996), Peng ve diğ. (1996) ve Chang ve diğ. (1998) tarafından gerçekleştirilmiştir.

Çizgi basitleştirme algoritmaları, çoğunlukla çizgi tabanlı çalışan algoritmalarlardır. Çizgi basitleştirme işleminde, çizgi başlangıç ve bitiş noktalarının yerleri değişmemektedir. Eş yükseklik eğrilerinin karakteristik çizgiler ile kesişim yerlerine basitleştirme işleminden önce düğüm noktaları atılabilir. Daha sonra yapılacak basitleştirme işleminde çizgilerin başlangıç ve bitiş noktalarının yerleri değişmediğinden, eş yükseklik eğrileri üzerinde düğüm noktalarının atılması ile oluşturulan karakteristik noktaları korunmuş olur (Ying ve diğ., 2003). Bu durum aynı zamanda eş yükseklik eğrilerin, söz konusu kesişim bölgelerindeki V şeklini ve kavisini korumaya katkıda bulunmaktadır. Bu yöntem, bir çok ticari CBS yazılımlarında bulunan ve çizginin genel karakteristiğini çok iyi koruyan algoritmaların, içeriğinin bilinmesine gerek kalmadan eş yükseklik eğrilerin basitleştirilmesinde kullanılmasına imkan vermektedir. Çizgi basitleştirme işleminden sonra, söz konusu kesişim bölgelerinde olabilecek keskin dönüşleri elime etmek amacıyla çizgi birleştirme, ve sonrasında çizgi yumuşatma algoritması uygulanabilir (Şekil 3.8). Sonuç olarak, eş yükseklik eğrilerin basitleştirme ve yumuşatma işleminde,

- Eş yükseklik eğrileri ve akan sular kesişim yerleri,
- Eş yükseklik eğrileri ve sırt hatları kesişim yerleri,
- Eş yükseklik eğrilerin söz konusu kesişim bölgelerindeki V şekli ve kavisleri korunmaktadır.

TOPO25 verisinde (HGK, 2002) bulunan söz konusu akan sular detayları aşağıda listelenmektedir:

- (1). DERE,
- (2). DERE_(KURU),
- (3). DERE_(KURU)_ONEMLI,
- (4). DERE_ONEMLI,
- (5). DERE_GENIS_YATAKLI,
- (6). DERE_ISLAH_EDILMIS.



Şekil 3.8: Eş yükseklik eğrileri basitleştirme ve yumuşatma işlemi

Douglas ve Peuker (1973) tarafından geliştirilen basitleştirme algoritması, günümüzde halen birçok CBS yazılımlarında kullanılmaktadır. Algoritması basit olan ve oldukça hızlı çalışan algortmada; girilen basitleştirme ölçütüne göre, çizgi üzerinde gereksiz olan noktalar etkili bir şekilde azaltılmaktadır. Basitleştirme ölçütü artırıldığında, basitleştirme sonucu oluşan çizgide keskin kırıklıkların mevcudiyeti önemli ölçüde artmakta ve sonuç çizgi estetik görünümünden uzaklaşmaktadır. **Douglas ve Pueker (1973)** tarafından geliştirilen algoritmanın, veri sıkıştırma ve düşük dereceli basitleştirme işlemlerinde kullanımı oldukça etkindir (**ESRI, 2006**). Söz konusu bu yöntem, tez çalışmasında basitleştirme ve yumuşatma sonucu oluşan çizgilerde nokta seyreltme amacı ile kullanılmıştır (Şekil 3.8).

Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen çizgilerin basitleştirilmesi işleminde, **Wang (1996)** tarafından geliştirilen kıvrım basitleştirmesi (bend simplify) algoritması kullanılmıştır. Kıvrım basitleştirme algoritmasında ileri düzey teknikler

kullanılarak çizgi boyunca olan kıvrımlar tespit edilmekte, kıvrımların karakteristikleri analiz edilmekte ve girilen basitleştirme ölçütüne göre önemsiz olan kıvrımlar elimine edilmektedir. Basitleştirme sonucu oluşan çizgi, orijinal çizginin ana şeklini daha iyi temsil etmekte ve daha iyi bir kartografik sonuç vermektedir (Skopeliti ve Tsoulos, 2001b; ESRI, 2006).

Çizgi basitleştirme işleminden sonra çizgide oluşan kırıklıklar, yumuşatılarak kartografik açıdan daha iyi bir görünümüne sahip çizgi detayları elde edilebilir. Bu amaçla, tez çalışmasında çizgilerin yumuşatılmasında **Bodansky (2002)** tarafından geliştirilen PAEK (Polynomial Approximation with Exponential Kernel) algoritması kullanılmıştır (Şekil 3.8).

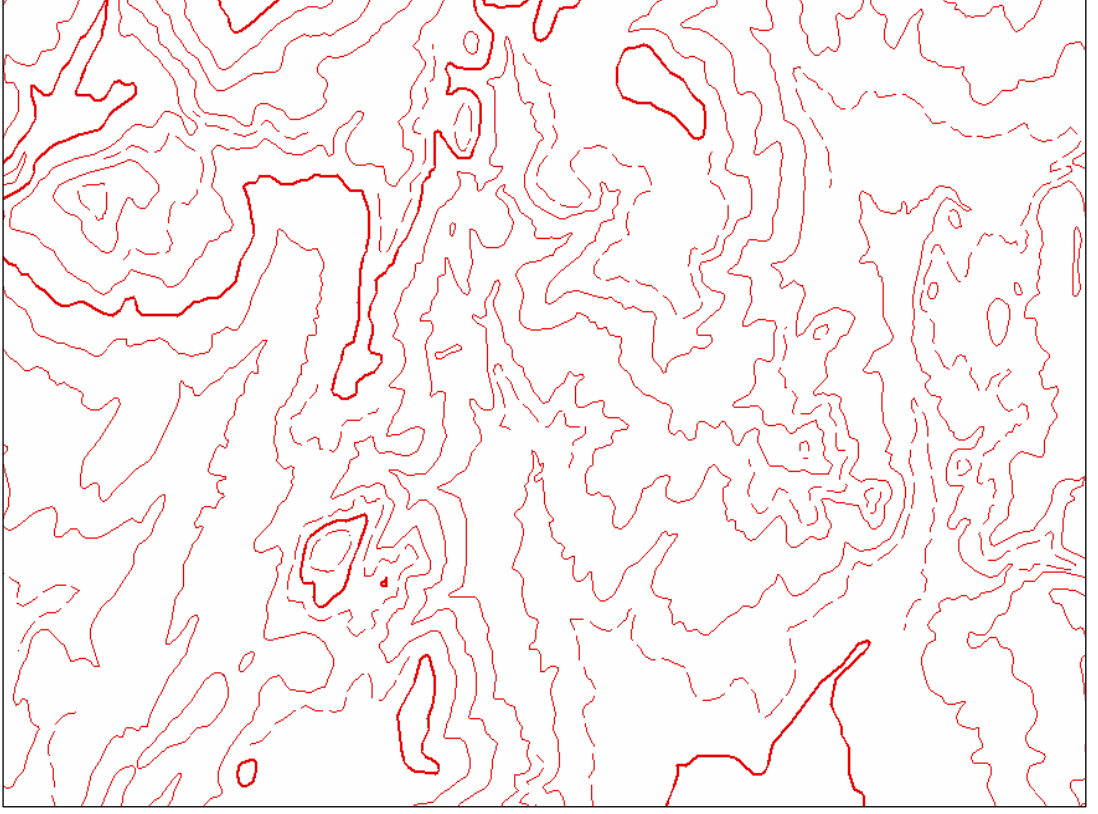
Basitleştirme ve yumuşatma işlemi sonrası çizgilerin birbirlerini kesmemesi istenmektedir. Tüm detay sınıfındaki eş yükseklik eğrileri için aynı basitleştirme ölçütü kullanılmak istendiğinde, çok yoğun ve girintili çıkıntılı olan eş yükseklik eğrilerinde bu pek uygun olmamaktadır. Bu durumda eş yükseklik eğrilerin basitleştirme sonrası birbirlerini kesmemesi için basitleştirme ölçütleri küçük tutulmaya çalışılmakta, bu da basitleştirmenin istenilen düzeyde yapılamamasına neden olabilmektedir.

Burada, uygulanan basitleştirme algoritmasında;

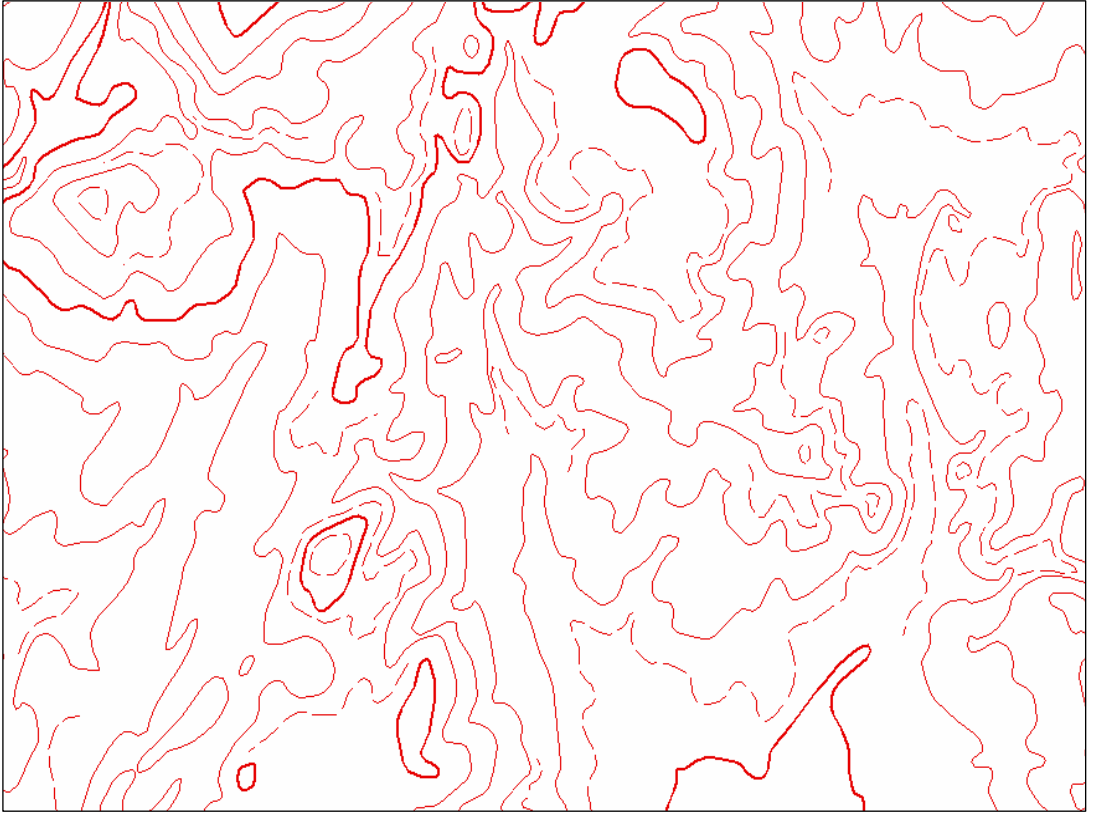
- belirlenen basitleştirme ölçütü, detay sınıfındaki çizgilere sıra ile uygulanmakta,
- çizgilerin birbirlerini kesip kesmedikleri sorgulanmakta,
- ve kesen çizgilerin kesen kısımları için basitleştirme ölçütü düşürülerek, sadece kesen kısımlar için tekrar uygulanmakta,

ve böylelikle, basitleştirme sonrası çizgilerin birbirlerini kesmemeleri sağlanmaktadır (Lee, 2003; Lee, 2004). Sonuç veride, eş yükseklik eğrisinin farklı kısımlarında farklı basitleştirme ölçütü uygulanmış bir eş yükseklik eğrisi olabilmektedir.

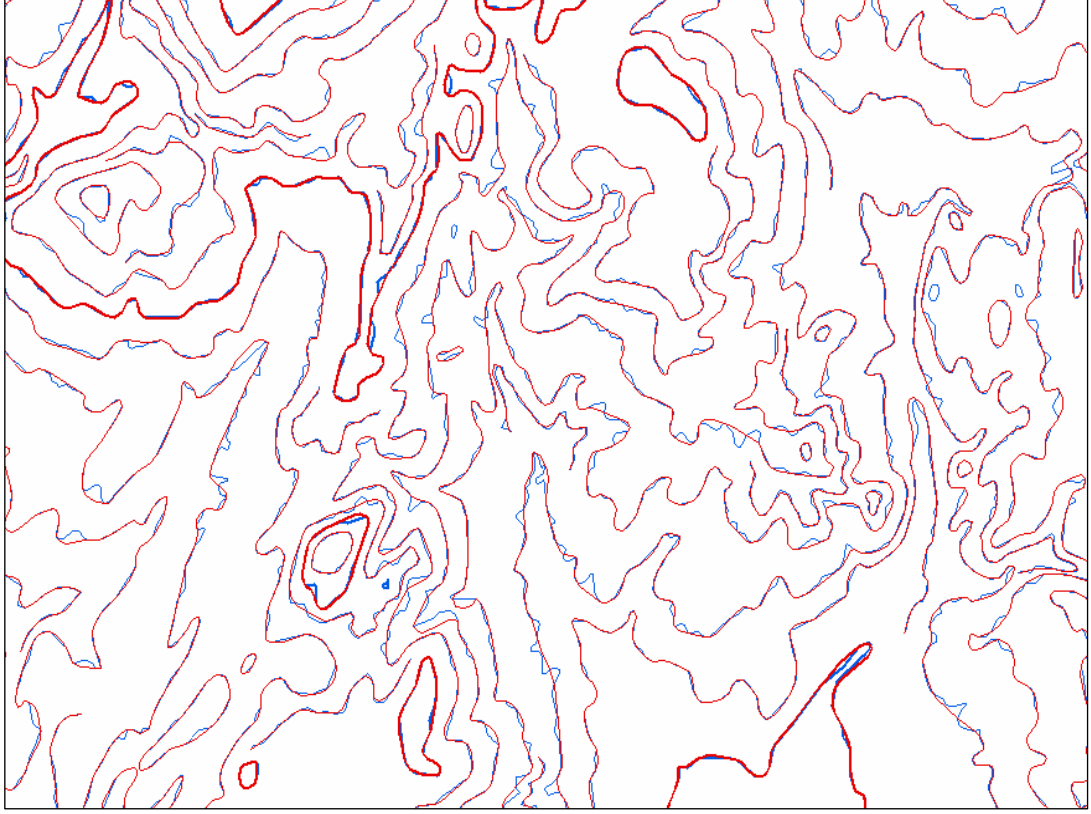
Eş yükseklik eğrilerin basitleştirme ve yumuşatma işlemi öncesi, sonrası ve karşılaştırma durumları Şekil 3.9, 3.10 ve 3.11’de sırası ile gösterilmektedir.



Şekil 3.9: Eş yükseklik eğrileri basitleştirme ve yumuşatma öncesi



Şekil 3.10: Eş yükseklik eğrileri basitleştirme ve yumuşatma sonrası



Şekil 3.11: Eş yükseklik eğrilerin basitleştirme ve yumuşatma öncesi durumları ile karşılaştırılması

4. TOPOGRAFIK HARİTALARIN ÜRETİMİNDE AKAN SU VE SU İLETİM HATLARI COĞRAFI VERİLERİ OTOMASYON SÜREÇLERİ

Coğrafi veri tabanı oluşturma ve topografik harita üretim amacı ile fotogrametrik yöntemler kullanılarak toplanan coğrafi veriler, verinin karşılığı temel ölçekteki topografik haritaların üretiminde doğrudan kullanılabilmekte ve çok az ilave kartografik işlemleri gerektirmektedir. Fakat türetme harita ve değişik nitelik ve içerikte coğrafi veri setlerinin üretiminde, kendisinden daha yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip söz konusu temel ölçek sayısal harita verisi ve coğrafi veri setlerin (birincil modeller) doğrudan kullanılması mümkün olmamakta ve ilave birçok genelleştirme işlemlerini gerektirmektedir.

Bu nedenle bu bölümde, türetme coğrafi verilerin üretimi için geliştirilen ve önerilen akan sular ve su iletim hatları coğrafi verileri otomasyon süreçleri üzerinde durulacaktır.

4.1 Akan Sular ve Su İletim Hatları Genelleştirmesi ile İlgili Mevcut Kurallar

Hidrografya genelleştirmesinin amacı, topografik haritaların üretimi için gerekli olan hidrografya verilerinin, uygun içerikte ve kalitede hazırlanmasıdır. Akan sular ve su iletim hatların genelleştirmesi ile ilgili mevcut kurallar, çoğunlukla uzman kartograflara yönelik ve klasik üretim için tanımlanmış kurallardır. Söz konusu kuralların bir kısmı aşağıdadır:

- Pafta dahilinde kuru derelerin hepsi alınmaz, ehemmiyet derecesine göre bir ayıklama yapmak gerekir. Uzun kuru derelerin hemen hepsi alınır **(HGK, 1964)**.
- Arklar umumileştirilerek, sulama cetvelleri ayıklanarak tersim edilir **(HGK, 1964)**.
- Genelleşme yapılırken nehirler, isimli dereler, uzun arklar ve arazinin şeklini ifade eden kuru derelerin seçimine öncelik verilmelidir **(HGK, 1999)**.

- Mavi kalıp paftanın iskeleti olup, ana kalıptır ve diğer bütün detayların mavi kalıba uyma zorunluluğu vardır **(HGK, 1999)**.
- Nehir, ırmak ve çay gibi iki kıyılı akarsular ile deniz ve göl sahilleri çizilirken küçük kıvrımların düzeltilmesinden başka ayıklama yapılmaz **(HGK, 1999)**.
- 1:25.000 ölçekli paftadaki görüntüsü iki kıyılı olan akarsuyun, 1:50.000'te iki kıyı ile gösterme olanağı yok ise (kıyıları arası dar ise) tek kıyılı olarak ve 0,3mm uçla çizilir **(HGK, 1999)**.
- Tek çizgi ile yorumlanan sulu derelerde de ayıklama yapılmaz yalnızca küçük kıvrımların düzleştirilmesi yapılır **(HGK, 1999)**.
- En fazla ayıklama kuru derelerde yapılır **(HGK, 1999)**.
- Kuru derelerden isimli olanlar ve büyük (uzun) olanlar tersim edilir **(HGK, 1999)**.
- Küçük olmasına rağmen arazinin topografik yapısını tamamlayan kuru dereler de seçilerek alınır **(HGK, 1999)**.
- Kanaletler yoğunluklarına göre küçükler ayıklanarak 1:25.000 ölçeğindeki ölçü ve şekline göre tersim edilir **(HGK, 1999)**.
- Normal olarak nehir ve dereler büyüklüklerine göre seçilir ve genelleştirilirler. Büyüklük kriteri genişlik veya uzunluk veya her ikisinin kombinasyonu olabilir **(HGK, 1981)**.
- Normal olarak ana dereler muhafaza edilirler. Ölçek küçüldükçe ana derenin küçük kolları derece derece elemine edilirler. Ölçek küçüldükçe yukarıdaki işlemle beraber küçük kıvrımlar düzleştirilir **(HGK, 1981)**.

Söz konusu kurallar incelendiğinde, kuralların çoğunlukla nicellikten uzak, nitel yapıda olduğu ve uzman kişilerin algılaması ile kuralların beyinlerde tamamlandığı ve uygulandığı görülmektedir. Söz konusu işlemlerin otomasyonu, kuralların yorum gerektirmeyecek şekilde açık ve metrik ölçütlerle ifade edilmesine, bilgisayar tarafından uygulanabilir olarak yeniden tanımlanmasına ve otomasyon süreçlerin oluşturmasına bağlıdır.

4.2 Akan Sular ve Su İletim Hatları Veri Analizi

Uygulamada, 1:100.000 ölçekli Balıkesir-j19 pafta bölgesini kapsayan TOPO25 verisi kullanılmış ve 1:100.000 ölçekli topografik harita üretimi için gerekli olan akan su ve su iletim hatları coğrafi verilerin elde edilmesi amaçlanmıştır. TOPO25 verisi, fotogrametrik yöntem kullanılarak nesne genelleştirmesi ile toplanan, arazi bütünlemesi gerçekleştirilen ve 1:25.000 ölçekli topografik haritaların üretiminde doğrudan kullanılan sayısal coğrafi veridir (HGK,2002).

Detay gruplarına uygulanacak genelleştirme

- işlemlerin,
- algoritmaların,
- parametre ve ölçütlerin

daha kolay tanımlanabilmesi için detaylar yeniden sınıflandırılabilir. Bu amaçla, hidrografiya detayları aşağıda belirtilen şekilde nesne tabanlı olarak yeniden sınıflandırılmıştır:

(a). Duran sular :

DENİZ,
GOL,
GOL_(DEGİSKEN_KIYILI),
GOL_(GECİCI) ,
GOLET,

(b). Akan sular :

DERE,
DERE_ONEMLI,
DERE_(KURU),
DERE_(KURU)_ONEMLI,
DERE_GENIS_YATAKLI (alan),
DERE_ISLAH_EDILMIS (alan),

(c). Su iletim hatları :

SU_KEMERİ,
SU_YOLU_KOPRUSU,
SU_YOLU_TUNELİ,
KANAL_BETON_SET_UZERİ,

KANAL_10M_USTU_SULAMA/KURUTMA,
KANAL_10M_ALTI_SULAMA/KURUTMA,
KANALET,
SU_YOLU_YER_USTU,
SU_YOLU_YER_ALTI,
ARK,
KANAL_10M_USTU_(YAPILMAKTA/HARAP),
KANAL_10M_ALTI_(YAPILMAKTA/HARAP),
KANALET_HARAP.

Akan su detayları, coğrafi veride genişliklerine göre alan yada çizgi detaylar olarak yer alabilmektedirler.

4.3 Hidrografiya Alandan Çizgiye Geometrik ve Semantik Dönüşüm

Hedef ölçekte alan olarak gösterilemeyecek kadar dar olan geniş yataklı dere ve benzeri alansal detayların, çizgi ile gösterilmesi gerekmektedir. Alandan çizgiye geometrik dönüşümün yanı sıra semantik dönüşüm de gerçekleştirilmelidir.

Hidrografiya alandan çizgiye semantik dönüşüm:

- | | | |
|---------------------------|----|---------------------|
| (1). DERE_GENIS_YATAKLI | => | DERE_ONEMLI, |
| (2). DERE_ISLAH_EDILMIS | => | DERE_ONEMLI, |
| (3). BARAJ_GOLU | => | DERE_ONEMLI, |
| (4). KUMLUK/CAKILLIK | => | DERE_(KURU)_ONEMLI, |
| (5). AKARSU_YATAGI_(ESKI) | => | DERE_(KURU)_ONEMLI |

Burada dikkat edilmesi gereken diğer önemli bir husus da, tüm detayın alandan çizgiye dönüşümü değil, sadece çizgiye dönüşmesi gereken dar kısımların çizgiye dönüşmesi gerekmektedir. Yani bazı detaylar için, alandan çizgiye kısmi dönüşüm gerçekleştirilmelidir. Ayrıca alandan çizgiye dönüşümde yeterli uzunlukta çizgi oluşmalıdır. Alan detayın çok küçük bir kısmının çizgiye dönüştürülmesi istenmemektedir.

Alandan çizgiye dönüşümde, alan yol detayları için geliştirilmiş olan orta çizgilerin (centerline) oluşturulması gibi enterpolasyon yöntemleri kullanılabilir. Fakat bu yöntem, düzensiz şekilde akan, genişleyen ve daralan, kıvrılan, yer yer geniş su birikintilerden geçen akarsular alan detayları için pek uygulanabilir olmamaktadır.

Bunun yerine hidrografya alandan çizgiye dönüşüm için geliştirilen diğer bir çok yöntemler kullanılabilir (**Felkel ve Obdrzalek, 1998; Christensen, 1999; McAllister ve Snoeyink, 2000**).

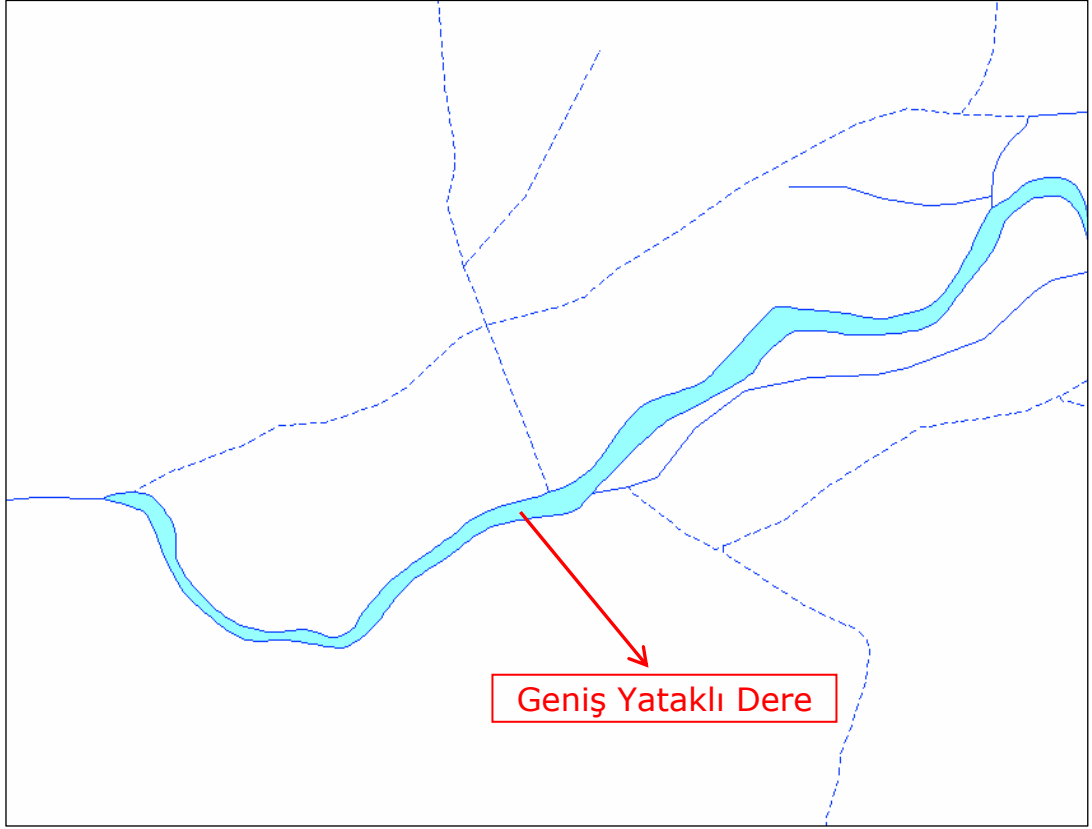
Alandan çizgiye dönüşümde vektör işlemlerin yanı sıra, raster veri modeli için geliştirilen bazı algoritmalar da yararlanılabilir (**Thomas, 1998**). Bunu gerçekleştirmek için, vektör ve raster veri modelleri arasında dönüşüm gerektiği zaman kullanılabilir.

Şekil 4.1, alandan çizgiye dönüştürülmesi gereken hidrografya_alan_100K detay sınıfındaki geniş yataklı dere ile hidrografya_cizgi_100K detay sınıfındaki dere ve kuru dere detaylarını göstermektedir.

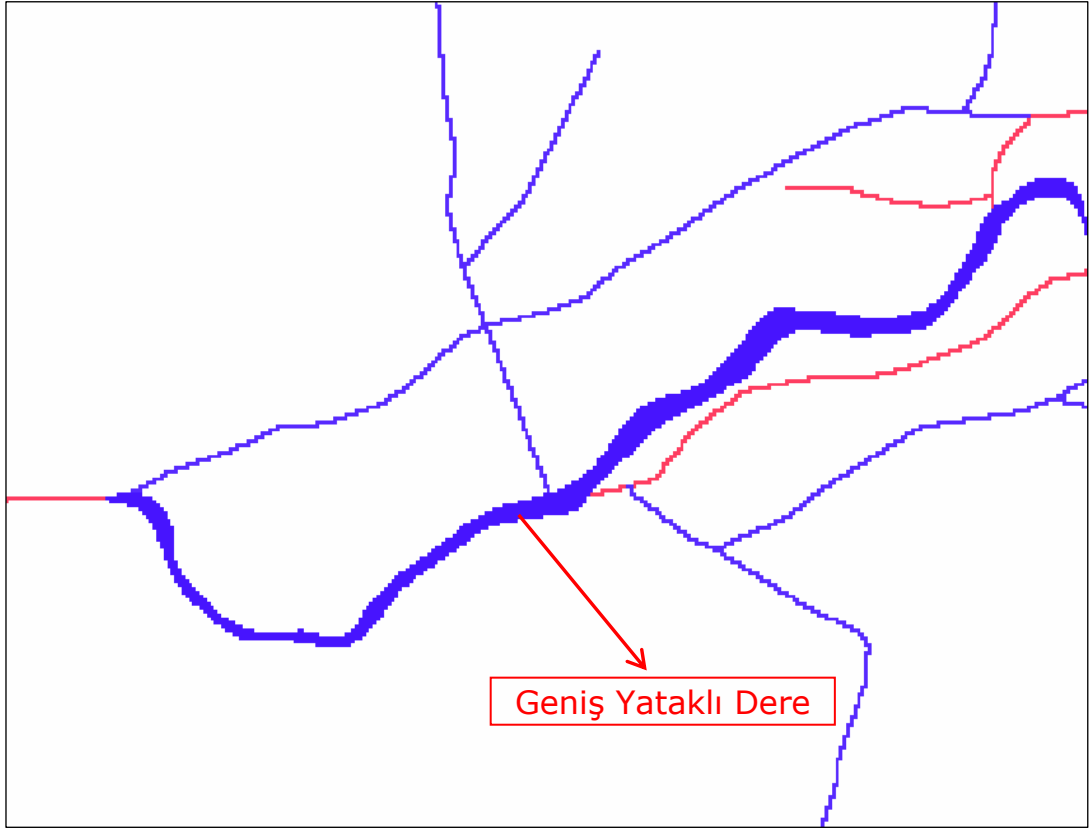
Alandan çizgiye dönüşümde oluşturulan çizgi detayların, çevresinde bağlantılı olduğu diğer hidrografya çizgi detayları ile bağlantılılığı korunması gerekmektedir. Bunu gerçekleştirmek için hidrografya akan sular alan detayları, hidrografya akan sular çizgi detayları ile birlikte raster veri modeline dönüştürülür (Şekil 4.2). Oluşturulan raster veri modeline raster inceltme (thinning) işlemi uygulanır (**ESRI, 2006**). Bu işlem sonrasında, çevresinde çizgiler ile bağlantılılığı korunmuş raster çizgi görüntüleri oluşur (Şekil 4.3).

Son olarak, tekrar raster veri modelinden vektör veri modeline dönüşüm gerçekleştirilir. Geometrik dönüşüm sonrasında semantik dönüşüm de gerçekleştirilir ve dönüşüm öncesi alan vektör veri ile karşılaştırılarak öznelik transferi yapılır. (Şekil 4.4).

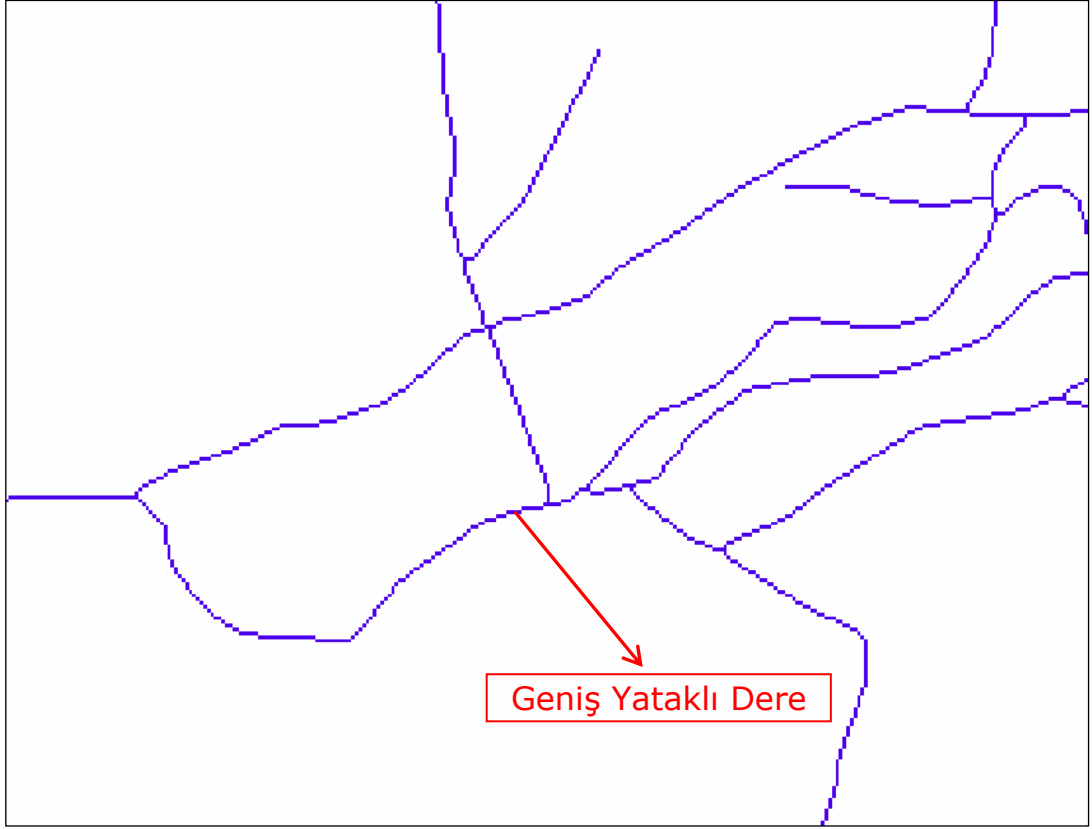
Bu dönüşüm işlemi, hidrografya akan sular ve su iletim hatları seçiminde kullanılacak olan hidrografya ağ yapısını oluşturmak için gereklidir. Hidrografya alandan çizgiye dönüşüm işlemi sonrasında, vektör çizgi detaylar olarak hidrografya ağı tamamlanmış ve aradaki bağlantılar oluşturulmuştur.



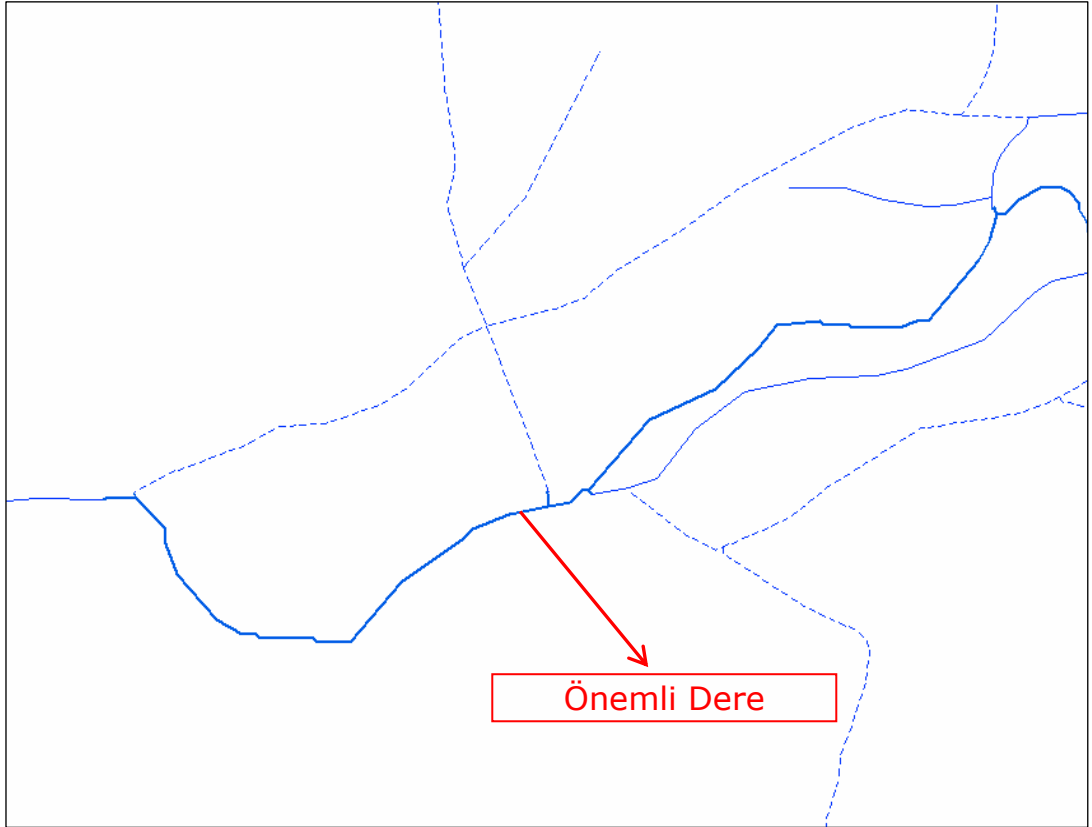
Şekil 4.1: Hidrografiya alandan çizgiye geometrik ve semantik dönüşüm öncesi



Şekil 4.2: Raster veri modeline dönüşüm



Şekil 4.3: Raster inceltme (thinning) işlemleri sonrası



Şekil 4.4: Raster veri modelinden vektör veri modeline dönüşüm

4.4 Hidrografya Akan Sular Genelleştirmesi

Türetme topografik haritalar ve coğrafi veri setlerin üretiminde, hidrografya akan sular ve su iletim hatları genelleştirmesi ve otomasyonu çok önemlidir. Söz konusu işlem, hidrografya genelleştirmesinin de iskeletini teşkil etmektedir.

Tez çalışmasında kullanılan TOPO25 coğrafi verisine ait akan su detayların bir kısmı Şekil B.1’de gösterilmektedir. Kaynak coğrafi verinin standart ve sürekli olduğu kabulü yapılmıştır. Aksi bir durum, coğrafi veri tabanı mantığı ile bağdaşmaz.

Hidrografya akan sular seçimi için geliştirilen algoritma, yöntem ve işlem akışları aşağıda başlıklar altında incelenecektir:

4.4.1 Akan Suların Gruplandırılması

Birbirlerine değen akan su detayları gruplandırılmaktadır. Her bir gruba ait akan su detayları Şekil B.2’de farklı bir renk ile gösterilmektedir. Şekil B.2’de aynı gruba ait bazı akan suların farklı renk ile gösterilmesi, akan su detayları arasındaki kopukluğu göstermektedir. Bu durum veride istenmeyen bir durumdur ve veri hatası olarak kabul edilmektedir. Dolayısıyla, geliştirilecek genelleştirme yöntem ve algoritmalarda verinin modeli, kalitesi, standartlığı ve sürekliliğı önemli bir yer teşkil etmekte olup, genelleştirme işlemlerin sonucunu doğrudan etkilemektedir.

4.4.2 Akan Sulara Yükseklik Bilgilerin (Z değeri) Eklenmesi

Tez çalışmasında kullanılan söz konusu kaynak coğrafi veri, 1:25.000 ölçekli topografik haritaların üretiminde doğrudan kullanılan veri olup veritabanında 2 boyutta saklanmaktadır.

Akan su detaylarına, daha önce yardımcı eş yükseklik eğrilerin otomatik olarak türetilmesi için oluşturulan TIN sayısal arazi yükseklik modeli (Şekil B.3) kullanılarak yükseklik (Z değeri) bilgileri eklenir (Şekil B.4). Bu işlem, akan su detayların akış yönlerinin belirlenmesi amacı ile yapılmaktadır. Kaynak coğrafi verinin 3 boyutlu olması durumunda bu işleme gerek olmamaktadır.

4.4.3 Nehir Akış Yönlerinin Belirlenmesi

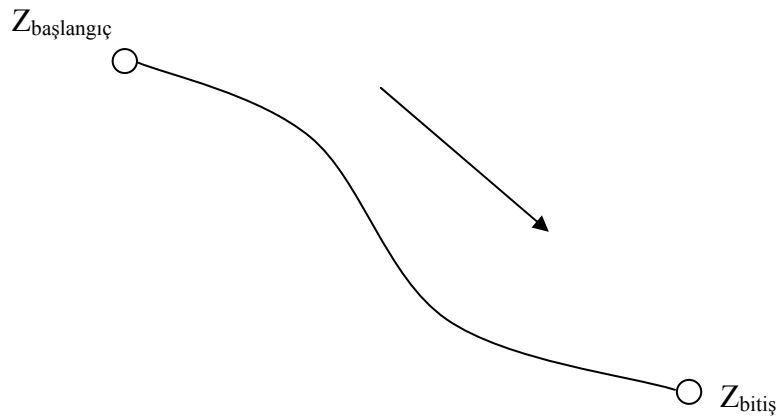
Akan su detay çizgilerin başlangıç ve bitiş noktaları yükseklik değerleri karşılaştırılarak akan su detayın akış yönü belirlenir (Şekil 4.5). Söz konusu çizgi detayın küçük olması, çizginin bulunduğu arazinin düz olması, SAYM hataları ve kaynak veride ölçekten dolayı olabilecek kaçınılmaz veri tutarsızlıklardan dolayı, akan su detayları akış yönlerinin belirlenmesinde yanlışlıklar olabilir. Bu nedenle veride, akış yönleri ile birlikte yükseklik farkları da dikkate alınarak akış yön belirlenme doğrulukları da saklanır (4.1). (4.1)'de tanımlanan ölçütler, 1:25.000 ölçekli kaynak veriden 1:100.000 ölçekli STH üretimi için gerekli olan akan su ve su iletim hatları detayların seçimi için tanımlanan ölçütlerdir. Nehir akış yönleri belirlenmiş hidrografya detay sınıfı Şekil B.5'te gösterilmektedir.

Akış yönlerinin belirlenme doğruluğu:

$$\begin{aligned} [Z_{\text{bitiş}} - Z_{\text{başlangıç}}] &> 5\text{m} & \Rightarrow & \text{Kesin} \\ 0\text{m} < [Z_{\text{bitiş}} - Z_{\text{başlangıç}}] &< 5\text{m} & \Rightarrow & \text{Muhtemel} \\ [Z_{\text{bitiş}} - Z_{\text{başlangıç}}] &= 0\text{m} & \Rightarrow & \text{Belirsiz} \end{aligned} \quad (4.1)$$

$Z_{\text{başlangıç}}$: Çizgi başlangıç noktası yükseklik değeri

$Z_{\text{bitiş}}$: Çizgi bitiş noktası yükseklik değeri



Şekil 4.5: Nehir akış yönünün belirlenmesi

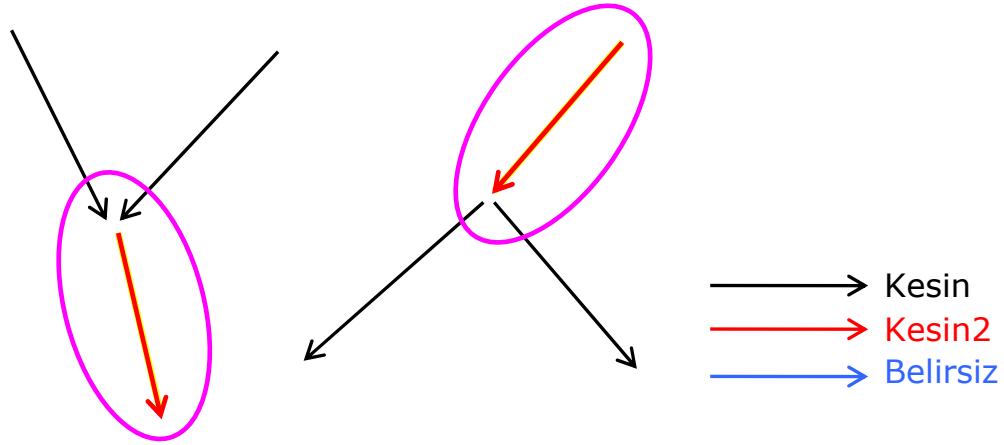
4.4.4 Nehir Akış Yönlerinin İyileştirilmesi

Akan su detayların akış yönlerini belirleme doğruluğunun artırılması, daha sonra yapılacak olan akan su detayların otomatik seçim işlemi sonucunu doğrudan etkileyecektir.

“Muhtemel” ve “Belirsiz” doğrulukları ile yön belirlemesi yapılmış olan akan su detayları, aşağıdaki belirtilen iki kabul ile yönleri ters ise düzeltilir ve yön belirleme doğrulukları artırılabilir (Şekil 4.6).

Kabul 1: Bir akan su detayı, değdiği tüm akan sular tarafından besleniyor ise akış yönü onlardan beslenecek şekildedir.

Kabul 2: Bir akan su detayı, değdiği tüm akan suları besleniyor ise akış yönü onlardan besleyecek şekildedir.



Şekil 4.6: Nehir akış yönlerinin iyileştirilmesi

Akan su detayların yönlerinin iyileştirilmesi işlemi iterasyonlar şeklinde ve iki aşamada yapılır.

Birinci İterasyon:

Değdiği tüm akan sular (“Kesin”, “Kesin2”) tarafından besleniyor ya da onları besliyor ise, “Belirsiz” ve “Muhtemel” akan suların yönleri belirlenir ve belirlenme doğruluğu “Kesin2” yapılarak iterasyona devam edilir.

İkinci İterasyon:

Değdiği tüm akan sular (“Kesin”, “Kesin2”, “Muhtemel”, “Muhtemel2”) tarafından besleniyor ya da onları besliyor ise, “Belirsiz” akan suların yönleri belirlenir ve belirlenme doğruluğu “Muhtemel2” yapılarak iterasyona devam edilir.

Şekil B.5’te mavi renkli çizgiler “Kesin”, kırmızı renkli çizgiler “Kesin2” ve yeşil renkli çizgiler ise “Muhtemel” veya “Muhtemel2” yön belirleme doğruluklu çizgileri göstermektedir.

4.4.5 Akan Sular Seçim Ağırlıklarının Hesaplanması

Akan su detayların seçim işlemi, birçok parametre ve ölçütleri dikkate almalıdır. Bu parametre ve ölçütlerin bir kısmı Tablo 4.1 ve 4.2’de verilmektedir. Her bir akan su detayı için, aşağıda tanımlanan ağırlık hesaplama formülü kullanılarak ağırlık hesaplanır (4.2).

$$M = (M_1 \times M_2 + M_3) \times L \quad (4.2)$$

M : Toplam ağırlık

M_1 : Birinci ağırlık katsayısı

M_2 : İkinci ağırlık katsayısı

M_3 : Bağlamsallığı ve hidrografiya ağ yapısını güçlendirici ağırlık katsayısı

L : Detay uzunluğu

Tablo 4.1: Akan sular seçim ağırlık katsayıları

	DETAY ADI	KAT SAYI (M_1)	KAT SAYI (M_2)
1	DERE_ONEMLI (Alandan)	Alan/Toplam uzunluk	x 1.5
2	DERE_ONEMLI	30	x 1.5
3	DERE	20	x 1.5
4	DERE_(KURU)_ONEMLI (Alandan)	Alan/(Toplam uzunluk x 2)	x 1.5
5	DERE_(KURU)_ONEMLI	15	x 1.5
6	DERE_(KURU)	10	x 1.5

Tablo 4.2: Akan sular seçim ilave ağırlık katsayıları

	DURUM	İLAVE KAT SAYI (M_3)
1	Duran sulara değen (DENİZ, GOL)	+ 5
2	Su iletim hatlarına değen akan sular	+ 4
3	Seçilmiş akan sulara değen	+ 3

Akan su detayların seçiminde aşağıda belirtilen durumlar dikkate alınmaktadır:

(a). Detay önem hiyerarşisi:

Detay önem hiyerarşisi Tablo 4.1’de verilmektedir. Örneğin sulu dere detayı, kuru dereye göre daha önemlidir.

(b). Detayın özel isminin olması durumu:

Topografik harita üretiminde, ismi olan detay, ismi olmayan detaya göre daha önemlidir. Bu durum, Tablo 4.1’de belirtilen M_2 katsayısı ile ifade edilmektedir. Hidrografyacılar için bu durum bir anlam teşkil etmediğinden, onlar için hazırlanan bir türetme coğrafi veri de bu çarpım katsayı ölçütü 1 olabilir.

(c). Akan su detayının genişliği:

Geniş olan bir dere, az geniş olan dereye göre daha önemlidir. Bu durum, akan su alan detayları için Tablo 4.1’de gösterilen M_1 katsayısının hesaplanmasında dikkate alınmaktadır.

(ç). Akan su detayın uzunluğu:

Uzun olan bir dere, kısa olan bir dereye göre daha önemli olmaktadır. Bu durum, M ağırlık katsayısının hesaplanmasında L uzunluğu ile dikkate alınmaktadır.

(d). Hidrografya ağ yapısını koruma:

Bir akan su detayının seçiminde, hidrografya ağ yapısı içindeki bağlantı görevi de dikkate alınmalıdır. Bu durum, bir sonraki başlıkta anlatılacak olan akan suların seçimi algoritmasında Kritik Yörünge Yönteminin kullanımı ile dikkate alınmaktadır.

(e). Hidrografya ağ yapısını güçlendirme:

Bu durum, bir sonraki başlıkta anlatılacak olan, akan suların iterasyonlu seçim işleminde seçilmiş olan akan sular ağına doğrudan değen akan su detaylarına ilave ağırlık verilerek ve seçim iterasyonuna devam edilerek sağlanmaktadır. Bunun için Tablo 4.2’de belirtilen M_3 ilave ağırlık katsayısı kullanılmaktadır.

(f). Bağlamsal ilişkilerin dikkate alınması:

Topografik harita üretiminde, bir göle dökülen dere daha önemlidir. Su iletim hatları ile bağlantıları bulunan dere daha önemlidir. Dolayısıyla bu durum, duran sular ve su iletim hatları detaylarına değen akan su detaylarına Tablo 4.2’de belirtilen M_3 ilave ağırlık kat sayısı verilerek dikkate alınmaktadır.

4.4.6 Akan Suların Seçimi

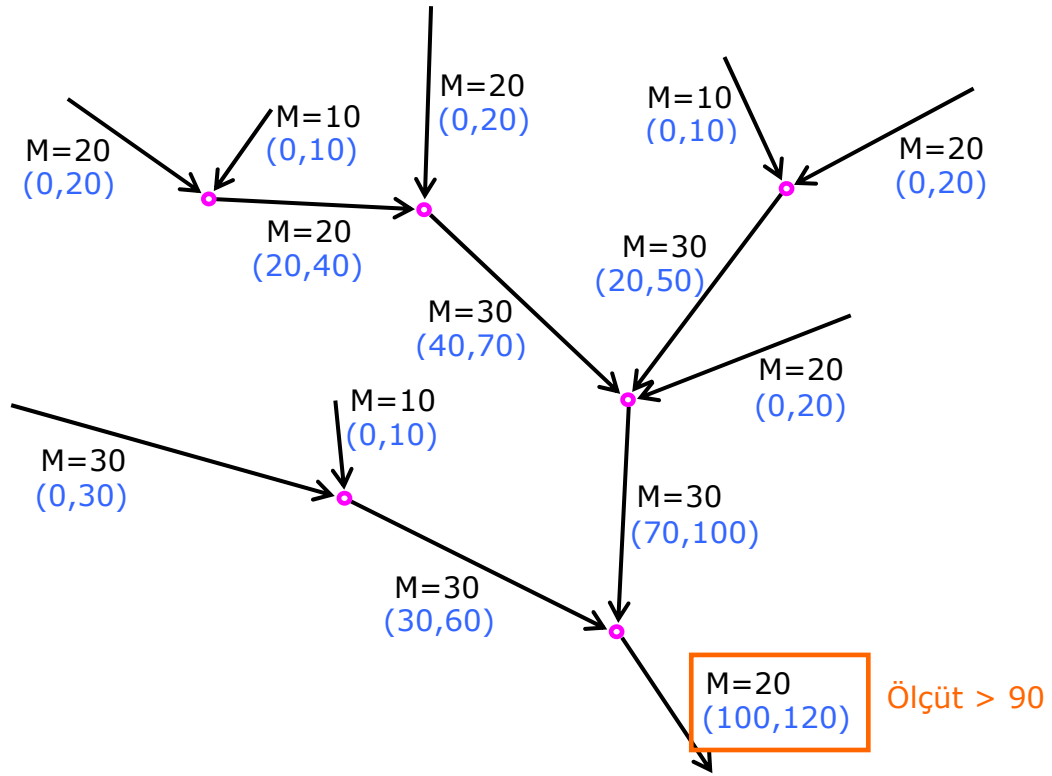
Akan su detayların seçim işlemi, diğer detayların seçim işleminden farklı olup, sadece konumsal ve özniteliksel sorgulamalarla yapılamamaktadır. Hidrografya ağ yapısı dikkate alınmalıdır. Daha gelişkin yöntem ve algoritmalara ihtiyaç vardır.

Tez çalışmasında kullanılan seçim algoritmasının geliştirilmesinde, Kritik Yörünge Yönteminden (KYY: CPM – Critical Path Method) esinlenilmiştir. Kritik Yörünge Yöntemi, inşaat ve taahhüt sektörü başta olmak üzere her türlü mühendislik alanında yaygın olarak kullanılmasının yanı sıra, endüstride yeni ürün geliştirme, pazarlama çalışmaları, proje yönetimi vb. konularda da başarıyla uygulanmaktadır (**Keskinel F. 2000**).

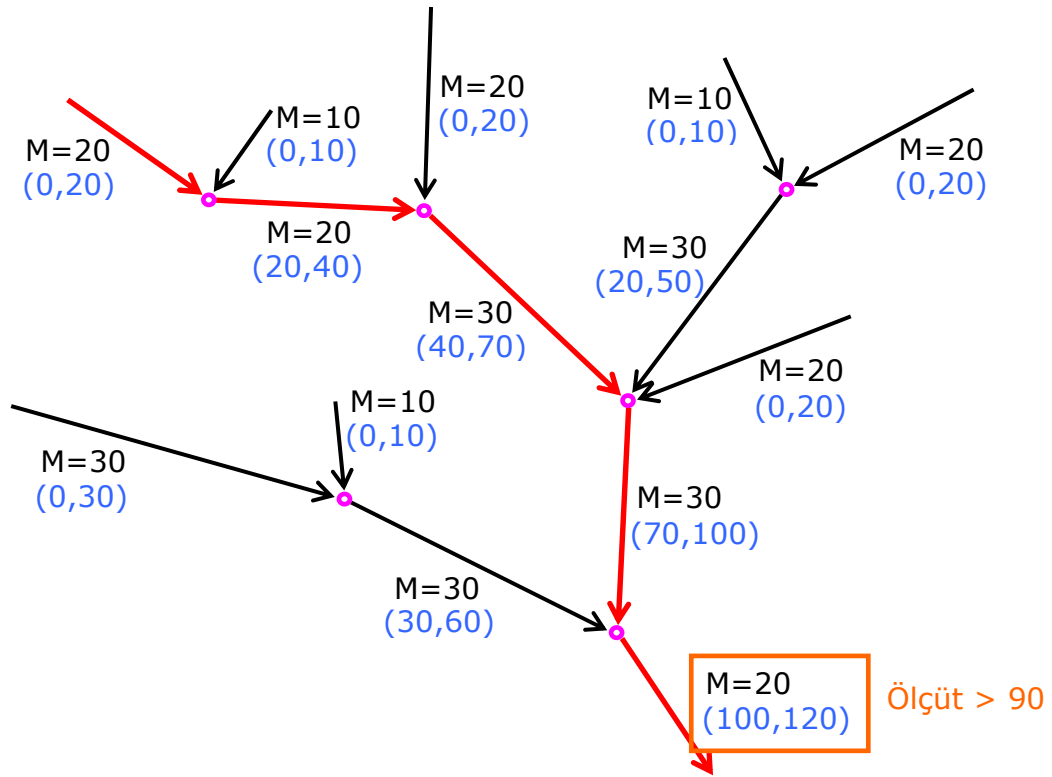
Akan sular seçim işlemi, akan su grupları bazında gerçekleştirilmektedir. Her bir grup ayrı değerlendirilmektedir. Grubun oluşturduğu ağ yapısı ve grup içindeki her bir detay için hesaplanan M ağırlıkları kullanılarak, Kritik Yörünge hesabı yapılır. Yani M değerleri, akan su detayların akış yönlerini de dikkate alınarak kümülatif olarak toplanır. Bir akan su detayına birden fazla akan su akıyorsa, M kümülatif değeri fazla olan akan su detayı dikkate alınarak hesaplanır (Şekil 4.7). Şekil 4.7’de mavi renkle gösterilen rakamlardan ilki söz konusu akan su detayına gelen kümülatif M değerini, ikincisi ise M kümülatif değerin söz konusu akan su detayının M değeri ile toplanmış halini göstermektedir.

Daha sonra, grup içerisinde en büyük kümülatif M değerine bakılır ve bu değer seçim için belirlenen ölçütten büyük olması durumunda, en büyük kümülatif M değerine sahip akan su detayı ve bu akan su detayının M kümülatif değerini oluşturan akan su detayları sırası ile seçilir. Seçilen bu akan su detayları gruptan çıkarılarak, M değeri değişen akan sular için tekrar M değeri hesaplanır ve iterasyona devam edilir. Grup içerisinde en büyük kümülatif M değeri belirlenen ölçütten küçük olması durumunda iterasyondan çıkılarak diğer detay grubuna geçilir.

Şekil 4.8’de verilen örnekte, seçim ölçütü olarak verilen 90 değerini tek bir akan su detayı geçmekte ve bu söz konusu akan su detayı ve bu akan su detayın M kümülatif değerini oluşturan akan su detayları seçilerek gruptan çıkarılmaktadır. İkinci iterasyon da belirlenen seçim ölçütünü geçen M kümülatif değerine sahip akan su detayı bulunmamakta ve akan su detayı seçim işlemi bir başka gruba geçerek devam etmektedir.



Şekil 4.7: Akan sular detayların seçim işlemi



Şekil 4.8: Akan sular detayların seçimi

Akan suların otomatik seçim sorması durumu Şekil B.6’da gösterilmektedir. Akan sular otomatik seçimi, Şekil B.1’deki seçim öncesi durum ile karşılaştırıldığında, sonucun oldukça başarılı olduğu görülmektedir. Detay sayısında önemli bir azalma vardır. Arazinin ana hidrografya yapısı ortaya çıkmıştır.

Otomatik olarak seçilen akan suların kontrolden geçmiş ve düzeltilmiş hali Şekil B.7’de gösterilmektedir.

4.5 Hidrografya Su İletim Hatları Genelleştirmesi

Su iletim hatlarının seçimi, akan su detayların otomatik seçimi için geliştirilen aynı yöntem ile gerçekleştirilebilir. Su iletim hatlarının seçimi için gerekli olan parametre ve ölçütler Tablo 4.3 ve 4.4’te verilmektedir.

Tablo 4.3: Su iletim hatları seçim ağırlık katsayıları

	DETAY ADI	KAT SAYI (M_1)	KAT SAYI (M_2)
1	SU_KEMERİ	100	x 1.5
2	SU_YOLU_KOPRUSU	70	x 1.5
3	SU_YOLU_TUNELİ	50	x 1.5
4	KANAL_BETON_SET_UZERİ	20	x 1.5
5	KANAL_10M_USTU_SULAMA/KURUTMA	20	x 1.5
6	KANAL_10M_ALTI_SULAMA/KURUTMA	15	x 1.5
7	KANALET	15	x 1.5
8	SU_YOLU_YER_USTU	15	x 1.5
9	SU_YOLU_YER_ALTI	10	x 1.5
10	ARK	6	x 1.5
11	KANAL_10M_USTU_(YAPILMAKTA/HARAP)	5	x 1.5
12	KANAL_10M_ALTI_(YAPILMAKTA/HARAP)	5	x 1.5
13	KANALET_HARAP	5	x 1.5

Tablo 4.4: Su iletim hatları seçim ilave ağırlık katsayıları

	DURUM	İLAVE KAT SAYI (M_3)
1	Duran sulara değen (DENİZ, GOL)	+ 5
2	Akan sular değen su iletim hatları	+ 4
3	Seçilmiş su iletim hatlarına değen	+ 3

4.6 Hidrografya Alan Akan Suların Genelleştirmesi:

Söz konusu akan sular alan detayları, hidrografya alandan çizgiye geometrik ve semantik dönüşümünün anlatıldığı 4.3 bölümde listelenmektedir. Bu alan detaylar, alandan çizgiye dönüştüler ve akan sular genelleştirmesinde çizgi detay olarak seçim işlemine tabi tutuldular. Burada alan akan suların genelleştirmesi alansal olarak yapılacak ve sonuç veri, genelleştirilmiş hidrografya çizgi veri ile birleştirilecektir.

Hidrografya alan akan suların genelleştirmesi aşağıda belirtilen işlem adımları şeklinde yapılabilir:

- (a). Alan detayların alan geometrilerine, eksi ve sonrasında artı tampon (buffer) uygulanarak belirli ölçütten dar olan alanların silinmesi sağılanır.

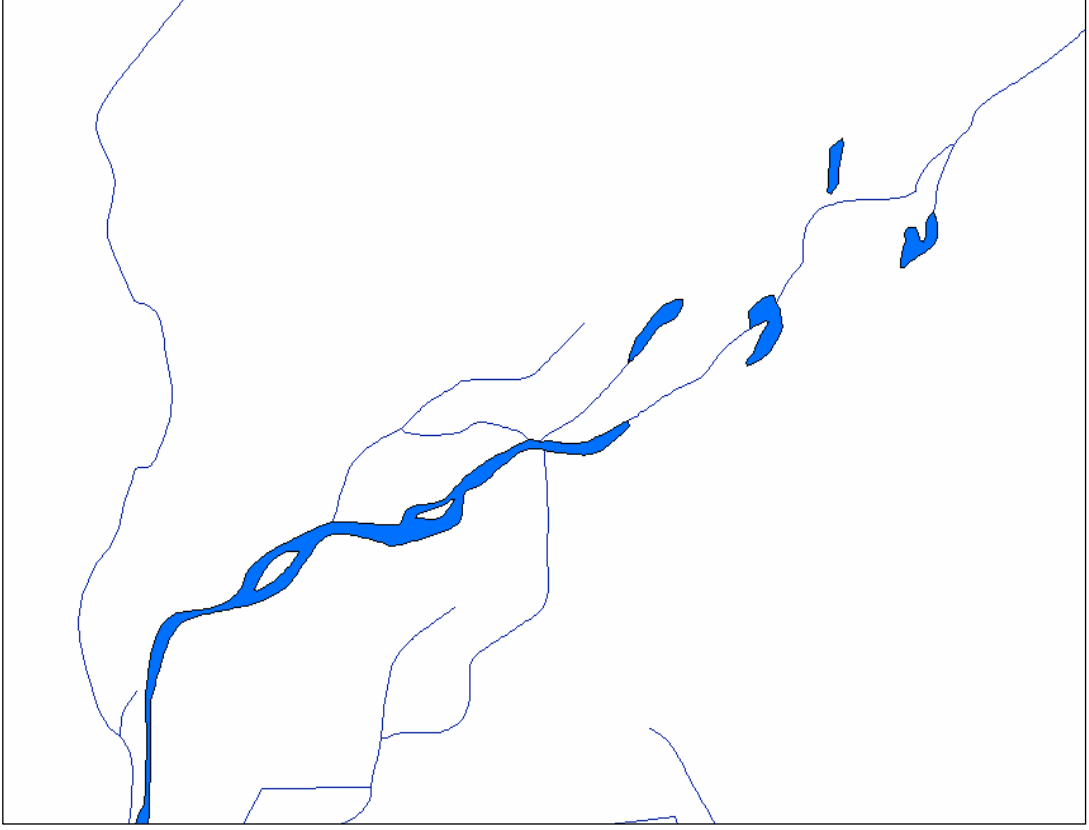
Çalışma verimizde -15m ve sonrasında +15m tampon uygulanarak, 30m 'den dar nehirlerin silinmesi sağılanmıştır. Önemli dere çizgi detayının sembol genişliği hedef ölçekte 30m olduğı için 15m ölçütü seçilmiştir.

- (b). Alan detayların alan geometrilerine, artı ve sonrasında eksi tampon (buffer) uygulanarak belirli mesafeden daha yakın alanların birleşmesi sağılanır. Bu işlem, bir tür filtreleme işlemidir. Böylelikle belirli mesafeden daha kısa alandan çizgiye dönüşen detayların oluşması engellir.

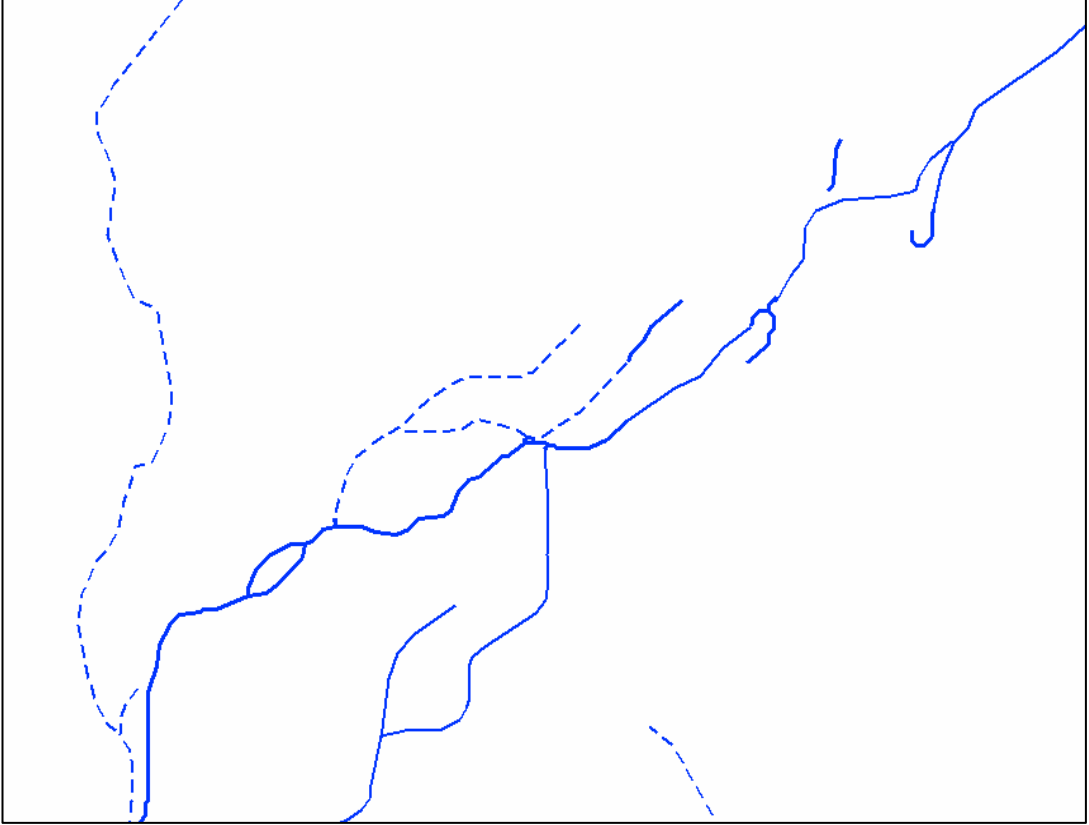
Çalışma verimizde, +20m ve sonrasında -20m tampon uygulanarak, 40m'den yakın alan akan suların birleştirilmesi sağılanmıştır.

- (c). Kalan küçük alanlar silinir. Bu da bir tür filtreleme işlemidir. Bu şekilde çok küçük alan detayların oluşması engellenir.

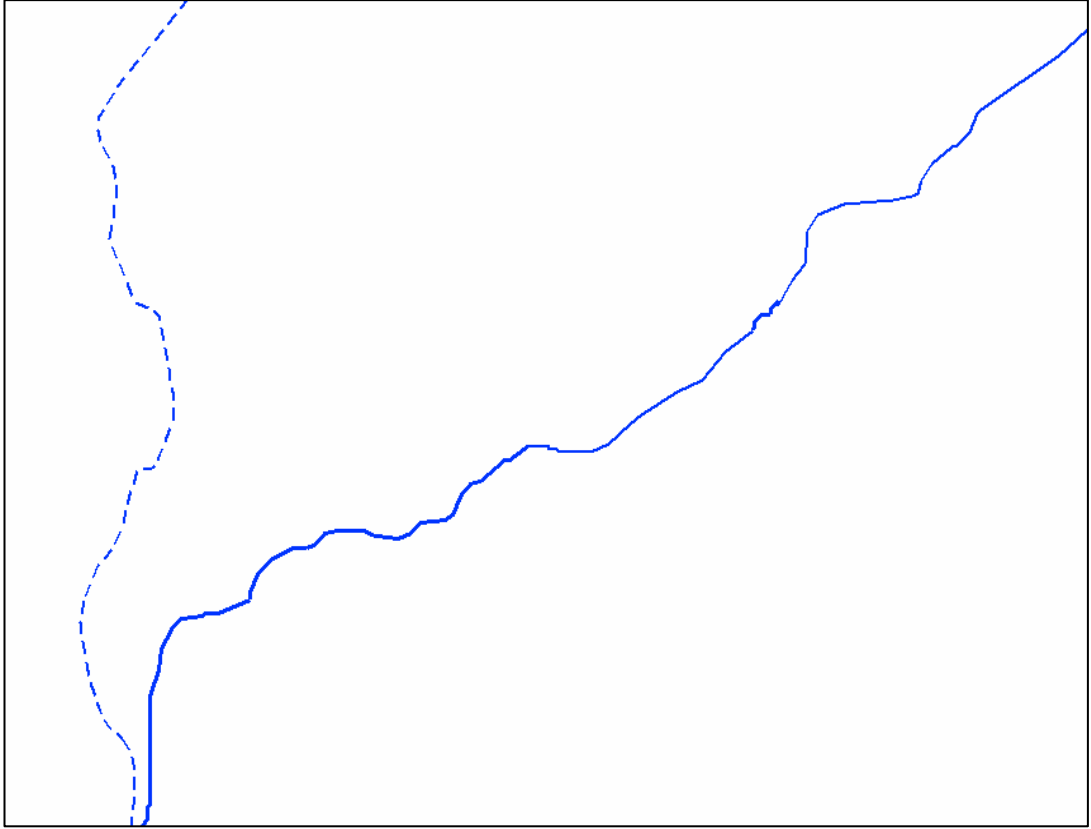
Genelleştirme öncesi, akan sular çizgi ve alan detayları Şekil 4.9'da sunulmaktadır. Akan sular alan detayların alandan çizgiye geometrik ve semantik dönüşümü ve sonrasında çizgi detay olarak seçimi, akan sular genelleştirmesinde gerçekteşmişti (Şekil 4.10 ve 4.11). Alan akan suların genelleştirmesi, yukarıda anlatıldığı gibi gerçekteşdirebilir. Genelleştirilmiş veri, Şekil 4.12'de yeşil renk ile gösterilmektedir. Daha sonra, alansal olarak genelleştirilen Şekil 4.12'deki veri, akan sular genelleştirmesinden gelen Şekil 4.11'deki çizgi veri ile birleştirilir ve alan altında kalan çizgisel detaylar silinir (Şekil 4.13). Bu şekilde, hidrografya alandan çizgiye kısmi dönüşümlerde gerçekteştirilmiş olur.



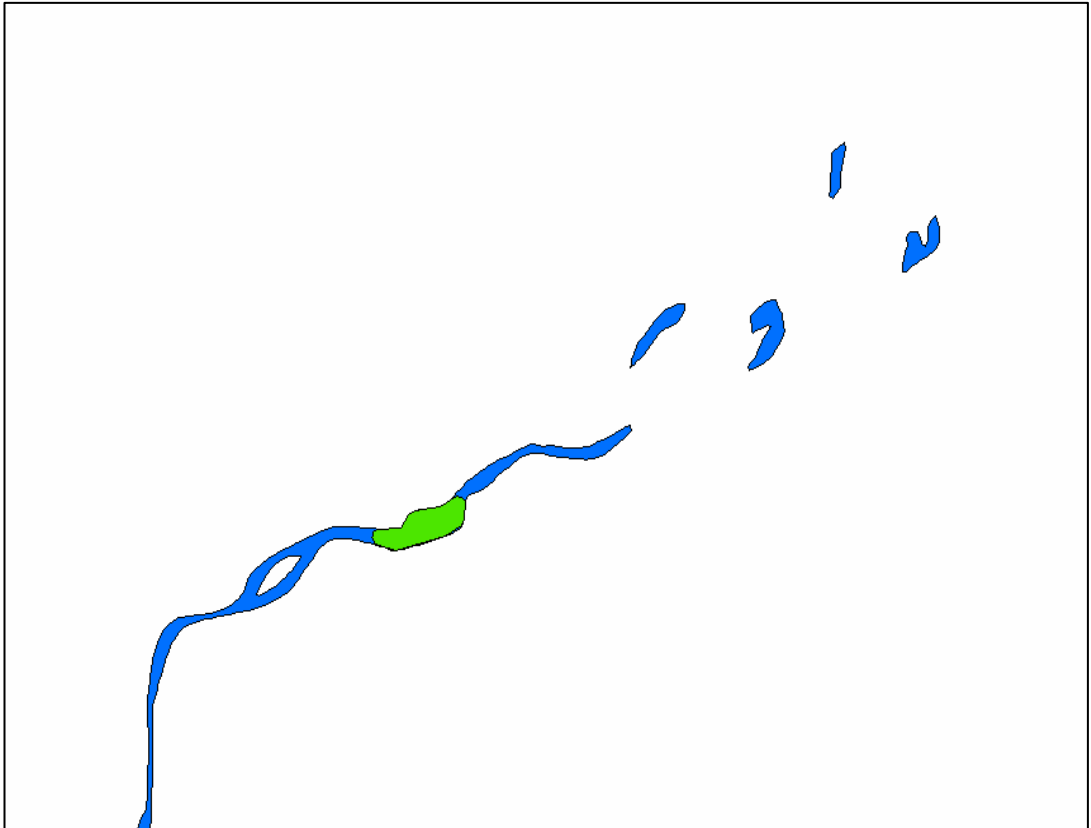
Şekil 4.9: Akan sular çizgi ve alan detayları



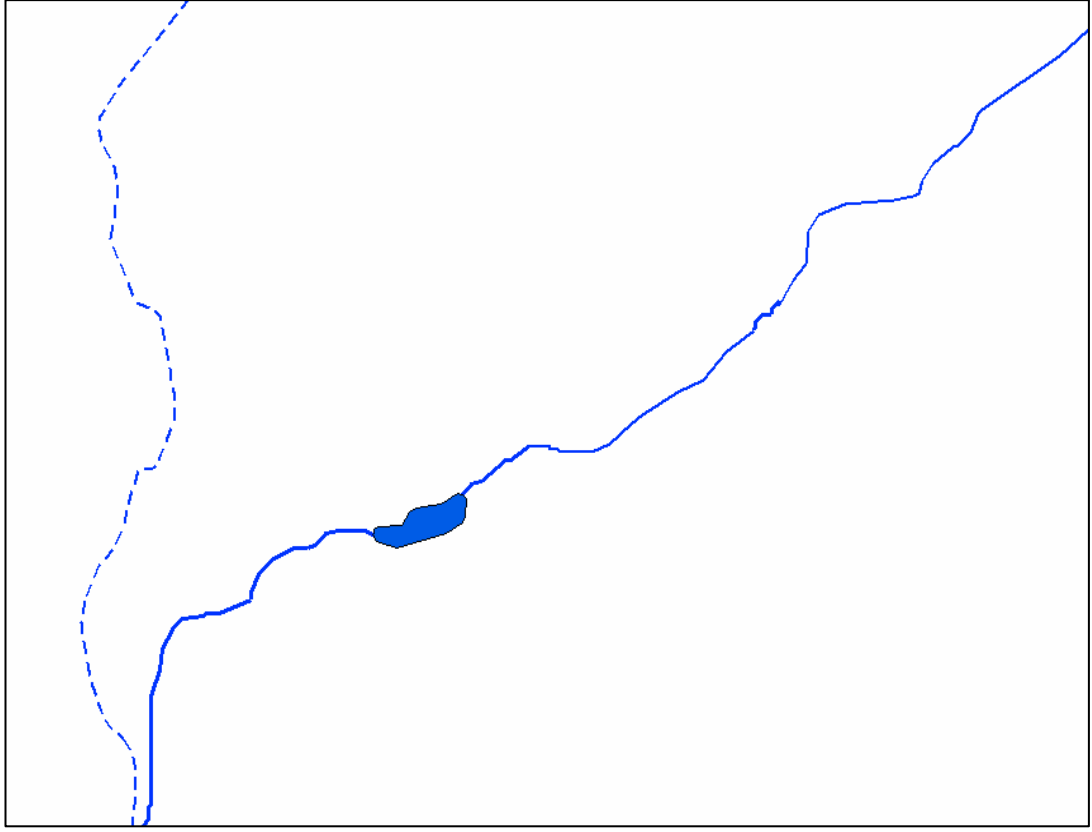
Şekil 4.10: Akan sular alandan çizgiye geometrik ve semantik dönüşüm



Şekil 4.11: Akan sular otomatik seçim sonrası



Şekil 4.12: Alan akan suların genişletilmesi



Şekil 4.13: Alan akan sular genelleştirme sonrası

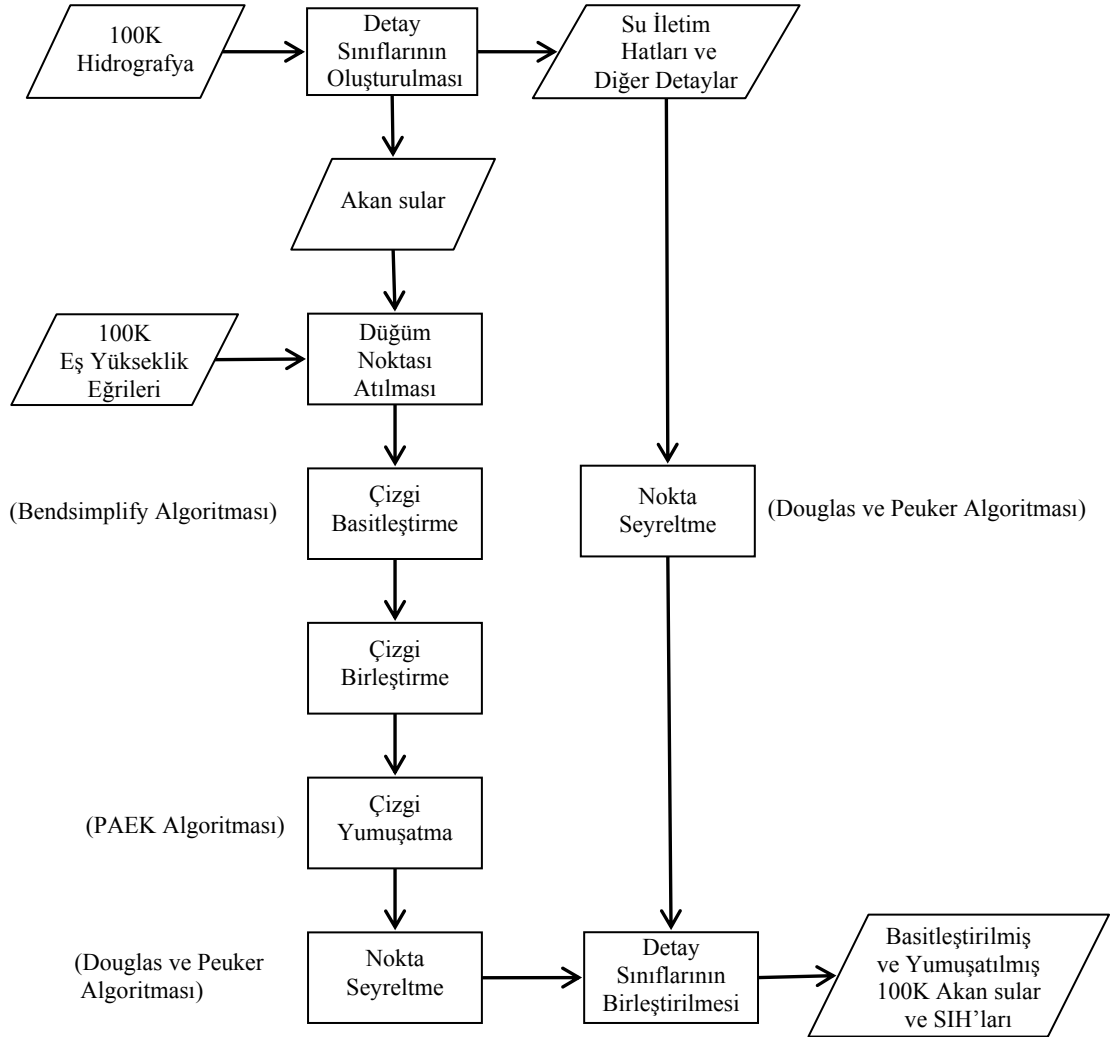
4.7 Hidrografiya Basitleştirme ve Yumuşatma İşlemi:

Hidrografiya basitleştirme ve yumuşatma işleminde eş yükseklik eğrilerin akan sular ile kesişim yerlerindeki V şeklini ve kavisini korumak için, genelleştirmede seçim işlemi gerçekleştirilmiş fakat basitleştirme ve yumuşatma işlemine tabii tutulmamış eş yükseklik eğrileri kullanılmakta ve böylelikle akan sular ve eş yükseklik eğrisi kesişim yerleri korunmaya çalışılmaktadır.

Eş yükseklik eğrilerin basitleştirme ve yumuşatma işleminde olduğu gibi basitleştirme işlemi öncesi, akan suların eş yükseklik eğrileri ile kesişim yerlerine düğüm noktası atılabilir ve basitleştirme işleminden sonra tekrar çizgi birleştirme işlemi uygulanabilir (Şekil 4.14).

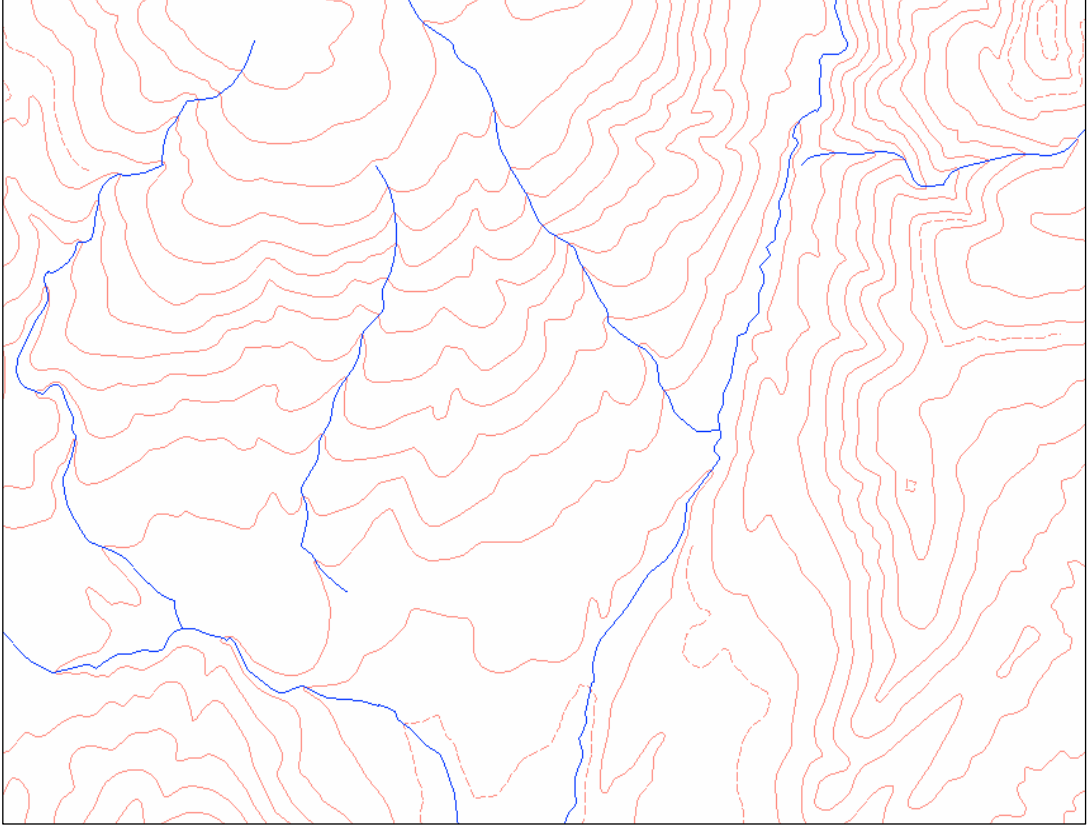
Klasik üretimde, mavi kalıp olarak nitelendirilen hidrografiya detay sınıfı, paftanın ana kalıbı olarak nitelendirilmekte ve minimum düzeyde basitleştirme ve yumuşatma uygulanmaktadır. Diğer tüm detayların bu mavi kalıba uyma zorunluluğu vardır. Hidrografiya alan ve çizgisel detaylarda, sadece çok küçük girinti ve çıkıntılar basitleştirilir ve yumuşatılır (HGK, 1964; HGK, 1999).

Basitleştirme ve yumuşatma işleminde, hidrografiya detay sınıfındaki tüm detaylar için aynı işlem ve parametreler uygulanmamalıdır. Genellikle çizgi basitleştirme işleminden sonra uygulanan yumuşatma işlemi, su iletim hatları detaylarının karakteristiğinden dolayı su iletim hatları detayları için uygulanmamalıdır (Şekil 4.14).

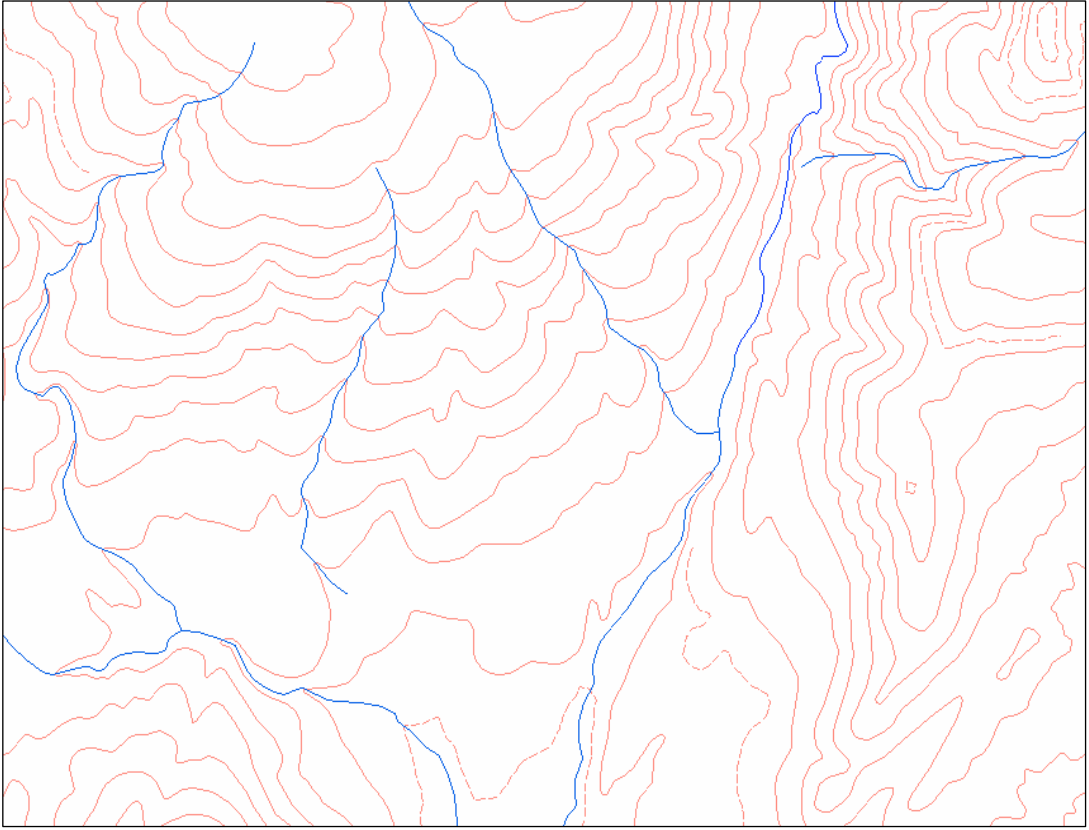


Şekil 4.14: Hidrografiya basitleştirme ve yumuşatma işlemi

Akan su ve su iletim hatların basitleştirme ve yumuşatma işlemine ait görüntüler Şekil 4.15, 4.16 ve 4.17’de gösterilmektedir.



Şekil 4.15: Hidrografiya basitleştirme ve yumuşatma öncesi



Şekil 4.16: Hidrografiya basitleştirme ve yumuşatma sonrası

5. UYGULAMA SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Tez çalışmasında; eş yükseklik eğrileri, akan sular ve su iletim hatları coğrafi verilerin türetme topografik haritaların üretimindeki süreçleri incelenmiş ve otomasyonu için yeni yöntem ve yaklaşımlar geliştirilmiştir. Uygulamada, 1:100.000 ölçekli Balıkesir-j19 paftası bölgesini kapsayan TOPO25 verisi kullanılmış ve 1:100.000 ölçekli topografik harita üretimi için gerekli olan eş yükseklik eğrileri, akan sular ve su iletim hatları coğrafi verilerin elde edilmesi amaçlanmıştır. TOPO25 verisi, fotogrametrik yöntem kullanılarak nesne genelleştirmesi ile toplanan, arazi bütünlemesi gerçekleştirilen ve 1:25.000 ölçekli topografik haritaların üretiminde doğrudan kullanılan sayısal coğrafi veridir.

Uygulamada oldukça umut verici sonuçlar elde edilmiştir. Üretimde otomasyonu problem olan yardımcı eş yükseklik eğrilerin otomatik seçimi, geliştirilen yeni yöntem ile yüksek otomasyon ve standardizasyon oranlarında gerçekleştirilmiştir. Akan su ve su iletim hatları coğrafi detayların otomatik seçimi için ise Kritik Yörünge Yönteminden (KYY) esinlenerek geliştirilen ve hidrografik ağ yapısı ve diğer birçok durum ve ölçütleri de dikkate alan bir yöntem uygulanmıştır. Uygulama sonuçları aşağıdaki başlıklar altında değerlendirilmektedir:

5.1 Akan Sular ve Su İletim Hatları Otomatik Seçimin Değerlendirilmesi

Akan su ve su iletim hatları otomatik seçimin doğruluğunu belirlemede, sınıflandırma (classification) işlemlerin doğruluk analizlerinde yoğun olarak kullanılan hata matrisinden (error matrix) yararlanılabilir. Yapılan seçim işlemi, aslında bir sınıflandırma işlemidir. Seçim işleminde, akan su ve su iletim hatları detayları; “Seçilen” ve “Seçilmeyen” şeklinde iki sınıfa ayrıştırılmaktadır.

Hata matrisini oluşturmak ve seçim sonuçlarını değerlendirmek için referans veri gereklidir. Referans veri, her bir detayın seçim doğruluğunu belirlemede kullanılır.

Tez çalışmasında referans veri olarak Balıkesir-j19 paftasının klasik genelleştirme yöntemiyle üretilen son basımına ait mavi kalıp taranarak kullanılmıştır. Mavi kalıp, basıma esas olan ve haritadaki mavi renk ile gösterilen detayları ihtiva eden bir katmandır. Otomatik seçim sonuçların değerlendirilmesinde büyük ölçüde faydalanan mavi kalıp, her durumda mutlak doğru şeklinde kabul edilmemiştir. Seçim sonucunun mavi kalıp ile uyuşmadığı durumlarda, detayın sınıflandırma sonucu, klasik genelleştirmede çalışmış uzman kartograf ile birlikte sayısal verinin sağladığı olanaklar da göz önünde tutularak yapılan yorum ile kesinlik kazandırılmıştır. Akan sular ve eş yükseklik eğrileri, arazide pek değişmediği kabul edilen coğrafi verilerdir. Fakat bu durum, üretimde söz konusu verilerin kontrolünün yapılmaması anlamına gelmemelidir.

Seçim işlemine girdi verilerin analizi, seçim sonuçların değerlendirilmesinde yardımcı olacaktır. Girdi veri, 1:25.000 ölçekli STH'ların üretiminde doğrudan kullanılan akan su ve su iletim hatları TOPO25 verisidir. Akan su ve su iletim hatları girdi verisi, farklı özniteliklere ve çok farklı uzunluklara sahip detayları içermektedir. Küçük uzunluklara sahip detaylar, genelde detayların birleşim yerlerindeki bağlantı çizgileridir. Girdi verileri ile ilgili istatistik Tablo 5.1'de verilmektedir.

Tablo 5.1: Akan su ve su iletim hatları girdi veri istatistikleri

Detay sayısı	12 253
Toplam uzunluk	5 339 902 m
Ortalama uzunluk	436 m
Standart sapma	409 m
Minimum uzunluk	1 m
Maksimum uzunluk	6 356 m

Her bir seçimin doğruluğunun değerlendirilmesi sonucu oluşturulan hata matrisi Tablo 5.2'de gösterilmektedir.

Hata matrisinde, hidrografya çizgi detay sınıfında bulunan akan su ve su iletim hatlarına ait seçim sonuçları sunulmaktadır. Girdi verisindeki hatadan dolayı, 3 çizgi parçasında editleme yapılmış olup bu çizgilerden ikisi program tarafından otomatik seçilen diğeri ise operatör etkileşimli olarak sonradan seçilen çizgiler arasındadır. Ayrıca hidrografya alandan çizgiye geometrik ve semantik dönüşüm işlemi sonucu

98 çizgi detayı oluşmuş olup, söz konusu çizgi detayları ayrı bir işlemin sonucu olduğundan, bu değerlendirmeye dahil edilmemiştir. Söz konusu alandan çizgiye dönüşüm işlemi, seçim işlemi için gerekli olan hidrografiya ağ yapısını oluşturmada kullanılmıştır.

Tablo 5.2: Akan su ve su iletim hatları otomatik seçim hata matrisi (detay sayıları)

DETAY SAYILARI		Referans		
		Seçilen	Seçilmeyen	Toplam
Otomatik Seçim	Seçilen	3691	239	3930
	Seçilmeyen	190	8133	8323
	Toplam	3881	8372	12253

Tespit Doğruluğu (Producer's accuracy)	95.10	97.15
İsabet Doğruluğu (User's accuracy)	93.92	97.72
Ortalama Tespit Doğruluğu (Average producer's accuracy)		96.12
Ortalama İsabet Doğruluğu (Average user's accuracy)		95.82
Genel Doğruluk (Overall accuracy)		96.50
Bileşik Tespit Doğruluğu (Combined procedure's accuracy)		96.31
Bileşik İsabet Doğruluğu (Combined user's accuracy)		96.16
Kappa Katsayısı (x100)		91.94

Tablo 5.2'de sunulan hata matrisi kullanılarak aşağıda tanımlanan doğruluk hesaplamaları yapılmıştır:

Tespit doğruluğu (Producer's accuracy): Kullanıcı doğruluğu şeklinde de tanımlanabilir. Tanımlanan sınıf için doğru olarak sınıflandırılanların sayısının, referans veride söz konusu sınıfa ait olanların sayısına bölümüdür. Bu doğruluk ıskalamanın (omission) da bir ölçüsüdür (**Story and Congalton, 1986**). Seçilen detaylar için bu doğruluk, 3691/3881 veya %95.10'dır (Tablo 5.2).

İsabet doğruluğu (User's accuracy): Üretici doğruluğu şeklinde de tanımlanabilir. Tanımlanan sınıf için doğru olarak sınıflandırılanların sayısının, söz konusu sınıfa sınıflandırılanların toplam sayısına bölümüdür. Bu doğruluk, yanlış sınıflandırmanın

(commission) da göstergesidir. Seçilen detayların isabet doğruluğu 3691/3930 veya %93.92'dir (Tablo 5.2).

Genel doğruluk (Overall accuracy): Doğru olarak sınıflandırılanların toplam sayısının (hata matrisindeki diyagonal elemanların toplamının) toplam örnek sayısına bölümüdür. Seçim işleminin genel doğruluğu $(3691+8133)/12253$ veya %96.50'dir (Tablo 5.2). Bu doğruluk, herhangi bir sınıfın seçim doğruluğunu göstermeksizin tüm seçim işleminin doğruluğunu göstermektedir.

Ortalama tespit doğruluğu (Average producer's accuracy): Ortalama üretici doğruluğu şeklinde de tanımlanabilir. Her bir sınıfa ait tespit doğrulukların ortalamasıdır. Ortalama tespit doğruluğu $(95.10+97.15)/2$ veya %96.12'dir (Tablo 5.2). Genel doğruluğun aksine bu doğruluk, küçük sayıda bulunan sınıfa doğru kayma (bias) eğilimindedir.

Ortalama isabet doğruluğu (Average user's accuracy): Ortalama kullanıcı doğruluğu şeklinde de tanımlanabilir. Her bir sınıfa ait isabet doğrulukların ortalamasıdır. Ortalama isabet doğruluğu $(93.92+97.72)/2$ veya %95.82'dir (Tablo 5.2). Genel doğruluğun aksine bu doğruluk, küçük sayıda bulunan sınıfa doğru kayma eğilimindedir.

Bileşik tespit doğruluğu (Combined procedure's accuracy): Bileşik üretici doğruluğu şeklinde de tanımlanabilir. Ortalama tespit doğruluğu ile genel doğruluğun ortalamasıdır. Bileşik tespit doğruluğu $(96.12+96.50)/2$ veya %96.31'dir (Tablo 5.2). Bu doğruluk, ortalama ve genel doğrulukların kayma (bias) eğilimlerini azaltmak için kullanılır.

Bileşik isabet doğruluğu (Combined user's accuracy): Bileşik kullanıcı doğruluğu şeklinde de tanımlanabilir. Ortalama isabet doğruluğu ile genel doğruluğun ortalamasıdır. Bileşik tespit doğruluğu $(95.82+96.50)/2$ veya %96.16'dir (Tablo 5.2). Bu doğruluk, ortalama ve genel doğrulukların kayma eğilimlerini azaltmak için kullanılır.

Kappa katsayısı (Kappa coefficient of agreement): Cohen (1960) tarafından geliştirilen kappa katsayısı, hesaplanmasında hata matrisinin tüm elemanları kullandığından, ıskalama (ommission) ve isabet (commission) hatalarının her ikisini

de dikkate almaktadır (**Lillesand ve Kiefer, 1994**). Her bir sınıflandırma işlemi için Kappa katsayısı hesaplanır. Bu katsayısı, sınıflandırma işlemini referans veri ile karşılaştırarak sınıflandırmanın doğruluğu ve güvenilirliği hakkında bilgi vermektedir. Kappa katsayısı, eşik değer (treshhold) belirleme hesaplamalarında da kullanılmaktadır. **Rosenfield ve Fitzpatrick-Lins (1986)** Kappa katsayısı ile koşullu Kappa (conditional Kappa) 'yı tematik sınıflandırmanın bütünü ve her bir alt sınıfın doğrulukların belirlenmesinde kullanılacağını öne sürmektedirler.

Kappa katsayısının hesaplanması :

$$K = \frac{M \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}{M^2 - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}} \quad (5.1)$$

r : Hata matrisindeki satır sayısı,

X_{ii} : Hata matrisinin i nci satır ve i nci sütun elemanı,

X_{i+} : Hata matrisinin i nci satır elemanlarının toplamı,

X_{+i} : Hata matrisinin i nci sütun elemanlarının toplamı,

M : Hata matrisi elemanlarının toplamı,

Verideki akan su ve su iletim hatları detayların uzunlukları çok farklılık göstermektedir. Her ne kadar detay sayısı, otomasyon olmaksızın yapılacak seçim veya silme işleminde bilgisayar operatörünün yapacağı işler hakkında bilgi verse de değerlendirmede sadece detay sayısına bakmak yanıltıcı olabilir. Dolayısıyla, seçimi işlemini daha iyi değerlendirmek amacıyla, detayların uzunluklarından oluşan hata matrisi de elde edilmiştir (Tablo 5.3).

Tablo 5.3: Akan su ve su iletim hatları otomatik seçim hata matrisi (detay uzunluğu)

UZUNLUK (km)		Referans		
		Seçilen	Seçilmeyen	Toplam
Otomatik Seçim	Seçilen	1918.1	156.9	2075
	Seçilmeyen	75.1	3189.8	3264.9
	Toplam	1993.2	3346.7	5339.9

Tespit Doğruluğu (Producer's accuracy)	96.23	95.31	
İsabet Doğruluğu (User's accuracy)	92.44	97.70	
Ortalama Tespit Doğruluğu (Average producer's accuracy)			95.77
Ortalama İsabet Doğruluğu (Average user's accuracy)			95.07
Genel Doğruluk (Overall accuracy)			95.66
Bileşik Tespit Doğruluğu (Combined procedure's accuracy)			95.71
Bileşik İsabet Doğruluğu (Combined user's accuracy)			95.36
Kappa Güvenirlik Katsayısı (x100)			90.79

Yapılan sınıflandırma işlemi değerlendirildiğinde, seçim işleminin yaklaşık %96.50 ve %95.66 doğruluklarla gerçekleştirildiği ve otomatik seçim sonrası toplam detay sayısı ve uzunluğun Töpfer yasasına uygun olduğu görülmektedir. Fakat doğruluk ne kadar yüksek olursa olsun, coğrafi veri üretimi söz konusu olduğunda, sonuç ürün mutlaka kontrol sürecinden geçmelidir. Burada kontrolcü kartografa yaklaşık %96 doğrulukla seçimi gerçekleştirmiş coğrafi veri sunulmaktadır. Kartograf kontrol ve düzeltmede, alınmaması gereken detayları silmekte ve ilave alınması gereken detayları altlık veriden kopyalamaktadır. Seçim işlemi gerçekleşen Balıkesir-J19 paftası için seçilen 239 detay operatör etkileşimli olarak silinmiş ve seçilmeyen 190 detay ilave olarak alınmıştır (Tablo 5.2). Operatör etkileşimli işlemlere bakıldığında silme işleminin daha fazla olduğu gözükmemektedir. Otomatik seçim işlemi sonucu, arazi karakteristiğini yansıtan ve büyük olasılıkla alınması gereken veri kartografa sunulmakta ve kartografin yoğun veri ile uğraşma zorunluluğu ortadan kaldırılmaktadır. Otomatik seçim işlemi ile genelleştirmenin öznel yapısından büyük ölçüde kurtulunmakta ve üretimde kalite, otomasyon ve standardizasyona önemli katkılar yapılmaktadır.

Yanlış sınıflandırılan detaylar incelendiğinde; detaylar arasındaki kopuklar ve detayların hidrografik ağ yapısındaki sürekliliği ile ilgili coğrafi veri hatalarının yanlış sınıflandırmalara neden olduğu görülmektedir. Ayrıca koşulları sağlamadığından otomatik olarak seçilmeyen bir detay, bir başka detay ile bağlamsal ilişkisinden dolayı alınabilmektedir. Örneğin bir baraja veya gölete giden veya onlardan gelen akan su detayı koşulları sağlamasa bile alınabilmektedir. Ayrıca bir akan su veya su iletim hattının iki kolundan biri, bağlantılı olduğu detay ile aynı doğrultuda olma durumu nedeniyle diğerine göre tercih edilebilir.

Seçim doğruluğunu etkileyen unsurların bir kısmını aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- (a). Seçim işlemi, girilen seçim ölçütlerine doğrudan bağlıdır. Seçilen ölçütlere göre, akan su ve su iletim hatları daha sık veya daha seyrek alınabilir.
- (b). İstenilen sonuca ve amaca göre seçim işlemi ölçütleri değiştirebilir. Örneğin topografik harita üretiminde ismi olan detayların seçim önceliğinin olmasına karşın sadece hidrografik amaçlı üretilecek bir veri için bu ölçütün bir önemi olmayabilir.
- (c). Seçim işleminde girdi verinin kalitesi çok önemlidir. Veride mevcut kopukluklar, kaba hatalar, eksik ve yanlış kıymetlendirmeler seçim işlemini doğrudan etkilemektedir.
- (ç). Seçim işleminin başarısı bölgeye göre değişiklik gösterebilir. Örneğin hidrografik ağ yapısının bulunmadığı, akan suların dağınık ve kopuk şekilde bulunduğu bölgelerde seçim işleminin başarısı düşebilir. Yükseklik verisi, hidrografiya ağ yapısını oluşturmada kullanılmaktadır. Çok düz olan alanlarda, kısa uzunluklara sahip çizgi detayların yönlerinin belirlenmesinde ve ağ yapısının oluşturulmasında başarı düşebilir. Çok düz tarım alanlarında sık ve birbirlerine girmiş halde bulunan su iletim hatların seçimi güç olabilir. Bu durum klasik genelleştirme için de aynıdır.
- (d). Seçim işleminin doğruluğun belirlenmesinde, referans veri ve değerlendirme çok önemlidir. Genelleştirme doğası gereği karmaşık ve öznel bir yapıya sahiptir. Aynı verinin farklı kişiler tarafından genelleştirmesinde farklı sonuçlar çıkabilmektedir. Burada önemli olan genelleştirme sonrası verinin, bölgenin ana yapısını ve karakteristiğini korunmasıdır.

5.2 Yardımcı Eş Yükseklik Eğrileri Otomatik Seçimin Değerlendirilmesi

Yardımcı eş yükseklik eğrilerin kaynak veride doğrudan bulunmadığı durumlarda, türetilmesi gerekmektedir. Yardımcı eş yükseklik eğrilerin türetilmesinde, tez çalışmasında olduğu gibi sayısal arazi yükseklik modellerinden yararlanılabilir. Yardımcı eş yükseklik eğrilerin kaynak veride olması durumunda bu işleme gerek yoktur.

Yardımcı eş yükseklik eğrileri seçim işleminin otomasyonu; sürekli olarak yoğun verilerle uğraşmak zorunda olan coğrafi veri üreticileri için son derece önem arz etmektedir. Sonuç ürünün standardizasyonu; üretim kalitesi ve hızının artırılması bakımından gerekmektedir. Sayısal coğrafi veri üretiminde yardımcı eş yükseklik eğrilerin seçimi, klasik üretimde olduğu gibi doğrudan bilgisayar operatörü (kartograf) tarafından yapılması standardizasyon, doğruluk, zaman, maliyet ve benzeri nedenlerle istenmemektedir.

Yardımcı eş yükseklik eğrilerin seçimi, diğer detay sınıflarındaki detayların seçiminden biraz farklılık göstermektedir. Yardımcı eş yükseklik eğrilerin seçimi, koşulları sağlayan detayların seçimi şeklinde olmayıp, eğrinin koşulları sağlayan kısımların seçimi şeklinde olmalıdır. Dolayısıyla yardımcı eş yükseklik eğrilerin seçimi işleminde, konumsal ve özneliksel sorgulamaların yanında daha karmaşık geometrik ve semantik işlemlere gerek olmaktadır.

Bir yardımcı eş yükseklik eğrisi, paftanın bir ucundan girip diğer ucundan çıkabilir. Buradaki seçim işleminde, yardımcı eş yükseklik eğrilerin koşulları sağlayan kısımları bulunmakta ve çizgi koşulları sağlayan ve sağlamayan kısımlara bölünmekte ve sonrasında seçim işlemi gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla seçim işlemi sonucunun değerlendirilmesinde, detay sayısından ziyade detay uzunluklarının kullanılması gerekmektedir. Çünkü çizgi bölünmelerinden dolayı girdi ve çıktı veride detay sayıları değişmektedir.

Girdi verinin kalitesi, seçim sonucunu doğrudan etkilemektedir. Burada amaç yardımcı eş yükseklik eğrilerin otomatik seçim işlemini değerlendirmek olduğundan, türetilen yardımcı eş yükseklik eğrilerinde gözle tespit edilen kaba hatalar ve TIN sayısal arazi yükseklik modelindeki yatay üçgenlerin varlığından dolayı kaynaklanan

ve programla giderilemeyen hatalar editlenerek düzeltilmiştir. Eş yükseklik eğrilerin kaynak veride doğrudan bulunması durumunda, söz konusu işleme gerek yoktur.

Seçim işlemi girdi verisinin analizi, seçim sonuçların değerlendirilmesinde yardımcı olacaktır. Girdi veri, TOPO25 eş yükseklik eğrilerinden türetilen yardımcı eş yükseklik eğrileridir. Girdi verileri ile ilgili istatistik Tablo 5.4'te verilmektedir.

Tablo 5.4: Yardımcı eş yükseklik eğrileri girdi veri istatistikleri

Detay sayısı	1 283
Toplam uzunluk	9 616 952 m
Ortalama uzunluk	7 496 m
Standart sapma	23 034 m
Minimum uzunluk	7 m
Maksimum uzunluk	294 701 m

Her bir seçimin doğruluğunun değerlendirilmesi sonucu oluşturulan hata matrisi Tablo 5.5'de gösterilmektedir. Hata matrisinde yardımcı eş yükseklik eğrileri seçim değerlendirme sonuçları sunulmaktadır. Girdi ve çıktı verisindeki detay sayısı değişiminden dolayı, hata matrisinin oluşturulmasında detay uzunlukları kullanılmıştır. Verinin pafta kenarına gelmesi ve pafta kenarından kesilmesinden dolayı, program tarafından boyun olarak değerlendirilen 24 detay (toplam uzunluk: 40.2 km) değerlendirme dışında tutulmuştur.

Tablo 5.5: Yardımcı eş yükseklik eğrileri seçim hata matrisi (detay uzunlukları)

DETAY UZUNLUK (km)		Referans		
		Seçilen	Seçilmeyen	Toplam
Otomatik Seçim	Seçilen	1723.6	343.5	2067.1
	Seçilmeyen	251.7	7298.2	7549.9
	Toplam	1975.3	7641.7	9617

Tespit Doğruluğu (Producer's accuracy) 87.26 95.50

İsabet Doğruluğu (User's accuracy) 83.38 96.67

Ortalama Tespit Doğruluğu (Average producer's accuracy) 91.38

Ortalama İsabet Doğruluğu (Average user's accuracy) 90.02

Genel Doğruluk (Overall accuracy)	93.81
Bileşik Tespit Doğruluğu (Combined procedure's accuracy)	92.60
Bileşik İsabet Doğruluğu (Combined user's accuracy)	91.92
Kappa Güvenirlik Katsayısı (x100)	81.36

Operatör etkileşimli işlemler hakkında bilgi vermesi bakımından detay sayıları ile ilgili istatistikler Tablo 5.6'da sunulmaktadır.

Tablo 5.6: Yardımcı eş yükseklik eğrileri seçim istatistikleri

Otomatik olarak seçilen toplam detay sayısı	1 114
Otomatik olarak seçilenlerden kabul edilen detay sayısı	900
Otomatik olarak seçilenlerden silinen detay sayısı	214
İlave seçilen detay sayısı	134

Yapılan sınıflandırma, diğer detayların seçim işleminden farklılık göstermekte ve daha karmaşık geometrik ve semantik sorgulama ve işlemleri gerektirmektedir. Balıkesir j19 paftası için yapılan sınıflandırma işlemi değerlendirildiğinde, seçim işleminin yaklaşık %93.81 doğrulukla gerçekleştirildiği görülmektedir. Fakat üretim söz konusu olduğunda, doğruluk ne kadar yüksek olursa olsun, kartograf kontrolü gerekliliğini ortadan kaldırmamaktadır. Kartograf yoğun veride boğulmaksızın kendisine sunulan, arazi karakteristiğini yansıtan ve büyük olasılıkla alınması gereken veride ilave düzeltmeleri gerçekleştirecektir. Ayrıca seçimin yapıldığı ve çizgilerin bölündüğü yardımcı eş yükseklik eğrilerin ayrı bir detay sınıfı olarak kartografa verilmesi, ilave eğrilerin seçimi için altlık veri teşkil edecek ve çoğu zaman “seç” ve “kopyalama” işlemi yeterli olacak ve nadiren “çizgi böl” işlemi gerekecektir.

Otomatik seçim doğruluğunu etkileyen unsurların bir kısmını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- Seçim işlemi, girilen ölçütlere doğrudan bağlıdır. Seçilen ölçütlere göre, yardımcı eş yükseklik eğrileri daha sık veya daha seyrek alınabilir.
- İstenilen sonuca ve amaca göre seçim işlemi ölçütleri değiştirilebilir.

- (c). Seçim işleminde girdi verinin kalitesi çok önemlidir. Yardımcı eş yükseklik eğrilerin kaynak veride bulunmadığı durumlarda, türetilen yardımcı eş yükseklik eğrilerin doğruluğu çok önemli olmaktadır. Özellikle boyunlarda oluşabilecek problemler seçim sonucunu doğrudan etkilemektedir. Yardımcı eş yükseklik eğrisinin kaynak veride varlığı, seçim sonucunun doğruluğunu olumlu yönde etkileyecektir.
- (ç). Seçim işleminin başarısı bölgeye göre değişiklik gösterebilir. Balıkesir-j19 paftasını kapsayan bölge orta engebeli bir bölgedir.
- (d). Seçim işlemi doğruluğun belirlenmesinde, referans veri ve değerlendirme önemlidir. Genelleştirme doğası gereği karmaşık ve öznel bir yapıya sahiptir. Aynı verinin farklı kişiler tarafından genelleştirmesinde farklı sonuçlar çıkmaktadır. Burada önemli olan, genelleştirme sonrası coğrafi verinin bölgenin ana yapısını ve karakteristiğini yansıtmasıdır.

5.3 Hidrografi ve Yükseklik Detay Sınıflarında Basitleştirme ve Yumuşatma

Genelleştirme sonrası eş yükseklik eğrilerinde arazinin karakteristik hatlarını korumak ve eş yükseklik eğrileri ile nehirlerin uyumu sağlamak amacıyla, eş yükseklik eğrileri ve akan suların basitleştirme ve yumuşatma işlemleri, önceki bölümlerde bahsedildiği gibi, birlikte düşünülmelidir.

Geliştirilen mevcut çizgi basitleştirme ve yumuşatma algoritmaları çoğunlukla çizgi tabanlıdır. Basitleştirme sonrası çizginin başlangıç ve bitiş noktalarının yerleri korunmaktadır. Dolayısıyla eş yükseklik eğrilerin ve akan su çizgi detaylarının belirlenen karakteristik noktalarına düğüm noktası atıldıktan sonra yapılacak basitleştirme işleminde söz konusu karakteristik noktalar korunmuş olur (**Ying ve diğ., 2003**). Bu yöntem ile yapılacak çizgi basitleştirme ve yumuşatma işleminde istenilen algoritma kullanılabilir. Mevcut ticari CBS yazılımlarında sunulan ve iyi sonuçlar sunan çizgi basitleştirme ve yumuşatma algoritmaları içeriğinin bilinmesine gerek kalmamaktadır.

Topografik haritaların klasik üretiminde, mavi kalıp esas kalıp olarak kabul edilir ve en az konum değişikliğinin yapılması istenir (**HGK, 1964; HGK, 1999**). Dolayısıyla, akan suların basitleştirme ve yumuşatma işleminde çok küçük

basitleştirme ve yumuşatma ölçütleri kullanılarak, konumsal değişimlerin olması gereken düzeyde ve küçük tutulur. Detayın karakteristiğinden dolayı, su iletim hatlarında basitleştirme işleminden sonra yumuşatma işlemi yapılmaz. Ayrıca su iletim hatlarının eş yükseklik eğrileri ile mutlak uyumu aranmaz.

Eş yükseklik eğrilerin basitleştirme ve yumuşatma işleminde, hedef ölçekte önemsiz olan girinti ve çıkıntıların giderilmesi istenir. Dolayısıyla, basitleştirme ve yumuşatma algoritmasında kullanılan ölçütler akan su detayları için kullanılan ölçütlerden daha büyük olur. Kullanılacak basitleştirme ve yumuşatma ölçütü ile doğruluk arasında ters bir orantı vardır.

Basitleştirme sonrası eş yükseklik eğrilerinde maksimum yatay konum değişikliği, akan sulara olduğu gibi seçilen basitleştirme ve yumuşatma ölçütü ile kontrol edilir ve belli bir değerin altında tutulur (Şekil 3.20). Basitleştirme işleminde, eşik açısı ve benzeri ölçütlerin kullanıldığı ve seçilen basitleştirme ölçütü ile maksimum yatay konum değişikliğin doğrudan belirlenemediği durumlarda, izin verilen maksimum mesafe kullanılarak oluşturulan tamponlar bu amaç için kullanılabilir.

Eş yükseklik eğrilerinde yatay konum değişikliği aynı zamanda düşey konum değişikliğine de neden olur. Buradaki düşey konum değişikliğin şiddeti, arazinin oradaki eğim durumu ile yakından ilgilidir. Çok engebeli bir arazide, çok ufak bir yatay konum değişikliği çok büyük düşey konum değişikliğine neden olabilir. Bunun tam tersi düz araziler için geçerlidir. Tez çalışmasında önerildiği gibi, maksimum düşey konum değişikliği, eş yükseklik eğrilerin basitleştirme sonrasında birbirlerini kesmemesi koşulu ile belli bir değerin altında tutulabilir. Ana ve ara yardımcı eş yükseklik eğrilerin basitleştirilmesi ve yumuşatılmasında türetilen tüm yardımcı eş yükseklik eğrileri kullanılmakta ve çizgilerin birbirini kesmemesi sağlanmakta, kesmesi durumunda çizginin kesen kısımları için basitleştirme ve yumuşatma ölçütü düşürülerek tekrar uygulanmaktadır. Yardımcı eş yükseklik eğrilerin basitleştirme ve yumuşatılmasında ise seçilen ana ve ara eş yükseklik eğrileri kullanılmakta ve çizgilerin birbirini kesmemesi koşulu aranmaktadır.

Sonuç olarak, eş yükseklik eğrilerinde müsaade edilen maksimum yatay konum değişikliği girilen basitleştirme ölçütü veya oluşturulan tampon bölgeler ile, maksimum düşey konum değişikliği ise istenilen aralıklı türetilen eş yükseklik

eğrileri kullanılarak çizgilerin birbirini kesmemesi koşulu ile istenilen değerin altında tutulabilir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Fotogrametrik yöntem ile toplanan coğrafi verilerin türetme harita ve coğrafi veri setleri üretimindeki otomasyonu, coğrafi veri üreticileri için son derece önemlidir. Toplanan coğrafi veriler, verinin karşılık geldiği ölçekteki haritaların üretiminde doğrudan kullanılabilmekte ve çok az ilave kartografik işleme gerek duyulmaktadır. Söz konusu veriler, değişik içerik ve nitelikteki coğrafi veri setleri ve türetme haritaların üretiminde doğrudan kullanılamamakta, daha gelişkin ve karmaşık işlemler gerektirmekte ve günümüzde çoğunlukla uzman kartograflar tarafından el ile gerçekleştirilmektedir. Sayısal coğrafi verilerin varlığı, coğrafi veri üreticilerini klasik üretim tekniklerini bırakmaya zorlamaktadır.

Hidrografya ve yükseklik verilerinin genelleştirmesi, türetme coğrafi veri setleri ve haritaların üretilmesinde önemli bir işlem adımını oluşturmaktadır. Hidrografya ve yükseklik konumsal bilgilerin genelleştirmesinde yeni, otomatik ve/veya yarı-otomatik genelleştirme tekniklerine olan ihtiyaç belirgin olarak kendini göstermektedir (**Kilpelainen, 1999; Stoter, 2005a**).

Söz konusu çalışmada, 1:100.000 ölçekli standart topografik haritaların üretiminde, 1:25.000 ölçek içerikli eş yüksekli eğrileri, akan sular ve su iletim hatları coğrafi verilerin otomasyon süreçleri araştırılmıştır. Yardımcı eş yükseklik eğrileri, akan sular ve su iletim hatları seçiminin otomasyonu için yeni yaklaşım ve yöntemler geliştirilmiştir. Yükseklik ve hidrografya detayların basitleştirme ve yumuşatma işlemleri için otomasyon süreçleri oluşturulmuştur.

Uygulamada, 1:100.000 ölçekli Balıkesir-J19 paftasını oluşturan TOPO25 verileri kullanılmıştır. Uygulamada oldukça tatmin edici sonuçlar elde edilmiş olup aşağıya çıkarılmıştır:

(a). Yardımcı eş yükseklik eğrilerin otomatik seçimi:

- (1). Yardımcı eş yükseklik eğrilerin seçimi, diğer detayların seçim işleminden biraz farklılık göstermekte, daha karmaşık ve gelişkin sorgulamaları ve yöntemleri gerektirmektedir. Yardımcı eş yükseklik eğrilerin seçimi, eğrinin seçimi şeklinde olmayıp, eğrinin koşulları sağlayan kısımların seçimi şeklindedir.
- (2). Yardımcı eş yükseklik eğrilerin seçim kuralları, bilgisayar tarafından uygulanabilir ifadeler ve ölçütler ile tanımlanmaya çalışılmıştır.
- (3). Eş yükseklik eğrilerin genelleştirilmesi otomasyonunda sorun olan yardımcı eş yükseklik eğrilerin seçimi, geliştirilen yöntem ile büyük ölçüde giderilmiş ve otomasyonu sağlanmıştır. Balıkesir-J19 bölgesi için otomatik seçim doğruluğu %93.81'dir.

(b). Akan su ve su iletim hatları otomatik seçimi:

- (1). Akan su ve su iletim hatları, hidrografiya detay sınıfında en yoğun olarak bulunan coğrafi veridir. Seçimi diğer detayların seçiminden farklılık göstermektedir. Diğer birçok ölçütlerin yanında, hidrografiya ağ yapısı da seçimde dikkate alınmalıdır.
- (2). Akan su ve su iletim hatların seçim kuralları, bilgisayar tarafından uygulanabilir ifadeler ve ölçütler ile tanımlanmaya çalışılmıştır.
- (3). Geliştirilen yöntem ve yaklaşım ile akan su ve su iletim hatların otomatik seçimi gerçekleştirilmiştir. Balıkesir-J19 bölgesi için otomatik seçim doğruluğu %95.66'dir.

(c). Girdi verinin kalitesi, seçim sonucunun doğruluğunu doğrudan etkilemektedir. Verideki mevcut kaba hatalar, kopukluklar ve çapaklar seçim doğruluğunu düşürmektedir. Yardımcı eş yükseklik eğrilerin kaynak veride bulunmadığı durumlarda, türetilen yardımcı eş yükseklik eğrilerin kalitesi önemlidir.

(ç). Otomatik seçim, girilen seçim ölçütleri ile doğrudan ilişkilidir. Amaca göre seçim ölçütleri değiştirilebilir ve farklı sonuçlar alınabilir. Uzman olmayan kullanıcılar için ölçütler gruplandırılarak farklı ölçüt seçenekleri oluşturabilir ve ayrı bir ara yüz ile kullanıcıya sunulabilir.

(d). Yükseklik ve hidrografiya detayların basitleştirme ve yumuşatma işlemleri için otomasyon süreçleri oluşturulmuştur. Balıkesir-J19 bölgesi coğrafi verileri için tatmin edici sonuçlar elde edilmiştir. Hidrografiya detay sınıfında minimum basitleştirme ve yumuşatma istenmektedir **(HGK, 1964; HGK, 1999)**. Bu durum seçilen basitleştirme ve yumuşatma ölçütü ile sağlanmaktadır. Eş yükseklik eğrileri basitleştirme ve yumuşatmasında ise; girilen basitleştirme ve yumuşatma ölçütü ile konumsal doğruluk, eş yükseklik eğrilerin türetilen eş yükseklik eğrileri ile basitleştirme ve yumuşatma işlemine girmesi ve genelleştirme sonrası çizgilerin birbirlerini kesmemesi koşulu ile düşey doğruluk kontrol altında tutulmaktadır.

Üretim söz konusu olduğunda, seçim işleminin mutlaka kontrolünün yapılması gerekmektedir. Kontrolsüz bir üretim düşünülemez. Yukarıdaki bahsedilen otomatik seçim; kartografi yoğun veri içinde boğulmasından kurtararak, %93.81 ve %95.66 doğrulukla seçimi gerçekleştirmiş bir veri sunacaktır. Sunulan veri, söz konusu bölge için arazi karakteristiğini büyük ölçüde koruyan yükseklik ve hidrografiya coğrafi veri iskeletini oluşturacaktır. Seçilmiş veri, kartograf için bir altlık teşkil eder. Böylelikle genelleştirmenin doğasında var olan öznelikten büyük ölçüde kurtulmuş ve üretimde standardizasyon oluşturulmuş olur. Kartograf seçilmiş veri üzerinde sadece kontrol yaparak ilave alması ya da silmesi gereken işlemleri yapar.

Yardımcı eş yükseklik eğrileri, akan sular ve su iletim hatları otomatik seçimi için geliştirilen yöntem ve yaklaşımın, üretime yönelik var olan boşluğun doldurulmasına katkı sağlayacağı ve çeşitli türetme coğrafi veri setleri ve haritalar ile hızlı üretim vb. nedenlerle tercih edilen zenginleştirilmiş ortofoto haritaların üretilmesinde doğrudan kullanılabileceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

- Armstrong, M.P.**, 1991. Knowledge classification and organization for cartographic generalization, in *Map Generalization*, pp. 86-102, Eds. Battenfield, B.P. & McMaster, R.B., London: Longman, UK.
- Aslan, S.**, 2003. Topografik haritalarda yerleşim yeri ve bina genelleştirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aumann, G., Ebner, H., and Tang, L.**, 1991. Automatic Derivation of Skeleton Lines from Digitized Contours, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, **46**, 259-68.
- Bank, E.**, 1998. 1:25.000 ölçekli haritalardan bilgisayar destekli genelleştirme ile 1:50.000 ölçekli harita üretimi, *Doktora Tezi*, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Başaraner, M.**, 2000. Coğrafi Bilgi Sistemi Ortamında Genelleştirme ve Çoklu Gösterim, *Harita Dergisi*, **124**, 1-15.
- Beard, M.K.**, 1991. Constraints on rule formation, in *Map Generalization*, pp. 121-135, Eds. Battenfield, B.P. & McMaster, R.B., London: Longman, UK.
- Bennett, D. A. and Armstrong, M. P.**, 1996. An Inductive Knowledge-Based Approach to Terrain Feature Extraction, *Cartography and Geographic Information Systems*, **23**, 3-19.
- Bertin, J.**, 1983. Semiology of graphics, The University of Wisconsin Press, Madison, Wisconsin.
- Bildirici, Ö.**, 2000. 1:1000-1:25000 ölçek aralığında bina ve yol objelerinin sayısal ortamda kartografik genelleştirilmesi, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Brad, S.**, 2003. Evaluation of generalisation quality, *5th ICA Workshop on Progress in Automated Map Generalization*, Paris, France, April 28-30.
- Bodansky, E., Gribov, A., Pilouk, M.**, 2002. Smoothing and Compression of Lines Obtained by Raster to Vector Conversion, *Fourth International Workshop on Graphics Recognition Algorithms and Applications*, London, UK, September 7-8.

- Brassel, K.E., ve Weibel, R.,** 1988. A Review and Conceptual Framework of Automated Map Generalization, *International Journal of Geographical Information Systems*, **2**, 229-244.
- Cai, Z., Du, Q., Wu, H., Liao, C.,** 2003. Construction of database platform for interactive generalization on large scale topographic map, *21st ICA International Cartographic Conference*, Durban, South Africa, August 10-16, 2068-2079.
- Casanovas, M.J., Molenaar, M.,** 1995. Aggregation hierarchies for multiple scale representations of hydrographic networks in GIS, *17th International Cartographic Conference*, Barcelona, Spain, September 3-9.
- Chang, Y.C., Song, G.S., Shu, K.H.,** 1998. Automatic Extraction of Ridge and Valley Axes Using the Profile Recognition and Polygon-Breaking Algorithm, *Computers and Geosciences*, **24**, 83-93.
- Christ, F.,** 1978. A Program for the Fully Automated Displacement of Point and Line Features in Cartographic Generalization, *Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen Reihe*, **35**, 5-29.
- Christensen, A.H.J.,** 1999. Cartographic Line Generalization with Waterlines and Medial-Axes, *Cartography and Geographic Information Science*, **26**, 18-32.
- Cohen, J.,** 1960. A Coefficient of Agreement for Nominal Scales, *Educational and Psychological Measurement*, **20**, 37-46.
- Çetinkaya, B., Aslan, S., Ilgin, D.E., Yıldırım, A.,** 2004. Some intermediate results of KartoGen Generalization Project in HGK, *ICA/EuroSDR Workshop on Generalisation and Multiple Representation*, Leicester, UK, August 19-22.
- Çetinkaya, B., Türker, M.,** 2005. Automatic detection of earthquake-damaged buildings using DEMs created from pre- and post-earthquake stereo aerial photographs, *International Journal of Remote Sensing*, **26**, 823-832.
- Douglas, D. H.,** 1986. Experiments to Locate Ridges and Channels to Create a New Type of Digital Elevation Model, *Cartographica*, **23**, 29-61.
- Douglas, D.H., Peucker, T.K.,** 1973. Algorithms for the Reduction of the Number of Points Required to Represent a Line or its Caricature, *The Canadian Cartographer*, **10**, 112-122.
- Ebner, H. and Tang, L.,** 1989. High fidelity digital terrain models from digitized contours, *14th ICA International Cartographic Conference*, Budapest, Hungary, August 17-24.

- ESRI**, 2006. <http://www.esri.com>, <http://arcgisdeveloperonline.esri.com/>, February 2006.
- EuroGraphics**, 2005. Generalisation Processes: a benchmark study of the expert group on quality, February 2005, http://www.eurogeographics.org/eng/05_quality_reports.asp.
- Felkel, P., Obdrzalek, S.**, 1998. Straight Skeleton Implementation, *Proceedings of Spring Conference on Computer Graphics*, Budmerice, Slovakia, April 23-25, 210-218.
- Finsterwalder, R.**, 1986. Zur Bestimmung von Tal- und Kammlinien, *Zeitschrift für Vermessungswesen*, **111**, 184-89.
- Gökgöz, T.**, 1999. Yükseklik eğrilerin basitleştirilmesinde yeni bir yaklaşım, *Doktora Tezi*, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gökgöz, T.**, 2005. Generalization of Contours Using Deviation Angles and Error Bands, *The Cartographic Journal*, **42**, 45-156.
- Gökgöz, T., Selçuk, M.**, 2004. A New Approach For The Simplification Of Contours, *Cartographica*, **39**, Winter 2004.
- Hardy, P., Meyer, M.**, 2003. Efficient map production by re-engineering and generalising your data assets, *Cambridge Conference for National Mapping Organisations*, Cambridge, UK., July 21-25.
- Harrie, L.**, 1998. Generalization methods for propagating updates between cartographic data sets, *M.Sc. Thesis*, Lund University, Lund Institute of Technology, Department of Surveying, Lund, Sweden.
- HGK**, 1964. Tahvil Talimatı (1:100.000), Harita Genel Komutanlığı, Ankara.
- HGK**, 1981. Genel Kartografya, Harita Genel Komutanlığı, Ankara.
- HGK**, 1999. 1:50.000 Ölçekli Haritaların Tahviline Ait Teknik Talimat, Harita Genel Komutanlığı, Ankara.
- HGK**, 2002. 1:25.000, 1:50.000 ve 1:100.000 Ölçekli Kartografik Vektör ve Sayısal Harita Detay Tanımlama ve Özel İşaretler Yönergesi, Harita Genel Komutanlığı, Ankara.
- Hellstrom, A.K.**, 1999. Uppdatering av kartografiska databaser genom fortplantning (in Swedish), *Ms.Sc. Thesis*, University of Lund, LMV-Rapport 1999:6, Gävle.
- ICA**, 1973. Multilingual Dictionary of Technical Terms in Cartography, Franz Steiner Verlag GMBH.

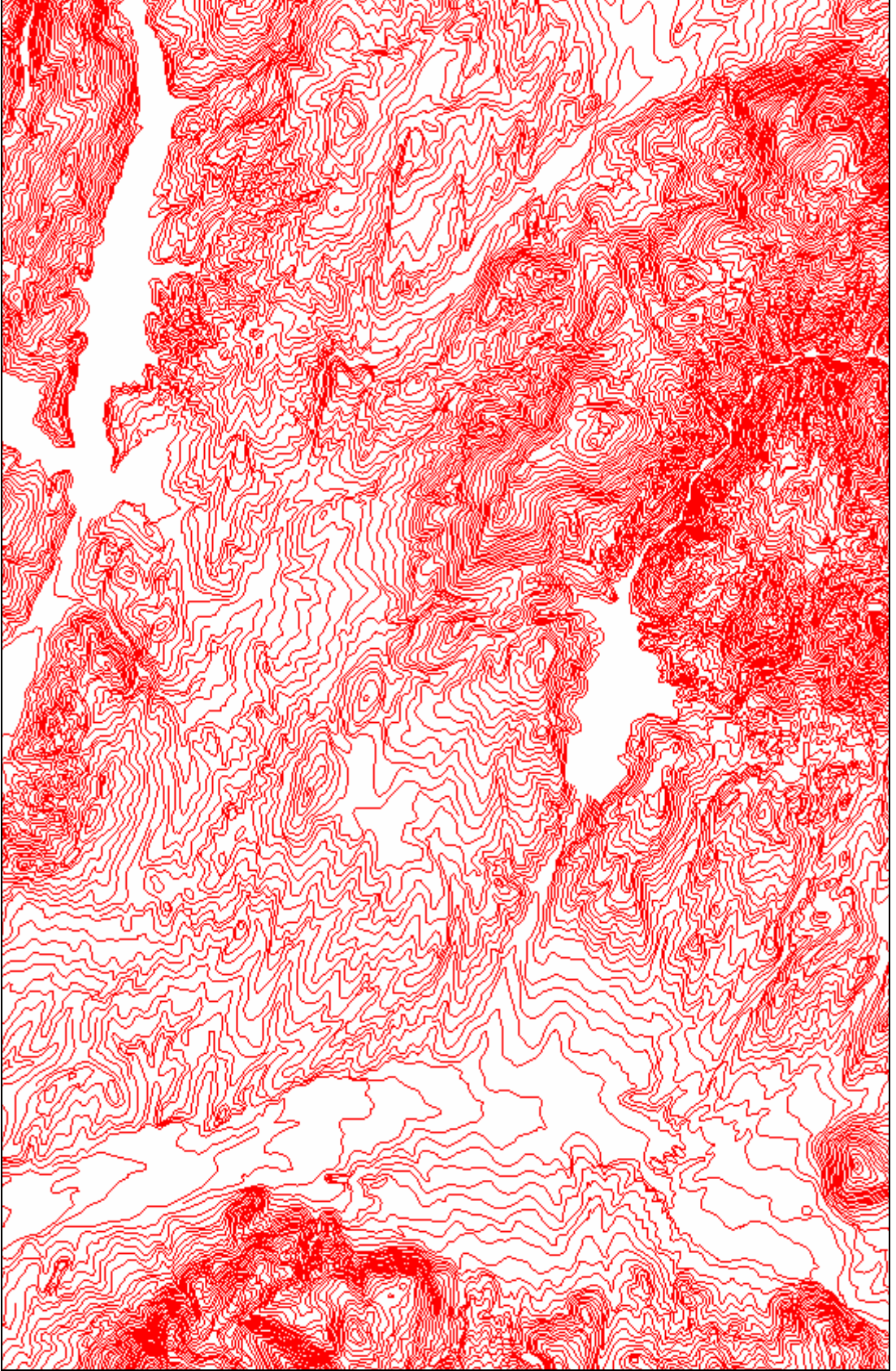
- Inaba, K., Aumann, G. and Ebner, H.,** 1988. DTM Generation from Digital Contour Data Using Aspect Information, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Kyoto, Japan, **27**, 101-110.
- Itzhak, E., Yoeli, P., Doysther, Y.,** 2001. Analytic generalization of topographic and hydrologic data and its cartographic display - intermediate results, *20th ICA International Cartographic Conference*, Beijing, China, August 6-10.
- Itzhak, E., Yoeli, P., Doysther, Y.,** 2005. Analytic Generalization of Topographic Data and Terrain Models, *22nd ICA International Cartographic Conference*, A Coruna, Spain, July 9-16.
- Jaakola, O.,** 1994. Finnish Corine Land Cover - A Feasibility Study of Automatic Generalization and Data Quality Assessment, *Reports of the Finnish Geodetic Institute*, Helsinki.
- Jaakkola, O.,** 1998. Multi-scale Categorical Data Bases with Automatic Generalization Transformations Bases on Map Algebra, *Cartography and Geographic Information Systems*, **25**, 195-207.
- Joao, E.M.,** 1998. Causes and Consequences of Map Generalization, Taylor and Francis: London, England.
- Kazemi, S., Lim, S., Rizos, C.,** 2004. A review of map and spatial database generalization for developing a generalization framework, *20th ISPRS Congress*, İstanbul, Turkey, July 12-23.
- Keates, J.S.,** 1996. Understanding Maps, 2nd Edition, Longman Group Limited, Essex, UK.
- Keskinsel, F.,** 2000. Şebeke Bazlı Bilgisayar Destekli Proje Yönetimi, Birsen Yayınevi, İstanbul, Türkiye.
- Kilpelainen, T.,** 1999. Map Generalisation in the Nordic Countries, *Reports of The Finnish Geodetic Institute*, Finland.
- Kilpelainen, T., Letho, L.,** 2001. Challenges for Information Society for Map Generalization, *4th ICA Workshop on Progress in Automated Map Generalization*, Beijing, China, August 2-4.
- Laurini, R. ve Thomson, D.,** 1992. Fundamentals of Spatial Information Systems, First Edition, Academic Press Limited.
- Lee, D.,** 1996a. Automation of Map Generalization - the Cutting Edge Technology, ArcInfo Software, An ESRI White Paper.
- Lee, D.,** 1996b. Making databases support map generalization, *GIS/LIS 96 Conference*, Denver, Colorado, November 19-21, 467-480.

- Lee, D.**, 2002. Moving Towards New Technology for Generalization, An ESRI White Paper.
- Lee, D.**, 2003. Recent generalization development and road ahead, *5th ICA Workshop on Progress in Automated Map Generalization*, Paris, France, April 28-30.
- Lee, D.**, 2004. Geographic and cartographic context in generalization, *ICA/EuroSDR Workshop on Generalisation and Multiple Representation*, Leicester, UK, August 19-22.
- Lee, D., Hardy, P.**, 2005. Automatic Generalization – Tools and Models, *22nd ICA International Cartographic Conference*, A Coruna, Spain, July 9-16.
- Li, G.**, 2003. Automatic cartographic generalization in digital time, *21st ICA International Cartographic Conference*, Durban, South Africa, August 10-16, 2297-2300.
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W.**, 1994. Remote Sensing and Image Interpretation, 3rd Edition, Jhon Wiley and Sons, Inc.
- Longley, P.A., Goodchild M.F., Maguire D.J., Rhind D.W.**, 2001. Geographic Information Systems and Science, ESRI Press, California, USA..
- Maidment, D.R.**, 2002. Arc Hydro (GIS for Water Resources), ESRI Press, California, USA..
- Maidment, D., Djokic D.**, 2000. Hydrologic and Hydraulic Modeling Support with Geographic Information Systems, ESRI Press, California, USA.
- Mark, D. M.**, 1984. Automated Detection of Drainage Networks from Digital Elevation Models, *Cartographica*, **21**, 168-78.
- Mark, D.M.**, 1991. Object modelling and phenomenon-based generalization, in *Map Generalization*, pp. 103-118, Eds. Buttenfield, B.P. & McMaster, R.B., London: Longman, UK.
- McAllister, M., Snoeyink, J.**, 2000. Medial Axis Generalization of River Networks, *Cartography and Geographic Information Science*, **27**, 129-138.
- McMaster, R.B.**, 1987. Automated Line Generalization, *Cartographica*, **24**, 74-111.
- McMaster, R.B.**, 1991. Conceptual frameworks for geographical knowledge, in *Map Generalization*, pp. 21-39, Eds. Buttenfield, B.P. & McMaster, R.B., London: Longman, UK.
- McMaster, R.B., ve Shea, K.S.**, 1988. Cartographic generalization in a digital environment: A framework for implementation in a geographic information system, *GIS/LIS 88 Conference*, San Antonio, Teksas, November 29-December 3, 240-249.

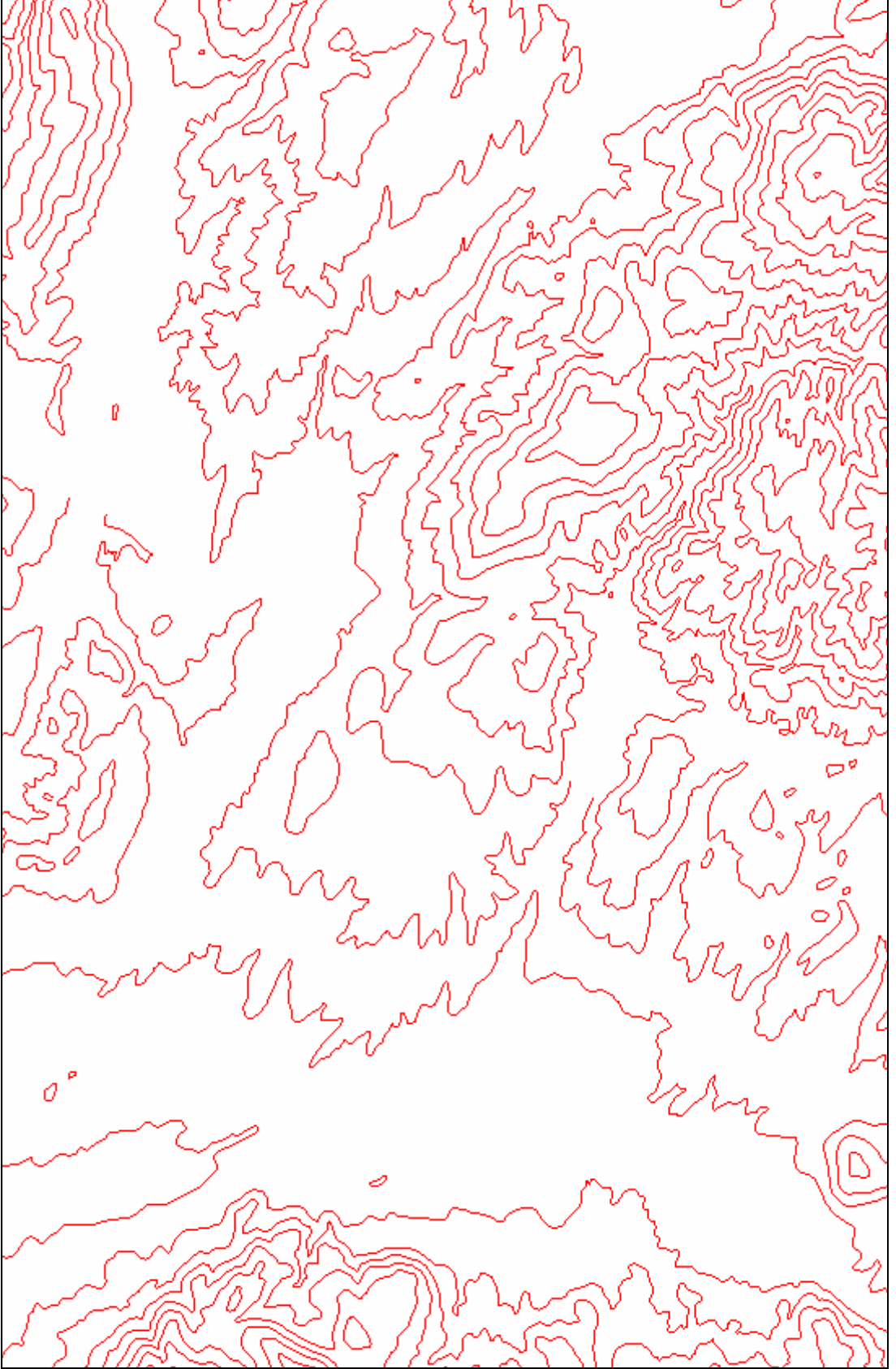
- McMaster, R.B., Shea, K.S.,** 1992. Generalisation in Digital Cartography, Washington, DC: Association of American Geographers Press.
- Monmonier, M.S.,** 1982. Computer-Assisted Cartography, Principles and Prospects, Prentice-Hall, Inc., Engewood Cliffs.
- Mooriset, B., ve Ruas, A.,** 1997. Simulation and agent modeling for road selection in map generalization, *18th ICA International Cartographic Conference*, Stockholm, Sweden, June 23-27.
- Muller, J.C.,** 1991. Generalization of spatial databases, in *Geographical Information Systems*, pp. 457-475, Eds. Maguire, D.J., Goodchild, M.F., Rhind., D., London: Longman, UK.
- Mustiere, S., Moulin, B.,** 2002. What is spatial context in cartographic generalisation?, *Joint ISPRS/ICA workshop on Multi-Scale Representations of Spatial Data*, Ottawa, Canada, July 7-8.
- Nickerson, B.G. ve Freeman, H.,** 1986. Development of a rule-based system for automatic map generalization, *Second International Symposium on Spatial data Handling*, Seattle, Washington, June 5-10.
- Ormsby, D., ve Mackaness, W.,** 1999. The Development of Phenomenological Generalization within an Object-oriented Paradigm, *Cartography and Geographic Information Science*, **26**, 70-80.
- Peng, W., Pilouk, M. and Tempfli, K.,** 1996. Generalizing Relief Representation Using Digitized Contours', *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vienna, **31**, 649-654.
- Peng, W.,** 1997. Automated generalization in GIS, *Ph.D. Thesis*, ITC Publication, Netherland.
- Qian, J., Ehrich, R. W. and Campbell, J. B.,** 1990. DNESYS – An Expert System for Automatic Extraction of Drainage Networks from Digital Elevation Data, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, **28**, 29-45.
- Ratajski, L.,** 1967. Phenomenes des points de generalization, in *International Yearbook of Cartography* 7, pp. 143-151, Wiley Press, New York.
- Robinson, A., Sale, R., Morrison, J.,** 1978. Elements of Cartography, Wiley Press, New York.
- Rosenfield, G.H., Fitzpatrick L.K.,** 1986. A Coefficient of Agreement as a Measure of Thematic Classification Accuracy, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **52**, 223-227.

- Schylberg, L.**, 1993. Computational methods for generalization of cartographic data in a raster environment, *Ph.D. Thesis*, Photogrammetric Reports No 60, Royal Institute of Technology, Department of Geodesy and Photogrammetry, Stockholm, Sweden.
- Seemuller, W.**, 1989. The Extraction of Ordered Vector Drainage Networks from Elevation Data, *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, **47**, 45-58.
- Shea, K.S.**, 1991. Design considerations for an artificially intelligent system, in *Map Generalization*, pp. 3-20, Eds. Battenfield, B.P. & McMaster, R.B., London: Longman, UK.
- Shea, K.S., ve McMaster, R.B.**, 1989. Cartographic generalization in a digital environment: When and how to generalize, AUTO-CARTO 9, 9th *International Symposium on Computer - Assisted Cartography*, Baltimore, Maryland, April 2-7, 56-67.
- Skopeliti, A., Tsoulos, L.**, 2001a. A methodology for the assesment of generalization quality, *4th ICA Workshop on Progress in Automated Map Generalization*, Beijing, China, August 2-4.
- Skopeliti, A., Tsoulos L.**, 2001b. A knowledge based approach for the generalization of linear features, *20th ICA International Cartographic Conference*, Beijing, China, August 6-10.
- Spiess, E., Baumgartner, U., Arn, S., Vez, C.**, 2005. Topographic Maps - Map Graphics and Generalisation, *Swiss Society of Cartography*, Cartographic Publication Series 17, Swiss Topo Press, Switzerland.
- Story, M., Congalton, R.G.**, 1986. Accuracy Assessment: A User's Perspective, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **52**, 397-399.
- Stoter, J.E., Kraak, M.J., Knippers, R.A.**, 2004. Generalisation of framework data: a research agenda, *ICA/EuroSDR Workshop on Generalisation and Multiple Representation*, Leicester, UK, August 19-22.
- Stoter, J.E.**, 2005a. Generalisation within NMA's in the 21st century, *22nd ICA International Cartographic Conference*, A Coruna, Spain, July 9-16.
- Stoter, J.E.**, 2005b. Generalisation: The gap between research and practice, *8th ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation*, A Coruna, Spain, July 7-8.
- Tang, L.**, 1992. Automatic Extraction of Specific Geomorphological Elements from Contours, *Geo Informations Systems*, **5**, 20-27.
- Thomas, F.**, 1998. Generating Street Center-Lines from Inaccurate Vector City Maps, *Cartography and Geographic Information Systems*, **25**, 221-230.

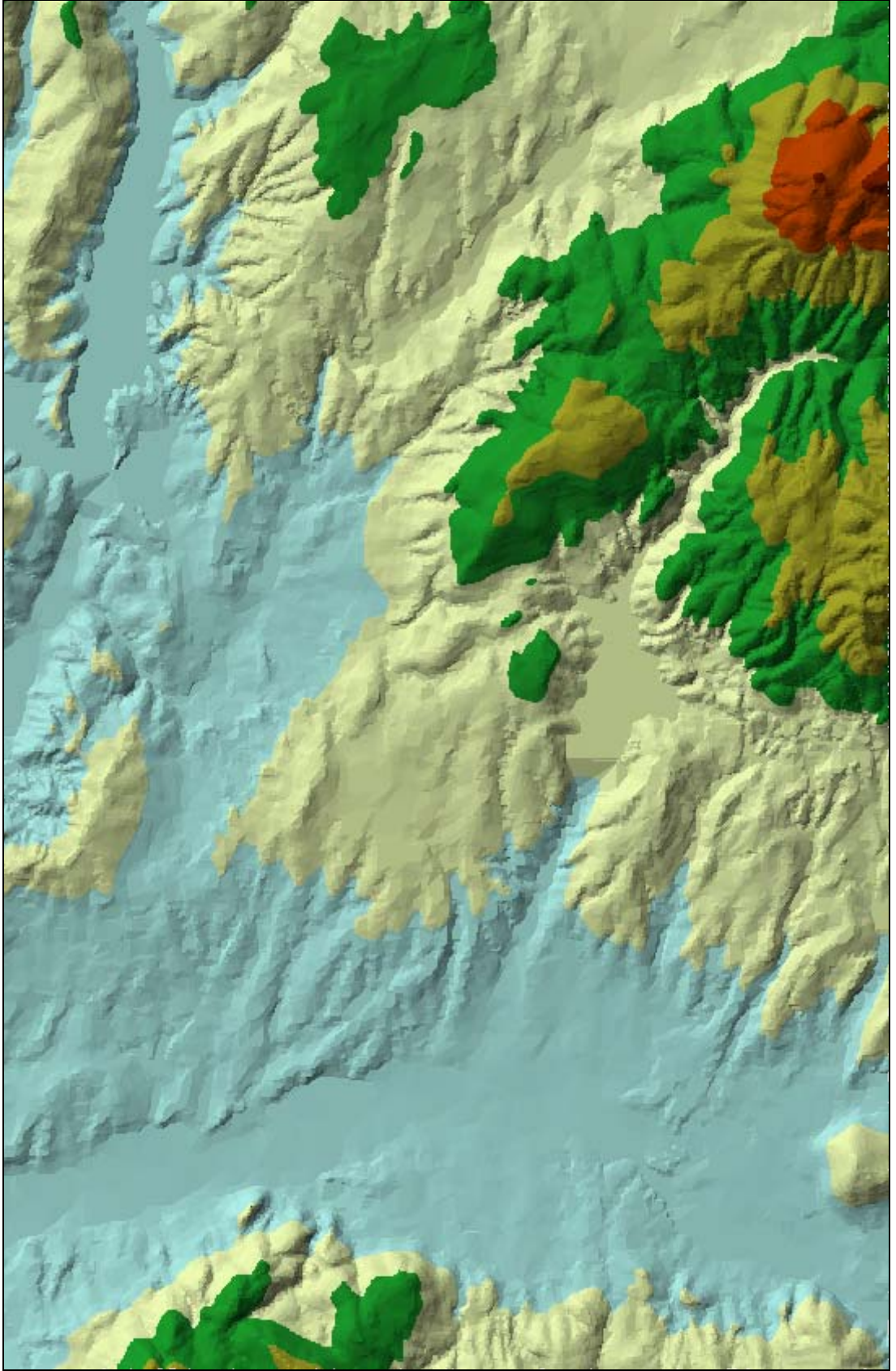
- Timpf, S.**, 1998. Hierarchical structures in map series, *Ph.D. Thesis*, Technical University of Vienna.
- Tomlin, C.D.**, 1990. Geographic Information Systems and Cartographic Modeling, Printice Hall, Englewood Cliffs, N.J., USA.
- Töpfer, F.**, 1974. Kartographische Generalisierung, Haack-Gotha, Leipzig.
- Van Smaalen, J.W.N.**, 1996. Spatial Abstraction Based on Hierarchical Reclassification, *Cartographica*, **33**, 65-73.
- Wang Z.**, 1996. Manual versus Automated Line Generalization, *GIS/LIS 96 Conference*, Denver, Colorado, November 19-21, 94-106.
- Weibel, R.**, 1987. An Adaptive Methodology for Automated Relief Generalization, *Auto-Carto 8 Conference*, Maryland, USA, March 29-April 3, 42-49.
- Weibel, R.**, 1991. Amplified intelligence and rule-based systems. in *Map Generalization*, pp. 172-186, Eds. Buttenfield, B.P. & McMaster, R.B., London: Longman, UK.
- Weibel, R., Edwardes, A., Burghardt, D., Bobzien, M., Harrie, L., Letho., L., Reichenbacher., T., Sester, M.**, 2003. Map generalization technology: Addressing the need for a common research platform, *21st ICA International Cartographic Conference*, Durban, South Africa, August 10-16, 170-179.
- Wiebel, R., Jones, C.B.**, 1998. Computational Perspective on Map Generalization, *GeoInformatica*, **2**, Kluwer Academic Publisher, 307-314.
- Wu, H.**, 2001. Research of fundamental theory and technical approaches to automating map generalization, *20th ICA International Cartographic Conference*, Beijing, China, August 6-10.
- Ying, S., Li, L., Zhang, Y.**, 2003. Consistent line simplification based on constraint points, *21st ICA International Cartographic Conference*, Durban, South Africa, August 10-16, 246-251.
- Yoeli, P.**, 1984. Error-Bands of Topographical Contours with Computer and Plotter (Program KOPPE), *Geo-Processing*, **2**, 287-97.
- Zeiler M.**, 1999. Modeling Our World, ESRI Press, California, USA.
- Zhilin, L., Haigang, S., Jianya, G.** 1999. A System for Automated Generalisation of Contour Lines, *19th ICA International Cartographic Conference*, Ottawa, Canada, August 14-21.



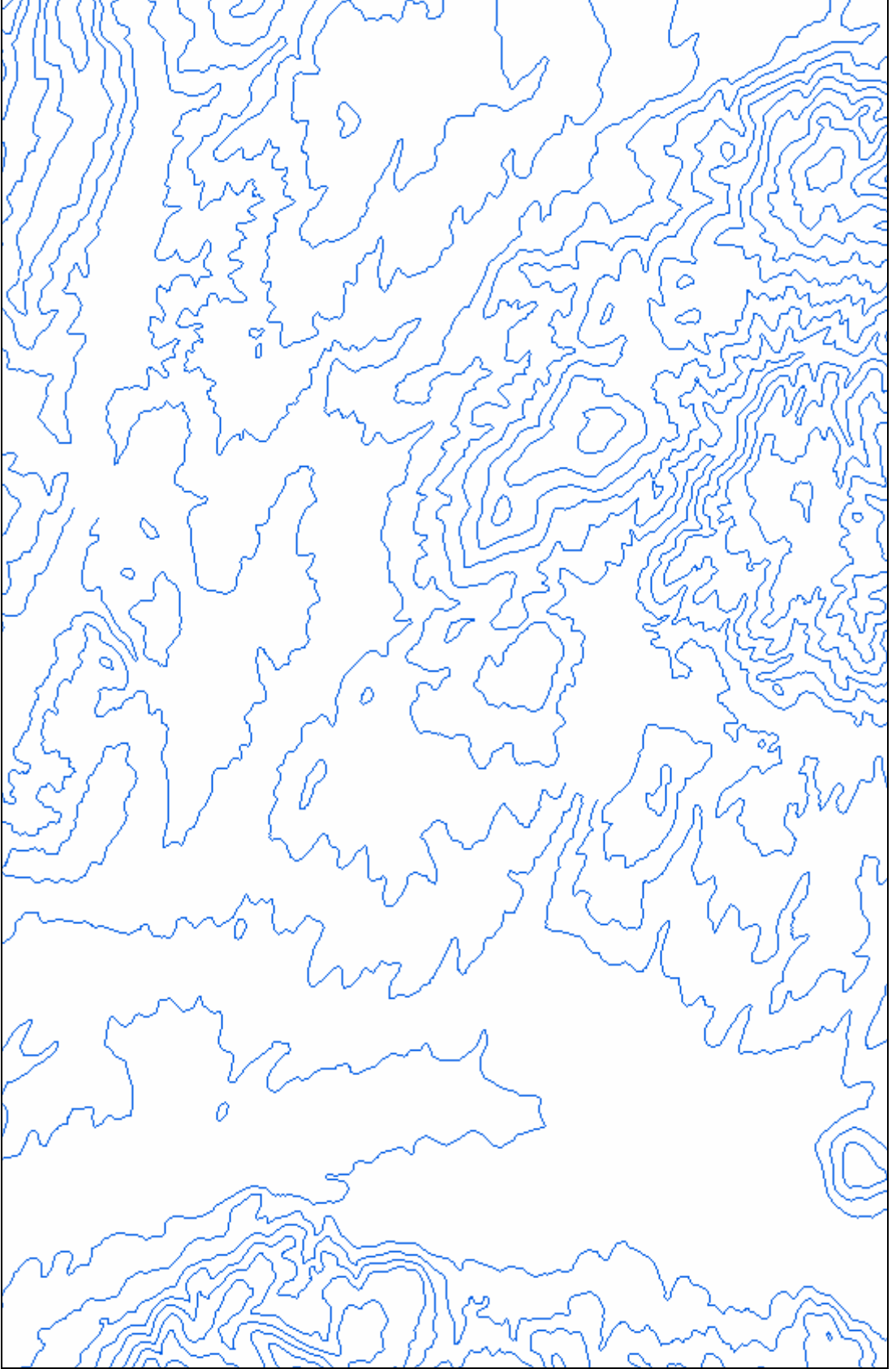
Şekil A.1: 1:25.000 ölçek içerikli eş yükseklik eğrileri



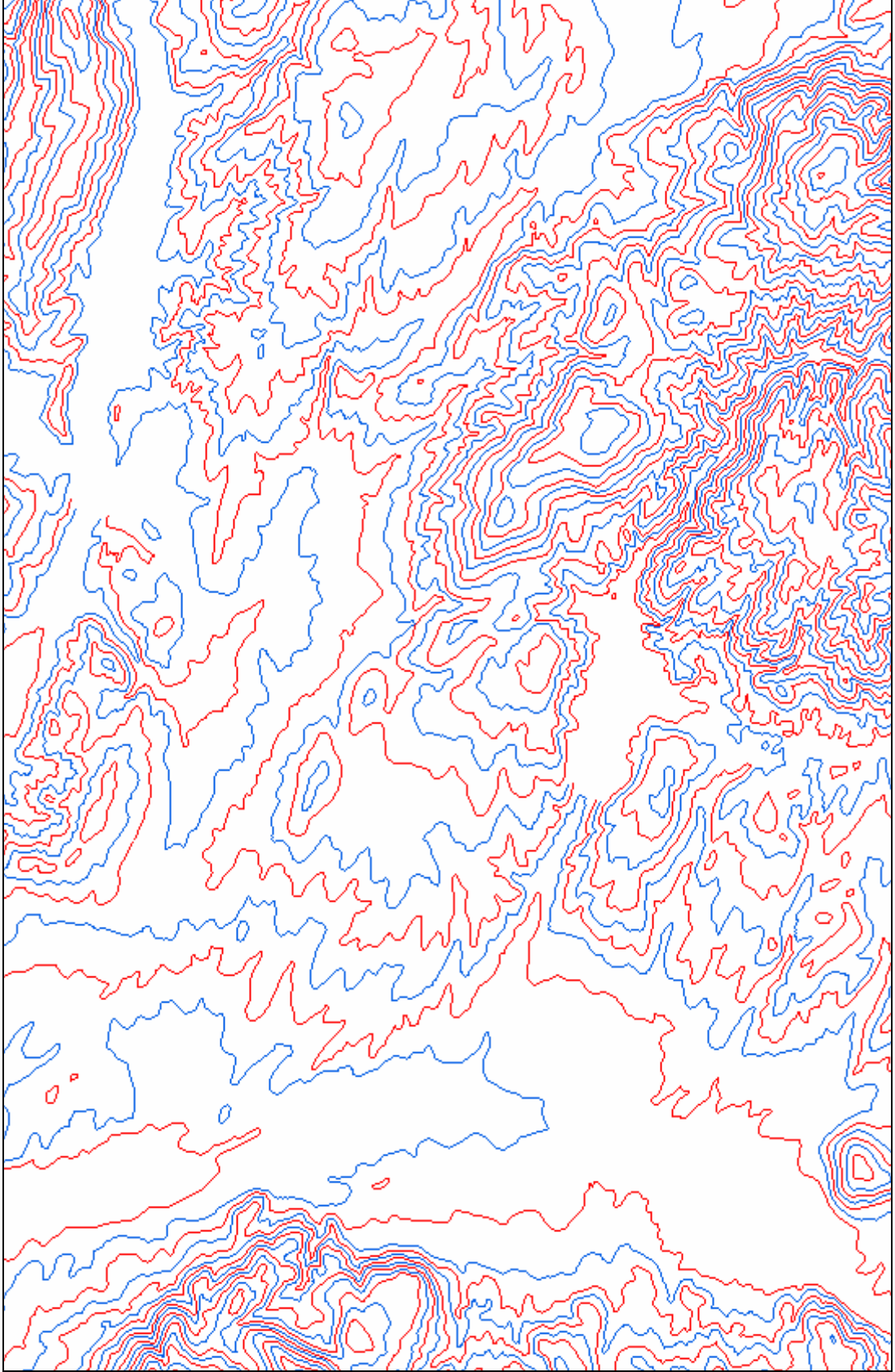
Şekil A.2: Ana ve ara eş yükseklik eğrileri seçim sonrası



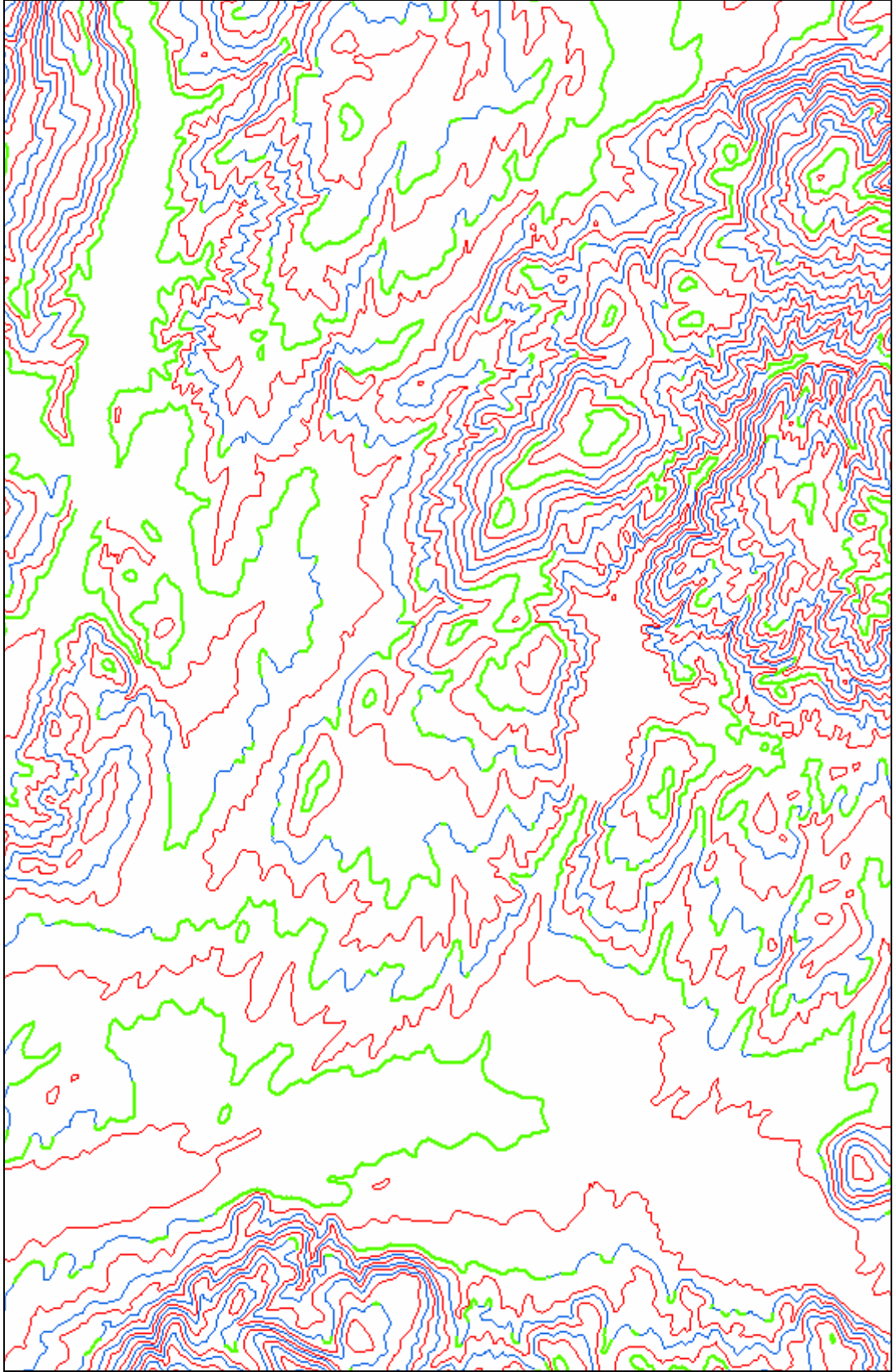
Şekil A.3: Sayısal Arazi Yükseklik Modeli (TIN)



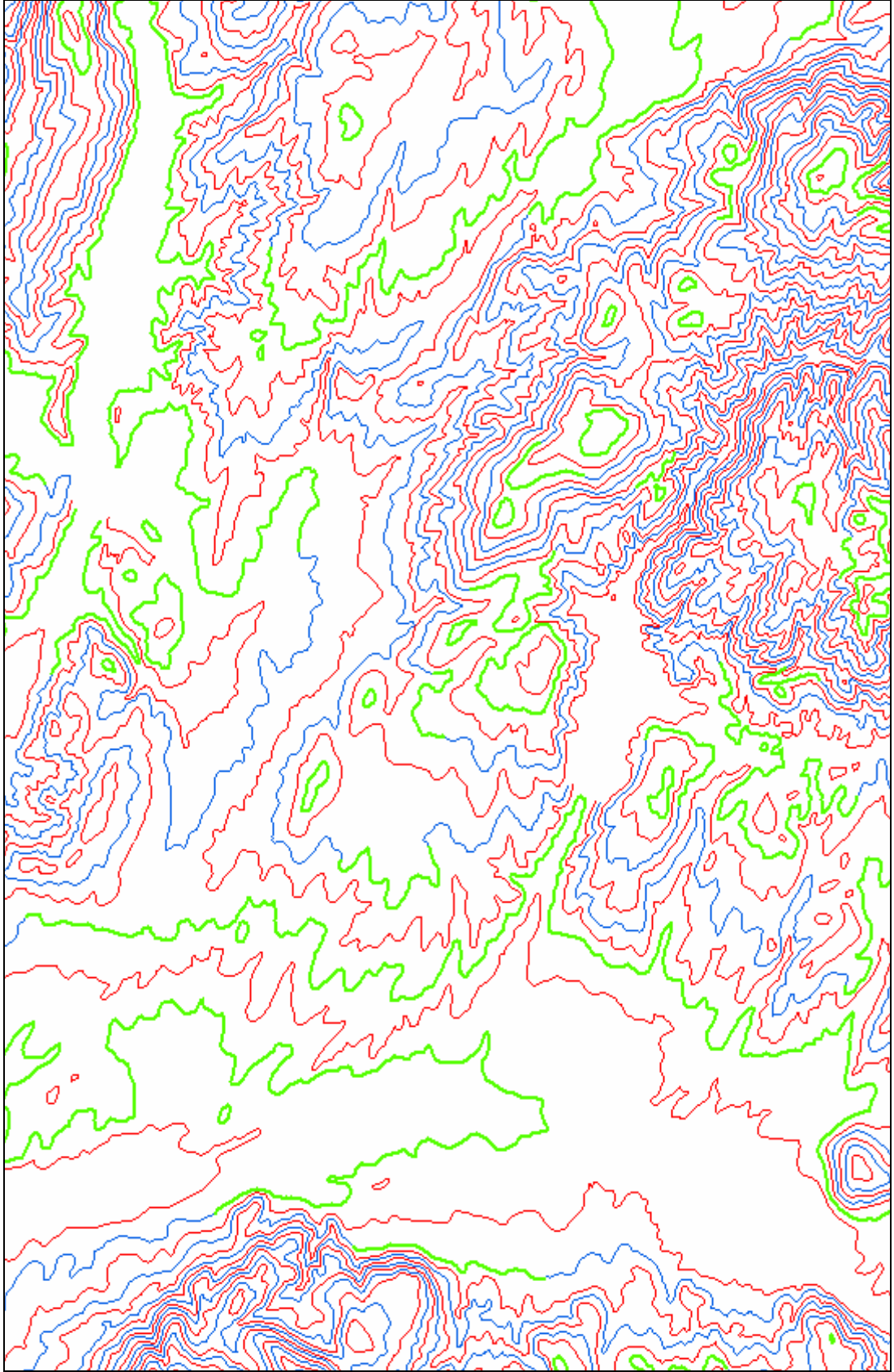
Şekil A.4: Türetilen ve iyileştirilen yardımcı eş yükseklik eğrileri



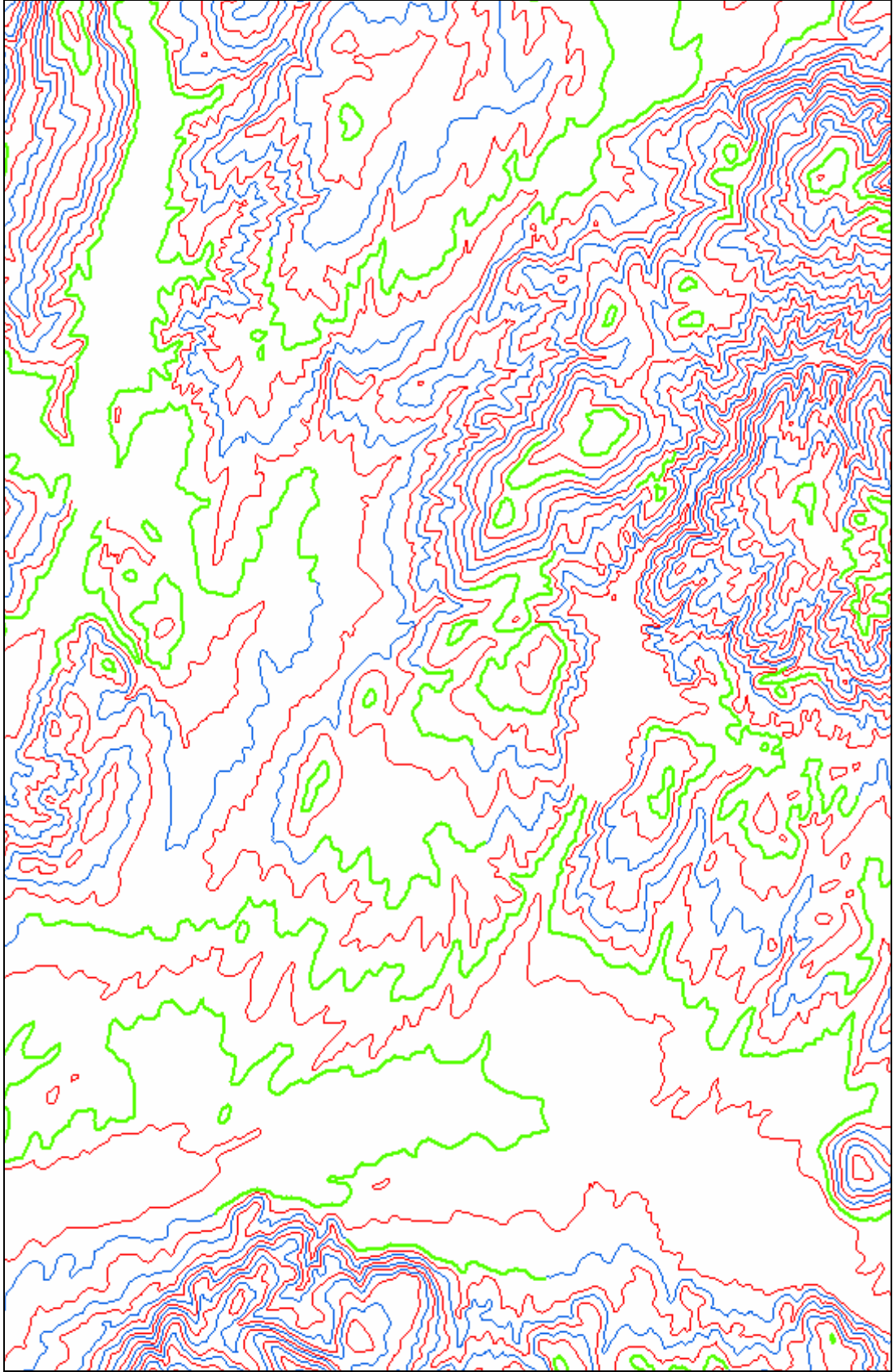
Şekil A.5: Ana, ara ve türetilen yardımcı eş yükseklik eğrileri



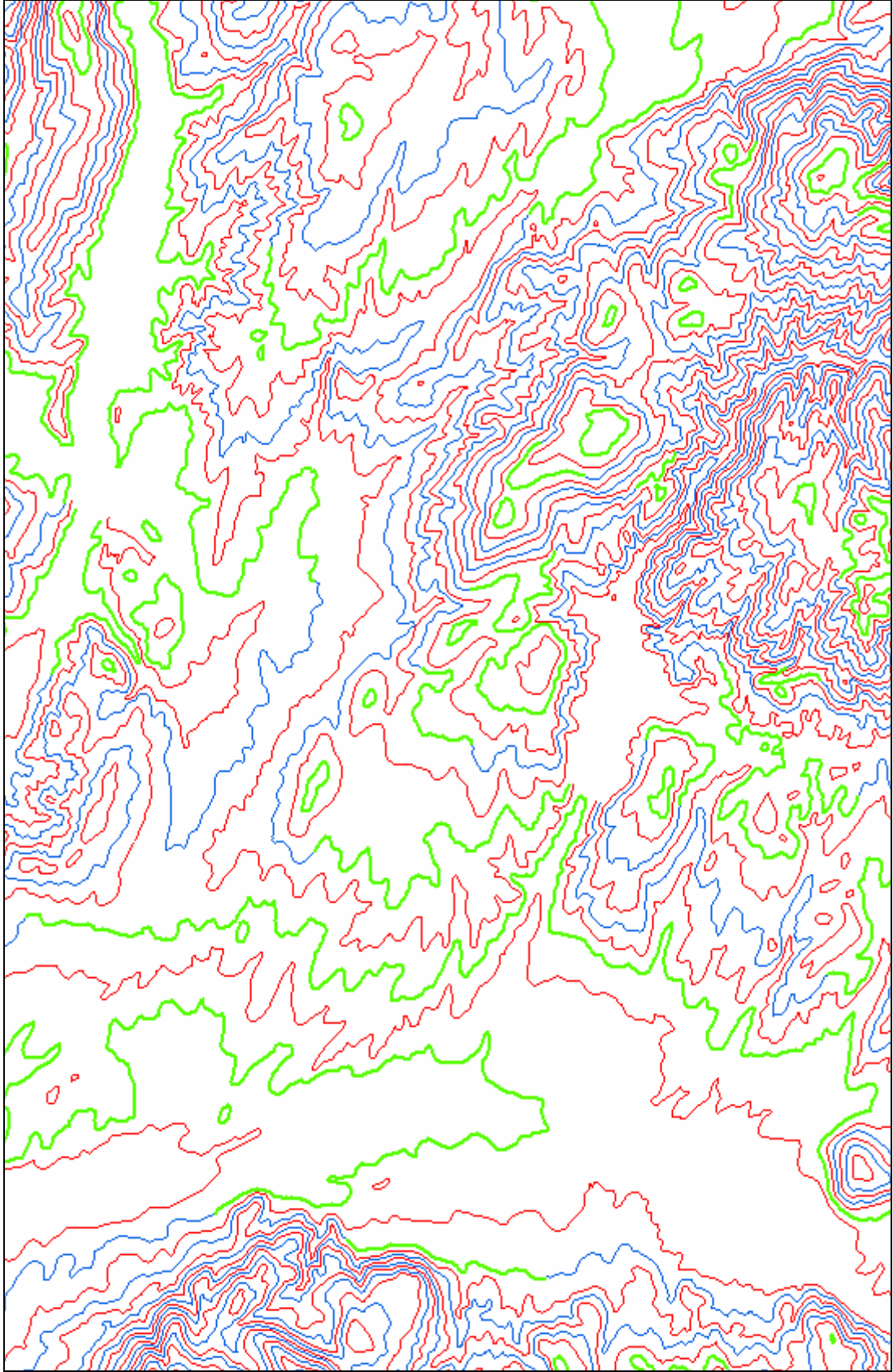
Şekil A.6: Yardımcı eş yükseklik eğrileri otomatik seçim sonrası



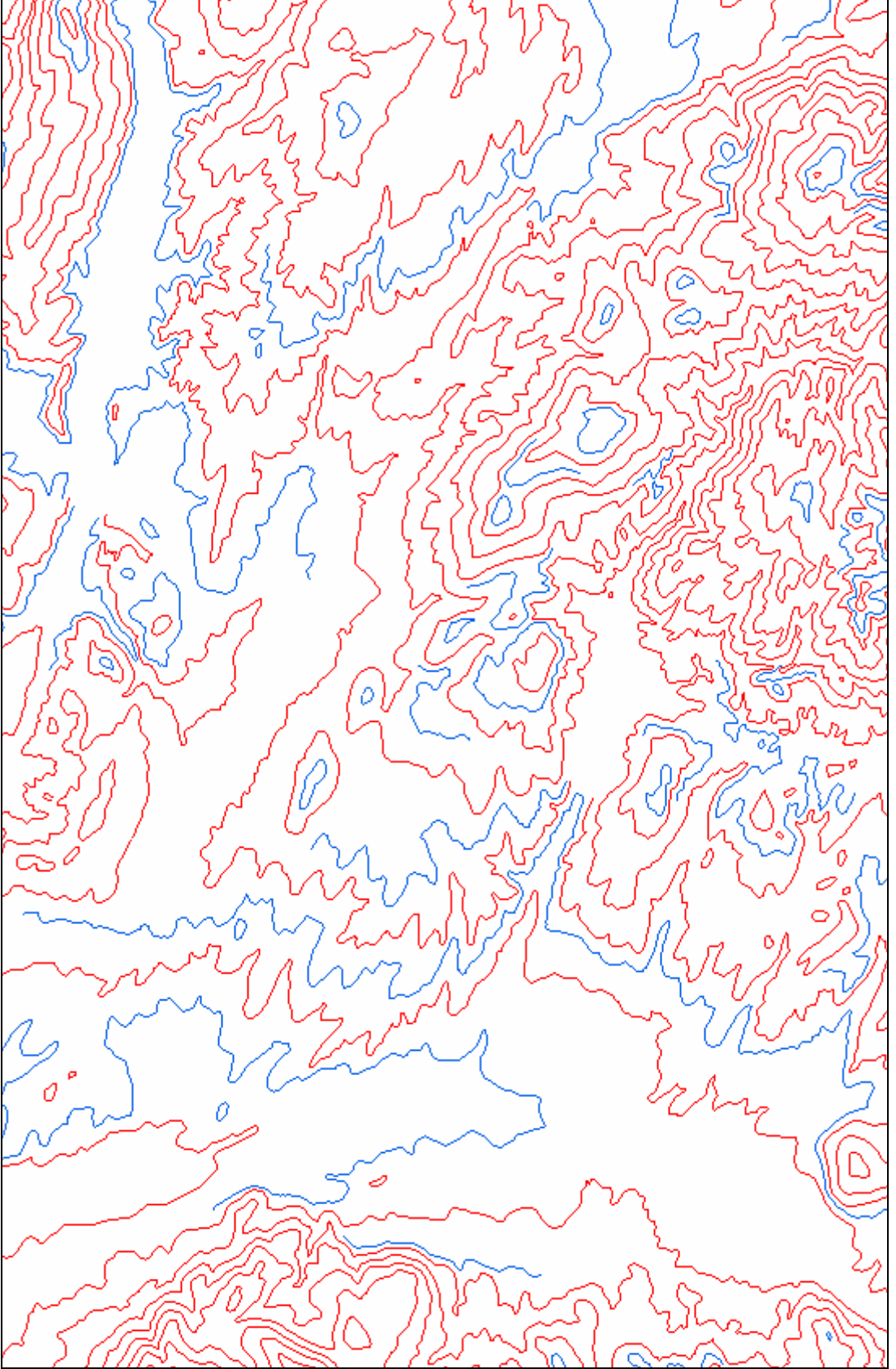
Şekil A.7: Küçük çizgi parçacıkların filtrelenmesi sonrası



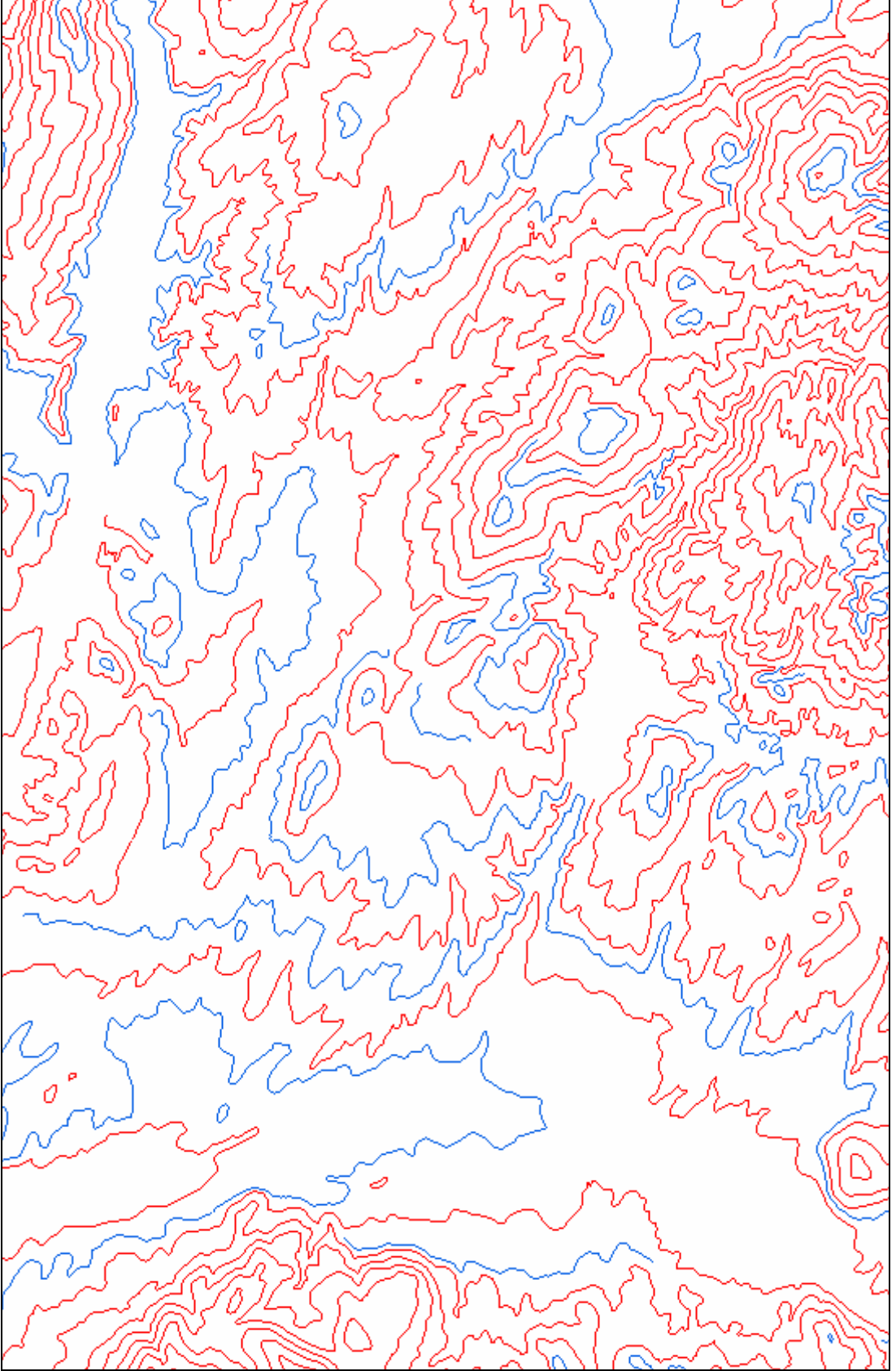
Şekil A.8: Seçim koşulları sağlayan yrd. eş yükseklik eğrilerin uzatılması sonrası



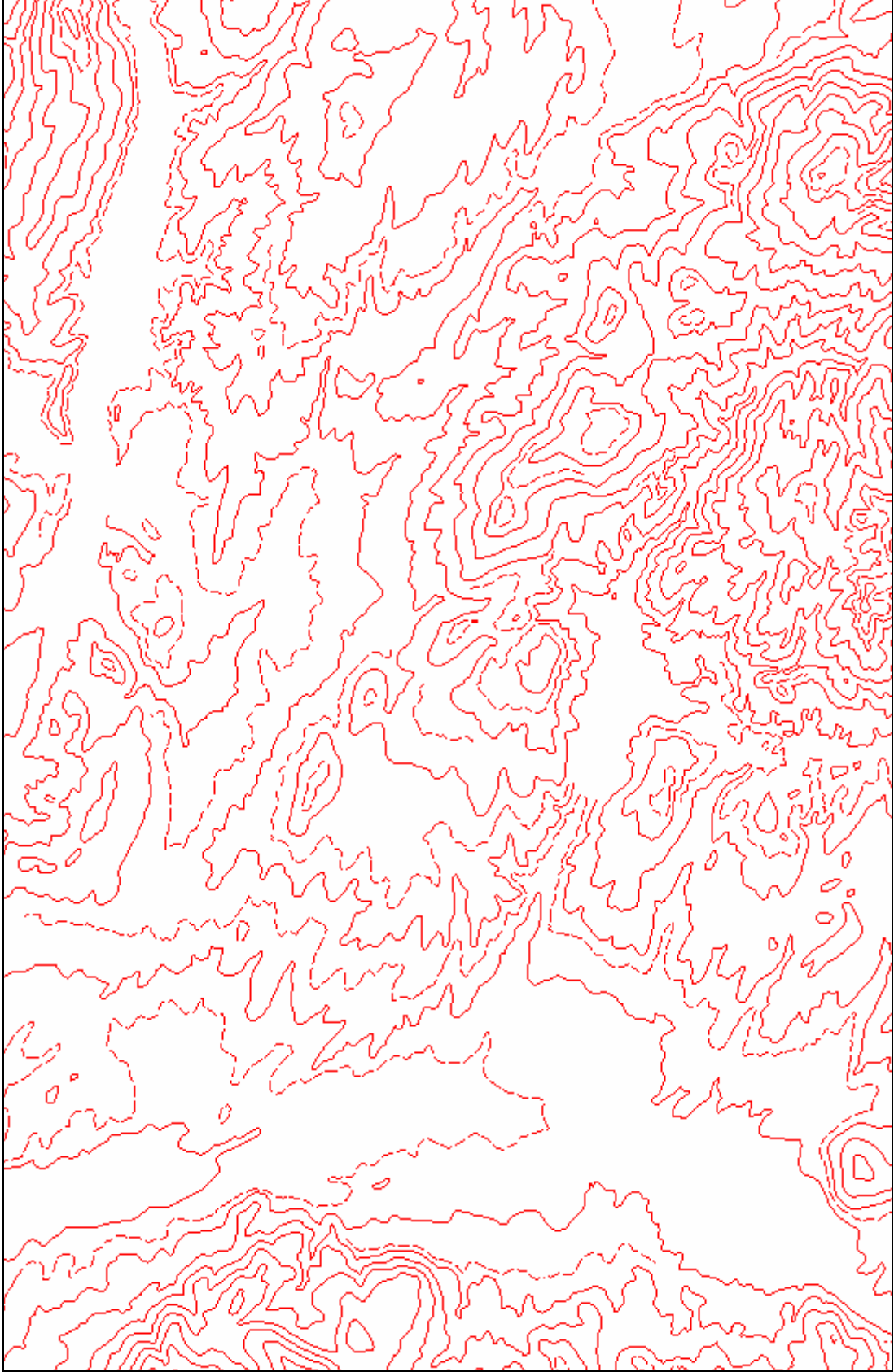
Şekil A.9: Yardımcı eş yükseklik eğrileri nihai seçim sonrası



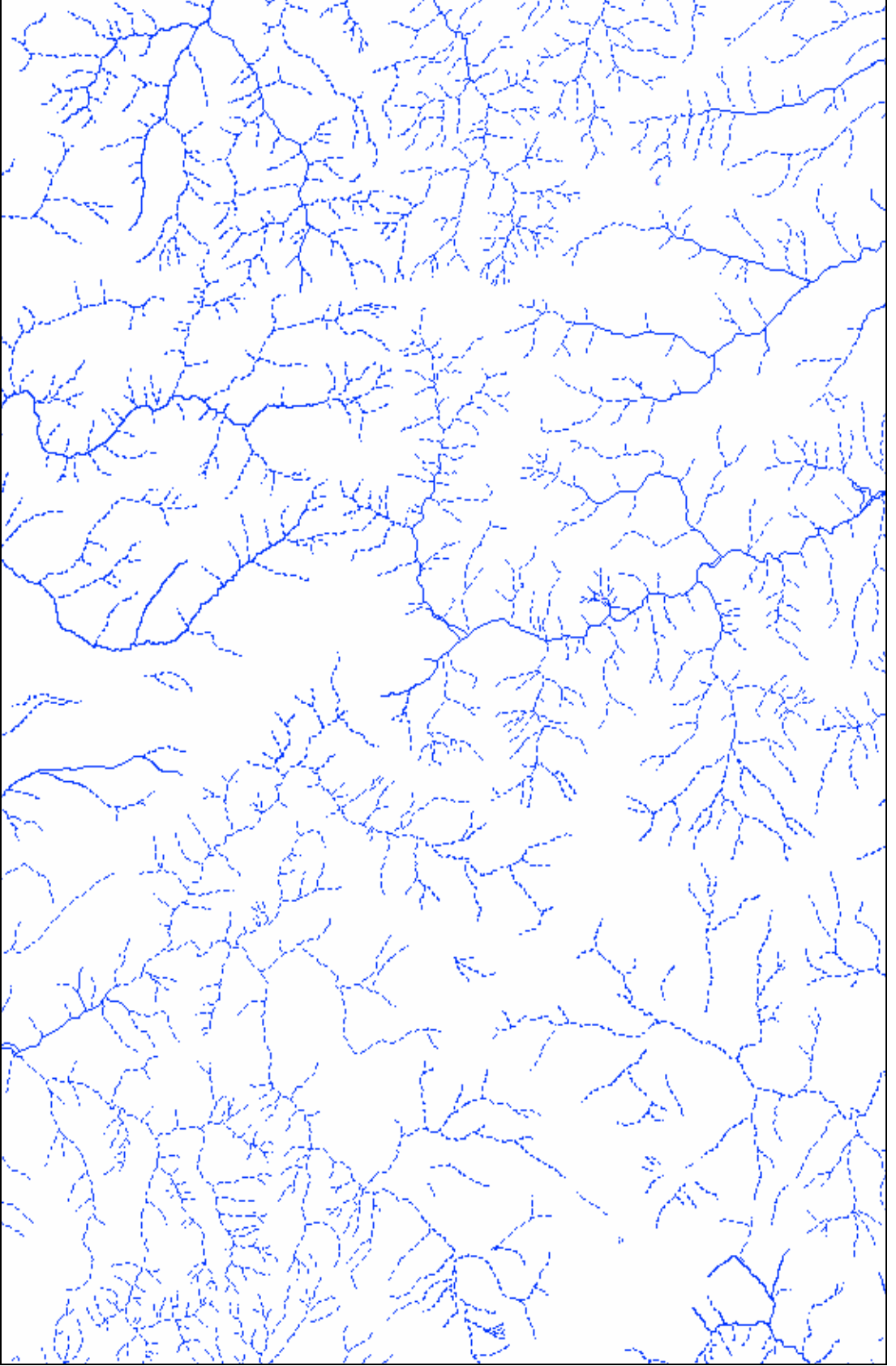
Şekil A.10: Yardımcı eş yükseklik eğrileri nihai seçim sonrası



Şekil A.11: Yardımcı eş yükseklik eğrileri seçimi düzeltme sonrası



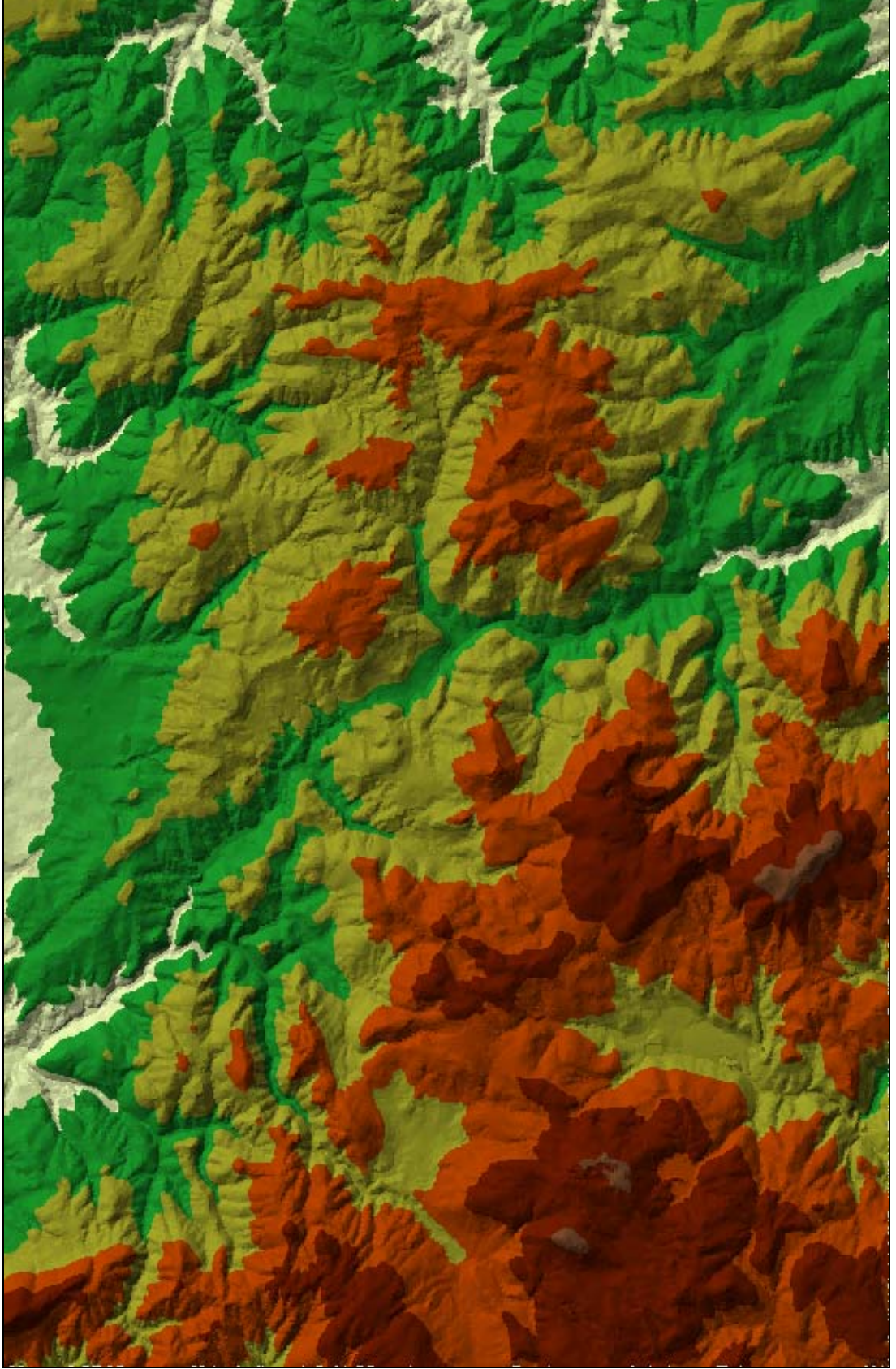
Şekil A.12: Yardımcı eş yükseklik eğrileri seçimi düzeltme sonrası



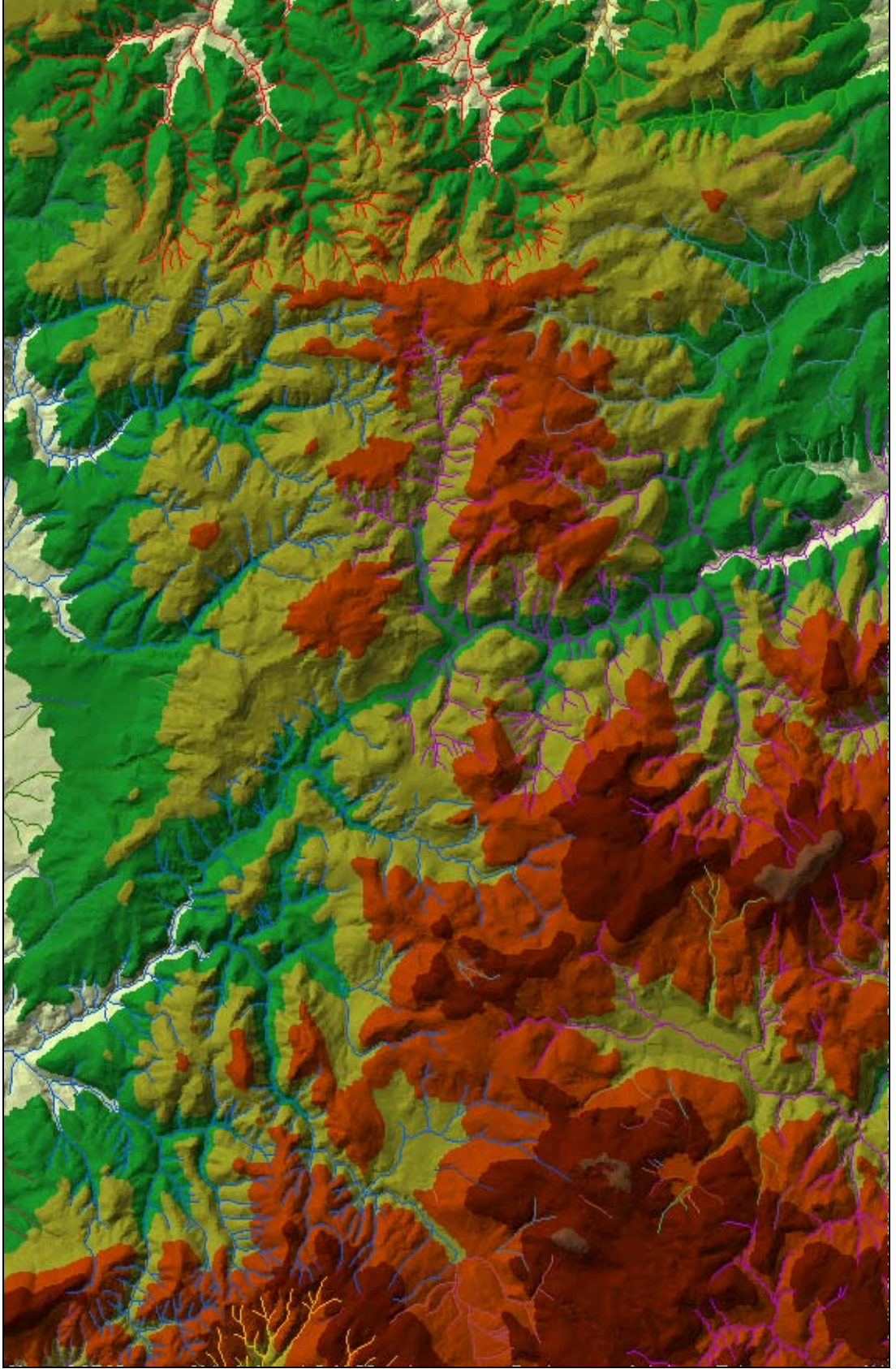
Şekil B.1: Akan sular ve su iletim hatları coğrafi verileri



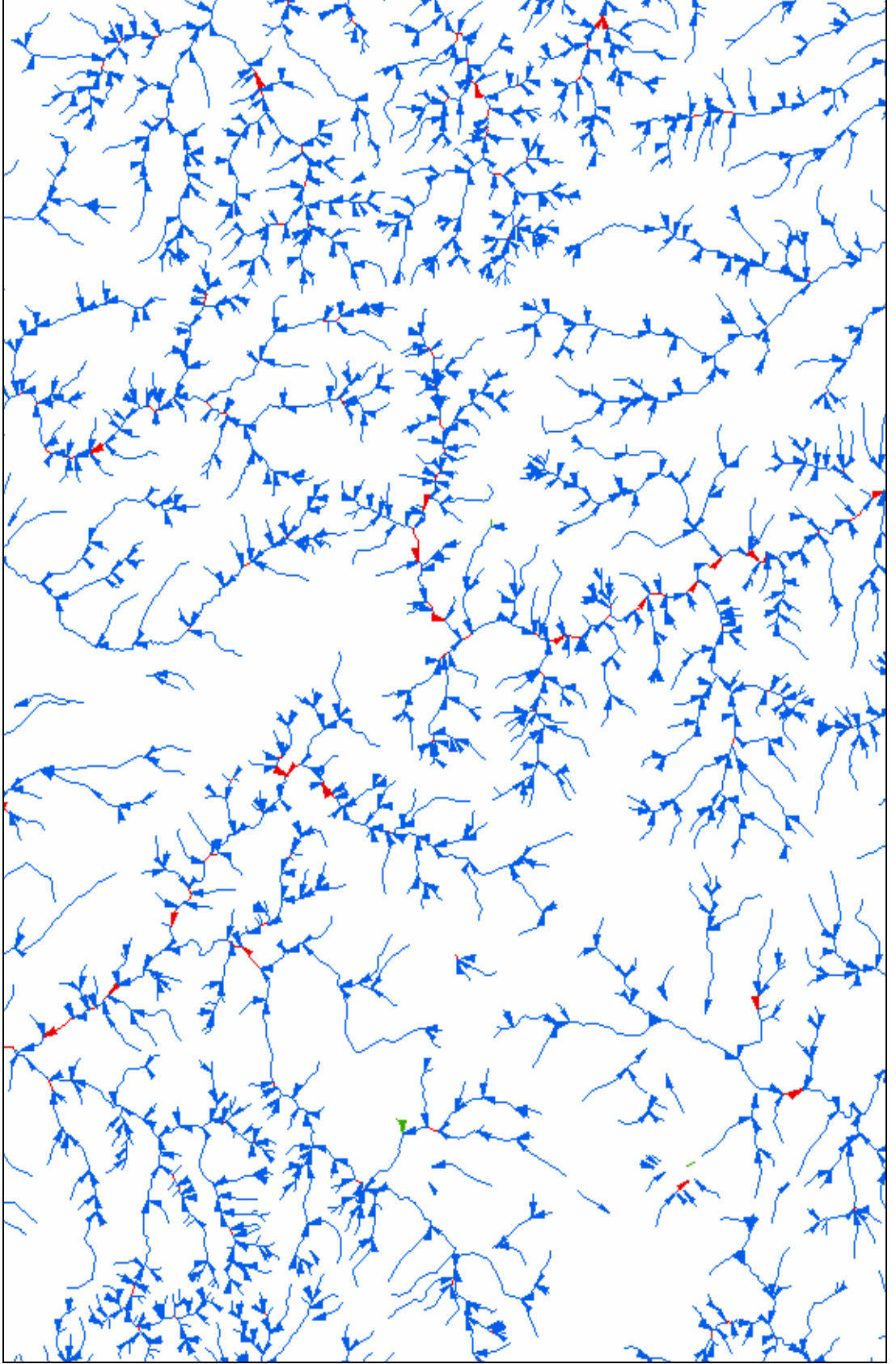
Şekil B.2: Akan suların gruplandırılması



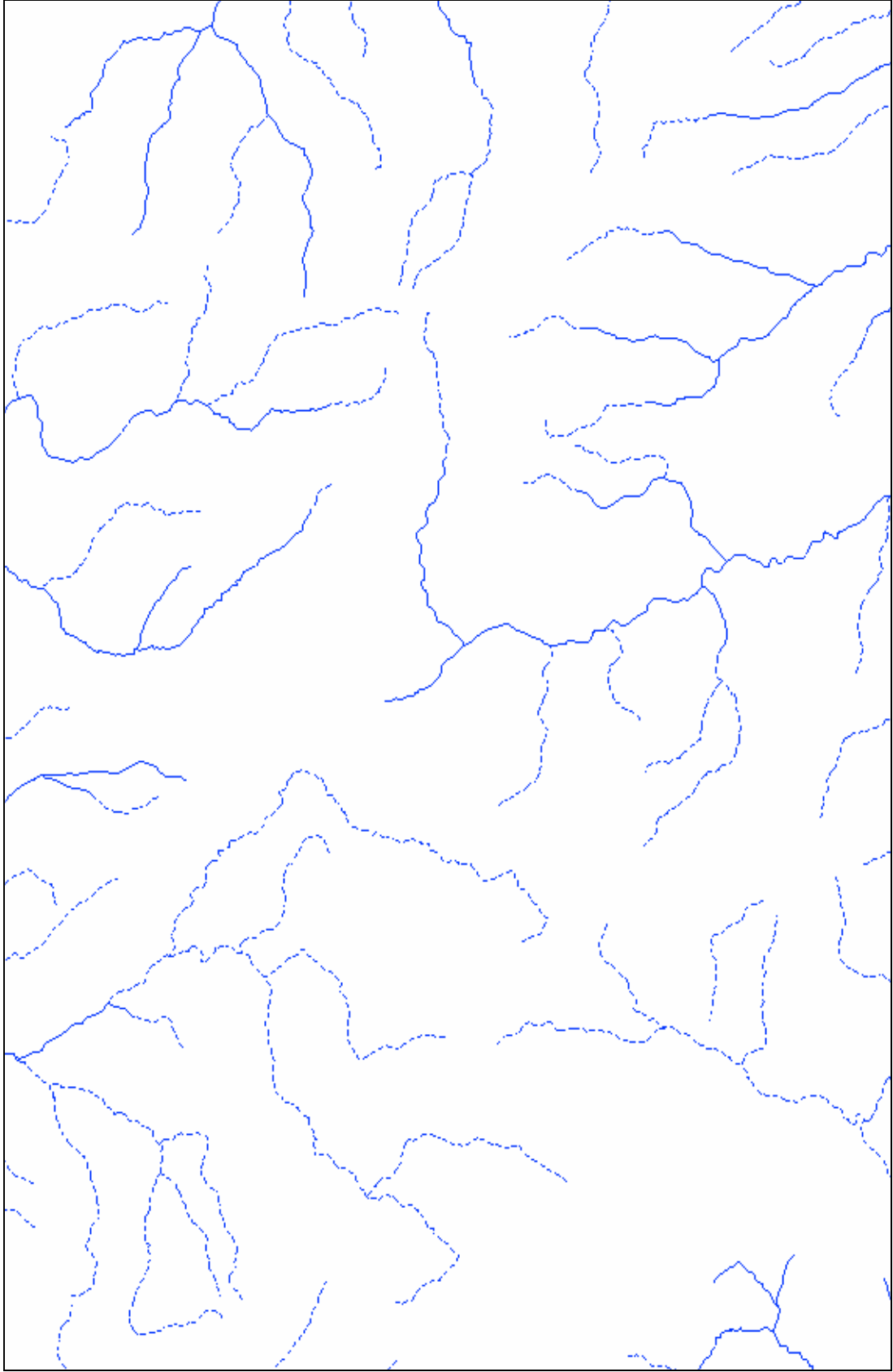
Şekil B.3: Sayısal Arazi Yükseklik Modeli (TIN)



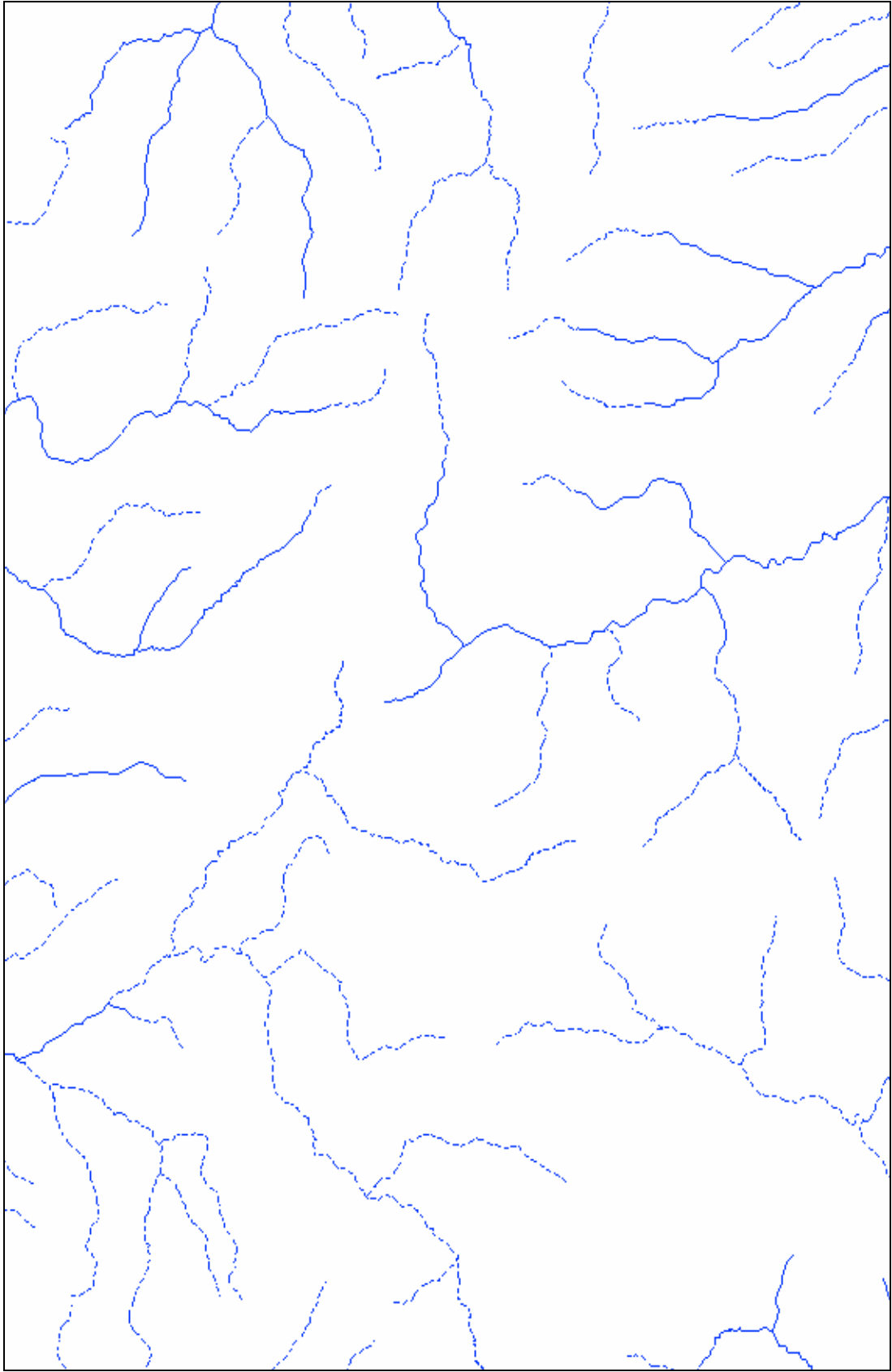
Şekil B.4: Akan sulara yükseklik bilgilerin (Z değeri) eklenmesi



Şekil B.5: Nehir akış yönlerinin belirlenmesi



Şekil B.6: Akan sular otomatik seçim sonrası



Şekil B.7: Akan sular otomatik seçimi düzeltme sonrası

ÖZGEÇMİŞ

1973 yılında Ankara’da doğdu. İlk okulu Hollanda’da, orta okulu Ankara’da tamamladı. 1992’de Maltepe Askeri Lisesini bitirerek öğrenime başladığı Kara Harp Okulundan 1996 yılında Harita Teğmen rütbesiyle mezun oldu. 1998 yılında Harita Yüksek Teknik Okulundan mezun olarak Harita Mühendis diploması aldı. Haziran 2002 ayında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Bölümünde Yüksek Lisans öğrenimini tamamladı. Ekim 2002 tarihinde İstanbul Teknik Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümünde Doktora öğrenimine başladı. Halen, Harita Genel Komutanlığı Kartografya Dairesinde çalışmaktadır.