

1:25 000 – 1:100 000 Ölçek Aralığında Yol Objelerinin Seçme-Eleme İşlemlerinin Otomasyonu

(Automation in Selection of Road Features from 1:25 000 Scale to 1:100 000 Scale)

Murat AVCI¹, İ.Öztuğ BİLDİRİCİ²

¹ Harita Genel Komutanlığı, Ankara

² Selçuk Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, 42075, Selçuklu, Konya
murat.avci@hgk.mil.tr

ÖZET

Genelleştirme kartografyanın en önemli konularından biridir. Temel harita ölçeğindeki veri tabanlarından, kullanıcı ihtiyaçları doğrultusunda daha küçük ölçekli haritaların genelleştirme ile elde edilmesi birçok araştırmaya konu olmuştur. Farklı yoğunluktaki obje tipleri arasında yol objelerinin seçimi ve elenmesi genelleştirme sürecinin zor aşamalarından biridir. Bu çalışma, 1:25 000 ölçekli standart topografik harita veri setinden 1:100 000 ölçekli harita üretimi esnasında ulaşım ağının otomatik olarak seçimi ve elenmesi amacıyla yapılmıştır. Uygulamada yol tipleri arasında mevcut hiyerarşi korunarak az önemli yol tipleri belirlenmiş, en iyi devamlılık prensibi doğrultusunda yol hatları tespit edilmiştir. Kavşak noktalarının kritik nokta objelere yakınlığı örümcek diyagramları kullanılarak belirlenmiş ve yol hatları ağırlıklandırılarak seçme ve eleme gerçekleştirilmiştir. Modellenabilir bir seçim süreci önerilerek kartograf tarafından manuel yöntemle yapılan seçim çok daha süratli hale getirilmiş ve klasik seçim sonuçlarına yakın sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ulaşım ağı, genelleştirme, seçme, eleme, ulaşım ağı hiyerarşisi, en iyi devamlılık, örümcek diyagramı.

ABSTRACT

Generalization is one of the fundamental topics of the cartography. Producing maps of relatively smaller scales through generalization by employing the databases at the standard topographic scale has been an interest of numerous researchers. The selection and the elimination of the road features among other features of varying densities is one of the most difficult stages of the generalization process. In this study, automatic selection/elimination of transportation network features was investigated to adapt and incorporate the 1:25 000 scaled standard topographic map datasets into the 1:100 000 scaled maps. In practice, road types of lower importance were determined in the first step while preserving the present hierarchy, and in the second step, the road strokes were defined through the principle of the good continuation. The distances of each road junction to the critical point features were determined through the spider diagrams and the selection and elimination procedure were implemented using a distance-weighted scheme. A new and easy-modeled selection method was proposed which produces successful results and accelerates the selection process considerably in comparison to the manual method by the cartographers.

Key Words: Transportation network, generalization, selection, elimination, transportation network hierarchy, good continuation, spider diagram.

1. GİRİŞ

Her harita, gerçek yeryüzünün basitleştirilmiş bir gösterimi olması ve çoğunlukla daha büyük ölçekli bir haritadan elde edilmesi nedeniyle, genelleştirme bir kartografın en önemli ve zor görevlerinden birisidir. Harita ölçeği, amaç, grafik limitler ve veri kalitesi genelleştirmeyi yönlendirir. Temel ölçekli verinin doğru yorumlanması, manüel/klasik genelleştirmeyi hem zor hem de sübjektif bir işlem haline getirir. Farklı kartografların aynı bölge için değişik yorumlarının olması sebebiyle sonuçlar genellikle tutarsızdır.

Genelleştirme karmaşık bir süreçtir ve neyin nasıl genelleştirileceği, çakışmaların nasıl çözüleceğine ilişkin kararlar vermek üzere yoğun konumsal analizler içerir. Teknolojik gelişmeler paralelinde genelleştirmenin de otomasyonu amacıyla son yıllarda yapılan çalışmalar büyük hız kazanmıştır. Bu doğrultuda, farklı genelleştirme sorunlarına çözümler sunan birçok algoritma geliştirilmiş (örneğin Harita Genel Komutanlığı genelleştirme çalışmaları) ve ticari anlamda da kartografik genelleştirme ile ilgili kurumların kullanımına sunulmuştur.

Çizgisel objeler haritada, otomatik genelleştirme çalışmaları kapsamında en fazla araştırmanın odağında olan obje grubu olmuştur. Ulaşım ağı bunların en önemlilerinden biridir.

Bu çalışmanın hedefi, standart topografik haritalarda önemli ölçüde yer tutan ulaşım ağını oluşturan yolların hiyerarşik yapısının belirlenerek seçimi/elenmesi için kartograf etkileşimini en aza indiren bir yöntem önermektir. 2'nci bölümde genelleştirme teorisi genel hatları ile açıklanmış, 3'üncü bölümde ulaşım ağını oluşturan çizgisel yol objelerinin genelleştirme süreci, özellikle seçme ve eleme konularında yapılan araştırmalar ve önerilen çözümler sunulmuştur. 4'üncü bölümde uygulanacak algoritma, çalışma bölgeleri, kullanılan veri ve parametrelerin seçimi ile ilgili bilgiler verilmiş,

uygulamaya ilişkin ayrıntılar ile seçim ve eleme sonuçları 5. Bölümde açıklanmıştır. Uygulamada kırsal alanlarda yolların seçimi ve elenmesi üzerinde durulmuştur. Çalışmanın ve sonuçların genel değerlendirilmesi ile gelecekte yapılması önerilen çalışmalar için öneriler 6. Bölümde sunulmuştur.

2. GENELLEŞTİRME TEORİSİ

Uluslararası Kartografya Birliğinin (ICA) 1973'teki tanımına göre genelleştirme; "objenin seçilen harita ölçeği ve/veya amacına uygun olarak seçimi ve basitleştirilmiş olarak gösterilmesidir" (Kilpelainen, 1997). Önceleri klasik yöntemlerle yapılan çalışmalar sadece belli bir eğitim ve tecrübe düzeyine erişmiş kartograflar tarafından yürütülmüş ve subjektif sonuçlar vermiştir. Tecrübeye dayalı bu tip üretim estetik açıdan kaliteli sonuçlar verse de kişiye göre değişmekte ve programlanması, algoritmalarla ifade edilmesi oldukça zorlaşmaktadır.

Bilgisayar destekli üretimler ve ilişkisel veritabanlarının üretimdeki yerlerini almalarıyla sayısal otomasyon çalışmaları başlamış olsa da genelleştirme halen kartografyanın en önemli konularından biri olmaya devam etmektedir.

Kartografik genelleştirme sürecinde üç tip yaklaşımdan bahsedilebilir (Cecconi, 2003):

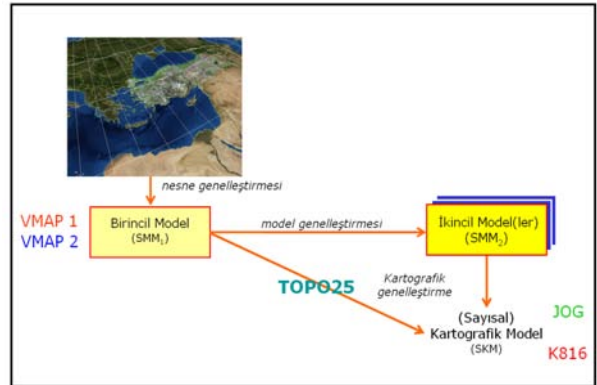
a. Sürece dayalı görüş: Genelleştirmeyi detaylı bir veri tabanından gerçekleştirmektedir. Bu görüşe göre genelleştirme veriyi, ölçeğe, amaca ve konuya uygun olarak tek bir detaylı veritabanından çekip harita üretmektir. Genelleştirme işleminin karmaşıklığından dolayı süreci otomatikleştirecek çözümler henüz mevcut değildir.

b. Gösterime dayalı görüş: Bu yaklaşım, farklı ölçeklerde haritalar içeren çok ölçekli veya çoklu gösterim veritabanlarının geliştirilmesidir. Bunun gösterime dayalı yaklaşım olarak anılmasının sebebi, bir tek veri tabanında farklı ölçeklerde farklı gösterimlerin yüklü olmasıdır. Bu yaklaşım genelleştirme problemlerini çözüyor gibi görünse de seviyeler arasında tutarlılıklar ve güncelleme stratejileri üzerinde hala çalışılması gerekmektedir.

c. Türetmeye dayalı görüş: Bu strateji, yukarıdaki iki görüşün birleşimidir. Gösterime dayalı stratejide olduğu gibi değişik çözünürlük seviyelerinden oluşmaktadır, ancak veri tek bir veritabanından bir genelleştirme süreciyle

çekilmektedir. Böylece veri seti tutarlı olacak, farklı seviyelerdeki eş objeler arasında bağıntılar korunmuş olacaktır.

Sayısal kartografyada üç aşamalı bir model teorisi kullanılmaktadır (Bildirci, 2000; Bildirci vd., 2001; Uçar vd., 2003). Haritası yapılacak olan yeryüzü parçası, orijinal olarak tanımlanmaktadır. Birincil model aslında gerçek yeryüzünün bir modelidir ve Sayısal Mekânsal Model (SMM) olarak da adlandırılabilir. Burada obje genelleştirmesi ortaya çıkar. Objeye genelleştirmesi, mekânsal veri toplama işlemi esnasında yapılan genelleştirme işlemidir ve çıktısı birincil modeldir. Birincil modelden daha düşük mekânsal (geometrik ve semantik) çözünürlüğe sahip ikincil modeller elde edilirken yapılan genelleştirme işlemi ise model genelleştirmesi denir. Birincil modellerden istenildiği kadar ikincil model türetilebilir (Şekil 1). Kartografyada ikincil modeller, eğer kartografik tasarım ilkelerine uyularak oluşturulmuşlarsa, Sayısal Kartografik Model (SKM) olarak adlandırılırlar.



Şekil 1. Model teorisi.

Model genelleştirmesinde coğrafi bilgi ile temsil edilen soyut sayısal model indirgenmektedir. Kartografik genelleştirmede bu indirgenmiş model kullanıcıya genelleşmiş bir ürün sunmak üzere görselleştirilmiştir. Dolayısıyla model genelleştirmesi, kartografik genelleştirme yapmak üzere coğrafi veri tabanına uygulanan bir ön işlemdir. Kartografik modellerin, ihtiyaç sahibi son kullanıcı tarafından yorumlanması ile kullanıcının belleğinde oluşan modellere ise Üçüncül model denir.

3. ULAŞIM AĞI GENELLEŞTİRMESİNDE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

Standart topografik haritalarda yer alan objelerin büyük bölümünü çizgisel objeler oluşturur. Dolayısıyla çizgisel objeler ve özellikle

ulaşım ağını teşkil eden yol tiplerinin seçimi/eleme ile geliştirilerek hedef ölçekte uygun gösteriminin sağlanması geliştirme konularında yapılan çalışmalarda en çok araştırılan konulardan biri olmuştur.

Yol geliştirme, büyük ölçekli bir haritaya ait yol verisinden yararlanarak daha küçük ölçeklerde haritalar için uygun ulaşım ağının yaratılması işlemidir. Thomson ve Brooks (2000) yol ve nehir ağları gibi geliştirilmeleri zor düzensiz ağların seçimi üzerinde yoğunlaşmışlardır. “En iyi devamlılık” adını verdikleri kavramsal gruplandırma prensibi sayesinde çizgisel elemanlardan “Stroke” (Hat) denen ve dallanmayan çizgi setleri elde etmişlerdir. Uzunluk veya bağlı oldukları sınıf gibi özellikler kullanılarak hatları önem derecesine göre bağlı olarak sıralayıp ağda seçme/eleme işlemini gerçekleştirmişlerdir.

Gold ve Thibault (2001) çizgi geliştirme harita objelerinin (yol orta çizgileri gibi) iskeletlerine dayalı bir yaklaşım kullanmışlardır. Çalışmalarında, Delanuy/Voronoi yapılarına dayanarak topolojik yapılar vasıtasıyla obje çakışmalarını önleyip detay azaltmayı amaçlamışlardır.

Wang ve Doihara (2004), yolların ölçeğe sığdığı haritalarda yol ve bina geliştirme yoğunlaşmışlardır. Oluşturdukları algoritmadaki yol geliştirme modülü vasıtasıyla yol kenarları kullanılarak önce yol poligonları, bundan da yol ağı elde edilmiştir. Son aşamada da bina geliştirme, yol ağı verisi ile etkileşimli olarak gerçekleştirilmiştir.

Özellikle yerleşim alanlarında yol ağının oluşturduğu doku da birçok araştırmaya konu olmuştur. Bunlardan Zhang (2004)’e göre en sık rastlanan yol dokuları yıldız, grid ve düzensiz olmak üzere üç ana türde temsil edilebilir. Zhang, bu yol dokularını özelliklerinden yola çıkarak modellemiş, yol yoğunluğu farklarını da parametre olarak kullanarak seçim ve geliştirme gerçekleştirmiştir.

Ulaşım ağını zorlaştıran etkenlerden biri de yolların birbirine bağlı, tutarlı bir yapı olmasıdır. Tüm ağ göz önüne alınmaksızın yolların azaltılmak amaçlı silinmesi hatalara yol açabilir. Chaudry ve Mackaness (2005) 1:2 500 gibi büyük ölçeklerden 1:250 000 ölçeğine uygun yol geliştirme görsel kavramaya dayandırmışlardır. Sistemin dayandığı temel fikir devamlılık arz eden yol parçalarının birleşiminden hatların elde edilmesidir.

Çizgisel objelerin seçimi/eleme için uygulanan yöntemlerden biri de Çizge Kuramıdır (Graph Theory) ve objelerin birbirleriyle ilişkilerine göre çizgenin ağırlıklandırılması yoluyla geliştirmede (Mackaness ve Beard, 1993) ve coğrafi veri tabanlarında ağ analizlerinde (Karaş 2007) kullanılabilir. Mackaness ve Beard (1993)’e göre çizge kuramı, seçilecek/elenen objelerin tespitinde kullanılabileceği gibi yol ağlarındaki kopuklukların da önüne geçebilir.

Kazemi ve Lim (2007) ArcGIS kullanarak 1:250 000 ölçekli yol verisinden 1:500 000 ve 1:1 000 000 ölçekleri için gerekli ulaşım ağı geliştirme konusunda çalışmışlar ve ArcToolbox Generalize modülünü kullanmışlardır.

Doğru ve Uluğtekin (2007) de araç navigasyon sistemleri için yol ağlarının modellenmesi üzerinde çalışmışlar, küçük boyutlara sahip navigasyon donanımları için gösterim seviyeleri ve tasarımları üzerine çalışmışlardır.

Touya (2007) mekansal analizlerle veri zenginleştirmelerine dayalı yol ağı seçimine odaklanmıştır. İlk olarak en iyi devamlılık prensibiyle kavramsal gruplandırma yaparak yol dokularını incelemiştir. Ağ grafiğini sınıflandırdıktan sonra yol blokları dışbükeylik (convexity), (elongation) elongasyon ve yoğunluk (compactness) olarak üç ölçüte göre yeniden ele alınarak veri zenginleştirilmiştir.

Gülgen ve Gökğöz (2008) 1Spatial (eski adıyla Laser-Scan) firması tarafından geliştirilen çok uyarlayıcı Clarity programını kullanarak yol ağı geliştirme üzerinde çalışmışlar, ölçek değişimine bağlı olarak yol işaretlerinden kaynaklanan karmaşayı çözerek okunurluğu yüksek yol verisi elde etmişlerdir.

Yol objelerinin seçimi ve elenmesi ile geliştirme çalışmalarına örnekler artırılabilir. Çalışmanın devamında ulaşım ağının basitleştirilmesine ilişkin önerilen uygulama ve sonuçları sunulmuştur.

4. MATERYAL VE METOT

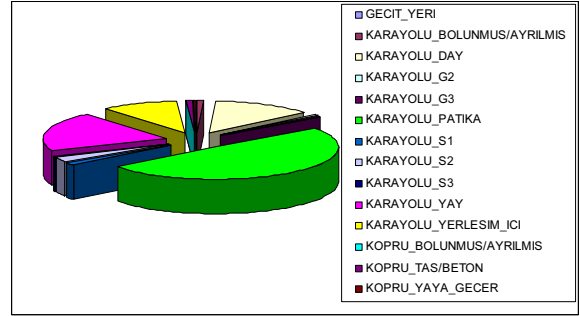
Kaynak veri setini oluşturan 1:25 000 ölçekli kartografik vektör haritanın ulaşım sınıfına ait katmanda toplam 57 adet farklı obje bulunmakta olup bunlardan en sık rastlananları, önem sırasına göre obje kodları ile birlikte Tablo 1 de

sunulmuştur. Uygulamada kullanılan veri Harita Genel Komutanlığınca üretilmiş olup vektör formattadır. Veri sözlüğüne HGK web sitesinden ulaşılabilir.

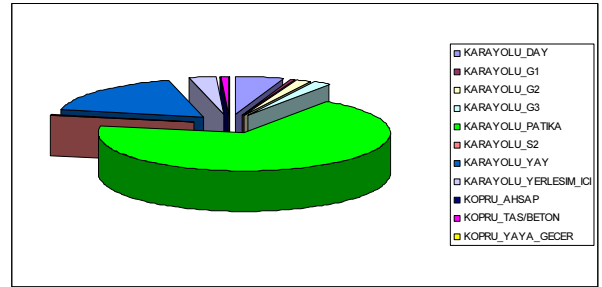
Ülkenin farklı bölgelerine ait 1:25 000 ölçekli veriler ve özellikle ulaşım ağını oluşturan yollar incelendiğinde yol tiplerinin ve dağılımlarının ciddi değişiklikler gösterdiği görülmektedir. Örneğin; 1:100 000 ölçekli Ağrı J50 paftası sınırlarına giren bölgedeki 1:25 000 ölçekli yol veri setindeki toplam 5140 km. yol ağı içerisindeki yol tiplerinin %63'ü patika iken sadece %0.25'i bölünmüş yollardan oluşmaktadır (Şekil 2). Cizre M50 paftası sınırlarına giren bölgedeki 1:25 000 ölçekli yol verisi 2376km. olup 3030 adet yol parçasından oluşmaktadır. Yol tiplerinin %73.7'si patika iken sadece %16'sının yaz araba yolu olduğu görülmektedir (Şekil 3). İstanbul F21 paftası sınırlarına giren bölgede ise toplam 13000 km. yol bulunmakla hemen her tür yol tipini barındırması açısından önem arz etmektedir. Toplam 107765 adet yol parçası tarafından oluşturulan bölge ulaşım ağının %47'si yerleşim içi yol kategorisindeyken sadece %15'i patika olarak görülmektedir (Şekil 4).

Tablo 1. 1:25 000 Ölçekli kartografik vektör haritada tra_I katmanındaki objeler.

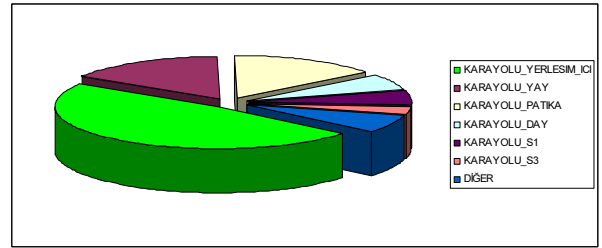
S.No	Obje Adı	Obje Kodu (f_code)
1	DEMIRYOLU_(CIFT_HAT)	AN01002
2	DEMIRYOLU_(TEK_HAT)	AN01001
3	DEMIRYOLU_(DAR_CIFT_HAT)	AN01008
4	DEMIRYOLU_(DAR_TEK_HAT)	AN01007
5	DEMIRYOLU_(YAPILMAKTA)	AN01004
6	DEMIRYOLU_MAKAS_HATTI	AN01024
7	TRAMVAY_HATTI	AN01012
8	TRAMVAY_HATTI_(YAPILMAKTA)	AN01014
9	METRO_HATTI_YER_USTU	AQ09003
10	METRO_HATTI_YER_ALTI	AQ09004
11	METRO_HATTI_YAPILMAKTA	AQ09005
12	KARAYOLU_BOLUNMUSIAYRILMIS	AP03001
13	KARAYOLU_BOLUNMUSIAYRILMIS_(YAPILMAKTA)	AP03002
14	KOPRU_BOLUNMUSIAYRILMIS_YOL_UZERINDE	AQ04044
15	KARAYOLU_OTUYOL	AP03014
16	KARAYOLU_OTUYOL_(YAPILMAKTA)	AP03002
17	KARAYOLU_(YAPILMAKTA)	AP03010
18	KOPRU_OTUYOL_UZERINDE	AQ04046
19	KARAYOLU_S1	AP03003
20	KARAYOLU_S2	AP03004
21	KARAYOLU_S3	AP03005
22	KARAYOLU_G1	AP03006
23	KARAYOLU_G2	AP03007
24	KARAYOLU_G3	AP03008
25	KARAYOLU_YERLESIM_ICI	AP03012
26	KARAYOLU_DAY	AP01001
27	KARAYOLU_YAY	AP01002
28	KARAYOLU_PATIKA	AP05001



Şekil 2. Ağrı J50 paftasındaki yol tipleri dağılımları.



Şekil 3. Cizre M50 paftasındaki yol tipleri dağılımları.



Şekil 4. İstanbul F21 paftasındaki yol tipleri dağılımları.

Sonuçlar incelendiğinde önerilecek tek bir algoritmanın gerek ülkenin farklı bölgelerinde ve gerekse yerleşim içi ve dışı alanlarda doğrudan uygulanabilirliğinin zor olduğu açıkça görülmektedir. Farklı sosyo-kültürel, endüstriyel, ekonomik ve coğrafi özelliklere sahip bölgelerde ulaşım ağını oluşturan yol tipleri karakteristikleri ve dağılımı da farklılıklar arz etmektedir. Yerleşim dışı alanlarda patikalar ulaşım verisinin çok önemli bir bölümünü oluştururken meskûn mahallerde yerleşim içi yolların verideki oranı çok yüksek olmaktadır. Dolayısıyla genelleştirmede iki farklı alan için ayrı yöntemler geliştirilerek seçme/eleme yapılmaması, yol ağı genel karakteristiğinin korunarak estetik kalite ve okunurluğu sağlayacak yollar hedef ölçeğe alınarak diğerlerinin atılması gerekmektedir.

1:25 000 ölçekli kartografik vektör haritanın yol verisinin büyük bölümü ulaşım_cizgi_25 veri seti içerisinde bulunmaktadır. Seçim için genel prensip olarak önemli yol tiplerinin seçme/eleme

yapılmadan hedef ölçeğe aktarılması benimsenmiştir. Buna göre yolların hiyerarşik önem derecesine göre 3 gruba ayrılması, her bir grup için öngörülen temel genelleştirme işlemleri uygulanmasını müteakip birleştirilerek tek bir genelleştirilmiş yol veri seti elde edilmesi hedeflenmiştir. Bu gruplar aşağıdaki gibidir:

- 1 inci Grup: Demir yolları (çift hat/tek hat) tramvay hattı, metro hattı.
- 2 nci Grup: Otoyollar, bölünmüş yollar, Sert Satırlı (S1, S2, S3 tipi) yollar ile paftadaki yoğunluklarına göre Gevşek Satırlı (G1, G2, G3 tipi) yollar.
- 3 üncü Grup: DAY (Daimi Araç Yolu), YAY (Yaz Araba Yolu), Patika, yerleşim içi yollar.

Salt kural bazlı yaklaşımın seçme/elemede yetersiz olacağı aşikârdır. Genelleştirmenin başarısını seçimden önce veritabanında yapılacak zenginleştirmeler doğrudan etkiler. Zenginleştirme, üretim esnasında girilen/oluşturulan öznitelik bilgilerine ilave olarak yeni öznitelikler oluşturulması ve uygun değerler hesaplanması ile mümkün olur. Veritabanı zenginleştirmeleri ile genelleştirme çalışmalarının önemli örnekleri çizge kuramı ve en iyi devamlılık yaklaşımıdır. Bu tür yaklaşımlar yol verisine ilave anlam kazandırıp zenginleştirdiği gibi yollar arasında müteakip aşama olan seçme/eleme öncesinde bir önem sırası da kazandırır.

Uygulamasında yollar arasındaki hiyerarşik yapılanmanın iki aşamada sağlanması amaçlanmıştır. Birinci aşamada tüm ulaşım ağı, üzerlerinde uygulanacak genelleştirme işlemlerine göre yukarıda açıklandığı şekilde üç ana gruba bölünmüştür. Burada belirtilmesi gereken en önemli nokta, demiryolu ağının seçim ve elemeye tabi tutulmayacak olmasıdır. İkinci grupta toplanan yollar hedef ölçeğe intikal ettirilecek ve yumuşatma gibi işlemlerin uygulanacağı bölünmüş yol, otoyollar, S ve G tipi yolları içermektedir. Hiyerarşik yapının en fazla fayda sağlayacağı grup, ulaşım ağının büyük bölümünü oluşturan ve üzerinde yoğun seçme/eleme işlemleri uygulanacak olan üçüncü gruptur. Çalışmada bu grupta bulunan DAY, YAY, Patika ve Yerleşim İçi Yolların seçimi üzerinde durulmuştur.

Kırsal nitelikli alanlarda ulaşım ağının genel karakteri yolların insan yapısı (ağıl, çeşme, mezarlık gibi) ve doğal (pınar, mera gibi) obje tiplerine göre konumları ile açıklanabilir. Bu kapsamda yolların seçimi ve elemesi ancak yol tiplerinin diğer obje tipleri ile mekânsal ve

topolojik ilişkileri göz önüne alınarak başarılı sonuçlar verebilir.

Çalışmada, kırsal nitelikteki alanlardaki yolların seçim ve elenmesinde en iyi devamlılık ve çizge kuramından yararlanılmıştır. Buna göre öncelikle ulaşım ağı içerisinde, OBJE ADI öznitelğine göre daha önce açıklanan hiyerarşik yol gruplarına ilişkin katmanlar oluşturulmuştur. Uygulamanın odak noktası olan üçüncü hiyerarşik yol grubunda seçilen tüm yollar geçici olarak yol3 veri seti içerisinde toplanmıştır. İkinci aşamada veritabanı zenginleştirmeleri başlamıştır. Bunda amaç, DAY, YAY ve patika gibi her bir yol tipi için, açık uç noktasından bir üst hiyerarşik seviyedeki yola bağlantı noktasına kadar güzergâh alternatiflerini belirlemek üzere en uygun hatların belirlenmesidir.

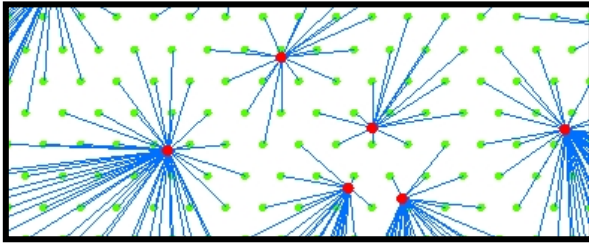
Kırsal alanlarda seçme ve eleme öncesi veri tabanının zenginleştirilmesine en önemli örneklerden biri de kavşak noktalarındaki açı değişimine bakılarak en uygun yol hatlarının tespitidir. Thomson'a (2003) göre en uygun devamlılığı sağlayan yol elemanlarının seçimi, "aynı yönde devam ettiği gözlemlenen elemanların seçimi ve gruplandırılması" ile oluşan kavramsal veri organizasyonu ile sağlanabilir.

Uygulamanın bu aşamasında seçim/eleme esnasında ihtiyaç duyulacak ilave öznitelik bilgilerinin yol3 (DAY, YAY, Yerleşim içi yollar ve patikalar) katmanına eklenmesi, veritabanının daha sonra yapılacak analizler için zenginleştirilmesi işlemleri başlamıştır. Burada ilk olarak her bir kavşak noktası için ayrı bir nokta katman oluşturulmuştur.

Yol3 katmanındaki *FNODE* ve *TNODE* alanları ile kavşakları temsil eden nokta katmandaki *NODE_ID* alanları ilişkilendirilmek suretiyle grup3 veritabanına her bir yol parçacığı için kavşak noktalarının açısı hesaplanmış ve *FNODE_ANGLE* ve *TNODE_ANGLE* alanlarına girilmiştir. Bu aşamadan sonra kavşak noktalarında açı değişimi minimum olan yol hatlarının tespiti çalışması başlamıştır. Bunun için zenginleştirilmiş veritabanındaki *FNODE* ve *TNODE* alanları içeriği her bir yol parçası için karşılaştırılarak komşuluklar tespit edilmiş, *FNODE_ANGLE* ve *TNODE_ANGLE* değerleri farkı mutlak değeri belli bir değer altındaysa yeni oluşturulan KOMSU alanına bir hat numarası atanmıştır. Tüm bu işlemler ArcGIS ara yüzü özelleştirilmek suretiyle eklenen düğmeye bağlı çalışan VB kodu ile otomatik olarak yaptırılmıştır.

Hatları belirlenmiş yol ağı veritabanı özetlendiğinde her bir yol hattı için yol parçacığı sayısı ve toplam uzunluk elde edilmiştir. Her iki tabloda ortak alan olan KOMSU alanı baz alınarak tablolar birleştirilmek suretiyle hatların uzunlukları, yeni oluşturulan HAT_UZUN alanına yüklenmiştir. Bu işlemler ile en iyi devamlılık prensibi uygulanarak her bir yol parçasına hangi hattın elemanı olduğu ve o hattın toplam uzunluğu öğretilmiş, veri tabanı zenginleştirilmiştir.

Sonraki aşamada seçim için gerekli analizlerin yapılarak veritabanına girilmesi için gerekli diğer obje katmanları incelenmiştir. Kırsal niteliklerde çalışma yapıldığına göre ülkemizde özellikle patika objesinin hedeflediği pınar, ağıl, mezarlık gibi obje türlerini içeren noktasal obje katmanları kullanılmıştır. Bu tür nokta objelerle yol tipleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi için *örümcek diyagramları* (spider diagram) kullanılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Örümcek diyagramı.

Yolların seçiminde önem taşıyan önemli objeler Ağıllar, Mezarlıklar, Çeşmeler, Pınarlar, İbadet tesisleri, Enerji tesisleri (trafolar) olarak sıralanabilir.

Bu objeler ile yollar arasındaki ilişki; her bir yol kavşağı (düğüm) ile etrafındaki en yakın belli sayıdaki kritik nokta obje arasındaki var olduğu düşünülen örümcek diyagramının analizi ile incelenebilir. Örümcek diyagramları, merkez kabul edilen nokta veri seti içindeki her bir eleman ile hedefler (nokta, çizgi veya alan veri seti) arasındaki en kısa mesafeleri verir. Uygulamada örümcek diyagramı, seçilmiş belli kritik nokta objeler ile yol kavşakları (düğümler) arasında hesaplanmış olup elde edilen ve doğrusal mesafeleri içeren matris dosyası üçüncü grup yol veri tabanına ihraç edilmiştir. Noktasal objelerin seçimi ve elenmesi bu çalışmanın kapsamında olmadığından ancak yolların seçimi için gerekli olan daha önce seçimi yapılmış pınar, ağıl, mezar gibi nokta objeler örümcek diyagramında kullanılmıştır. Hesaplama kolaylığı ve uzak noktasal objelerle veri tabanının şişirilmesini engellemek amacıyla her bir kavşak

noktasına en yakın 10 adet kritik nokta obje diyagramın oluşturulmasında kullanılmıştır. Elde edilen matris verisi kavşak noktaları katmanına ihraç edilmek suretiyle her bir kavşak noktasına en yakın nokta obje ID sayıları ve doğrusal mesafeler ile veri tabanı zenginleştirilmiştir.

Yol hatlarının belirlenmesi ve örümcek diyagramından gelen uzunluk verilerinin hatlara ait kavşak noktaları katmanına girilmesini müteakip seçimi belirleyecek ağırlıklandırma işlemleri başlamıştır. Ağırlıklandırma ve seçim sonuçları sonraki bölümde sunulmuştur.

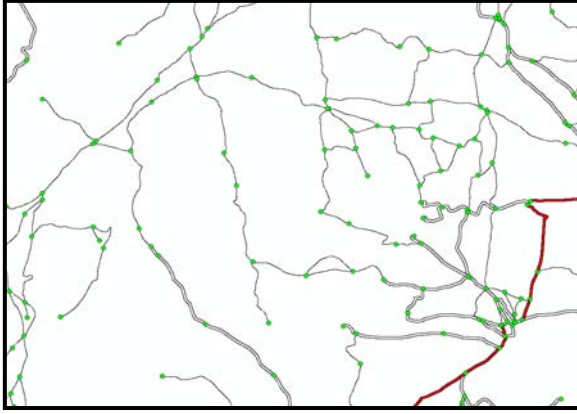
5. UYGULAMA

Çalışmada ilk olarak Ağrı J50 bölgesinde yol ağı seçimi uygulanmıştır. Bölgede demiryolu bulunmadığından 1nci hiyerarşik yol grubu içeriğine yol ataması yapılmamıştır. G1, G2, G3, S1, S2, S3, köprüler ve geçit yerlerinden oluşan ve bölgedeki ulaşım ağının %3,7'sini teşkil eden toplam 191 km. yol 2nci gruba atanmıştır. 3ncü gruba ise bu uygulamanın odağı olan yerleşim içi yollar, DAY, YAY ve patikalardan oluşan ve toplam verinin %96,3'ünü oluşturan 4950 km. yol atanmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Çalışma bölgesi ulaşım ağı (Yol3).

Yol3 katmanındaki yolların sonraki analizlere hazır hale getirilmesi için veri tabanının zenginleştirilmesi işlemine başlanmıştır. En iyi devamlılığı sağlamanın yollarından biri kavşak noktalarında açı değişiminin minimum olduğu yol hatlarının tespit edilmesidir. Bunun için ilk olarak kavşak noktalarında nokta katman oluşturulmuş ve yol3 katmanındaki verilerle ilişkilendirilmiştir (Şekil 7).

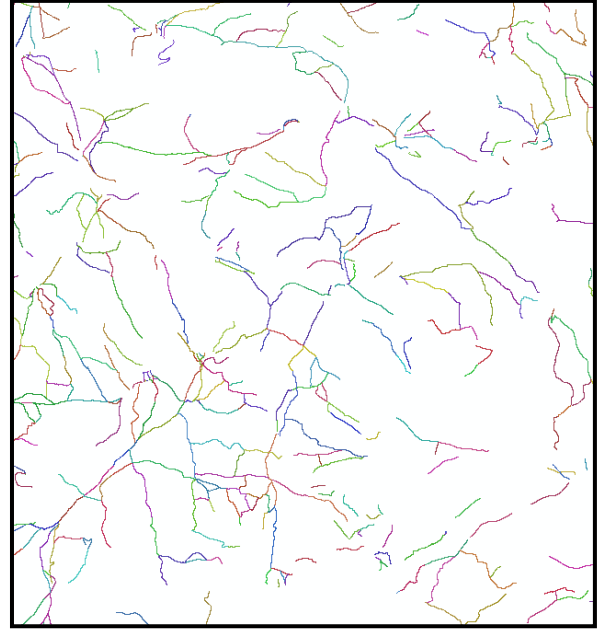


Şekil 7. Yol3 katmanı için oluşturulan kavşak noktaları.

Yol3 katmanında her bir yol parçası için başlangıç ve bitiş noktalarına ait koordinatlar olan *fnodex*, *fnodey*, *tnodex*, *tnodey* alanları oluşturularak ilgili nokta katmandan koordinatlar girilmiştir. Önceki bölümde anlatıldığı şekilde veri tabanında *FNODE_ANGLE* ve *TNODE_ANGLE* alanları açılarak her bir yol parçası için hesaplanmış ve girilmiştir. Bu aşamada yol hatlarının belirlenmesi için kavşak noktalarında her bir yol parçasının başlangıç ve bitiş kavşak noktalarında açı değişimi karşılaştırılmış ve bunun için yazar(lar) tarafından yazılan kod çalıştırılmıştır.

Bu noktada komşu yol parçalarının, aynı hattın (devamlılığın) parçası olduklarını belirlemek amacıyla kullanılacak açı değerinin tespiti önem kazanmaktadır. Kırsal nitelikli alanlarda üçüncü yol kategorisindeki yolların yapısı düşünüldüğünde, genel olarak düzensiz ve kıvrımlı oldukları, küçük açı gruplarının hatları belirlemede başarısız olacağı düşünüldüğünden 30°lik açı kriteri olarak seçilmiştir. Bu şekilde oluşturulan KOMŞU alanı içine girilen hat numaraları ile oluşan yol durumu Şekil 8'de görünmektedir.

Sonraki aşama örümcek diyagramları oluşturularak en yakın kritik nokta objelerle mesafelerin hesaplanarak yol3 veritabanının zenginleştirilmesidir. Bu kapsamda kırsal alanlarda önem taşıyan ağıl, mezar, çeşme, pınar gibi nokta objeler kritik noktalar belirlenmiş olup yol3 içindeki her bir kavşak için bu noktalara örümcek diyagramları oluşturulmuştur. Hesaplama her bir kavşak için en yakın 10 adet kritik nokta alınarak diyagram sınırlandırılmıştır. Bunun sebebi yol ile ilişkilendirilemeyecek uzaklıktaki noktaların hesaba dâhil edilmemesi ve veritabanını gereksiz fazla alanlardan kurtarmaktır.



Şekil 8. Yol3 katmanı içindeki kavşaklar için yol hatları.

Örümcek diyagramı sonucu her bir kavşak noktası için onar adet nokta ID numarası ve onar adet doğrusal mesafeden oluşan matris elde edilmiştir. Tablo 2'de kesiti görülen matriste *DIST* alanı, en yakın noktadan başlamak üzere kritik noktaya metre cinsinden mesafeyi; *TUID* alanı ise en yakın noktadan başlamak üzere her bir noktanın obje ID numarasını tutmaktadır.

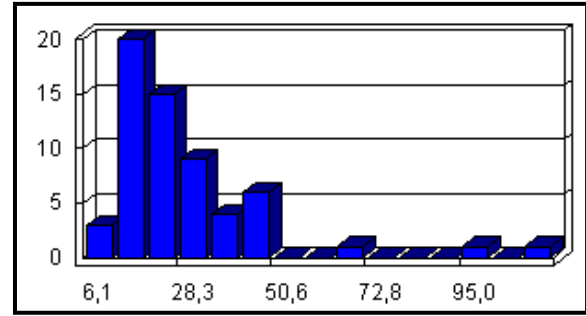
Matris, kavşak noktaları katmanı veritabanına ihraç edilmesiyle yol3 verisi zenginleştirilmiş, hem en iyi devamlılık bilgisini hem de en yakın kritik nokta objelere mesafeleri barındırdığından analizlere hazır hale gelmiştir.

Seçim ve eleme öncesi ağırlıklandırma hesabının yapılabilmesi için tabloda *AGIRLIK* adlı yeni bir alan oluşturulmuştur. Yakın mesafeli noktaların ağırlıklarının fazla olması istendiğinden ve ondalıkları azaltmak amacıyla mesafelerin tersi alınarak bir katsayı ile çarpılmıştır. Ağırlıklandırma işlemi kavşaklarla noktalar arasındaki mesafelerin ağırlıklı ortalamasını almak suretiyle gerçekleştirilmiştir. Bunda amaç yakın çevresinde birden fazla kritik nokta obje olan kavşakların yüksek ağırlıklı olmasının sağlanmasıdır. Sonuç olarak *AGIRLIK* alanı içeriği aşağıdaki formül ile hesaplanarak girilmiştir

Bu şekilde, en yakın noktaya olan mesafenin ağırlığı daha fazla, en uzak noktaya olan mesafenin ağırlığı ve seçime etkisi en aza indirilmiştir. Ağırlığı belli bir eşik değerinden

büyük olan yolu barındıran hatların seçimi ile yol3 veri seti içinde seçme ve eleme gerçekleştirilmiştir.

Tabloda ağırlık değerlerinin 6.12 ile 114.25 arasında değiştiği gözlenmiştir. Anlaşılacağı üzere büyük ağırlığa sahip noktaya ait tablo satırı incelendiğinde 6 adet kritik noktaya 200 m.den daha yakın olduğu görülmektedir. Ağırlıkların ortalaması 29.6 ve standart sapması 18.25 olup frekans dağılımı Şekil 9'da sunulmuştur.



Şekil 9. Ağırlıkların frekans dağılımı.

$$AGIRLIK = 1.000.000 \times \frac{1}{DIST1 \times 10 + DIST2 \times 9 + \dots + DIST9 \times 2 + DIST10 \times 1} \quad (1)$$

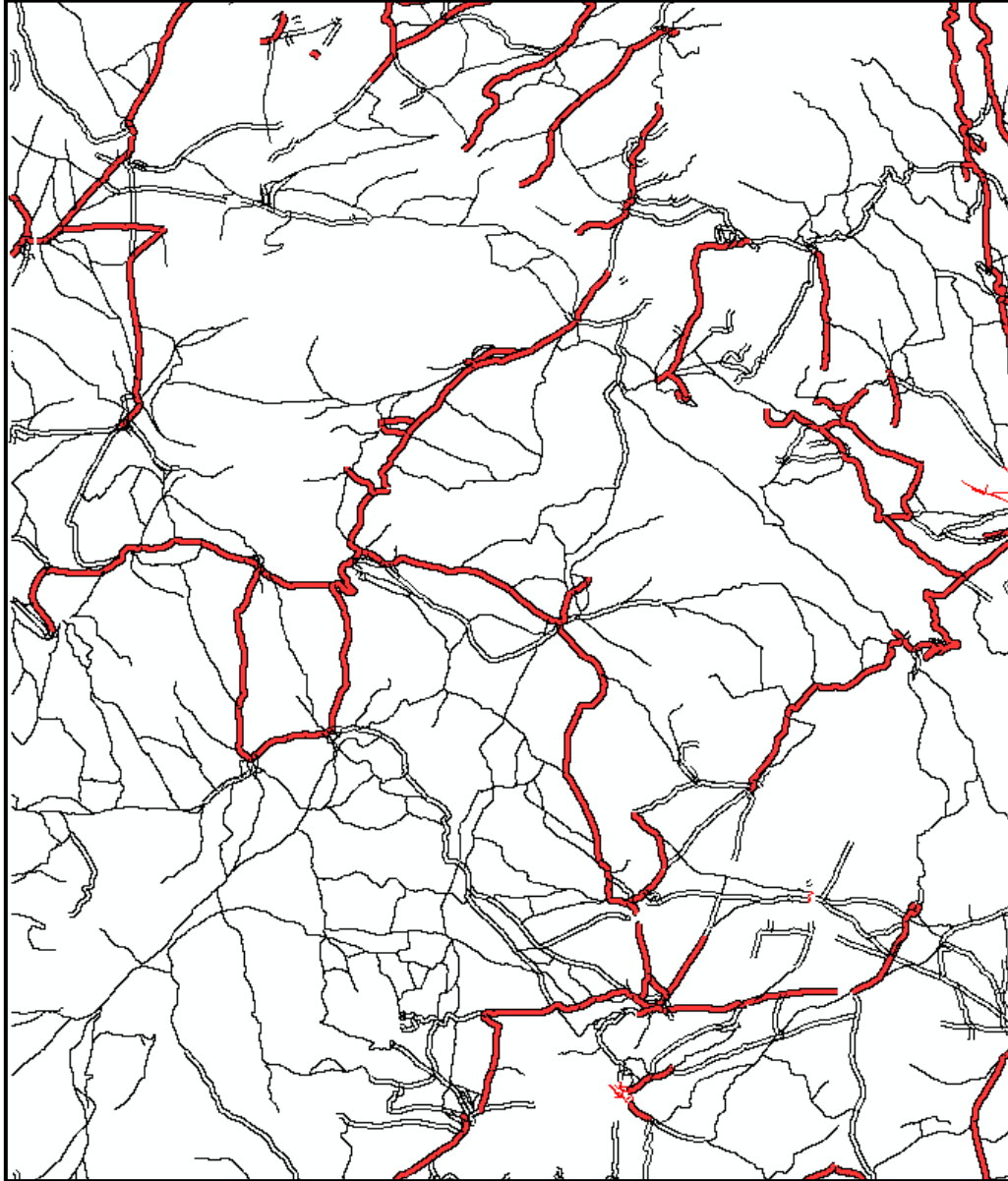
Tablo 2. Örümcek diyagramı verisi.

DIST1	TUID1	DIST2	TUID2	DIST3	TUID3	DIST4	TUID4	DIST5	TUID5	DIST6	TUID6
2467,209076	352	2618,558527	338	2788,571644	365	3126,756922	715	3289,648363	339	3292,744102	371
554,595480	211	1101,87407	339	1208,648574	353	1290,251156	355	1350,366478	212	1393,076197	364
743,922578	357	841,172614	161	854,182310	358	1031,305854	207	1081,624789	160	1116,101416	386
129,787150	369	257,810594	214	411,970688	362	615,780386	156	882,812567	360	985,588292	359
1190,816462	169	1414,851757	155	1430,820096	423	1439,728157	431	1457,132783	432	1540,826613	427
386,426295	401	452,581689	295	1272,491346	399	1468,119261	60	1497,079804	296	1504,372536	294
162,074718	429	212,670901	413	335,218954	430	407,240125	438	438,170057	414	533,114361	428
141,284730	429	181,468862	413	378,816813	430	411,215501	438	463,762777	428	492,984751	414
135,453931	465	443,299064	303	445,808180	292	726,828289	468	746,016061	457	793,345254	293
502,004795	273	795,401631	272	854,114259	483	859,680624	469	1134,829901	454	1141,572331	468
256,962663	484	305,760262	485	781,296406	483	1088,946209	486	1414,46587	540	1801,066832	539
334,298300	216	750,308512	215	1044,736374	533	1199,072594	275	1318,936541	219	1329,446104	482
409,295704	217	566,044033	216	817,995839	322	844,677617	512	931,360383	521	1033,286293	249
220,515362	512	420,967231	247	856,082502	249	864,896507	521	990,139804	217	1169,150307	218
351,163087	520	835,992664	521	869,458631	244	958,738503	249	1127,615845	322	1180,534821	217
338,286338	539	667,165143	540	947,481395	228	993,081792	554	1060,972309	556	1124,724961	248
377,000129	244	640,906312	561	993,195177	520	1003,063204	560	1061,866853	542	1120,589705	245
353,970278	561	708,590343	560	764,209663	244	1016,745391	584	1279,136086	564	1333,884598	263
201,106754	584	495,684001	561	858,143084	21	899,233810	222	1024,246995	585	1188,443399	592
113,096249	262	477,741926	263	625,986379	595	632,154458	564	1072,326473	559	1093,936515	560
214,982379	592	358,143999	585	752,682771	21	1151,568103	626	1227,512379	584	1475,44098	627
1178,339748	262	1435,405486	595	1526,046243	20	1567,723833	263	1625,623813	192	1658,920341	564
270,732101	608	296,047663	617	728,443194	307	729,049683	192	1274,526226	308	1298,439534	20
658,223550	82	697,035039	189	718,337912	190	952,301004	195	967,979185	193	1481,837999	81
155,417645	415	210,720345	416	458,413184	423	537,255513	427	579,684926	432	1126,672509	406
601,034849	480	710,933580	279	960,860826	280	1005,153871	281	1057,897363	491	1061,668734	506
630,765883	480	714,404743	279	989,349449	280	1028,339206	491	1037,52358	281	1048,268419	506
233,903919	488	520,84861	320	664,824967	494	775,542899	519	877,875974	511	897,183715	500
446,814482	538	665,474733	508	725,737319	493	745,203951	492	775,129228	503	792,155435	507
427,003595	533	534,413462	215	709,328679	216	890,207936	530	971,938145	535	1060,20998	245
141,313480	506	732,064681	529	848,330722	526	943,463950	527	969,300341	514	1021,348983	251
561,425093	525	561,995873	524	665,593532	495	676,452299	548	858,726450	226	890,791481	528
165,940760	529	167,655307	526	265,427464	527	433,563860	514	660,719586	501	671,573570	513
439,733720	517	503,231390	516	521,729360	509	559,161112	510	694,047715	498	842,161041	490
352,271513	529	563,674251	251	573,666793	526	622,059019	553	661,414298	527	684,633505	506

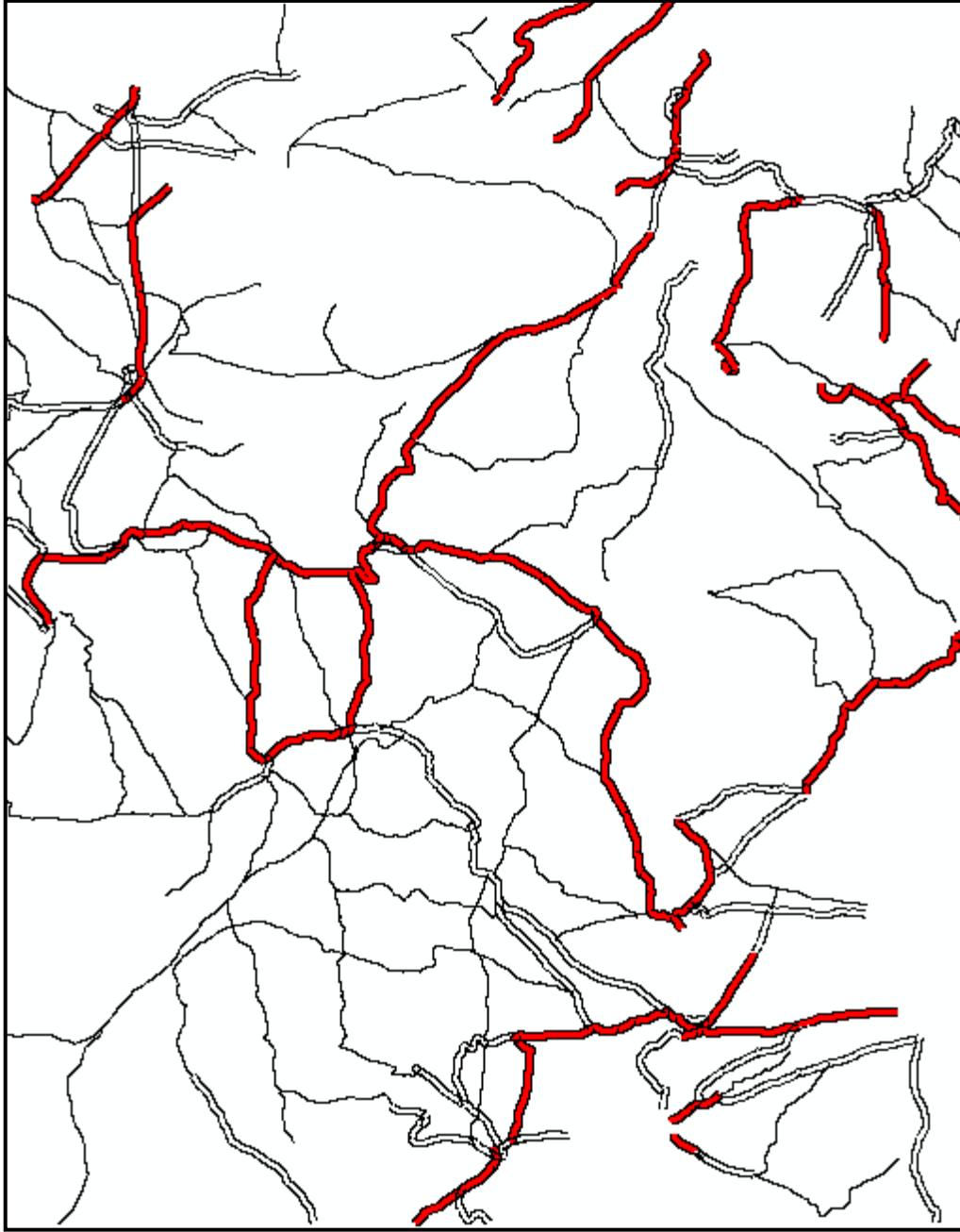
En iyi devamlılık ile yol hatları belirlenmiş ve ağırlıklandırılmış yol verisi seçim ve eleme işlemi için hazır hale gelmiştir. Seçim öncesi yollar 1:100 000 ölçeğinde Şekil 10'da görülmektedir. Seçim işlemi daimi araç yolları ile başlamış olup yerleşim içi yollara bağlantısı olan, en iyi devamlılığa sahip (aynı uzun hatta olan) ve AĞIRLIK değeri 20'den büyük olan yollar seçilmiştir. Daimi araç yolları kırsal alanlarda kentleri birbirine bağlayan önemli yollardan olduğundan sadece kısa ve az ağırlıklı olanlar elenmiştir.

Yol3 veri setinde sıradaki hiyerarşik seviyede olan yaz araba yolları için seçimde yerleşim yeri veya seçilmiş daimi araç yollarına bağlantısı olması, aynı hat üzerinde olması ve AĞIRLIK değeri 30'dan büyük olması kuralları gözetilmiştir.

Patikalar için de seçimde daimi ve yaz araba yollarına bağlantı, en iyi devamlılık prensibi ve ağırlığı 80'den büyük olma gibi kriterler göz önünde bulundurularak yapılan seçimin genel sonucu Şekil 11'de gösterilmiştir.



Şekil 10. Seçim öncesi görünüm.



Şekil 11. Genel seçim sonucu.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada amaç, standart topografik haritalarda önemli ölçüde yer tutan ulaşım ağını oluşturan yolların hiyerarşik yapısının belirlenerek seçimi/eleme için kartograf etkileşimini en aza indiren bir yöntem önermektir. Yapılan çalışmada, 1:25 000 ölçekli ülke veri tabanında ulaşım ağı katmanı incelenerek en uygun yaklaşımın; yolları, doğal hiyerarşileri göz önüne alınarak 3 ana gruba ayırmak ve seçim/elemeyi, çalışılan bölgede en yoğun olan grup içerisinde

yapmak olduğu görülmüştür. Önerilen yöntem kırsal nitelikli ve yerleşim dışı alanlarda test edilmiştir. İlk aşamada hiyerarşik gruplar elde edilmiş, özellikle Daimi Araç Yolu, Yaz Araba Yolu, Patika gibi yol tipleri için kavramsal birleştirme ile en uygun yol devamlılığının elde edilmesi esasına dayalı olarak yol hatları belirlenmiştir. Bunun tespitinde kavşak noktalarındaki açı değerleri karşılaştırılmış olup, açı değişiminin belli bir değerden düşük olduğu komşu yol parçasının belirlenmesi amacıyla veritabanı zenginleştirilmiştir.

Örümcek diyagramları kullanılarak kritik nokta objelere olan doğrusal mesafeler veritabanına aktarılarak verinin ağırlıklandırılması sağlanmıştır.

Veritabanı zenginleştirmeleri kapsamında seçilen parametrelerin tespiti ve seçime etkisi büyük önem taşımaktadır. En iyi devamlılık prensibi doğrultusunda yol hatlarının belirlenmesi esnasında kırsal alanlarda açı farkı eşiği 30° olarak belirlenmiştir. Bunun sebebi, kentsel alanlarda cadde/sokak hatlarının nispeten daha doğrusal nitelikte olması, kavşaklarda çoğunlukla dik açının gözlenmesi, bunun yanında kırsal alanlarda ise kavşakların topografyanın da etkisiyle daha düzensiz olmasıdır. Küçük açı farklarının kırsal alanlarda en iyi devamlılığı temsil edecek güzergâhların tespitinde yetersiz olduğu gözlenmiştir.

Seçim öncesi veritabanı zenginleştirmeleri kapsamında, ağırlıklandırmaya temel teşkil etmek üzere hesaplanan örümcek diyagramları matrisi vasıtasıyla nokta objeler ile kavşak noktaları arasında doğrusal mesafeler veritabanına girilmiştir. (1)'de verilen eşitlik ile yol hatları, çevrelerindeki kritik nokta objelerin mesafelerine göre ağırlıklandırılmıştır. Hesaplama en yakın objenin ağırlığa etkisinin en fazla, en uzak noktanın da en az olması prensibi benimsenmiştir. Zenginleşmiş veritabanında hesaplanan ağırlıkların dağılımı Şekil 9'da sunulmuştur. Grafik incelendiğinde;

- Hesaplanan ağırlık değerlerinin 6.12 ile 114.25 değerleri arasında değiştiği,
- Ağırlıkların ortalamasının 29.6 ve standart sapmasının 18.25 olarak oluştuğu,
- Yüksek ağırlığa sahip hatların gerçekte 5'den fazla kritik nokta 200 m.'den yakın mesafede olduğu, dolayısıyla bu tür hatların kritik nokta objeler tarafından yoğun olarak çevrelendiği,
- Orta ağırlık değerlerine sahip hatlar için nokta objelerin daha seyrek ve homojen bir dağılım gösterdiği,
- Ağırlık değeri küçük yol hatlarının kritik nokta objelere doğrusal mesafesinin fazla olduğu,
- Belli ağırlık değerlerinin eşik değeri olarak alınarak önemli yol hatlarının seçiminde kullanılabileceği gözlenmiştir.

Sonuçta 1:25 000 ölçekli veriden 1:100 000 ölçekli yol verisi elde etmek için ulaşım ağının ana iskeletini en iyi temsil edecek olan hatlar elde edilerek ağırlık ve hat uzunluğu kriterlerine göre seçme/eleme yapılmıştır. Seçim esnasında daimi araç yolları, yaz araba yolları ve patikalar için farklı ağırlık eşik değeri kullanılmış olup bunun sebebi, yollar arasında mevcut hiyerarşiden dolayı üst önem derecesine sahip yollarda daha az, patika gibi nispeten daha az önemli yol tiplerinde de daha fazla eleme yapılmasıdır.

Kırsal nitelikli alanlarda daimi araç yolu, yaz araba yolu ve patikalar için önerilen en iyi devamlılık prensibi ve veri tabanı zenginleştirmeleri ile seçim ve eleme başarılı sonuçlar verdiği gözlenmiştir. En iyi devamlılık ve örümcek diyagramları ile seçimin uygulandığı alanda yol3 katmanını teşkil eden toplam 1326 adet yol parçasından 665 adedi seçilmiş, diğerleri elenmiştir (Tablo 3). Farklı yol objeleri için seçim oranının farklı olması, yolun önem derecesinin ve dolayısıyla ağırlığının farklı olmasının doğal bir sonucudur.

Tablo 3. En iyi devamlılık prensibi ile kırsal alanda seçim sonuçları.

Objeler Tipi	Seçim Öncesi	Seçim Sonrası	ORAN
Patika	676	291	% 43
YAY	367	173	% 47
DAY	283	201	% 71
TOPLAM	1326	665	% 50

Veritabanı zenginleştirmeleri, verinin sonraki aşamalarda kullanılacağı analizlerde esneklik kazandıracağı aşikârdır. Özellikle en iyi devamlılık, örümcek diyagramları ve verinin ağırlıklandırılmasının; yol verisine Çoklu Gösterim Coğrafi Veri Tabanlarında da kullanım olanağı sunacağı değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

- Avcı, M., 2009, **1:25 000 – 1:100 000 Ölçek Aralığında Yol Objelerinin Seçme-Elemente İşlemlerinin Otomasyon**, Doktora Tezi, Selçuk Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Bildirici, İ.Ö., 2000, **1:1000-1:25000 Ölçek Aralığında Bina ve Yol Objelerinin Sayısal Ortamda Kartografik Genelleştirilmesi**, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bildirici, İ.Ö., Uçar, D., 2001, **Sayısal Kartografik Modellerde yol Objeleri**, Harita Dergisi, Sayı 125: 1-15, Ankara.
- Cecconi A., 2003, **Integration of Cartographic Generalization nad Multi-Scale Databases for Enhanced Web Mapping**, Doktora Tezi, Zürih Üniversitesi, Zürih.
- Chaudry, O., Mackaness, W., 2005, **Rural and Urban Road Network Generalization: Deriving 1:250 000 from OS Mastermap**, XXII International Cartographic Conference, s.93-99, A Coruna, July 9-16.
- Doğru, A.Ö., Uluğtekin, N., 2007, **Yol Ağlarının Çoklu Gösterim Yaklaşımı Temelinde Modellenmesi**, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara (CD).
- Gold, C.M., Thibault D., 2001, **Map Generalization by Skeleton Retraction**, Proc. 20th Int. Cartographic Conf. (ICC 2001), Int. Cartographic Assoc., s. 2072–2081.
- Gülgen, F., Gökgöz, T., 2008, **Selection of Roads for Cartographic Generalization**, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. V. XXXVII, s.615-620, Beijing.
- Karaş, İ.R., 2007, **3B CBS’de Ağ Analizlerine Yönelik Coğrafi Veritabanının Otomatik Olarak Üretilmesi**, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, (Poster), Trabzon.
- Kazemi, S., Lim, S., 2007, **Deriving Multi-Scale GEODATA from TOPO-250K Road Network Data**, Journal of Spatial Science, V. 52, No. 1.
- Kilpelainen, T., 1997, **Multiple Representation and Generalization of Geo-Databases for Topographic Maps**, Doktora Tezi, Finlandiya Jeodezi Enstitüsü, Helsinki.
- Mackaness, W.A., Beard, M.K., 1993, **Use of Graph Theory to Support Generalization**, Cartography and Geographic Information Systems, V.20, s.210-221.
- Thomson, C. R., Brooks, R., 2000, **Efficient Generalisation and abstraction of Network Data Using Perceptual Grouping**, GeoComputation, <http://www.geocomputation.org/2000/GC029/Gc029.htm>.
- Thomson, C. R., 2003, **Bending the Axial Line: Smoothly Continuous Road Centre-Line Segments as a Basis for Road Network analysis**, Proceedings – 4th International Space Syntax Symposium, V.50, s.1-10, London.
- Touya G., 2007, **A Road Network Selection Process Based on Data Enrichment and Structure Detection**, Proceedings of 10th ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation, (CD), Moscow, Russia.
- Uçar, D., Bildirici, İ.Ö., Uluğtekin, N. 2003, **Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Model Genelleştirilmesi Kavramı ve Geometri ile İlişkisi**, Ulusal Jeodezi Komisyonu (TUJK) 2003 Yılı Bilimsel Toplantısı: CBS ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı, s.94-103, Konya.
- Wang, P., Doihara, T., 2004, **Automatic Generalization of Roads and Buildings**, International Archives of Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences, V.35, s.249-254.
- Zhang, Q., 2004, **Modelling Structure and Patterns in Road Network Generalization**, ICA/EuroSDR Workshop on Generalisation and Multiple Representation, Leicester.