

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ALTYAPI DAĞITIM ŞEBEKE SİSTEMLERİNDE KARŞILAŞILAN
TOPOLOJİK HATALARIN DÜZELTİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Murat DEMİRCAN

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2018

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ALTYAPI DAĞITIM ŞEBEKE SİSTEMLERİNDE KARŞILAŞILAN
TOPOLOJİK HATALARIN DÜZELTİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Murat DEMİRCAN
501141621**

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Dursun Zafer ŞEKER

HAZİRAN 2018

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501141621 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Murat DEMİRCAN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “ALTYAPI DAĞITIM ŞEBEKE SİSTEMLERİNDE KARŞILAŞILAN TOPOLOJİK HATALARIN DÜZELTİLMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Dursun Zafer ŞEKER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Zaide DURAN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Bülent BAYRAM
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 04 Mayıs 2018
Savunma Tarihi : 08 Haziran 2018





Güzel ailem, annem, babam ve ablama



ÖNSÖZ

Tez çalışmam sırasında tecrübeleri ve bilgi birikimi ile bana yol gösteren değerli danışman hocam Prof. Dr. Dursun Zafer Şeker'e bana ve tezime katkılarından ötürü teşekkürlerimi sunarım. Katkılarından ve desteklerinden dolayı başta Universal Yazılım A.Ş yöneticileri olmak üzere tüm çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Her zaman beni destekleyen ve güvenen sevgili aileme ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2018

Murat Demircan
(Harita Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR	xi
ÖZET.....	xv
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1 Coğrafi Bilgi Sistemi Kavramı.....	4
1.2 CBS Destekli Akıllı Şebekeler	5
1.3 Akıllı Şebekelerde Coğrafi Bilgi Sistemi'nin Tasarımı	9
2. TOPOLOJİ	17
2.1 Topoloji Kavramı	17
2.2 Coğrafi Bilgi Sistemleri'nde Topolojik Veri Yapısı	19
3. ŞEBEKE AĞINDAKİ TOPOLOJİK HATALAR	25
3.1 Şebekelerde Karşılaşılan Topolojik Hata Örnekleri.....	25
3.1.1 Boru hatları ile kesişmeyen boru bileşenleri	25
3.1.2 Hatalı çizim yapılmış havai hatların düzeltilmesi	28
3.1.3 Hat nesnelerinde kesişim noktalarının kaldırılması	30
4. UYGULAMA.....	33
4.1 Şebekelerde Karşılaşılan Topolojik Hataların Çözümleri.....	33
4.1.1 Boru bileşenlerinin topolojik bağlantısının düzeltilmesi	33
4.1.2 Hatalı çizim yapılmış havai hatların düzeltilmesi	39
4.1.3 Hat nesnelerinde kesişim noktalarının kaldırılması	44
4.2 Kısıtlamalar	46
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	49
KAYNAKLAR	53
EKLER.....	55
ÖZGEÇMİŞ.....	57



KISALTMALAR

CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
GPS	: Global Positioning System
GIS	: Geographical Information System
IDE	: Integrated Development Environment
CAD	: Computer Aided Design



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1	: CBS'de farklı türde birçok veri kullanılmaktadır.	4
Şekil 1.2	: Akıllı şebekelerde altyapı dağıtım sisteminin takibi sağlanır.	6
Şekil 1.3	: Altyapı dağıtım şebekelerinde sistem envanterleri birbiriyle bağlantılıdır.	10
Şekil 1.4	: Elektrik dağıtım ağının temel yapısı gösterilmektedir.	11
Şekil 1.5	: Elektrik şebekesi ağında seçilen nesnenin hangi kaynak noktadan beslendiği gösterilmektedir.	12
Şekil 1.6	: Elektrik şebekesinde kullanılan ağ analizi örnekleri.	13
Şekil 1.7	: Mobil cihaza yüklü CBS uygulaması ile mekansal veri toplanması.	14
Şekil 2.1	: Eski jeoloji haritalarında sulu boya ilgili renklendirilen harita örneği... ..	18
Şekil 2.2	: CBS'de geçerli olan topolojik kurallar.	19
Şekil 2.3	: Çizgi verisinin CBS'deki akış yönü çizim işlemi sırasına göre tutulmaktadır.	21
Şekil 2.4	: Çokgen nesnenin üzerindeki düğüm noktaları.....	22
Şekil 2.5	: Bir çizgi nesnesinin düğüm noktaları.	22
Şekil 3.1	: Bağlantısı sağlanmadan çizilmiş boru hatlarının düzeltilmesi adımı.	26
Şekil 3.2	: Hatalı çizilmiş boru bileşeni ve boru hatları.	26
Şekil 3.3	: Yanlış bağlantı çizgilerinin oluşması.	27
Şekil 3.4	: Bileşen nesnesi üzerinde oluşturulmuş 1 metre ve 3 metrelik tampon alanları.	27
Şekil 3.5	: Hatalı çizilmiş havai hatlar.	28
Şekil 3.6	: Hatalı çizilmiş havai hatların ağda görüntülenmesi.	29
Şekil 3.7	: Hatalı çizilmiş havai hatlar, haritanın ölçeği düşürüldüğünde fark edilememektedir.	29
Şekil 3.8	: Havai hatların üzerinde bulunan düğüm noktalarının kaldırılması.	30
Şekil 3.9	: Çizgi nesnelerinin kesişiminde ortaya çıkan düğüm noktası.	30
Şekil 3.10	: Hat nesneleri üzerindeki kesişim ve düğüm noktaları çıkan düğüm noktası.	31
Şekil 4.1	: Hazırlanan algoritmaların uygulama üzerinden çağırılma adımları.	33
Şekil 4.2	: Birleşmeyen nokta nesnesi ile çizgi nesnesinin harita üzerinde gösterimi.	34
Şekil 4.3	: Topolojik bağlantısı olmayan nokta ve çizgilerin ağ sistemine dahil edilmesi.	34
Şekil 4.4	: Bağlantının sağlanması sonrası ağ sistemine dahil edilen boru hat nesneleri.	35
Şekil 4.5	: Boru bileşenlerinden hatlara bağlantının sağlanması için hazırlanan algoritmanın çalıştırılması.	37
Şekil 4.6	: Algoritmanın çalıştırılması sonucu yeni hat bağlantılarının oluşturulmasında ilk görsel.	37
Şekil 4.7	: Algoritmanın çalıştırılması sonucu yeni hat bağlantılarının oluşturulmasındaki ikinci görsel.	38
Şekil 4.8	: Çalıştırılan algorithmada boru bileşenlerine verilen tampon bölge alanlarına göre uygulamanın çalışması.	38
Şekil 4.9	: Hatları ile kesişmeyen boru bileşenleri uygulamasının akış şeması.	39
Şekil 4.10	: Hatalı çizim yapılmış havai hat nesneleri.....	39

Şekil 4.11	: Hatalı çizim yapılmış havai hat nesnelerinin düzeltilmesi sonucu.....	40
Şekil 4.12	: Harita üzerinden algoritmanın çalıştırılması istenen bölge belirlenir. .	41
Şekil 4.13	: Seçilen çizgi nesneleri üzerinde düğüm noktaları görüntülenmektedir.	42
Şekil 4.14	: Seçilen hat ve diğer nesneler üzerinde algoritma çalıştırılmaktadır....	42
Şekil 4.15	: Seçilen hatlar üzerindeki düğüm noktaları kaldırılmıştır.	43
Şekil 4.16	: Hatalı çizim yapılmış havai hat nesnelerinin düzenlenmesini sağlayan uygulamanın akış şeması.	43
Şekil 4.17	: Çizim işlemi sırasında düğüm noktaları oluşturulmuştur.....	44
Şekil 4.18	: Kesişim noktalarının kaldırılması ile ilgili algoritma çalıştırılmadan önce harita üzerindeki nesneler seçilir.	45
Şekil 4.19	: Üst üste gelen kesişen noktalar kaldırılmıştır.....	45
Şekil 4.20	: Kesişen hatlardaki kesişen ortak düğüm noktalarının kaldırılması iş akışı.	46
Şekil 4.21	: Yeni bir çizginin üretilmesi ile çizgi nesnesi kırılmıştır.	47



ALTYAPI DAĞITIM ŞEBEKE SİSTEMLERİNDE KARŞILAŞILAN TOPOLOJİK HATALARIN DÜZELTİLMESİ

ÖZET

Günümüzde altyapı dağıtım kurumlarının, fiziksel varlıklarını yönetebilmek ve tüketicilere daha iyi bir hizmet sunabilmeleri için akıllı şebeke sistemi (Smart Grid) kavramını uygulaması, sistemlerini bu konseptte göre güncellemeleri gerekir. Şebekelerinin akıllılandırılması konusunda, kurumun ilk entegre olması gereken sistem Coğrafi Bilgi Sistemi'dir.

Altyapı dağıtım kurumları, fiziksel varlıklarını kayıt altına alabilmek için, fiziksel varlıklarının verisini toplar. Toplanan bu veri kümesi Coğrafi Bilgi Sistemi platformunda depolanır. Mekansal verinin toplanmasının, maliyeti diğer sistemlere göre daha büyük maliyetler tutmaktadır. Ancak buna rağmen toplanan veri, kullanılan sistem için uygun olmayabilmektedir. Saha çalışmasından toplanan verinin içeri alınmasında ya da coğrafi bilgi sistemi platformunda çizilen nesnelerde hatalar oluşmaktadır. Bu durumda yanlış oluşturulmuş, ihtiyacı karşılamayan bir mekânsal veri kümesi ortaya çıkmaktadır. Doğruluğundan şüphe edilen verinin kullanımı mümkün değildir. Bu durumda daha önceden kullanılan sistem, artık kullanılmamaya başlanır. Sahadan gelen veriler artık hatalı olarak görülen sisteme entegre edilmez.

Bu tez çalışmasında altyapı dağıtım hizmeti veren kurumların mekansal veri ile ilgili yaşadıkları sorunlar incelendi, altyapı dağıtım hizmeti veren kurumların CBS'de tutmuş olduğu ağ şebeke verileri analiz edildi. Yapılan araştırmalar sonucunda veri kalitesinin yükselmesini sağlayan topolojik çözümler sunuldu. Bu sayede şebeke ağ topolojisi iyileştirilerek, şebeke ilişkilerinin CBS ortamında düzeltilmesi sağlandı.

Altyapı dağıtım kurumlarının fiziksel varlıkları, CBS sisteminde büyük ve karmaşık bir veri kümesi olarak yer tutmaktadır. Bu kadar büyük bir verinin CBS birimi tarafından kontrolü, düzeltilmesi ve raporlanması büyük vakit almaktadır. Ayrıca bu tarz hatalar dikkat edilmedikçe; ileride kurumların karşısına tekrar çıkabilmektedir. Tez çalışması sürecinde yapılan geliştirmeler sayesinde, CBS ağ topolojisinin düzeltilmesi işlemi otomatize eden algoritmalar oluşturuldu, çözümlere yer verildi. Tez çalışmasında topolojik hatalar düzeltilerek, şebeke ağının düzeltilmesi sağlandı.

Tezin birinci bölümü olarak geçen giriş bölümünde altyapı dağıtım şebeke sistemlerinde CBS'nin kullanımı üzerine duruldu. Daha sonraki bölüm olan topoloji başlıklı bölümde konumsal objeler ile bu objelerin birbiri arasındaki ilişkilerin CBS'de topolojik olarak nasıl tutulduğu konusuna yer verildi. Topolojinin ne olduğu, CBS'de topolojik olarak coğrafi nesnelerin geometrik ve topolojik yönleri incelendi. Topolojik tasarımın CBS'de işleyişi üzerine duruldu. Tezin üçüncü bölümünde altyapı dağıtım kurumlarının CBS birimlerinde, karşılaşılan topolojik hatalara yer verildi. Topolojik açıdan yapılan bu hatalara hangi sebeplerin neden olduğu anlatıldı. Tezin dördüncü bölümünde karşılaşılan hataların giderilme yöntemleri üzerine duruldu. Hataların giderilmesinde oluşturulan algoritmalarda, hangi işlem adımlarının gerçekleştirildiği anlatıldı. Tezin beşinci bölümünde tezin sonuç bölümü yer almaktadır.



CORRECTION OF TOPOLOGICAL ERRORS OF UTILITY NETWORK SYSTEM

SUMMARY

The important steps of asset management are to prepare an inventory of critical assets, to assess their situation and their performance, to protect, repair, modify, and plan. Thus, infrastructure distribution agencies can manage infrastructural assets in the most efficient way and the costs of services can be reduced to a minimum.

Utility infrastructure networks are becoming a larger and more complex system. For this reason, operators need a real-time, simple and powerful engineering infrastructure for operation.

In the case of being utility companies, it has emerged that different networks have to be collected and managed under a single system. Managing, monitoring and reporting own network has become a new project itself.

Providing uninterrupted service become a very challenging process for such a growing number of customers and expanding service area in a short period of time. Utility companies need more sophisticated technology in order to provide continuity of service and increase service quality and customer satisfaction. The aging and rapid growth of infrastructure can bring the institutions being anxious for.

Analyzes can be taken to higher levels to assess risk factors for specific uses by using risk analysis tools. Investments and plans can be made more accurately by these principles in the future. It is very important for the decision makers to get the desired data, report and query at any time in terms of efficiency of the institution. Institutions needs to make rapid decision-making for unknown situations. These decisions can not be taken in a healthy way or treated quickly enough. Therefore, the productivity of the institution is directly affected.

Infrastructure distribution agencies are moving from hardcopy recording systems to computerized systems for asset tracking and maintenance. Computerized systems not only provide superior recording management, but also can be used to plan the maintenance activities of physical assets.

GIS is one of the most basic information systems for infrastructures. Institutions benefit from GIS in order to continue their efficient operation. GIS is a system that is constantly updated. For all users, there must be a very well-defined authority for data viewing, data exchange, data entry, analysis and reporting.

Nowadays, utility companies need to apply the Smart Grid concept to manage their physical assets and provide a better service to the consumers and update their systems according to this concept. The first system that the institution needs to integrate with is the Geographical Information System (GIS).

The reason for the existence of GIS in distribution network institutions is that it wants to determine the status and the connections of the intellectual assets. By transferring excess data to the GIS system from the institutions' hands, they can find the best position for network facilities considering all the variables and constraints. Distribution network systems are in a constant change. Distribution network systems continually add new customers. Along with the growth of the network, control over the network is also difficult. Damaged equipment can be replaced, lines can be extended or shortened, and the position of the poles can be changed. It is a problem that a system that is in such a change is timely controlled and the changes are documented.

Infrastructure distribution agencies collect the data of physical assets in order to record their physical assets. This collected dataset is stored in the Geographic Information System platform. The cost of collecting spatial data is much higher than the costs of other systems.

In other countries, Geographic Information Systems have been used for many years; though it has a below usage of GIS in Turkey. This is because most institutions or engineering companies continue to produce CAD data instead of GIS data. Although topology is not mandatory for CAD software, topological relations is an important issue for GIS software. It is not possible to think of a totally independent GIS software in the topology. Topological relations must be established for geographical analysis in GIS. The most important feature that distinguishes GIS software from other CAD software is its ability to perform geographical analysis, in other words, spatial analytical processing. Geographical analyzes are carried out with the relationships that the topological and geometrical structures contained in the GIS software are interrelated.

However, the collected data may not be suitable for the system used. Faults can be occurred when importing data from fieldwork or objects drawn on the geographic information system platform. In this case, a misplaced, inexhaustible spatial data set emerges. It is not possible to use the verifiable data. In this case, the previously used system is no longer used. Collected data from the fieldwork is no longer integrated into the system that is seen as faulty.

In this thesis study, the problems that utility companies have related to spatial data have been examined and network data that the utility companies have been kept in GIS have been analyzed. And topological solutions were presented to increase the quality of the data after researches. In this way, the topology of the network was improved and the network relations were corrected in the GIS environment.

The physical assets of utility companies are stored in a large and complex set of data in the GIS system. It takes large amount of time to check, correct and report such large data by the GIS team. Moreover, these kinds of mistakes can come out again in the future against.

Thanks to the improvements made in the thesis work, algorithms that automate the correction process of the GIS network topology. Analysis were created and the solutions were created. By correcting the topological errors in the thesis study; infrastructure network correction is created.

The first section of the thesis focuses on the use of GIS in infrastructure distribution network systems. In the section titled topology, which is the next section, there is a discussion about how topological relations between spatial objects and these objects

are related to each other in GIS. The geometric and topological aspects of geologic objects are investigated topologically in GIS. And focused on topological design on GIS.

In the third part of the thesis, it is explained that the encountered topological faults in the infrastructure . How they encountered these topological errors or by which causes the reasons make these topological errors. In the third part of the thesis, it is explained that the encountered topological faults in the GIS team of utility companies. In which situation they encountered these topological errors or by which causes make these topological errors.

In the fourth part of the thesis, the methods of eliminating the mistakes were discussed. In the elimination of the errors, the algorithms were explained which process steps were carried out. In the fifth section of the thesis is the thesis result section.



1. GİRİŞ

Günümüzde şehirlerde artan nüfus ve bununla birlikte artan enerji talebi ve enerji israfı, enerji şebekelerinin akıllı şebekelere (Smart Grid) dönüştürülmesini zorunlu kılmaktadır. Sistemlerini “Akıllı Şebeke” lere dönüştürmek isteyen kurumlar, yönetilebilir şebekelerin oluşmasını sağlarlar. Akıllı şebekeler, enerji sağlayıcıları ile tüketiciler arasında enerji üretimi, iletimi, dağıtımı ve kullanım sistemlerini içeren iki yönlü enerji akışının takibini sağlar. Akıllı şebekelerde şebekenin izlenmesi, analizi ve kontrolü için hem enerji santrallerinde hem dağıtım merkezlerinde hem de tüketicilerin bulunduğu yerlerde çok sayıda çeşitli ölçüm cihazları kullanılmaktadır. Enerjinin üretimi, aktarımı, dağıtımı ve tüketimi boyunca ağ üzerinden görüntülenmesi ve takibinin sağlanmasına yardımcı olur.

Altyapı dağıtım şebeke sistemlerinin, tüketicilere daha iyi bir hizmet sunabilmesi için fiziksel varlıklarını yönetebilmeleri gerekmektedir. Abone hizmeti veren altyapı dağıtım kurumlarının akıllandırılması konusunda, kurumun ilk entegre olması gereken sistem Coğrafi Bilgi Sistemleri’dir. Coğrafi Bilgi Sistemi, şebeke ağı hakkında mevcut ve gelecekteki bilgilerin tek bir yerden erişilebilir olmasına yardımcı olur.

Enerji dağıtım kurumları, uzun vadeli dağıtım planlama sürecinde; güç akışını, kısa devre sorunlarını belirlemek için karmaşık ağ hesaplamaları yapmaları gerekir. Ayrıca ağda var olan ya da var olacak kayıpları anlamaları gerekmektedir. Kurumun, müşteri altyapı kurumundan hizmet talep ettiğinde, alt yapı kurumunun şebeke ağının müşteriye doğrudan hizmet verme kapasitesinde olup olmadığını ya da şebeke ağında yükseltme gerektirecek durumların oluşup oluşmayacağını bilmeleri gerekir. Sistemde oluşacak yeni yükü kaldırabilmek için daha uzun bir kablo ya da transformatöre ihtiyaç duyulup duyulmayacağının bilinmesi gerekir.

CBS şebeke modelinin güncellenmesinin en basit yolu veri giriş işlemidir. Kurumdaki CBS kullanıcıları, kendilerine bildirilen şebeke ağında yapılan değişiklikleri, eklemeleri gösteren işaretli sayfalar, notlar, e-postalar, telefon aramaları vasıtasıyla

şebeke ağındaki değişiklikleri ele alır. Bu değişiklikler, şebeke dağıtım ağında her gün sürekli meydana gelen proje akışının sonucudur. Oluşan bu değişiklikleri gösteren doküman, ekiplerin sahada gerçekten neler yaptığını gösterir (Meehan, 2013).

Günümüzde birçok dağıtım kurumu, CBS'yi dağıtım ağındaki tesisleri güncellemek için kullanmaktadır. Şebeke dağıtım kurumlarında CBS sadece bir ağ dokümantasyon sistemidir. Örnek verilecek olursa; CBS, şebeke ağ elemanlarının konumunun nerede olduğunu belgeleyen, boyut veya derecelendirme gibi kriterlerle nesnelerin her biri hakkında bazı bilgiler veren bir sistemdir. Ayrıca CBS sistemi kesinti yönetim sistemi, abone dağıtım yönetim sistemi gibi sistemlere bilgi verir. Tesis şebeke ağ yapısını yöneten CBS, tasarım, planlama ve operasyonel süreçlerde önemli bir yer teşkil eder.

Dağıtım şebeke kurumlarında CBS'nin olması fikri varlıkların durumunu ve bağlantılarının tespit edilmek istenmesinden kaynaklanmaktadır. Kurumlar ellerinden geldikçe fazla veriyi CBS sistemine aktararak, tüm değişken ve kısıtları göz önünde bulundurarak şebeke tesisleri için en iyi konumu bulabilirler. Daha önce de belirttiğimiz gibi dağıtım şebeke sistemleri sürekli bir değişim içerisinde. Dağıtım şebeke sistemleri devamlı olarak yeni müşterileri bünyesine eklemektedir. Şebekenin büyümesi ile birlikte şebeke üzerindeki kontrol de zorlaşmaktadır. Hasar görmüş, bozulmuş donanımlar değiştirilebilir, hatlar uzatılıp kısaltılabilir, direklerin konumu değiştirilebilir. Bu kadar değişim içerisinde olan bir sistemin zamanında kontrolü ve değişikliklerin dokümente ediliyor olması sorun olmaktadır.

Akıllı bir şebekenin yürütülebilmesindeki en önemli faktör elde edilen verilerin doğruluğudur. Çünkü sistemde olan verilerle elde edilmiş analiz ve bu analizlerden raporlar elde edilmektedir. Çıktı olarak alınan raporlar, doğru olduğu varsayılan veri kümeleri üzerinden elde edilmektedir. Altyapı dağıtım kurumlarının gelecekte tasarlayacakları ve inşa edecekleri projeleri belgelemeleri gerekmektedir.

Şebeke varlık nesnelerinin öznitelik bilgilerinin doğru girilmesi gerekir. Ayrıca şebeke varlıklarının Coğrafi Bilgi Sistemi'nde topolojik olarak da birbiri ile doğru bağlantının sağlanmış olması gerekir. Örnek verilecek olursa, elektrik dağıtım sektöründe elektriğin son kullanıcıya iletimi, su dağıtım sektöründe su akışının sağlanması önemli bir yer tutmaktadır. Coğrafi bilgi sisteminde bulunan bu şebeke varlık nesnelerinin

birbiri ile bağlantısı sağlanmaz ise bahsettiğimiz iletim kopar ve yanlış analiz ve raporlar elde edilir.

Coğrafi Bilgi Sistemine veri girişinden sorumlu olan CBS operatörü, sahada toplanan verileri Coğrafi Bilgi Sistemi platformuna yanlış aktarması veya şebeke varlık nesnelerinin yanlış çizimi, şebeke ağında iletişimin kopmasına neden olmaktadır. Bunun başlıca nedeni topolojik hatalardan kaynaklanmaktadır. Bu hatalar kontrol edilmedikçe zaman ile birlikte büyümektedir. Her geçen gün yeni çizimlerin çizilmesi, verinin kontrolünün de zamanında gerçekleştirilememesi bilgilerin yanlış çoğalmasına sebep olmaktadır.

Zamanında düzeltilmeyen coğrafi veriler CBS’den alınan raporların yanlış çıkarılmasına, müşteriye verilen hizmetin eksik yapılmasına, sorumlu devlet kurumlarına verilen raporların hatalı olmasına sebep olmaktadır. Bu tarz olumsuz eylemler, kurumlar için hem zaman, hem prestij hem de maddi olarak zarar demektir.

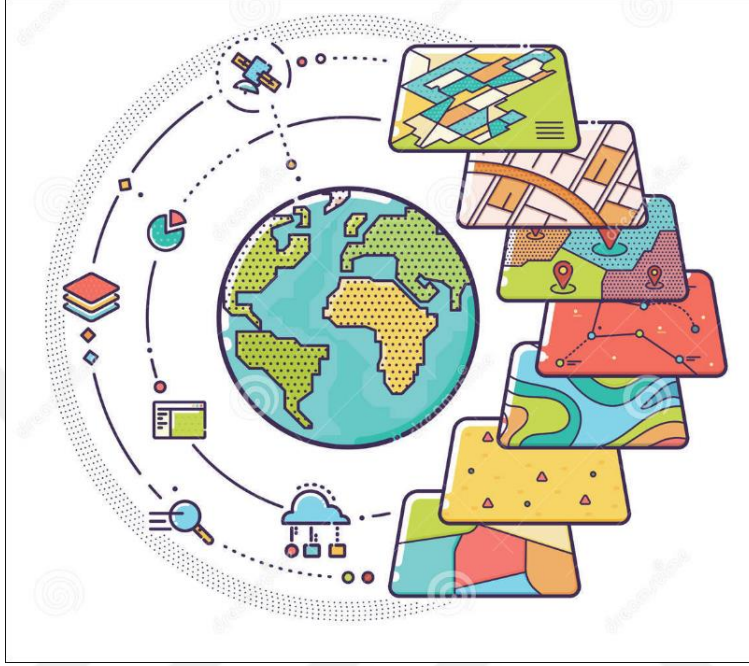
Tez içeriğinde kullanılan veri ve yapılan geliştirmelerle ilgili şu detaylar bulunmaktadır:

- Tez aşamasında kullanılacak veriler Türkiye’de kullanılan gaz ve elektrik şebeke sistemlerinde kullanılan Coğrafi Bilgi Sistem veri yapıları örnek alınarak oluşturulmuştur.
- Kullanılan coğrafi veri, şebeke dağıtım kurumlarının veri örnekleri baz alınmış olup; yapılan geliştirmeler için gerçek bir ortam sağlanmıştır.
- Kullanılan veri içeriğinde coğrafi objelerin birbiriyle oluşturduğu yapı ve bu yapının birbiriyle topolojik olarak ilişki sağladığı ilişki göz önüne alınmıştır.

Bu tez çalışmasında coğrafi verinin incelendiği uygulama platformu olarak “ArcGIS 10.5” yazılımı kullanılmıştır. Yapılan geliştirmeler “Python” kodunu yazmaya izin veren IDE’lerde hazırlanıp, ArcGIS uygulamasında çalıştırılarak, sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 1.2 ve Şekil 1.3 görsellerinde tabanlı geliştirilmiş CBS uygulamasının ekran görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 1.4’teki görselde mobil tabanlı CBS uygulamasının ekran görüntüsüne yer verilmiştir.

1.1 Coğrafi Bilgi Sistemi Kavramı

Coğrafi Bilgi Sistemi, bir harita üzerinde coğrafi bilgileri analiz eden, depolayan, yöneten ve görselleştiren bilgisayar tabanlı bir araçtır (Url-1). Coğrafi Bilgi Sistemi hemen hemen neredeyse her sektörle ilişkili bir şekilde kullanılmaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 : CBS'de farklı türde birçok veri kullanılmaktadır.

Kahve içmek için kahve dükkanı, para çekmek için ATM bulmak, trafiğe kalmadan iş yerinden eve en kısa zamanda gitmek istendiğinde, en kolay çözüm olarak teknoloji cihazından ilgili uygulama bulunup bilgi alınır ve öğrenilir. İşte burada CBS teknolojisi günlük hayata girmektedir. Belirli bir yerin yakınındaki kahve dükkanlarının, benzin istasyonlarının buluması istendiğinde, tanımlı yarı çap içerisinde işletmelerin sorgulanıp sunulmasını sağlar. İnsanlar arka planda çalışan sistemin kaynağını bilmeseler de her gün bu sistemi kullanmaktadırlar.

Coğrafi Bilgi Sistemleri genel olarak şu sorulara cevap bulabilmenizi sağlar:

- Nerede?
- Ne değişti?
- Ne zaman?
- Kaç adet var?
- Ne kadar büyük?

- Arasındaki ilişki nedir?
- Eğer ... olursa ne olur?
- En kısa mesafe ne kadar?
- ... oluşması ne kadar süre alır?

CBS sistemlerinde boru hatları, telefon, elektrik hatları, yol (karayolu, tren yolu, bisiklet yolu) gibi birbirine çizgi özelliği ile bağlı olan yapılar ağ olarak isimlendirilir.

İnsanların bir yerden başka bir yere ulaşmaları, servis hizmetlerinin ve malların taşınması ve dağıtılması, kaynak ve enerjinin ulaştırılması, bilgi iletişimi gibi faaliyetler, tanımlanabilen ağ yapıları içinde gerçekleşir (Güngör, 1999).

Bir şehrin enerji nakil hatları, gaz dağıtım sistemi, su ve kanalizasyon boruları, sokak ve yolları gibi ağ yapıları ilk akla gelebilecek örneklerdendir. Bu sistemler üzerinde yapılacak karar vermeler için uygulanacak sorgu ve analizler, coğrafi bilgi sistemlerinde ağ analizleri olarak adlandırılmaktadır (Yomralıoğlu, 2000).

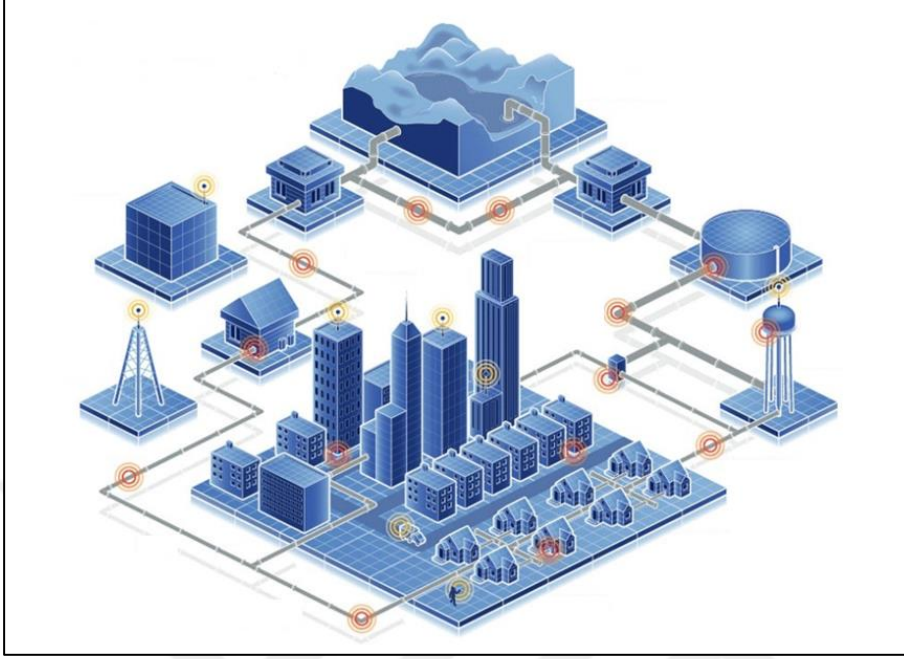
Elektrik kesintileri ve arızalarından adres belirlemeye, dağıtım güzergahı belirlenmesinden yatırım analizlerinin yapılmasına kadar bir çok problem, ağ analizleri ile çözülebilmektedir (Yıldırım ve Yomralıoğlu, 2002).

1.2 CBS Destekli Akıllı Şebekeler

Altyapı dağıtım kurumları düzenli olarak kurumun geleceğini öngören planlar yapmak zorundadır. Genellikle kurumun gelecek planları 1-3 ve 5 yılı öngören planlar olmaktadır. Kurum içi planlar yapılırken sistemin eksik olduğu noktalarının tespit edilmesi ve değerlendirilmesi gerekir. Ve bunun takibinde eksik noktaların giderilmesi için plan ve projelerin oluşturulması gerekir. Tüm bunların yapılabilmesi için karar vericiler, planlamaları yaparken şebeke dağıtım ağını temel almalıdırlar.

Elektrik, gaz ve su dağıtım sistemleri her zaman bir değişim içerisinde. Bunun nedeni, dağıtım sistemlerinin doğrudan son kullanıcılara kadar takibinin sağlanmasıdır (Şekil 1.2). Müşteriler hareket eder, mahalleler genişler ve daralır, üretim tesisleri açılır kapanır ve nüfus köy ve kasabalardan büyük şehirlere tekrar tekrar kaymaya başlar. Elektrik, gaz dağıtım sistemleri müşterilerin taleplerini karşılaması

gerektiğinden, hizmet sağlayıcılar dağıtım ağının yeterliliği konusunda sürekli bir değerlendirme yapmalıdır.



Şekil 1.2 : Akıllı şebekelerde altyapı dağıtım sisteminin takibi sağlanır.

Altyapı dağıtım sistemlerinin içerdiği ana iş süreçleri aşağıdaki gibidir:

- Dağıtım planlaması
- Mühendislik, tasarım ve inşaat
- Dokümantasyon (Hangi iş süreçlerinin yapıldığı)

Yukarıda bahsettiğimiz iş süreçlerinden şu sonuçlar çıkmaktadır: Sistemin kurulması, operasyonel işlemlerin yapılması ve sistem bakımı.

Sistem geliştirme sürecinde sistemde, ileride oluşacak yüklerin planlanması, güçlendirilmesi gereken yerlerin tespiti sağlanır. Sistemde sunulan güvenlik, büyüme ve gelişme konuları mühendislik çözümleri ile sağlanır. Buna ek olarak, elektrik, su, gaz dağıtım ağına bağlanmak isteyen yeni tüketicilerin ihtiyaçlarını karşılamayı sağlar (Meehan, 2013).

Dağıtım planlamada hizmet talepleri önemli bir konudur. İleride oluşacak taleplerin önceden tahminin yapılması gerekir. Sistem ağı üzerinde yapılan taleplerin tahmin edilmesi, mekânsal analizin klasik örneklerindendir. Planlamacılar değişik kaynaklardan bilgilere erişerek sistem ağı üzerinde oluşturulacak tahmin modellerini

oluştururlar. Şebeke haritası üzerinde, her çalışmada şebeke ağında yeni bir ekleme, güncelleme silme işlemi gerçekleştirilmektedir.

Yapılan planlama sonrasında, kurumun bir tesis kurması veya tesis yükseltilmesi gerektiğini belirlendikten sonra, bunu yapacak bir proje oluşturulmaktadır. Bunun için dağıtım sisteminde birden fazla planlama yapılması gerekmektedir. Coğrafi bilgi sistemi platformunda da yapılacak olan bu planlama sürecinde bir iş emri oluşturulmaktadır. İş emri, proje sürecinde önemli bir rol oynamaktadır. Örnek verilecek olursa; hazırlanan iş emri sürecinde, altyapı dağıtım şebekesinde değişiklik talebi gerçekleşir. Bu değişiklik genellikle planlamacılardan gelmektedir. Bir sokağın genişletilmesi veya yeni aydınlatma direği dikilmesi talebi gelebileceği gibi yeni bir iş yeri açıldığında, elektrik enerjisi ihtiyacından dolayı ilgili yerde bulunan trafo binasının kapasitesinin artırılması talebi de gelebilmektedir. Altyapı tesisleri inşa edilebilir, kaldırılabilir, yerleri değiştirilebilir. Planlamacılar yapılacak değişiklikleri uygulanması için tasarım dokümanı oluşturmaktadırlar. Bu belgeler sayesinde tesislerde yapılan değişiklikler uygulandıktan sonra bu değişiklikler dokümante edilmektedir. Bu belgeler genellikle CAD sistemi üzerinde oluşturulan diyagramlar şeklinde olmaktadır.

CBS'nin altyapı dağıtım hizmeti veren kurumlarda kullanılması ile tesislerin inşaatı öncesinde tüm iş akışını basitleştirebileceğinin farkına varıldı. Tasarımları gerçekleştiren çalışanlar tarafından inşaat bilgilerinin, inşaat ekiplerine aktarılması için harita tabanlı uygulamalar kullanılmaya başlandı. Çünkü tasarım çalışmalarını CBS'de oluşturmak ve yönetmek kullanımının kolay olduğu görüldü. Kurumlar, şebeke ağının tam olarak nerede güçlendirilmesi gerektiğini gösteren yük tahmin çalışmalarıyla ilgili bilgiler alabilmesi sağlanmaktadır.

Altyapı dağıtım kurumlarında yapılan projelerle ilgili aşağıdaki örnekler verilebilmektedir:

- Şebekede oluşan yükü taşıyabilmek için kabloyu veya iletken boyutunu arttırmak
- Şebeke yükündeki artışa bağlı olarak yeni transformatörler veya düşük voltajlı trafolar eklemek

- Yükleri daha ağır yüklü besleyicilerden veya devrelerden daha düşük yüklü olanlara taşımak için yeniden konfigüre etme
- Daha eski düşük voltajlı orta gerilim besleyicilerinin daha yüksek gerilimli besleyicilere yükseltilmesi
- Trafo merkezlerine yeni kesici bölümleri eklemek, böylece ek besleyiciler oluşturmak
- Trafo merkezlerine yeni OG trafoları eklemek
- Yeni alt istasyonlar eklemek
- Eski sistemlerin değiştirilmesi
- Eski ekipmanın değiştirilmesi
- Uzaktan kontrol edilen anahtarların eklenmesi gibi otomasyon projeleri oluşturmak

Planlama sürecine ek olarak, projeyi tetikleyen başka eylemler de bulunmaktadır:

- Müşterilerin yeni servis talepleri ile gelmesi
- şebeke ağında güvenilirliği standartların altında bulunan bölgelerinin olması
- Müşterilerden gelen şikayetlerin olması
- Acil durumlara bağlı büyük onarımların yapılması

Altyapı dağıtım şirketlerinin ihtiyaç duyduğu noktalar şunlardır:

- şebeke sisteminde kullanılan fiziksel varlıkların; mekânsal olarak bilgisinin verilebilmesi
- Altyapı dağıtım şebekesinin anlık durumuyla ilgili detaylı bilgi edinilmesi
- şebekenin son durumunun raporlanabilmesi
- İnşaatı yapan ekiplere verilecek belgelerin yaratılması - inşa etmek için hangi bilgilere ihtiyaç duyduklarının gösterilebilmesi

Zaman içerisinde dağıtım kurumları, tesislerinin bilgilerini güncel tutmak için CBS'ye ihtiyaç duyduklarının farkına varıldı. Bunun en büyük nedeni sahada eklenen tesislerin sisteme aktarılana kadar değişiklik gösterebiliyor olmasıdır. Sistemin tasarımı ve tesislerin bilgilerinde uyυřumsuzluklar tespit edildi. Bu nedenlerden dolayı kurumlar, ileride yaşanacak hataların önüne geçmek için Coğrafı Bilgi Sistemi'ni

kullanılmaktadırlar. CBS'nin altyapı dağıtım kurumlarında kurulması, sürekli değişen şebeke ağ yapısını kontrollü bir şekilde güncel tutulmasını sağlayan bir sistem sağlamış olur.

1.3 Akıllı Şebekelerde Coğrafi Bilgi Sistemi'nin Tasarımı

Artan enerji talebi ve bunun yanında enerji israfının da taleple birlikte arttığı günümüzde, enerji şebekelerinin akıllı şebeke kavramını uygulamaya başlamasına sebep olmuştur. Akıllı Şebeke sistemine geçilmesindeki ilk adım kurumda Coğrafi Bilgi Sistemi'nin uygulanmasından geçmektedir.

Altyapı dağıtım kurumlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri'ne geçmelerinin sebebi sadece verilerin toplanması, depolanması için ortak bir yer sağlanması değildir.

Enerji ve mühendislik şirketleri, fiziksel varlıklarının takibini harita üzerinden yapmaları gerekmektedir. Harita üzerinde işlenen şebeke verisi büyük ve karmaşık bir yapıya sahiptir. Coğrafi veriyi işlerken yapılan işlemin hızlı ve doğru bir şekilde yapılmasına özen gösterilmesi gerekmektedir. İşlenen verinin güvenilir olması ve yapılan işlemin ekonomik açıdan kuruma katkı sağlaması beklenmektedir.

Altyapı dağıtım hizmeti veren kurumların verisinin neredeyse tümü coğrafi lokasyon bilgisi ile ilişkilidir. CBS, enerjinin aktarımı, dağıtımı ve tüketimi boyunca ağ üzerinden görüntülenmesi ve takibinin sağlanmasına yardımcı olmaktadır.

Elektrik dağıtım kurumları elektrik hattının, trafosunun, direklerinin; gaz dağıtım kurumları boru, vana ve pompalarının; su ve kanalizasyon kurumları boru, vana, pompa, sayaç ve diğer tesislerinin nerede bulunduğunu bilmek zorunluluğundadır. Hangi tesislerin oluşturulduğunu, hangi tesislerin bakıma ihtiyaç duyduğunu, ayrıca personellerinin sahada nerede çalıştığını bilmeleri gerekmektedir (Şekil 1.3). CBS sistemi, şebeke sistemlerinin haritalandırılması ve bakımı konusunda kullanımı gittikçe artan bir bilgi sistemi olmaktadır. CBS, yüksek doğruluk istenen mekânsal verinin veri tabanında tutulmasını, saklanan verinin hızlı bir şekilde mekânsal olarak sorgulanabilmesini sağlamaktadır.



Şekil 1.3 : Altyapı dağıtım şebekelerinde sistem envanterleri birbiriyle bağlantılıdır.

Elektrik dağıtımından örnek verecek olursak; elektrik üretiminde enerji santralleri, elektrik enerjisi üretmektedir. Ve daha sonra elektrik, elektrik santrallerinden yüksek voltaj iletim hatları vasıtasıyla uzakta bulunan yük merkezlerine iletilmektedir. Elektrik dağıtımında, elektrik dağıtım sistemleri elektrik enerjisini son tüketicilere düşük voltajda dağıtmaktadır. Şebeke kurumu şebekeyi, enerji üretiminden, enerjinin son tüketiciye ulaşmaya kadar izlemesi gerekmektedir. Elektrik dağıtım şirketleri elektrik iletimi ve dağıtımını sağlarken; tüketicilere elektrik enerjisinin ulaştırırken; hem sağlıklı hem de kontrollü bir metot izlenmektedir. Maliyetlerini iyileştirmek ve kâr elde etmeyi amaçlamaktadır.

Büyük ölçekli alt yapı şebeke sistemlerinde ihtiyacın belirlenmesi birçok zorluğu da beraberinde getirmektedir. Toplumun enerji gereksinimlerini karşılamak ve kurulan tesislerin coğrafi bölgeler arasında arz ve talebi dengelemek için şebekenin kurulması gerekmektedir.

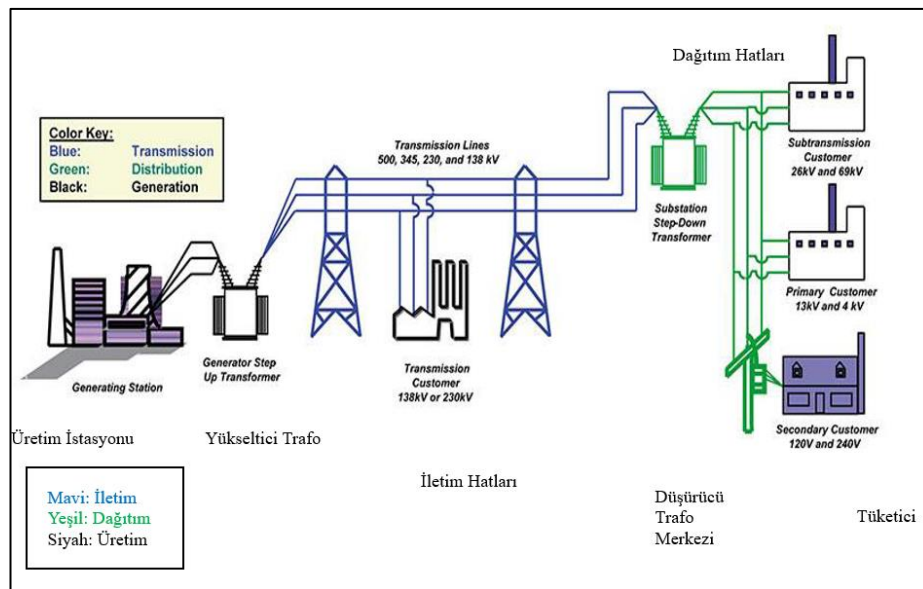
CBS'nin kuruma kattığı özellikler olarak aşağıdaki örnekler verilebilmektedir:

- Şebeke varlıklarının tespitinin yapılarak, şebekenin mekânsal bilgisi ile birlikte öznetelik bilgileri tutulmaktadır.
- Şebeke varlıklarının diğer şebeke varlıklarıyla ilişkilendirilmesi ve verilerin ilişkili varlıklarının bulunması sağlanmaktadır.
- Kurumun iş süreçlerini hızlandıracak bilgi sisteminin kurulmasında ilk basamağını teşkil etmektedir. Bu sayede kaliteli bir hizmet sağlamaktadır.

- Kurumun veri analiz kapasitesini artırarak, geleceğe dönük analizlerin yapılmasını, bakım kapasitesini artırılmasını sağlamaktadır.
- Diğer bilgi sistemleri ile entegre olabilecek sürdürülebilir veri modelinin kurulması sağlanmaktadır.

Elektrik şebeke sistemleri, her bir hat ve bu hatların uzantısında olan diğer hat ve sistem nesneleri karmaşık bir ağ yapısını oluşturmaktadır. Altyapı sistemlerinden elektrik şebekeleri oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir ve fiziksel yapıları çeşitlidir. Enerji dağıtım sistemleri jeneratörler, transformatörler, direkler, havai enerji hatları ve trafo merkezleri gibi gerçek fiziksel yapılarını içermektedir. Sistemin farklı bölümleri farklı voltaj seviyelerinde çalışır. Havai güç hatları tipik olarak yüksek voltaj seviyesinde çalışır ve küçük akımların büyük miktarlarda güç iletmeye izin verir. Bu havai güç hatları ve bağlandıkları yapılar, dağıtım sisteminde iletim sistemi olarak adlandırılmaktadırlar. İletim sisteminin son noktaları, elektrik tüketen ve üreten trafo merkezleri ve enerji santralleridir (Wiegmans, 2016).

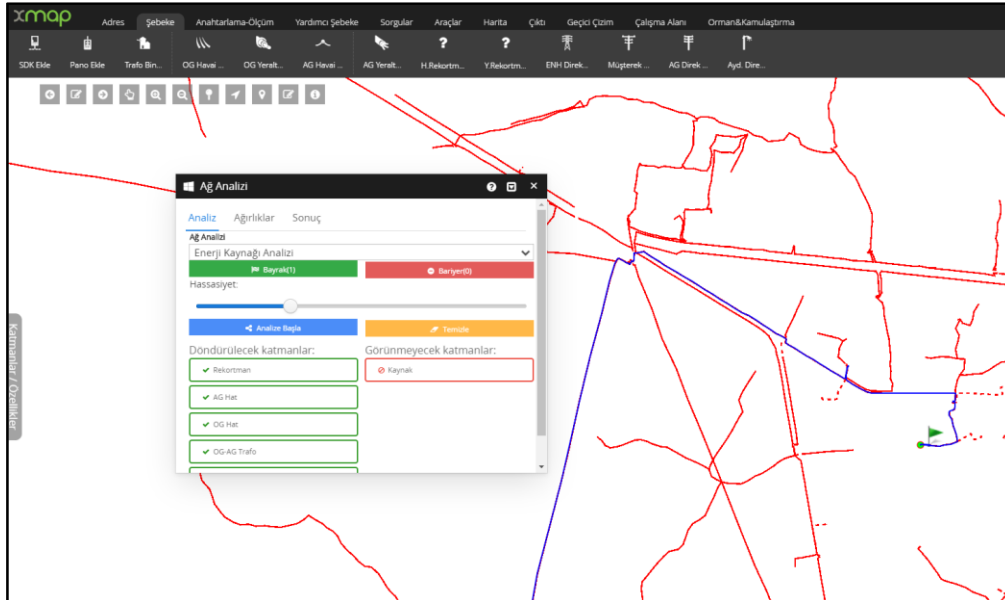
Elektrik, gaz ve su dağıtım firmaları üretimden, son tüketiciye kadar izlenmesi ve raporlanması ile mükelleftir. Şekil 1.4’de de görüldüğü gibi elektrik dağıtım sistemi büyük ve karmaşık bir yapıya sahiptir. Diğer altyapı dağıtım sistemlerinde de benzer bir yapı bulunmaktadır. Anlık izlenmesi gereken büyük ölçekteki verilerin, CBS sistemine aktarımından sonra da verilerin büyük titizlikle doğru bir şekilde sistemde tutulması gerekmektedir.



Şekil 1.4 : Elektrik dağıtım ağının temel yapısı gösterilmektedir.

CBS, fiziksel nesnelerin harita üzerinde tutulmasında ve yönetiminde bel kemiği haline gelmektedir. Şirket varlıklarının coğrafi haritalar üzerinde daha gelişmiş bir şekilde görüntülenebilmesi sağlanmaktadır. Kurumlar genellikle bağımsız olarak geliştirilmiş çok sayıda veri tabanını bünyesinde barındırmaktadır. Paylaşılan bilgiler diğer sistemlerin veri tabanları ile ilişkilendirilebilir. Örnek olarak, CBS uygulamaları hatlardaki, hasar yerlerini değerlendirerek hat bakımının önceliklendirmesine yardımcı olmaktadır. Bu tür projeler tipik olarak hat-boru malzemesi, çapı, yaşı, çevredeki zemin koşulları, kritik bölgelere (hastaneler ve okullar gibi) yakınlık-uzaklığı, hattın daha önceki hasar geçmişi, su kalitesi gibi çeşitli ölçütlerin farklı ağırlıkla kullanılarak analiz edilmesine dayanmaktadır. Bu kriterler mekânsal olarak bir CBS'de gösterilebilir ve hat-boru ya da tesis envanteri ile ilişkilendirilebilir. Böylece kurumlar sadece hangi eylemin yapılması gerektiğini değil, aynı zamanda bu eylemin ne zaman yapılmasının uygun olacağını da belirleyebilmektedir.

Şekil 1.5'deki görselde web tabanlı geliştirilen CBS uygulamasında enerji kaynağının bulunması analizi gösterilmektedir. Seçilen coğrafi nesneye gelen elektrik (enerji) akışının hangi elektrik nesnesi kaynağından beslendiği ve hangi hat üzerinden geçtiği tespit edilmektedir. Harita üzerinde seçilen nesnede meydana gelen sorunun kaynak tespiti yapılabilmektedir.

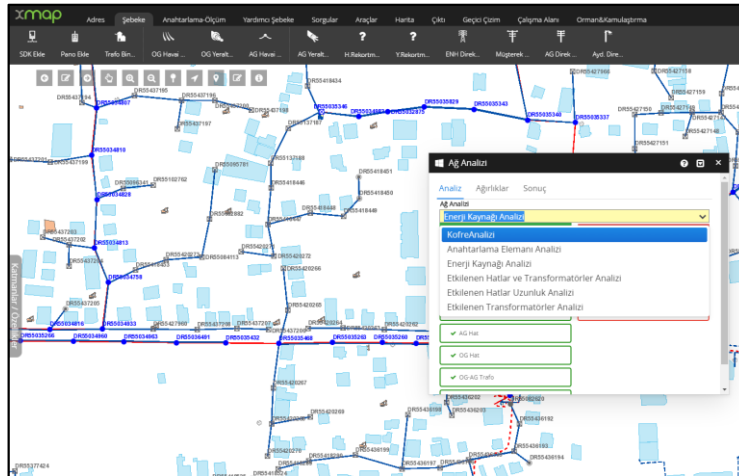


Şekil 1.5 : Elektrik şebekesi ağında seçilen nesnenin hangi kaynak noktadan beslendiği gösterilmektedir.

CBS’de yapılan bu işlemler sonucunda CBS’nin yardımıyla kurumlarda gerçekleştirilen analizler şu şekildedir:

- Hasarlı şebeke elemanı belirlendiğinde, onarımın gerçekleşebilmesi için kapatılması gereken vanaların otomatik olarak belirlenebilmektedir.
- Vanaların kapatılması durumunda etkilenecek müşterilerin otomatik olarak tespit edilebilmektedir.
- Kaynaktan müşteriye, müşteriden kaynağa doğru şebekenin izlendiği analizler yapılabilmektedir.
- Topolojik olarak bağlantı sorgulama, şebeke bütünlüğü açısından topolojik bağlantısı olmayan nesneler belirleme (geometrik ağ doğrulaması) yapılabilmektedir.
- Harita üzerinde seçilen şebeke nesnelerinden raporlar (Malzeme tipine göre hatlar, çapına göre boru hatları, tipine göre vanalar, direk) raporlar alınabilmektedir.

CBS’nin kurumlardaki en önemli kullanımı, mevcut koşulları kaydetmek ve analiz etmektir. Şekil 1.6’deki görselde web tabanlı geliştirilen CBS uygulamasında kullanılan ağ analizi örnekleri gösterilmektedir. Bir su veya atık su şebekesinin dijital gösterimi tipik olarak, hatların, sayaçların, vanaların, manhollerin ve diğer kritik tesislerin; sokak, parsel, yükseklik ve politik sınırlarla birlikte sunumunu içermektedir. Bu genel fotoğraf ne, nerede ve ne zaman gibi soruların kurum geçmişini içerisindeki cevaplarını vermektedir. Bununla birlikte, aynı veriler geleceğe bakmak için de son derece faydalı olmaktadır.



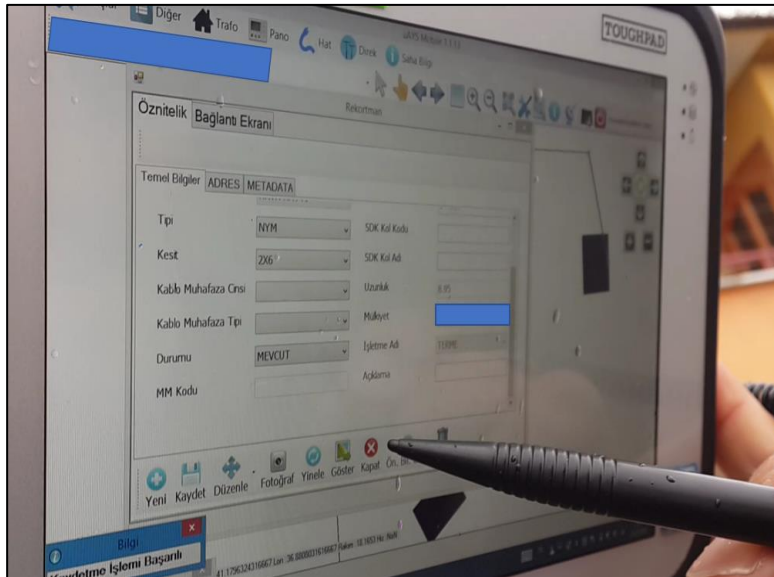
Şekil 1.6 : Elektrik şebekesinde kullanılan ağ analizi örnekleri.

CBS kurulduktan sonra, devam eden veri bakım gereksinimlerini karşılamak, sayısız veri analizi / raporlama faaliyetlerini desteklemek ve diğer uygulamalarla entegrasyon tesis etmek için kritik bir bağlantı görevini gerçekleştirecek şekilde geliştirilebilmektedir.

Türkiye’de altyapı dağıtım kurumları, mekânsal verilerinin toplanmasında konusunda aşağıdaki gibi bir yol izlenmektedir:

- Mobil cihazlara yüklenen CBS yazılımları ile
- Kağıt pafta altlıklarının bilgisayar ortamında sayısallaştırılması ile
- GPS ile sahada ölçümler yapılır. Toplanan ölçüm ve bilgilerin ofis ortamında, bilgisayar yardımı ile çizim işleminin gerçekleştirilmesi ile
- Farklı CBS verisi tek bir merkezde toplanması için veri türleri ve koordinat sistemleri arasında dönüşümler yapılarak tek bir merkez veri tabanına toplanması ile

Şekil 1.7’deki görselde saha çalışmalarında kullanılan mobil cihaza kurulmuş mobil CBS uygulaması ekranı gösterilmektedir. Saha CBS kullanıcısı, sahadaki fiziksel varlıkları, mobil CBS yazılımı ile toplamaktadır. Yukarıda belirttiğimiz gibi kurumlar, verilerinin toplanması konusunda birçok yol izlemektedir.



Şekil 1.7 : Mobil cihaza yüklü CBS uygulaması ile mekansal veri toplanması.

Dünyada, Coğrafi Bilgi Sistemleri yıllardır kullanılıyor olsa da; Türkiye’de hala beklentinin altında bir kullanıma sahiptir. Bunun sebebi çoğu kurumların ya da mühendislik şirketlerinin CBS verileri yerine CAD verileri üretmeye devam etmelerinden kaynaklanmaktadır. CBS’ye aktarılmadan önce toplanan veriler önce CAD veriler olarak oluşturulmaktadır. CAD verilerinin, CBS’ye aktarımdan sonra birçok eksikliği beraberinde getirmektedir. CBS’ye aktarılan mekânsal veride oluşan hatalarla ilgili tezin ikinci bölümde topoloji konusu ve üçüncü bölümünde karşılaşılan hatalar incelenmiştir.

Topoloji konusu CAD yazılımları için zorunlu olmasa da; topoloji ilişkilerin tutulması CBS yazılımı için önemli bir konu teşkil etmektedir. Topolojiden tamamen bağımsız bir CBS yazılımı düşünmek mümkün değildir. CBS’de coğrafi analizlerin yapılabilmesi için topolojik ilişkilerin kurulmuş olması gerekir. CBS yazılımlarını diğer CAD yazılımlarından ayıran en önemli özellik coğrafi analiz, diğer bir ifade ile konumsal analitik işlemleri yapabilme yeteneğidir (Maguire, 1992). Coğrafi analizler, CBS yazılımlarının içerdiği topolojik ve geometriksel yapıların birbiri ile kurmuş olduğu ilişkilerle gerçekleştirilmektedir.

Coğrafi bilgilerin mekansal doğruluğunu korumak son derece zordur. CBS’deki topolojik veriler genellikle sayısallaştırma yoluyla elde edilirler. Kurumlar CBS’ye geçip verilerini toplarken başta dikkat etmeleri gereken topoloji konusuna gerekli önemi vermediği gözlenmiştir. Sayısallaştırma işlemi sayısallaştırıcı tablet yardımı ile yapılabileceği gibi, raster verilerin vektörizasyonu şeklinde, sahadan toplanan GPS verisinin ofiste sayısallaştırılacağı gibi, çıkan yeni teknoloji ürünleri ile yapılan ölçüm işlemleri ile de gerçekleştirilmektedir.

Sorunsuz ve sağlıklı bir topoloji, sayısallaştırma hatalarından arındırılmış verilerle kurulmaktadır. Sayısallaştırma ne kadar dikkatli yapılırsa yapılsın hatasız olmamaktadır. Bu yüzden sayısallaştırmanın ardından, verilen toleranslar dahilinde çalışılan veri kontrolü ve olası topolojik hatalar otomatik olarak düzeltilmesi gerekmektedir.



2. TOPOLOJİ

2.1 Topoloji Kavramı

Topoloji, matematiksel bir disiplin olarak yirminci yüzyılın başlarında ortaya çıkmıştır. Matematikte topoloji gerilme, buruşma ve bükülme gibi sürekli deformasyonlar altında korunan alanın özellikleri ile ilgilenmektedir.

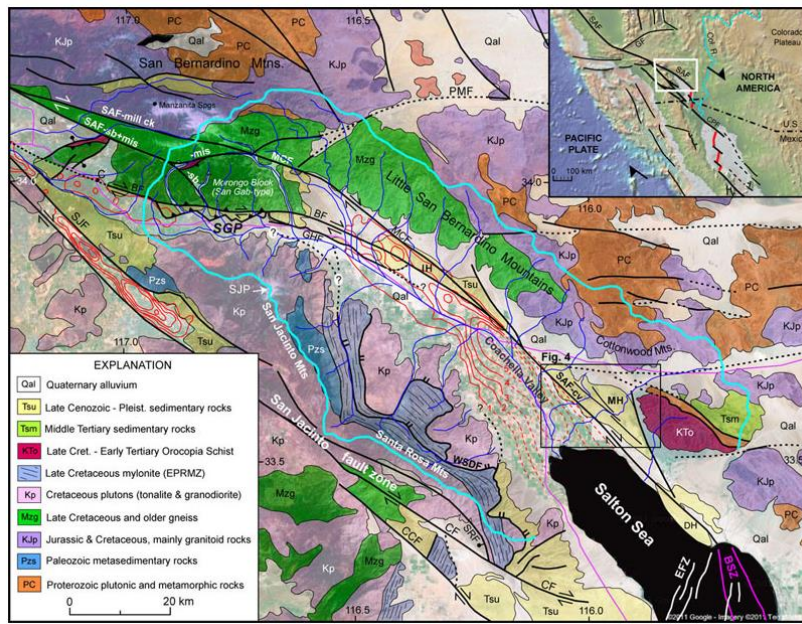
Matematiksel topoloji, coğrafi katmanların iki boyutlu bir düzlemde meydana geldiğini varsaymaktadır. Düzlemsel uygulama yoluyla, coğrafi nokta özelliğindeki nesneler düğümler (0-boyutlu hücreler), çizgiler (tek boyutlu hücreler), çokgenler (iki boyutlu hücreler) olarak temsil edilmektedir (Theobald, 2007). Topoloji uzay, boyut ve dönüşüm gibi kavramlarıyla geometri dışında bir çalışma alanı olarak gelişmiştir.

Coğrafi topoloji, bir coğrafi objenin özelliklerini temsil eden noktalar, çizgiler ve çokgenler arasındaki ilişkilere ilişkin kuralları incelemektedir. Örnek verecek olursak, iki poligon nesnesinin komşu ilçeleri temsil ettiği durumda topolojik kurallara göre ilçe polygon nesneleri arasında hiçbir boşluk ve çakışma olmadan ortak bir sınırı paylaşmaları gerekmektedir. Benzer şekilde, gölleri temsil eden iki poligonun üst üste gelmesine izin verilmemesi gerekmektedir.

Topoloji kelimesi matematikte kullanılmaya başlanmış olup, daha sonra farklı bilim dallarının topoloji kavramını kendi sistemlerine uyarlayarak birtakım tanımlamaları olmuştur. Topoloji, paylaşılan geometriyi yönetmek ve geometrik verinin veri bütünlüğünü sağlamak adına kurallar tanımlayarak coğrafi ilişkinin oluşturulmasını sağlar (Theobald, 2007). Topolojinin başarılı bir şekilde uygulanması daha doğru ve daha iyi hazırlanmış harita veri tabanlarının oluşturulmasını sağlamaktadır.

Topoloji sadece şekillerin büyüklük ve biçim özellikleri ile ilgilenmez. Aynı zamanda şekil bozulmaları karşısında değişmeden kalan özellikleri ile de ilgilenmektedir. Topoloji, coğrafi varlıkların geometriden bağımsız bir şekilde diğer coğrafi varlıklarla nasıl ilişkili olduğunu göstermektedir (Yomralıoğlu, 2000).

CBS kullanımından topoloji konusunda şimdiye oranla daha az ilgilenilmekteydi. Örneğin, jeoloji haritaları sulu boya ile boyandığı bilinmektedir (Şekil 2.1). Bitki örtüsü sınırlayan alanlar birbirinin üstüne geçtiği tespit edilmiştir. Bazen ilgili alan renklendirilirken çizilen bölge diğer renk sınırına taşıdığı tespit edilmiştir. Bu haritaların topolojik açıdan sorunları olduğunu göstermektedir. Haritacılar ve kartografyacılar, paftalarda kullanılan tüm katmanların doğru şekilde çizildiğinden emin olmak için büyük bir özen göstermelerine rağmen, çizilen katmanların birbirinin üzerine taşırılması gibi yapılan küçük yanlışlar haritaların doğruluğunun önüne geçebildiği görülmüştür.



Şekil 2.1 : Eski jeoloji haritalarında sulu boya ilgili renklendirilen harita örneği.

1980'lerin başında İsrailli bir şirket olan SCITEX firması asıl görevi duvar kağıdı ve desen yapmak olan bir araç ortaya çıkmıştır. Daha sonra bu araç haritaları tarayabilen ve yazdırabilen bir ekipman olarak tanıtılmıştır. Araç ile yapılan taramalar haritaların bilgisayar ortamında sayısallaştırılmasını sağlayıp, ayrı ayrı haritaların da yazdırılması imkanı sağlanmıştır. Daha sonra bu sistemin harita yapmak için kullanıldığı belirlenmiştir. Taranan haritalar SCITEX sisteminde sayısallaştırması gerçekleştirilmiştir.

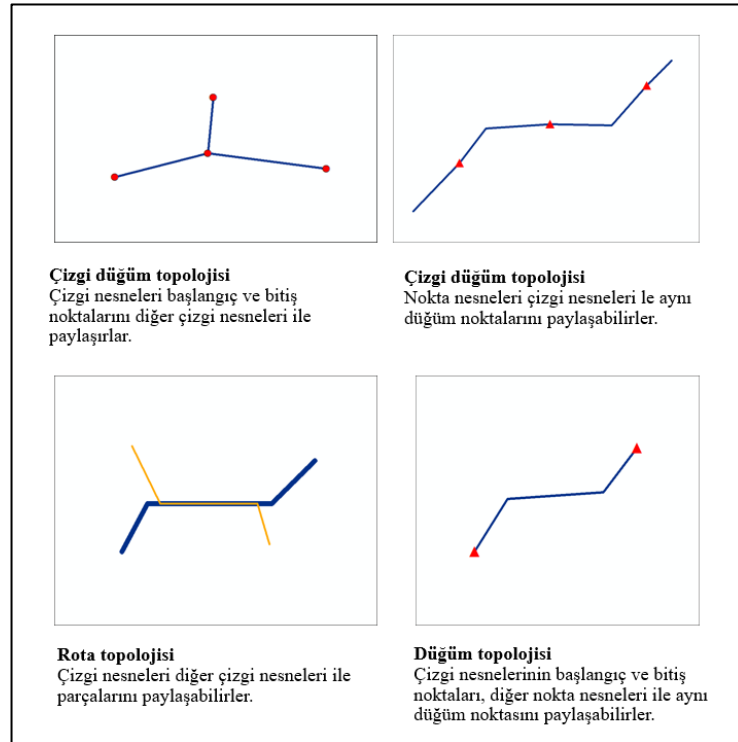
Ancak SCITEX sisteminin kurulumları karışık bir yapıya sahip olduğu belirlenmiştir. Ve bu kurulumların yapılması için bilgisayar teknisyenine ihtiyaç duyulmaktadır. Bir haritacının, kartografyacı için bu sistem kara kutu olarak nitelendirilebilmektedir. Bu

sebepten dolayı oluşturulan haritaların topoloji konusuyla ilgili gereksinimleri hakkında tam olarak bilgi sahibi olunamadığı tespit edilmiştir. ESRI şirketi SCITEX sistemi ile çalışan bir takım komut satırları oluşturmuştur. Yazılan komut satırlarının SCITEX sisteminde bulunan dosyaların ARC/INFO sistemine aktarımını sağlayabilmiştir.

Haritacılar ARC/INFO sistemine aktarılan veride erişmeyen-sarkan hatların, düğüm noktalarının olduğu keşfedilmiştir. Bu sayede haritalar, zorunlu olarak kullanılmaya başlanan topoloji kontrolleri sayesinde kartografik açıdan gelişme göstermiştir. Bu topolojik geliştirmelerinin başında çizgilerin kesiştiğinde doğru noktada kesişmeleri, üst üste çizilen veya eksik çizilen doğru parçalarının doğru bir şekilde kapanması örnekleri verilebilmektedir (Wahl, 2004).

2.2 Coğrafi Bilgi Sistemleri'nde Topolojik Veri Yapısı

CBS teknik olarak topoloji terimi, mekânsal nesnelerin özellikleri arasındaki mekânsal ilişkileri tanımlar. Topoloji, belirlenen kurallar kümesine bağlı olarak herşeyi bir arada tutar. CBS platformuna sahip uygulamalarda topoloji kuralları mekânsal zeka yazılımına gömülüdür (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 : CBS'de geçerli olan topolojik kurallar.

CBS’de topoloji, noktaların, çizgilerin ve çokgenlerin çakışan geometriyi nasıl paylaştığını gösteren bir dizi kural ve davranışı olarak tanımlar. Örnek verecek olursak:

- CBS’de iki ülke arasında ya da il, ilçe, mahalle gibi bitişik özellikteki alanlar arasında ortak bir sınır vardır.
- Sınır kenarları ortak olarak paylaşmalıdır.

CBS’de veri yönetimi ve bütünlüğünün sağlanması için topoloji her zaman önemli bir konu olmuştur. Genel olarak, bir topolojik veri modeli (nokta, çizgi ve alan özellikleri) topolojik ilkeleri ile (düğümler, yüzeyler ve kenarlar) altta yatan mekansal nesnelerin grafiği olarak temsil ederek uzamsal ilişkileri yönetir.

Topolojik kurallar, birbirleriyle olan ilişkileri ve temsil ettikleri sınırlar ile birlikte, topolojik unsurların düzlemsel bir grafiğindeki özellik geometrilerini temsil ederek tanımlanır (Theobald, 2007).

CBS sistemlerinde oluşturulan topoloji kurallarına göre coğrafi nesneler, nesne tiplerine göre oluşturulan yazılımlarda belli standartlara göre aktarılmaktadır. Coğrafi veri tabanı topoloji ilişkilerini koruyan popüler bir dosya formatıdır. Coğrafi veri tabanı, nokta, çizgi ve çokgen özellikleri olan katmanları içerir. Topoloji noktalar, çizgiler ve çokgenler arasında sağlanabilir. Kurumlar genellikle topoloji kuralları koymadan nesnelerin topolojilerini korumaya çalışırlar. Topolojiyi bir coğrafi veri tabanına oluşturmak için, katmanların sınıflarını ve bunların birbirleriyle ilişkilerini ilgilendiren kuralları tanımlamak gerekir.

Bu kurallar tanımlanıp çizim yapıldığında, yeni çizilecek nesneler arasında topolojik ilişki kuralları devreye girerek çizim işlemi gerçekleştirilir. Topolojik kurallara uygun bir şekilde çizilen nesneler topolojik ilişkileri kurulmuş olarak işlem görmektedir.

Vektör nesnelerinin bir katmandaki bir özelliğinin diğer katman ile nasıl bağlantılı olduğu kendilerine ait topolojinin kurulması mümkündür.

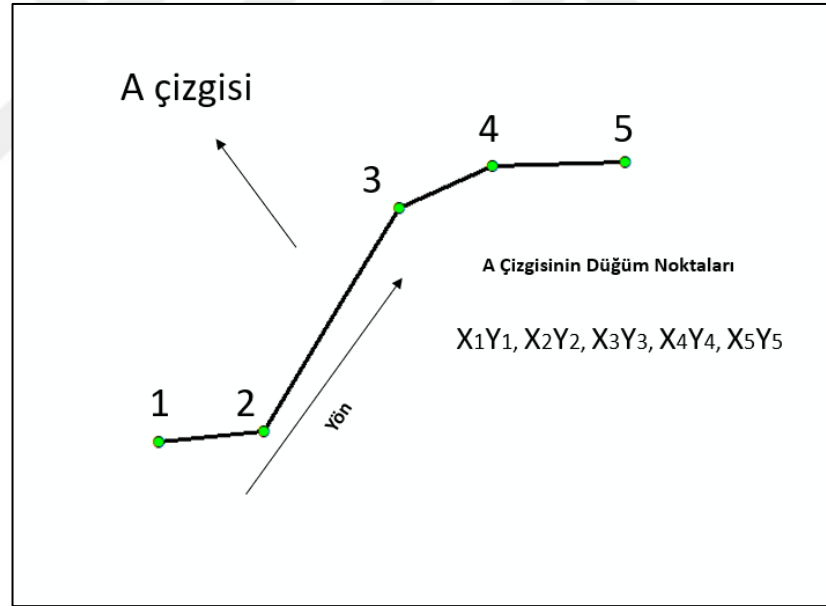
Genel olarak korunması gereken dört temel uzaysal topoloji özelliği vardır:

- Bitişiklik- hangi vektör nesnesi hangi vektörü nesnesi ile yan yanadır?

- Bağlantı- hangi çizgiler birbirine bağlanır?
- Kapsama- hangi çokgen nesneleri hangi vektör nesnelerini kapsar?
- Çakışma- hangi vektör nesnesi diğer vektör nesnesi ile aynı alanı kaplar? (Url-2)

Çizgi verisinin topolojik özellikleri şu şekildedir:

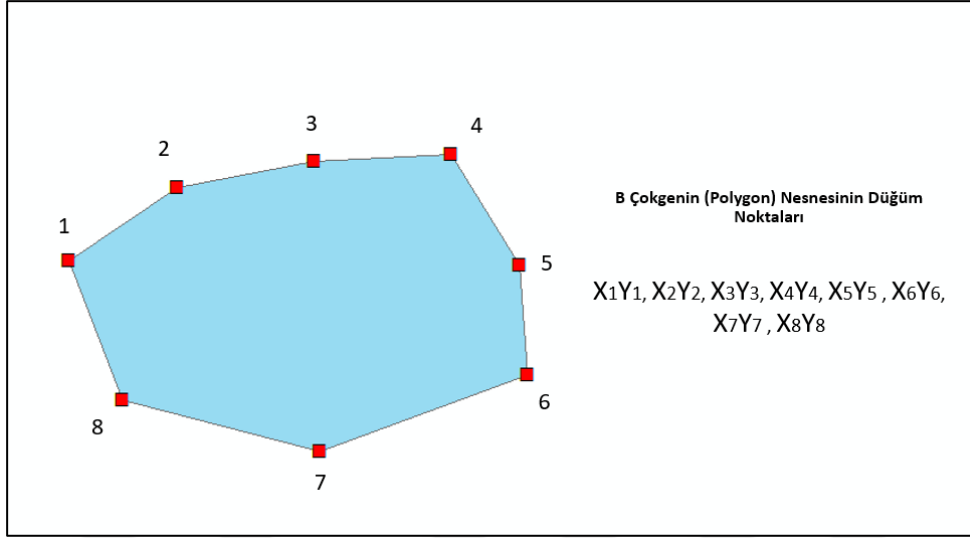
- Çizgi nesnesi başlangıç, bitiş noktalarından oluşmaktadır.
- Eğer çizgi nesnesi üzerinde düğüm noktası yok ise çizgi başlangıç ve bitiş noktalarından oluşur.
- Topoloji kurallarına göre sıfır ve daha fazla düğüm noktası birleşiyorsa çizgi nesnesini oluşturur.
- Çizgi nesnesinin başlangıç ve bitiş noktalarına göre oluşturuldukları bir yön vardır. CBS’de çizgi nesnesinin oluşturulma yönüne göre koordinat bilgileri tutulmaktadır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 : Çizgi verisinin CBS’deki akış yönü çizim işlemi sırasına göre tutulmaktadır.

- Çizgi nesnesi üzerindeki düğüm noktaları çizginin şeklini belirlemektedir. Düğüm noktalarını çizgi üzerindeki kıvrımlar, bükülmeler olarak düşünülebilir.
- Eğer çizgi nesnesi düğüm noktası başka bir nesnenin düğüm noktası ile kesişip ortak bir düğümü paylaşıyorsa; bu çizgi nesneleri birbirine bağlanabilir demektir.

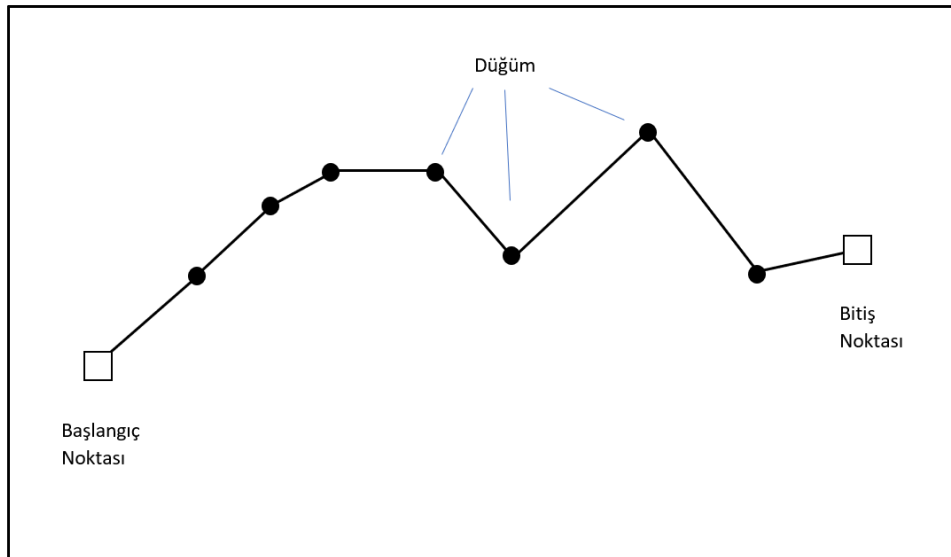
- Çizgiler birbirine bağlanıp kapalı bir nesne oluşturlarsa geometrik olarak çokgen oluşturlar (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 : Çokgen nesnesin üzerindeki düğüm noktaları.

Bu tez konusunda ele alınacak coğrafi nesne türleri nokta ve çizgi kavramları üzerinedir.

Örnek olarak, yaygın olarak kullanılan "çizgi-düğüm topolojisi" teriminin bir açıklamasını yapacak olursak; köşeler (x, y koordinat çiftleri) çizgi şeklini tanımlar. Ve her çizginin kırılma son noktasına bir düğüm denir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 : Bir çizgi nesnesinin düğüm noktaları.

Bir çizginin iki boyutlu bir düzlemde çizgi olarak kabul edilebilmesi için başlangıç ve bitiş noktalarının olmasına ihtiyaç vardır. CBS sisteminde de her çizginin en az iki düğümü vardır. Çizginin kırıklı olduğu bölümleri ise ara düğüm noktalarıdır.

Çizgiler sadece düğüm noktalarında birleşir. Bu çizgi- düğüm topoloji temel topoloji kurallarındandır.

Belirlenen topolojik kurallarda istisnalar yaratmak mümkündür. Topoloji kuralları belirli durumlarda ihlal edilebilir. Ancak topoloji kuralları ihlal edilen çizimler, belirli topoloji araçları ile belirlenip düzeltilebilmektedir.





3. ŞEBEKE AĞINDAKİ TOPOLOJİK HATALAR

Coğrafi verilerin oluşturulmasında altyapı şebekesinin ihtiyaçlarına göre özel kurallar geliştirilmektedir. Bu kurallar, şebeke ağ bağlantısının sağlanması açısından önemlidir. Kuralsız veri girişi sürecinde yapılan hatalar, şebeke ağında bozulmalara sebep olmaktadır. Kurallı veri girişi olarak üzerinde durulması gereken, veri girişi kurallarının şebekenin ihtiyaçlarına göre hazırlanmış olmasıdır. Çizim için oluşturulan tüm kurallara rağmen çizimden kaynaklanan hatalar oluşabilmektedir.

CBS kullanan kurumlarının şebeke ağ yapısında önemli olan, harita üzerinde tüm coğrafi nesnelerin birbiriyle bağlantısının doğru bir şekilde sağlanmış olmasıdır. Birbiri ile ortak özellik taşıyan nesnelerin bağlantısının, şebekenin bulunduğu sahada olduğu gibi doğru bir ilişkinin kurulması gerekir. Örneğin çelik bir vanaya, polietilen bir boru hattının bağlanmaması gerektiği, AG Direk nesnesinden OG hat kablolarının geçirilmemesi, bir trafo binaya birden fazla AG Pano'sunun eklenmemesi gerektiği gibi kurallara göre şebeke sistemleri doğru bir şekilde oluşturulmalı ve veriler bu kurallara göre çoğaltılmalıdır.

Örneklerde belirteceğimiz topolojik hatalar Türkiye'de dağıtım kurumlarının, CBS şebeke dağıtım sistemlerinde rastlanılan hatalar olup, hatalarla ilgili hangi adımlara dikkat edilmesi gerektiği ve çözümü için hangi adımların uygulandığı akış diyagramları ile belirlenmiştir. Oluşturulan çözüm işlemlerinden sonra hangi sonuçların elde edildiğine yer verilmiştir.

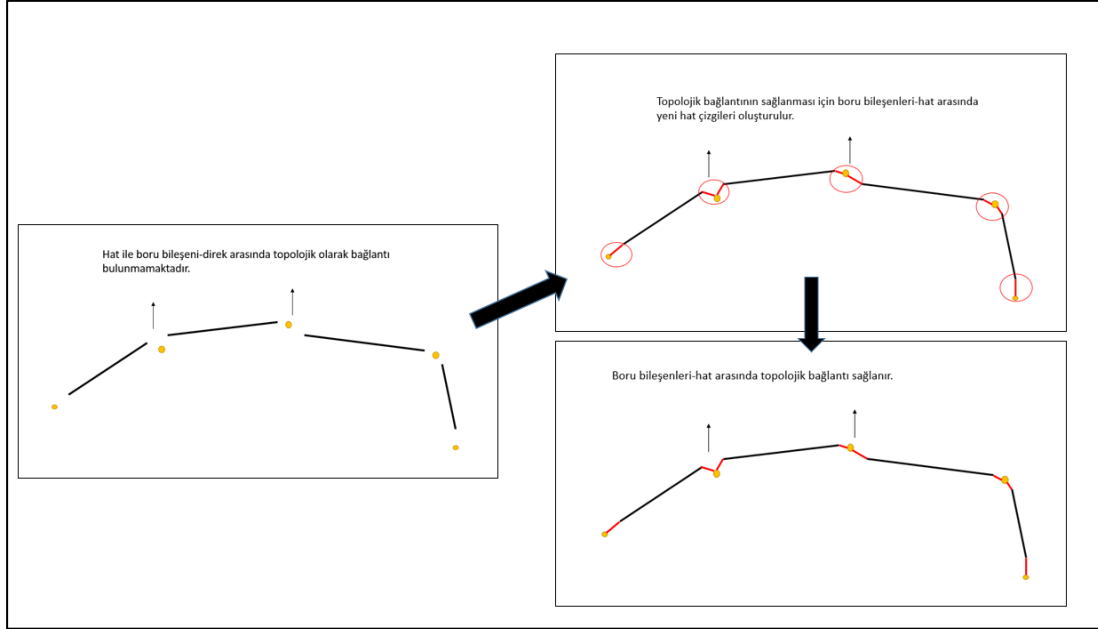
3.1 Şebekelerde Karşılaşılan Topolojik Hata Örnekleri

3.1.1 Boru hatları ile kesişmeyen boru bileşenleri

Bu örnekte gaz dağıtım firmalarında karşılaşılan soruna yer verildi. Karşılaşılan bu hatanın tüm CBS uygulamalarında rastlanan genel çizim hatalarından olduğu söylenebilmektedir. Bu bahsettiğimiz hata örneğini diğer altyapı şebekelerinde yaşanan hatalarla da görülebilmektedir. Elektrik şebekelerinde elektrik hat

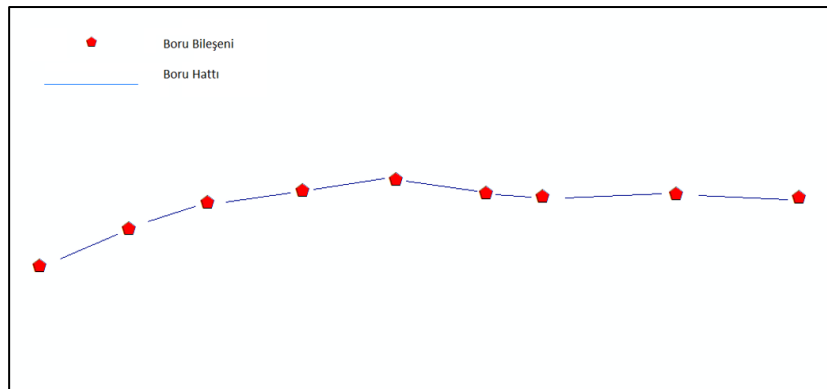
nesnelerinin direk nesneleri ile; su dağıtım şebekelerinde boru hatlarının vanalar ile topolojik olarak bağlantının sağlanamaması bu hatalara sebep olmaktadır.

Bu senaryoda harita üzerinde boşta çizilmiş, hiçbir nesne ile kesişmeyen boru bileşenlerinin boru hatları ile bağlantısının sağlanması amaçlanmıştır (Şekil 3.1).



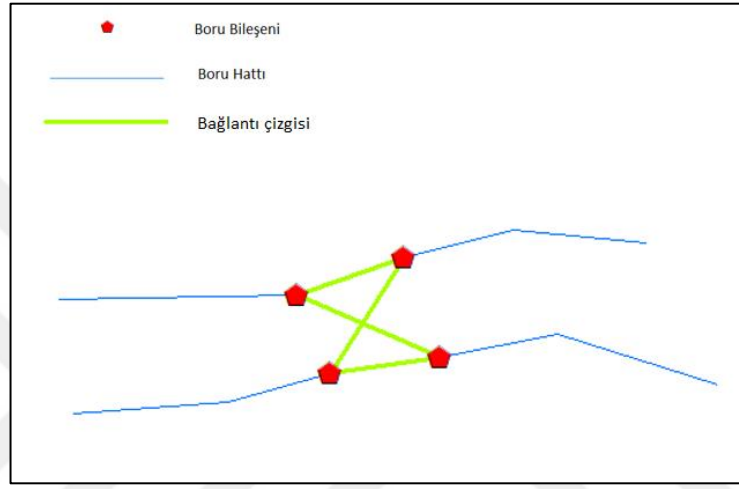
Şekil 3.1 : Bağlantısı sağlanmadan çizilmiş boru hatlarının düzeltilmesi adımı.

Bu örnek geliştirme sağlanırken bazı konulara dikkat edilmiştir. Yapılan analiz sonucunda çıkan değerlendirmede geliştirilen uygulamanın doğru olan veriyi bozma ihtimali de söz konusudur. Bunun önüne geçmek için geliştirme yaparken göz önünde bulundurularak dikkat edilmesi gereken konular bulunmaktadır. Şekil 3.2’de şebekede oluşan hata örneği görüntülenmektedir. Yapılacak geliştirmelerle ilgili dikkat edilmesi gereken konular aşağıda sıralanmıştır:



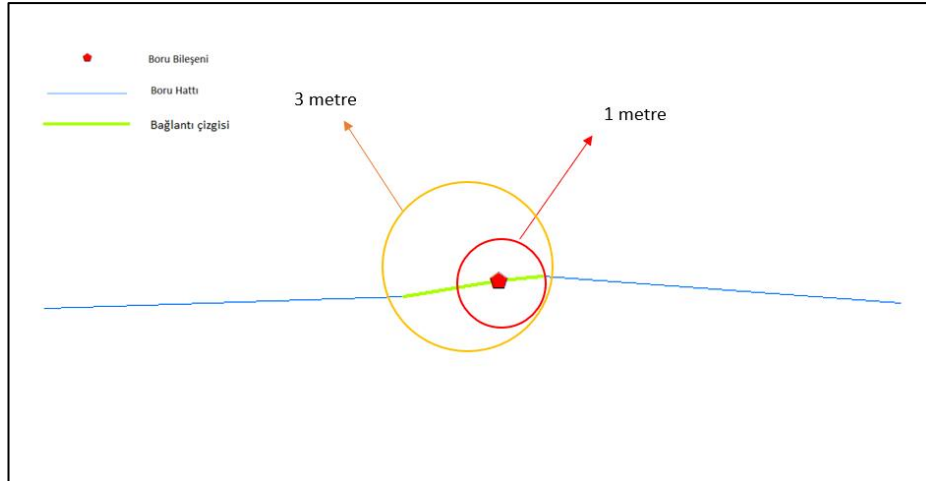
Şekil 3.2 : Hatalı çizilmiş boru bileşeni ve boru hatları.

- Boru bileşen nesnesi başka bir nesne ile kesişmeyecektir.
- Başka bir nesne ile ilişkisi olan boru bileşeni nesnesinin, ilişkisel bağlantı yapısını bozulabilir. Bütün bağlantı nesneleri belirlenen tampon alanı çevresindeki her nesne ile bağlantı sağlayabilir. Bunun sonucunda topolojik çözüm sağlaması gereken uygulamanın, çıktı olarak bozuk bir şebeke ağ yapısının oluşmasına sebep olmaktadır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 : Yanlış bağlantı çizgilerinin oluşması.

- Boru bileşenlerinin yakınındaki hatları bulması için belirlenen kriter değiştirilebilir olmalıdır (Şekil 3.3).

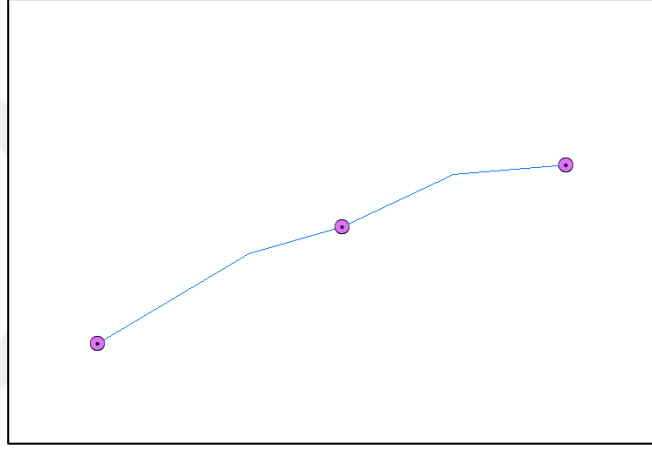


Şekil 3.4 : Bileşen nesnesi üzerinde oluşturulmuş 1 metre ve 3 metrelik tampon alanları.

- Her projede belirlenen boru bileşenlerdeki topolojik bozukluk farklı uzaklık boyutlarında olabilir. Farklı projelerde karşılaşılan bu tarz hatalar oluşturulacak tampon bölge büyüklüklerinin parametrik olarak değiştirilebilmesi gerekir.
- Boru bileşenleri yakınında boşta boru hattı var ise; yeni bir boru hattı üretilmeyecektir. Daha önceden sisteme girilmiş boru hattının uzunluğunu gibi bilgilerinin değiştirilmesi istenmemektedir.

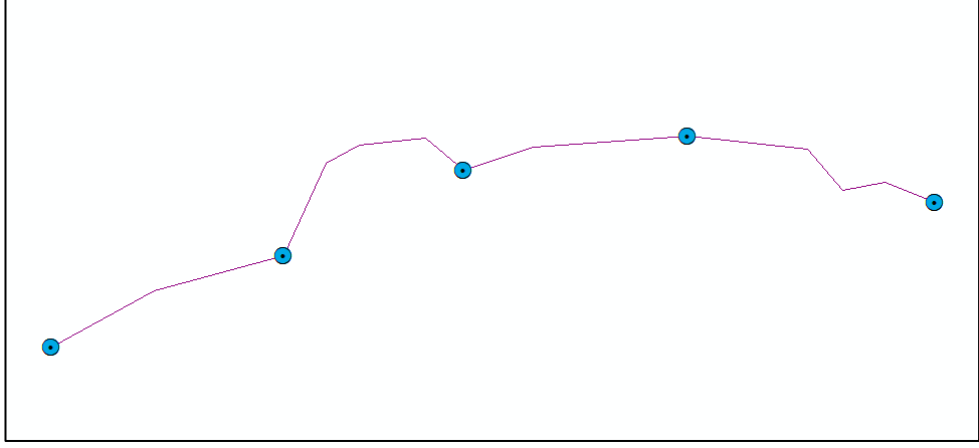
3.1.2 Hatalı çizim yapılmış havai hatların düzeltilmesi

Bu örnekte elektrik dağıtım firmalarında karşılaşılan hataya yer verilmektedir.



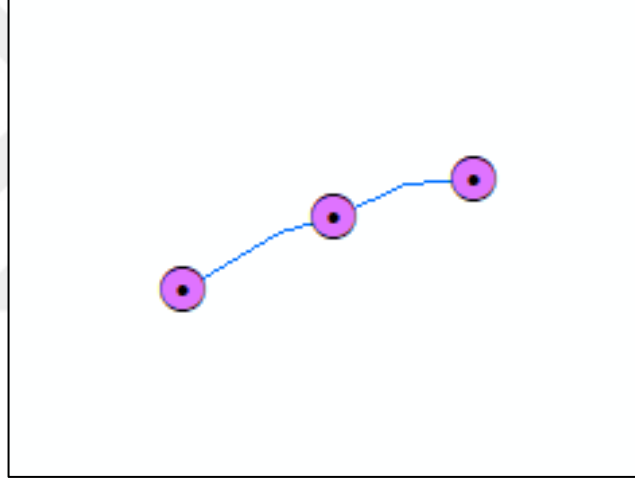
Şekil 3.5 : Hatalı çizilmiş havai hatlar.

Bu hata örneğinde hatanın neden kaynaklandığı ve hatanın hangi sebepten kaynaklandığı gibi konulara yer verilmiştir (Şekil 3.5). Geliştirme yapılırken aşağıdaki konulara dikkat edilmiştir. Elektrik şebekelerinin havai hat nesneleri çizilirken düz birer çizgi olarak çizilir. Çizgi nesnesi üzerinde başlangıç ve bitiş noktaları haricinde düğüm noktasının bulunmaması gerekir. Hataya sebep olan fazladan düğüm noktalarının çizgi üzerinde bulunmasının sebebi, kullanıcı çizim işlemi gerçekleştirirken çizim işlemi bitmeden aralıklı noktalar şeklinde çizim işlemi gerçekleştirmesidir. Fazladan düğüm noktası koyarak hatalı çizim işlemi gerçekleşir. Düz bir çizgi yerine farklı açılarda devam eden bir çizgi çizim işlemi gerçekleşmektedir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 : Hatalı çizilmiş havai hatların ağda görüntülenmesi.

CBS uygulaması üzerinde haritaya, harita ölçeğini küçük bir şekilde bakıldığı zaman hataların göz ile kontrol edilip düzeltilmesi zorlaşmaktadır (Şekil 3.7).



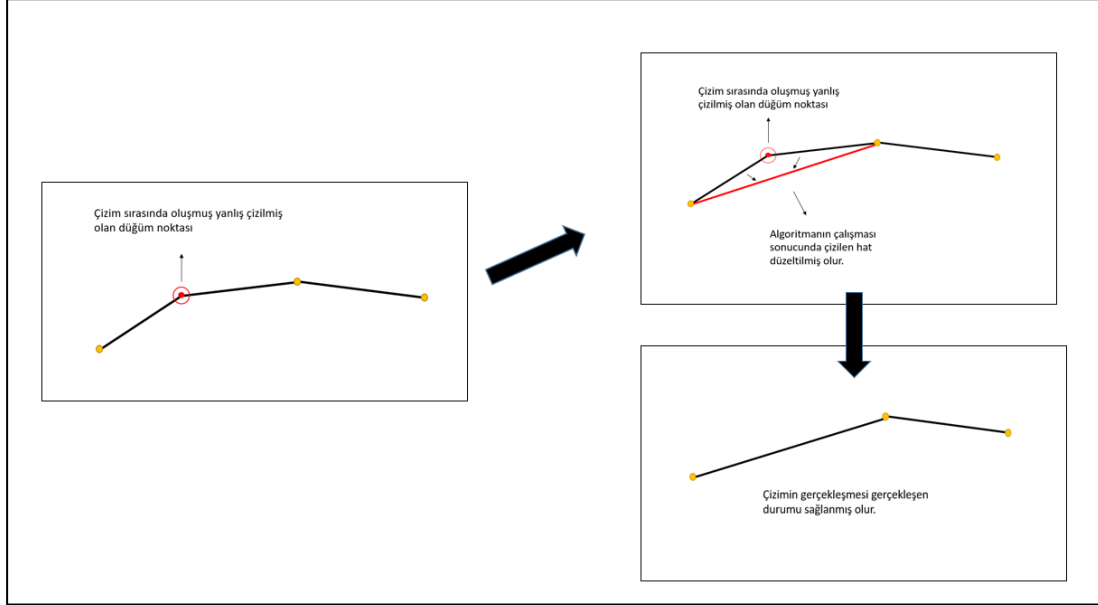
Şekil 3.7 : Hatalı çizilmiş havai hatlar, haritanın ölçeği düşürüldüğünde fark edilememektedir.

Bu tarz hatalar göz ile kontrol edilememektedir. Bunun için çizgi nesnesinin geometrisi okunup, çizgi nesnesinde düğüm noktası bulunup bulunmadığına bakılması gerekmektedir.

Bu hata ile ilgili yapılacak geliştirmelerde dikkat edilmesi gereken konuları aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir:

- Eğer herhangi bir nesne ile kesişen bir hat var ise hattın diğer nesnelerle ilişkisinin de kaybolmaması gerekir.
- Uygulamada seçilecek hat nesnelerinin aynı özellikte olduğuna dikkat edilmelidir.

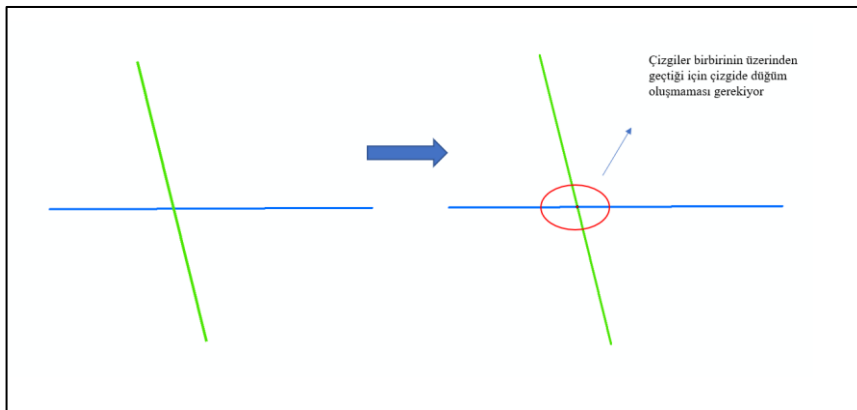
Havai hatların düzeltilmesi işlemi için çalıştırılan uygulama hazırlandıktan sonra Şekil 3.8'deki iş akışı gözlenmektedir. Bu örnek çalışma ile ilgili tezin dördüncü bölümü olan uygulama bölümünde ilgili örnek çalışma uygulamalı bir şekilde anlatılmaktadır.



Şekil 3.8 : Havai hatların üzerinde bulunan düğüm noktalarının kaldırılması.

3.1.3 Hat nesnelerinde kesişim noktalarının kaldırılması

İncelenecek bu hata örneğinde çizgi nesnelerinin üst üste çizilmesi sonucunda karşılaşılan hata incelenecektir. Birbirinin üzerinden çizilen hatlar aslında kesişmeyip birbirlerinin üzerinden geçmektedirler.



Şekil 3.9 : Çizgi nesnelerinin kesişiminde ortaya çıkan düğüm noktası.

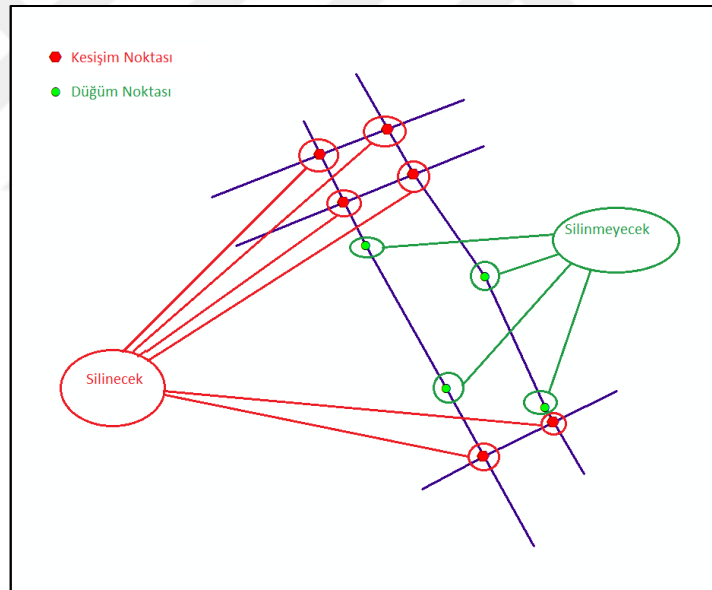
Ancak çizimde anında ya da verinin veritabanına aktarımı sonrasında, bu tarz hatalar oluşabilmektedir. Bu hatada çizgi nesnesi olan hatların birbirinin üzerinden geçmesi

sonucu hatların kesişim noktalarında düğüm noktalarının oluştuğu gözlenmiştir (Şekil 3.9).

Oluşan bu düğümler topolojik olarak hem hatalara neden olmakta, hem de topolojik hataların sonucu olarak şebeke ağı üzerinde yapılan analizlerinin yanlış hesaplanmasına neden olmaktadır.

Elektrik şebeke ağından örnek verecek olursak; yer altından iletilen iki yer altı elektrik hattının birbirinin üzerinden geçmektedir. Eğer CBS’de bulunan bu hatalı senaryoda kabul edilirse; bu iki elektrik hatları birbiriyle geçmeyip, fiziksel olarak kesişmeleri gerekmektedir.

Şekildeki hatlar da birbiriyle gerçek hayatta olduğu gibi kesişmeyip birbirinin üzerinden geçmektedir. Ancak örnek çizimde olduğu gibi hatlar birbirinin üzerinden geçerken düğüm noktaları oluşabilmektedir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 : Hat nesneleri üzerindeki kesişim ve düğüm noktaları çıkan düğüm noktası.

Gerçek hayatta olan senaryonun CBS’de de yaşatılması gerekir. CBS’de işlenen nesneler gerçek hayatta olduğu gibi aktarılmalıdır. CBS’ye aktarılan veriler gerçek hayatı simule ederek tasarlanıp, gerçek hayata göre analizleri gerçekleştirilmektedir. Örnekteki hatanın oluştuğu durum, fiziksel hayattaki nesneler ile simule edilirse, hat-boru gibi çizgi nesnelerinin üst üste çizilip kesiştiği noktalarda, fiziksel nesnelerin de birbiri ile kesişmesi ve kesiştiği noktalarda tek bir nesne olarak hareket etmesi

gerekmektedir. Coğrafi Bilgi Sistemi'nde yanlış eklenen şebeke varlık nesneleri, sistemin yanlış çalışmasına neden olmaktadır. Karşılaşılan bu hata ile ilgili çözüm için sunulan uygulamanın akış şeması, uygulama başlığı altında daha detaylı bir şekilde anlatılmaktadır.

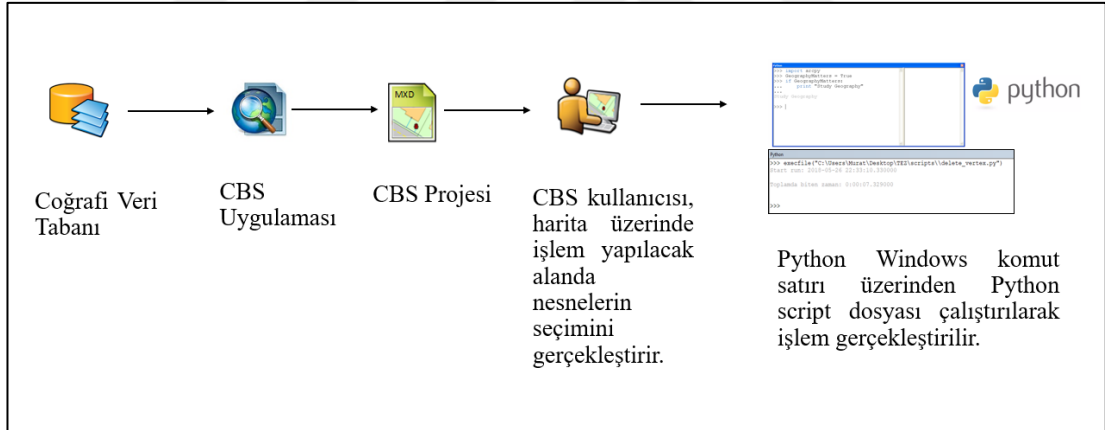


4. UYGULAMA

4.1 Şebekelerde Karşılaşılan Topolojik Hataların Çözümleri

Hazırlanan algoritmalar coğrafi veri tabanında çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Şekil 4.1’de algoritmaların uygulamalarda çalışma mantığı anlatılmaktadır:

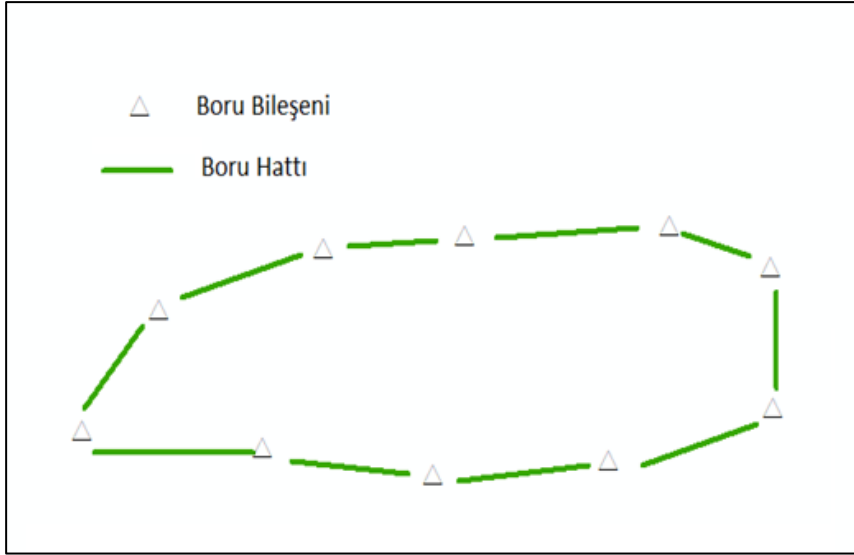
1. Coğrafi veri tabanında yer alan ilgili tablolar CBS uygulamasında açılır.
2. CBS uygulaması üzerinde CBS projesi oluşturulur.
3. CBS kullanıcısı harita üzerinde işlem yapılacak alanda bulunan nesneleri uygulama üzerinden seçmektedir.
4. Seçilen nesneler üzerinde çalıştırılmak üzere, CBS uygulaması Python penceresi ara yüzünden hazırlanan algoritma çağrılır ve çalıştırılır.



Şekil 4.1 : Hazırlanan algoritmaların uygulama üzerinden çağırılma adımları.

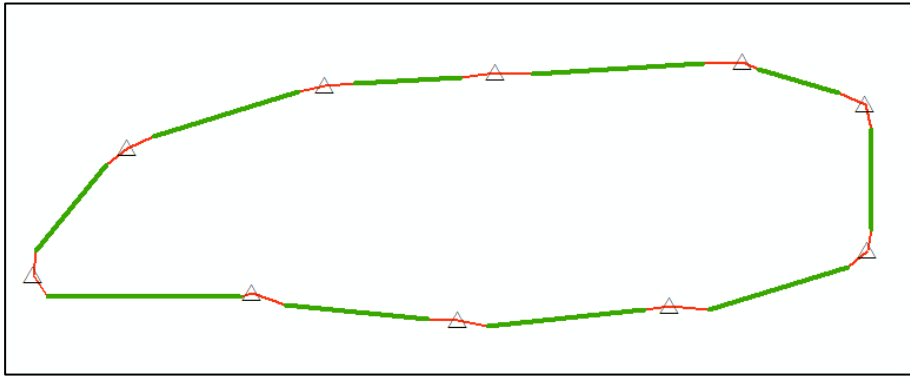
4.1.1 Boru bileşenlerinin topolojik bağlantısının düzeltilmesi

Dağıtım ağ sisteminde hiçbir obje ile bağlantısı olmadan duran nesneler bulunmaktadır (Şekil 4.2). Boru bileşenlerinin topolojik bağlantısının düzeltilmesi, bölüm 3.1.1 başlığında yer alan hatanın çözümüdür. Bu nesneler yakınında olan diğer çizgi ve nokta nesneleri ile bağlantılı olabilir.



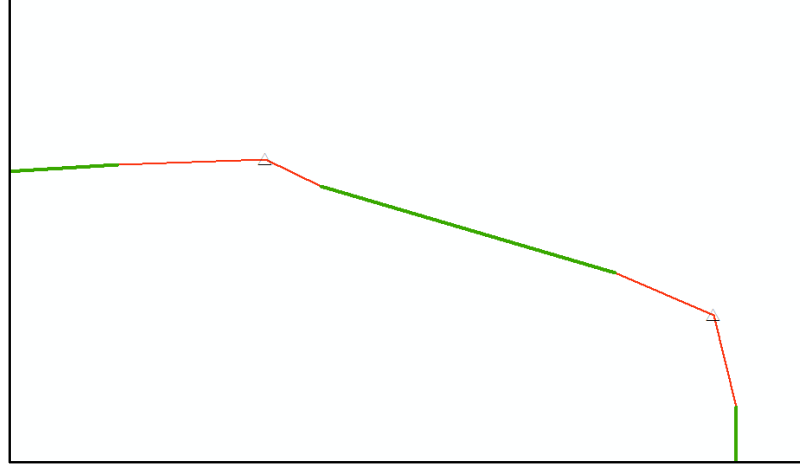
Şekil 4.2 : Birleşmeyen nokta nesnesi ile çizgi nesnesinin harita üzerinde gösterimi.

Ancak nesnelerin Coğrafi Bilgi Sistemi'ne aktarımında ya da çizim işleminde nesnelerin birbiri ile bağlantısı kopabilmektedir. Başka bir nesne ile bağlantısı olmayan nesnelerin, yani şebeke sisteminden ayrı olan nesnelerin tekrar şebeke sistemine dahil edilmesi gerekir. Bunun için nesnenin en yakın mesafesinde bulunan nesne ile arasında çizgi nesnesi oluşturularak tekrar bağlantının sağlanıyor olması gerekmektedir. Boru bileşeni ile boru hattı arasında bağlantının sağlanacağı yeni bir çizgi nesnesi oluşturulur (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 : Topolojik bağlantısı olmayan nokta ve çizgilerin ağ sistemine dahil edilmesi.

Bu örneğimizde şebeke ağ sisteminde hiçbir nesne ile bağlantısı olmayan nokta nesnelerini yakın mesafesinde bulunan çizgi nesneleri bağlantıları sağlanır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 : Bağlantının sağlanması sonrası ağ sistemine dahil edilen boru hat nesneleri.

Uygulamada oluşturulan iş adımları şu şekildedir:

- Boru bileşen noktasının çalışma alanında bulunan nesnelerle kesişip kesişmediği kontrol edilir. Eğer kesişiyorsa, seçilen boru bileşeni atlanır, veri tabanındaki boru bileşeni üzerinde tekrar aynı işlem uygulanarak başka nesne ile kesişip kesişmemesi kontrol edilir.
- Eğer boru bileşen nesnesi başka bir nesne ile kesişmiyorsa ve belirlenen yarı çap içerisinde boru hat nesnesi var mı yok mu kontrol edilir.
- Boru hat nesnesi seçilir.
- Boru hat nesnesinin başlangıç ve bitiş düğüm noktalarının boru bileşeni arasındaki uzaklık hesaplaması yapılır.
- Uzaklık hesabına göre hangi boru bileşeninin boru hattının hangi ucu ile kesişeceği belirlenir.
- Boru bileşen nesnesinin koordinatı ve boru hattının belirlenen uç noktasının koordinatı alınarak, oluşturulacak çizgi nesnesinin koordinatları üretilir.
- Boru hattının uç noktası ile boru bileşeni arasında yeni bir çizgi nesnesi oluşturulur.

Geliştirmenin olduğu kod kümesi EK-A' da yer verilmiştir. Uygulamada geliştirilen kodların pseudo kodları aşağıdaki gibidir:

```
def check_katman(point, layer_name):
```

- Uygulama üzerindeki katmanlar taranır.

- Uygulamada olan katmanlar listelenir.
- Nesnenin kendi katmanı ile kesişmediğinde emin olmak için katman listesi taranır.
- Listedeki katman içerisinde boru bileşeninin kesişip kesişmediğine bakılır.

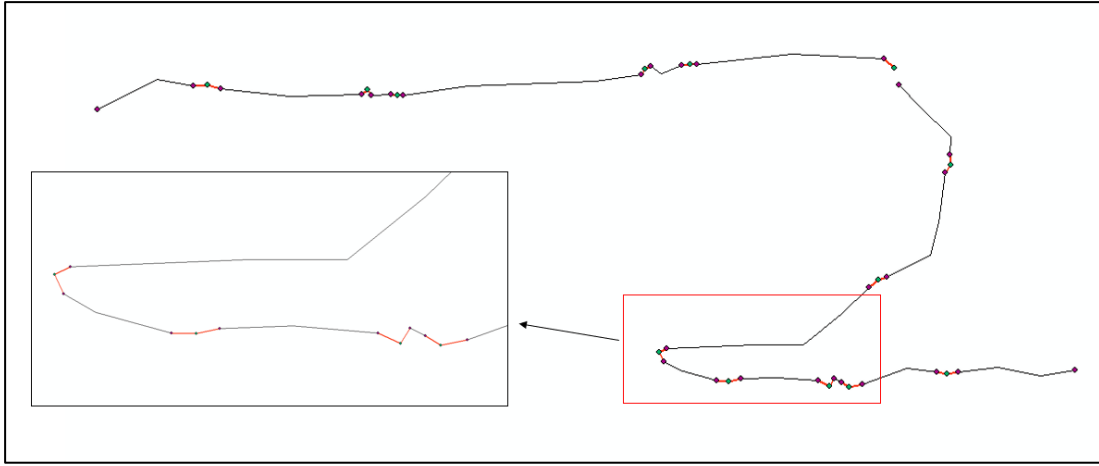
def calculateDistance(x1,y1,x2,y2):

- Boru bileşeni ile boru hattı arasında uzaklık tespit edilir.

def ucuBosCheck():

- Boru bileşeni katmanı içerisinde tarama yapılır.
- Boru bileşeni nesnesinin SHAPE kolonundan, nesnenin geometri bilgisi çağrılır.
 - Boru bileşeninin nesnesinin X ve Y koordinatı alınır.
 - Check_katman fonksiyonu çağrılır.
 - Boru bileşeni nesnesi üzerinde tampon (buffer) alanı oluşturulur
 - Boru hat katmanı üzerinde tarama yapılır
 - Eklenecek çizgi nesnesine ait cursor belirtilir.
 - CalculateDistance fonksiyonu çağrılır.
 - Kesişmeyen boru hattı ile boru nesnesi ile arasında mesafe hesaplanır.
 - En yakın hat nesnesi belirlenir. Ve yakın noktasının X ve Y koordinatı alınır.
 - Alınan X ve Y koordinatı ile çizgi nesnesi oluşturulur.

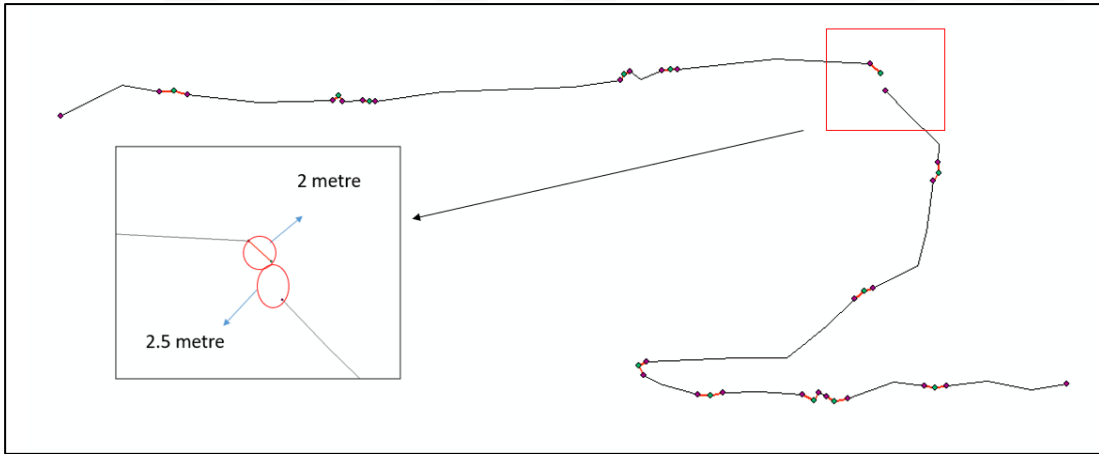
Şekil 4.5’de CBS uygulaması üzerinde seçilen alan gösterilmektedir. Şekilde boru hatları ile boru bileşenleri arasında boşluklar bulunmaktadır. Nesnelerin arasındaki uzaklık metre büyüklüğünde ya da milimetre büyüklüğünde olabilmektedir. Şekil 4.5’te çalıştırılan örnekte boru bileşenlerinin 2 çapı etrafındaki bulunan alanda yer alan boru hatları arasında bağlantı kurulmaya çalışılmıştır.



Şekil 4.7 : Algoritmanın çalıştırılması sonucu yeni hat bağlantılarının oluşturulmasındaki ikinci görsel.

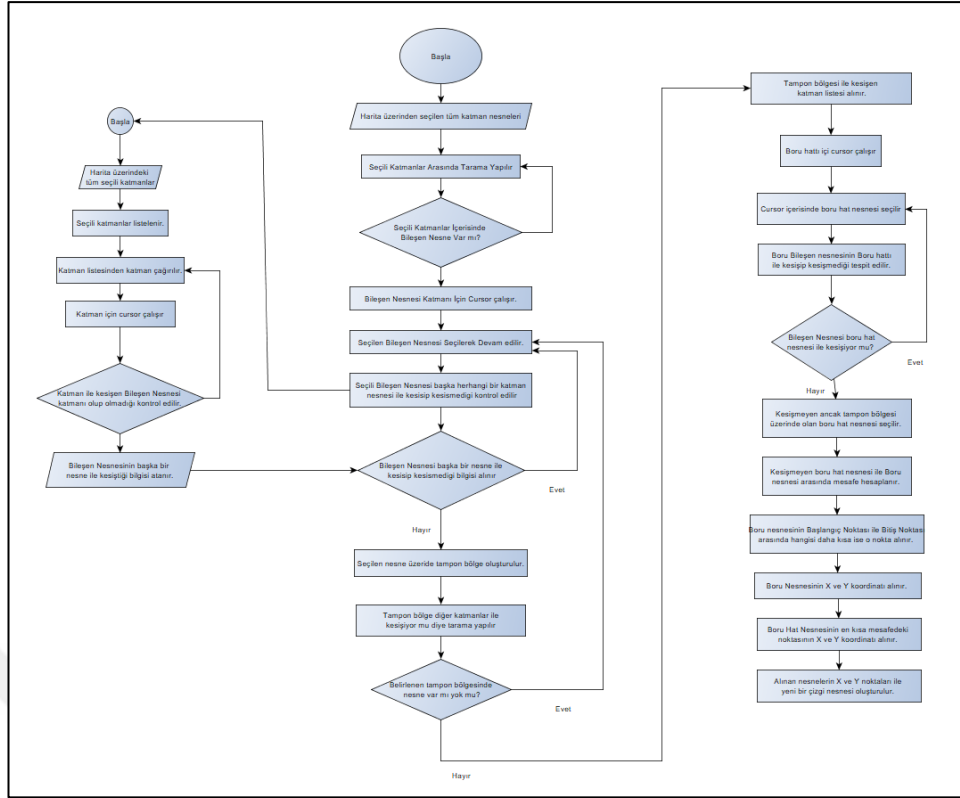
Çalıştırılan algorithmada 2 metrelik buffer (tampon bölgesi) belirlendiği için 2 metrelik alan içerisinde bulunan boru bileşenleri arasında boru hatları otomatik olarak oluşmaktadır. Ancak şekilde görüldüğü gibi boru bileşeni ile boru hattı arasında olan 2.5 metrelik alanda hat nesnesi oluşmamıştır (Şekil 4.8).

Çalıştırılan uygulamada uygulanması istenen tampon alanı değiştirilerek boru hattının ilgili uygulama dahilinde kalması sağlanabilir.



Şekil 4.8 : Çalıştırılan algorithmada boru bileşenlerine verilen tampon bölge alanlarına göre uygulamanın çalışması.

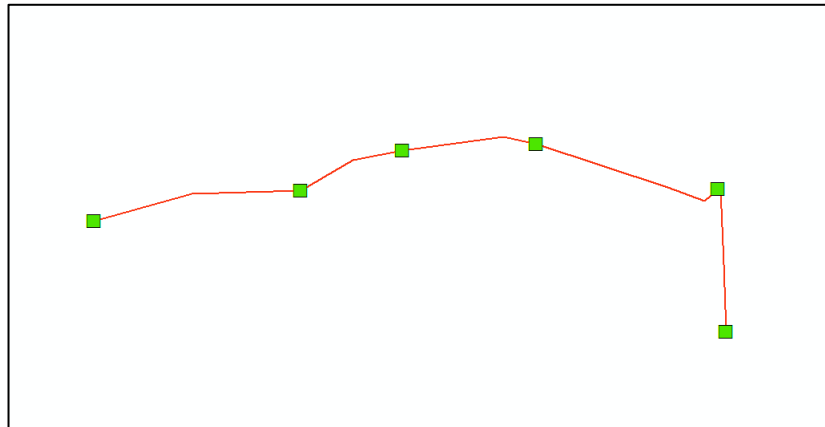
Bu örnek için hazırlanan algoritma Şekil 4.9’de yer alan akış şemasından incelenebilmektedir:



Şekil 4.9 : Hatları ile kesişmeyen boru bileşenleri uygulamasının akış şeması.

4.1.2 Hatalı çizim yapılmış havai hatların düzeltilmesi

Hatalı çizim yapılmış havai hatların düzeltilmesi, bölüm 3.1.2 başlığında yer alan hatanın çözümü"dür. Elektrik şebeke kurumları fiziksel ortamda havai hat oluşturduğunda havai hat, direktten direğe, direktten binaya, trafodan direğe gibi tek bir doğru şeklinde kırılmadan devam etmektedir (Şekil 4.10).



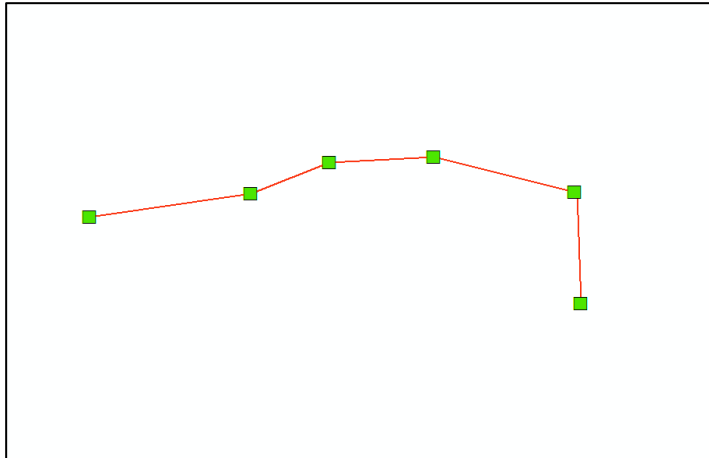
Şekil 4.10 : Hatalı çizim yapılmış havai hat nesneleri.

CBS’de de havai hatların çizilme işlemi nokta nesnesinden bir başka nokta nesnesine şeklinde çizilmesi gerekmektedir. Havai hat nesnesinin kırıklı bir yapıda çizilmemesi

gerekir. Yanlış çizimler hattın sistemde yeraltı hattı olarak algılanmasına yol açabilmektedir.

Bu hatanın giderilmesi için yapılacaklar incelenecektir. Hazırlanan uygulamada gerçekleşen işler adımları şu şekildedir:

- Hat nesneleri içerisinde tarama işlemi yapılır.
- Taranacak hat katmanı içerisinde sadece tipi “havai hat” olan çizgi nesnesi taranır. Diğer hat nesnelerinin de fonksiyonun içerisine alınması durumunda doğru çizilmiş hatların da geometrilerinin bozulmasına sebep olur.
- Taranacak hat kısmında “Havai Hat” larda işlem yapılacak koşulu eklenir.
- Cursor yardımı ile taranan havai hat bilgisi katmanının geometri bilgisi, geometri kolonu (SHAPE) kolonundan elde edilir.
- Elde edilen hattın geometrisinden hattın düğüm noktaları ve düğüm noktalarının koordinat bilgileri elde edilir.
- Hattın sadece başlangıç ve bitiş noktalarının koordinat bilgileri alınıp, diğer düğüm noktalarının bilgileri alınmayıp, hattın yeni geometri bilgisi olarak; hattın geometri kolonuna yazdırılıp kaydedilir.
- Sonuç olarak sadece başlangıç ve bitiş noktası olan havai hat çizgi nesnesi üretilir (Şekil 4.11).



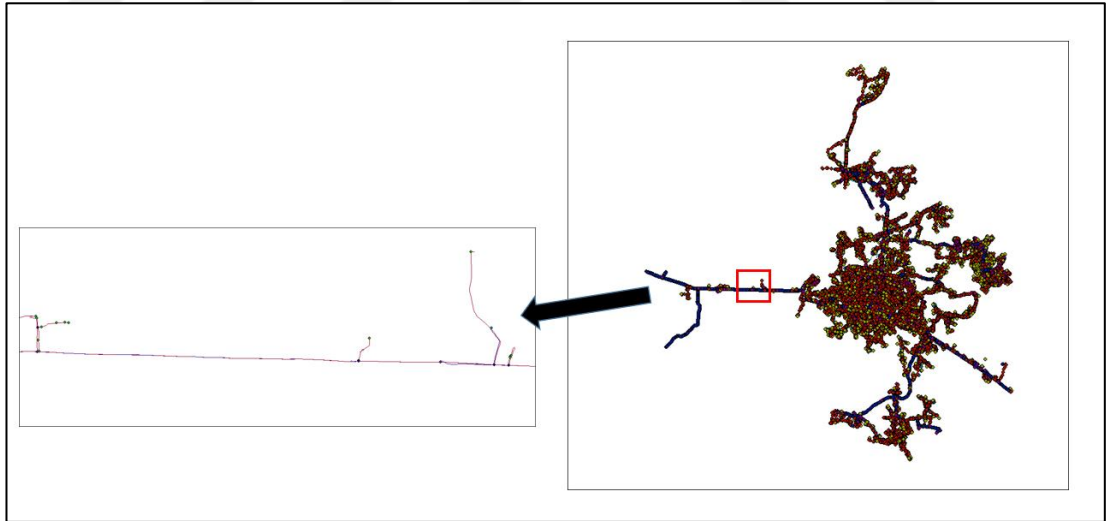
Şekil 4.11 : Hatalı çizim yapılmış havai hat nesnelerinin düzeltilmesi sonucu.

Uygulamada geliştirilen kodların pseudo kodları aşağıdaki gibidir:

```
def delete_vertex():
```

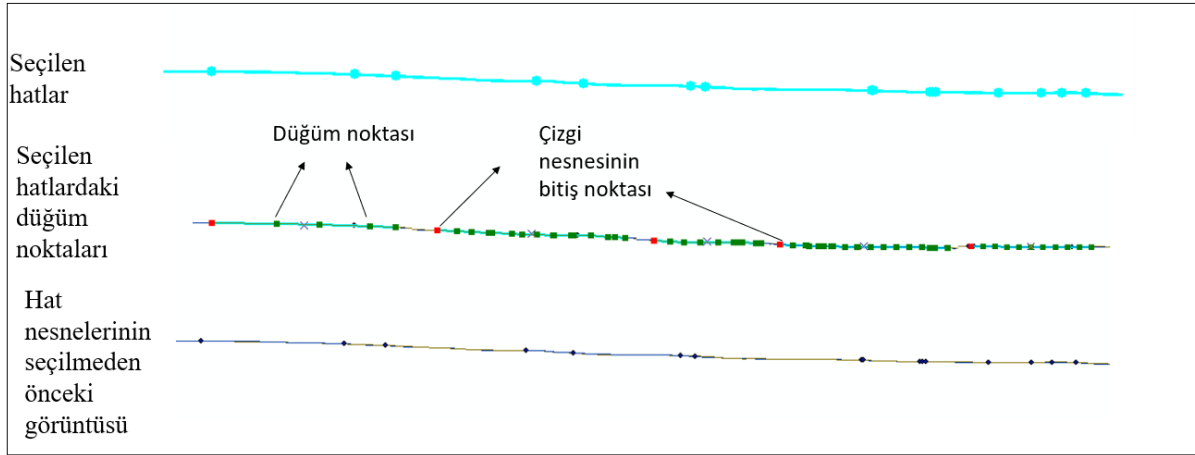
- Havai hat katmanını kapsayacak bir şekilde cursor tanımlanır.
- Havai hat katmanı cursor'ı üzerinde döngü çalışır. Döngü sırayla her bir hat nesnesi üzerinde döner.
- Döngü sayısı 0 olarak tanımlanır.
- Nesnenin geometri kolonunda üzerinde döngü çalışır.
- Döngü sayısı 1 artırılır.
- Eğer döngü sayısı 1 ise döngü başa döner
- Eğer döngü sayısı nesnenin geometrisinin uzunluğu büyüklüğündeyse döngü başa döner.
- Nesnenin diğer koordinat bilgileri listeye alınır.
- Liste silinir.
- Silinmeden kalan listedeki ilk ve son nokta koordinatları çizgi nesnesinin geometrisine yazılır.
- Çizgi nesnesi kayıt edilir.

Haritada hatların bulunduğu düzeltilmesi istenen alan belirlenmektedir (Şekil 4.12). Seçili alanda algoritma çalıştırılarak topolojik hata düzeltilmektedir.



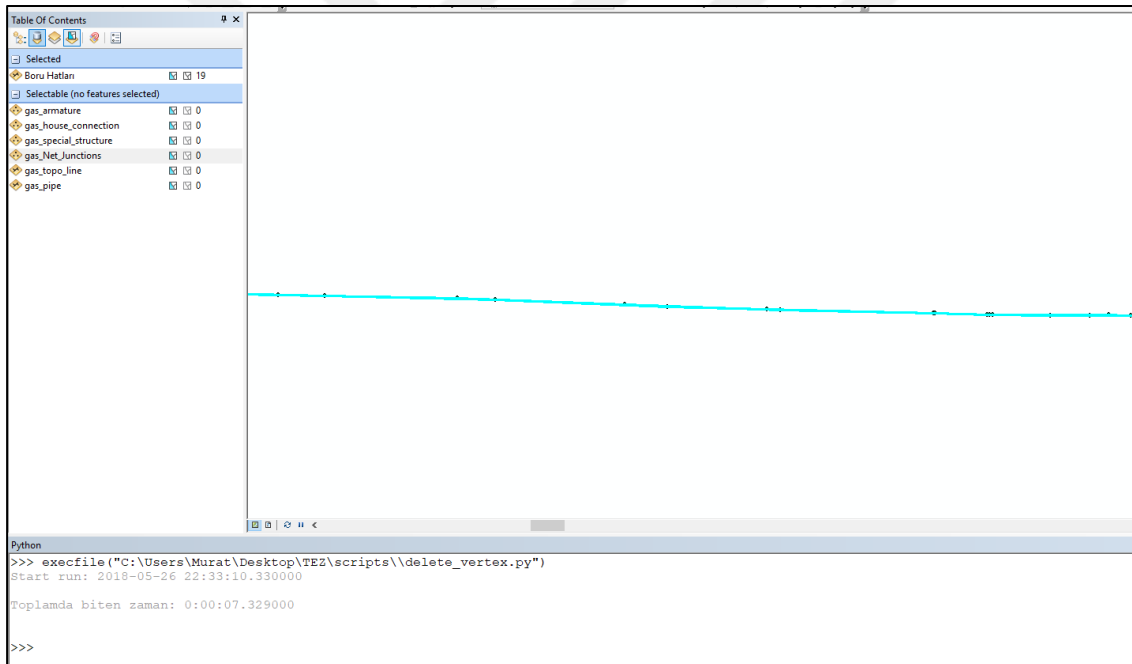
Şekil 4.12 : Harita üzerinden algoritmanın çalıştırılması istenen bölge belirlenir.

Şekil 4.13'de görülebileceği gibi seçilen hattın üzerinde görülen düğüm noktaları görüntülenmektedir.



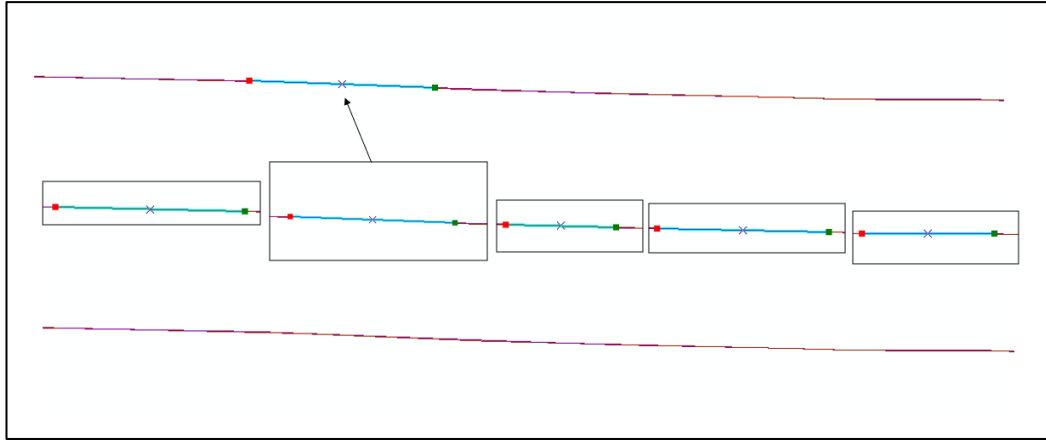
Şekil 4.13 : Seçilen çizgi nesneleri üzerinde düğüm noktaları görüntülenmektedir.

Seçilen hat nesnesi üzerinde hattın üzerindeki vertexleri (düğüm noktalarını) silen algoritma çalıştırılmaktadır (Şekil 4.14).



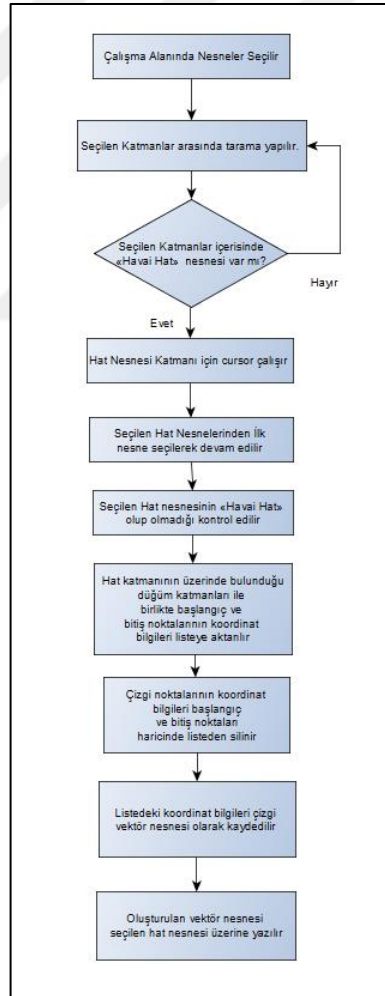
Şekil 4.14 : Seçilen hat ve diğer nesneler üzerinde algoritma çalıştırılmaktadır.

Algoritmanın çalıştırılması sonrasında çizilen hatların üzerinde sadece başlangıç ve bitiş noktaları olacak şekilde düzenlenmiş olduğu görülmektedir (Şekil 4.15).



Şekil 4.15 : Seçilen hatlar üzerindeki düğüm noktaları kaldırılmıştır.

Uygulama için hazırlanan algoritmanın akış şeması Şekil 4.16'dan incelenebilmektedir:



Şekil 4.16 : Hatalı çizim yapılmış havai hat nesnelerinin düzenlenmesini sağlayan uygulamanın akış şeması.

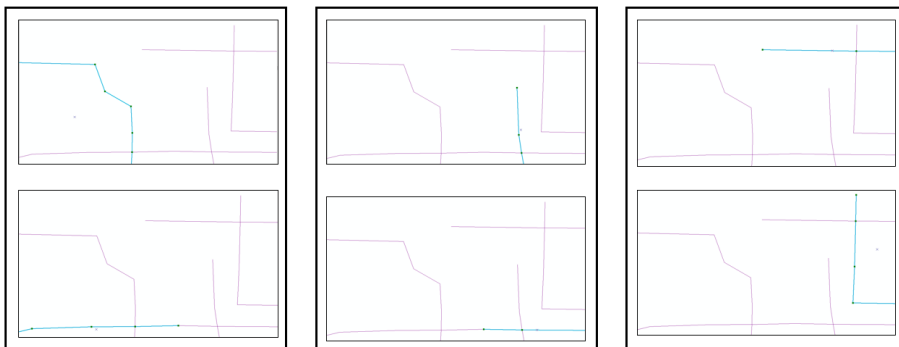
4.1.3 Hat nesnelerinde kesişim noktalarının kaldırılması

Hat nesnelerinde kesişim noktalarının kaldırılması, 3.1.3 başlığında yer alan hatanın çözümüdür. İncelenen bu hata örneğinde kesişim noktalarında oluşan düğüm noktalarının çizgi nesnesi üzerinden kaldırılıp, topolojide oluşan hataların düzeltilmesi sağlanmıştır.

Hazırlanan uygulamada gerçekleşen işler adımları şu şekildedir:

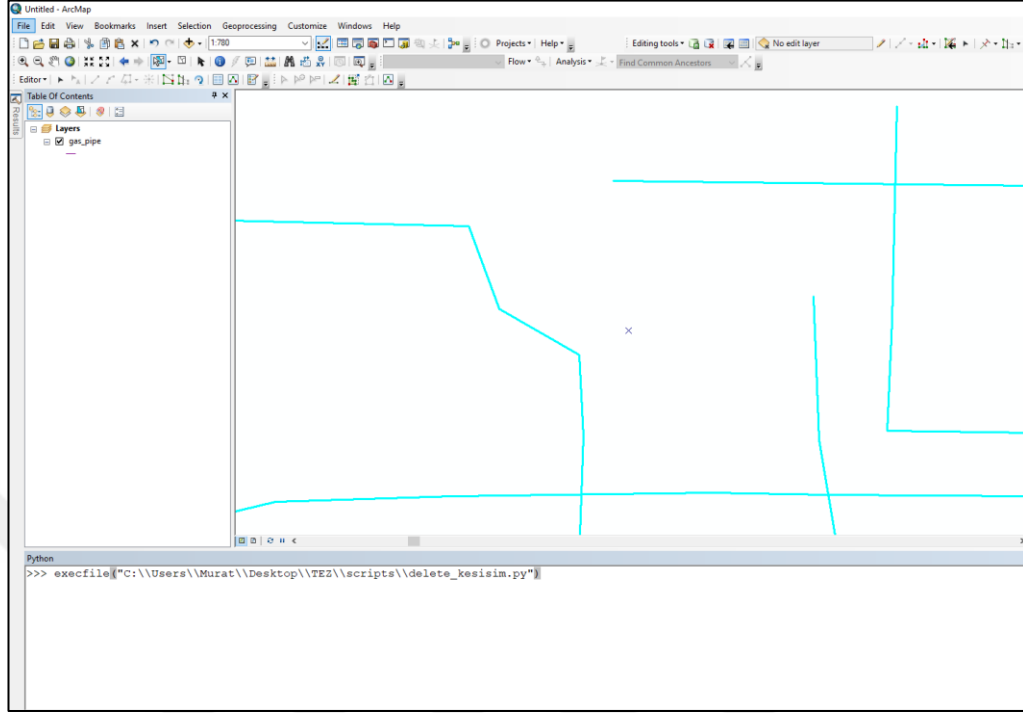
- Seçilen hat nesnesi sırasıyla diğer hat nesneleri ile taranarak birbiri ile coğrafi olarak kesişip kesişmediği öğrenilir.
- Hat nesnesi başka bir hat nesnesi ile kesiştiği belirlendiğinde, kesişen hat nesnelerinin düğüm noktalarının koordinat bilgileri elde edilir.
- Elde edilen iki nesnenin koordinatları birbiri ile karşılaştırma yapılır. Her iki hattın düğüm noktalarının koordinat bilgilerinde eşitlik olup olmadığına bakılır. Hat nesnesinin, her bir düğüm noktasının birbirleri arasında değerlendirme yapılarak, düğüm noktalarının X ve Y koordinatlarının bilgileri karşılaştırılır.
- Eğer düğüm noktalarının koordinat bilgileri eşit ise, bulunduğu çizgi nesnelerinde bu düğüm noktaları otomatik olarak sil emri verilerek, silme işlemi gerçekleştirilir. Ve hattın geometrisinin kayıt işlemi gerçekleştirilir.
- Eğer düğüm nokta koordinatları eşit değilse, sonraki çizgi nesnesinin tarama işlemine geçilerek bu işlem tekrarlanır.

Hat nesnesinin çizim işlemi yapılırken diğer hatların üzerinden çizim işlemi yapılırken hattın üstüne çizim işlemi gerçekleşmektedir. Bu durumda hatta olmaması gereken düğüm noktaları oluşmaktadır (Şekil 4.17).



Şekil 4.17 : Çizim işlemi sırasında düğüm noktaları oluşturulmuştur.

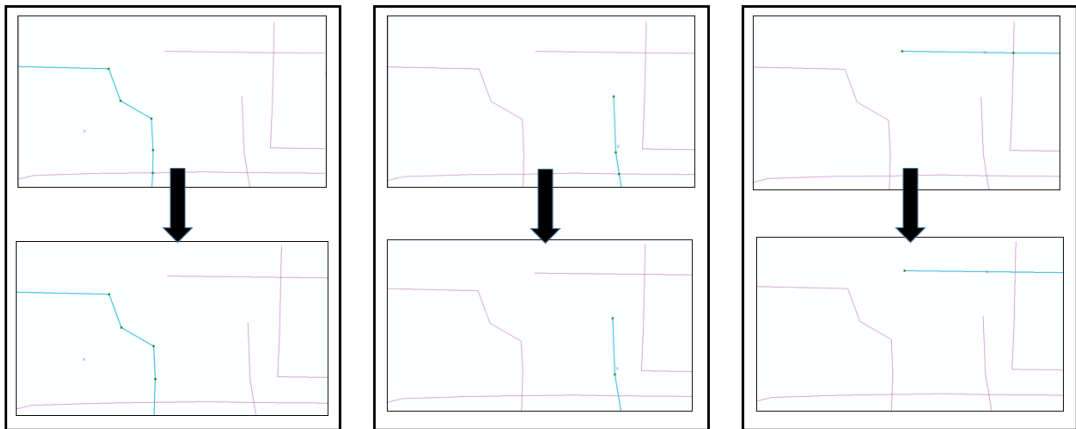
Hat nesnelerinin kesişim noktalarının kaldırılması ile ilgili algoritmanın çalıştırılmasından önce harita üzerinden nesneler seçilmektedir (Şekil 4.18).



Şekil 4.18 : Kesişim noktalarının kaldırılması ile ilgili algoritma çalıştırılmadan önce harita üzerindeki nesneler seçilir.

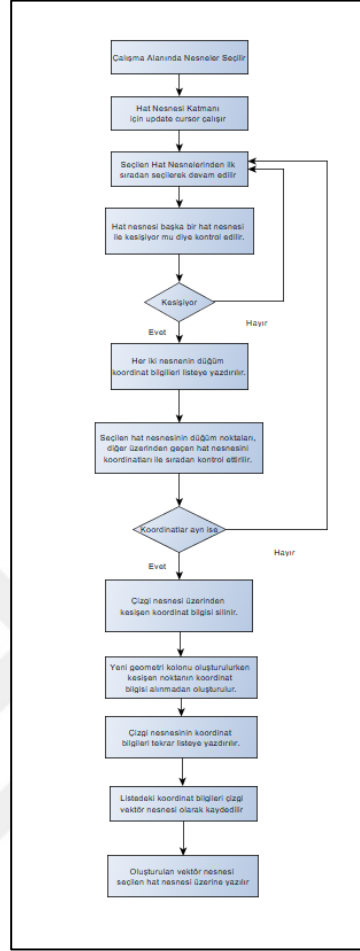
CBS uygulamasında bulunan python ekranında ilgili algoritma çağırıldıktan sonra çalıştırılmaktadır.

Şebekedeki topolojiyi bozan hatalı çizim yapılmış hatlar, algoritmanın çalıştırılması sonucu olarak düzeltilmektedir. Algoritma çalıştırıldıktan sonra iki hat çiziminde yer alan üst üste gelen düğüm noktalarından biri kaldırılmaktadır. Bu sayede hatalı bağlantı sağlanmış olan hatlar düzeltilmektedir (Şekil 4.19).



Şekil 4.19 : Üst üste gelen kesişen noktalar kaldırılmıştır.

Uygulama için hazırlanan algoritmanın akış şeması Şekil 4.20'den incelenebilmektedir:



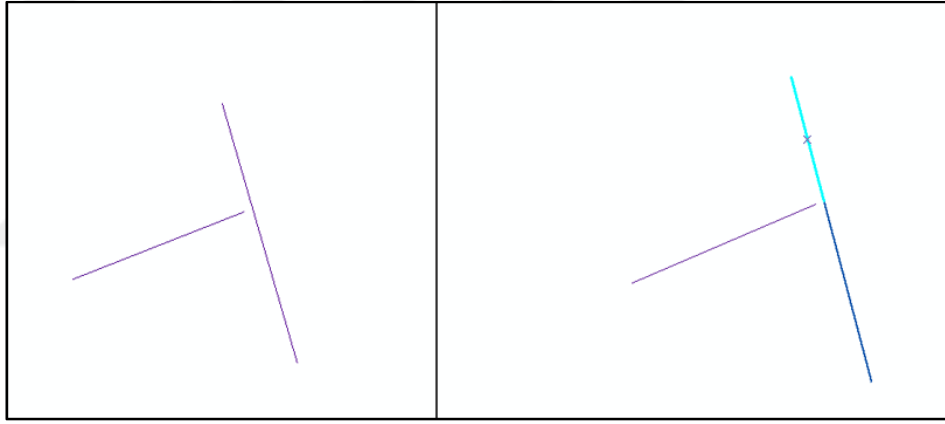
Şekil 4.20 : Kesişen hatlardaki kesişen ortak düğüm noktalarının kaldırılması iş akışı.

4.2 Kısıtlamalar

Yapılan geliştirmelerde, üzerinde geliştirme sağladığımız platforma özel problemler çıkabilmektedir.

Havai hat çizgilerinin düzeltilmesi örneğinde, hat çizgileri olan hattın geometrisinde değişiklik yapıldığı için hat çizgisi nesnesi değiştirilemediği durumlar gözlemlendi. Bunun nedeni çizgilerin diğer çizgi nesneleri ile bağlantısının kopma ihtimaline karşı ArcGIS uygulamasının kısıtladığı anlaşıldı. Uygulamayı hata vermeden hatların düzeltilmesine devam edebilmesi için update seçeneğine try-except komutu ekleyerek, düzeltilemeyen hatların Nesne ID'lerinin yazdırılması sağlanmıştır.

Üzerine kayıt edilen (update işlemi) veri o nesnesinin, Nesne ID'sini değiştirmemesine rağmen harita üzerinde yeniden atılmış gibi davranmasını sağlar. Bazen istenmeyen durumlarla karşılaşılabilir. Söz konusu durumlardan biri, ArcGIS uygulamasının sağlamış olduğu imkanlardan biri olan coğrafi veri üzerinde geometrik ağ kurulduğu durumda karşımıza çıkmaktadır. Geometrik ağ kurulduğunda coğrafi nesneler birbiriyle geometrik olarak bağlantısalılık sağlamaktadır. Veri çiziminde verinin nasıl davranması gerektiği ile ilgili bilgi komutları tutmaktadır. Bir çizim işlemi yapılırken ne kadar uzaklıktaki nokta ile bağlantı sağlanabilir, sadece istenilen özellikteki nesnelerin birbiriyle bağlantı yapılabilmesi, akışın hangi nesneler üzerinden sağlanması gibi durumlar geometrik network kurulması ile sağlanmaktadır. Hataya sebep olan durum çizgi katmanlarının geometrik ağda nasıl davranması gerektiği ile ilgili yapılan durumdan kaynaklanmaktadır. Çizgi nesnesi başka bir diğer çizgi nesnesi üzerine geldiğinde, diğer nesneyi kırmaktadır (Şekil 4.21).



Şekil 4.21 : Yeni bir çizginin üretilmesi ile çizgi nesnesi kırılmıştır.

Üzerine yazılan çizgi nesnesi harita üzerinde tekrar yeni bir çizim gibi işlem görmektedir. Çizgi nesnesinin uç noktalarının bağlantı toleransı içerisinde yer alması diğer çizgi nesnesinin yakın mesafesinden kırılmasını sağlar. Bunun düzeltilmesi için tezde geçen uygulamanın kullanılmasından sonra kırılan nesnelerin birleştirilmesi gerekmektedir. Kırılan nesne sayısı çoklanan veri sayısından kolaylıkla tespit edilebilmektedir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kurumlarda Coğrafi Bilgi Sistemi kurulmasının sebebi şebeke varlıklarının tespiti, ilişkilendirilmesi kolaylaşmaktadır. Mevcut iş süreçleri daha verimli hale gelmekte, yeni iş süreçleri için iş gücünün oluşması sağlanmaktadır. Kurumun şebeke verisi ile ilgili veri analizi artarak, geleceğe dönük analiz ve bakım sürecini geliştirmektedir. Kurumun müşterilerine daha iyi hizmet verebilmesi için ihtiyacı olan yeni iş süreçlerini hızlandıracak bilgi sistemi altyapısının kurulmasını sağlamaktadır.

Altyapı dağıtım kurumlarının verilerinin neredeyse %90'ı bir şekilde coğrafi lokasyonla bağlantılıdır. Altyapı dağıtım kurumları boru, vana, pompa, sayaç ve diğer tesislerin nerede olduğunu bilmek zorundadırlar. Ayrıca abonelerinin yer ve şebeke kullanım şekillerini de bilmesi gerekmektedir.

Altyapı dağıtım kurumlarında CBS varlık yönetimi sistemi olarak da adlandırılabilir. Yüksek performanslı bir varlık yönetim sistemi detaylı varlık envanterlerinin bulunmasını, varlıklarının işletimi, bakımı ve uzaktan finansal planlama yapılması öğelerini içerir. Altyapı şebeke varlıklarında oluşan basınç, ısınma, kırılma gibi etkenlerin kuruma rapor edilmesini ve ilgili bakım süreçlerinin tutulup planlama yapılmasına yardımcı olur.

CBS'nin gücü hem kendi veri kaynaklarından hem de diğer sistemlerle olan haberleşmesinin düzgün şekilde sağlanmasından gelmektedir. Diğer sistemlerle yapılan entegrasyonlar sağlanıp, CBS'nin ihtiyacı olan ve kendi üretmediği verilere ulaşılabilir olmasını, diğer sistemlerin ihtiyacı olan mekânsal verinin kullanılması sağlanır.

CBS, altyapı dağıtım kurumlarının fiziksel varlıklarının mekânsal bilgi sisteminde depolanmasını, yeni bilgilerin üretilmesini ve analiz edilmesini sağlamaktadır.

Günümüzde akıllı şebekelerin oluşması için çalışan ve fiziksel varlıklarını tutan altyapı dağıtım kurumları, Coğrafi Bilgi Sistemi'ni önemli ölçüde kullanamamaktadır.

Bunun en önemli nedenlerinden biri kaliteli bir verinin tutulamamayıp, elde var olan verinin de doğru bir şekilde kullanılamamasından kaynaklanmaktadır.

CBS’de işleyiş olarak geometrik bir yapı kullanılıyor olsa da, CBS verisi toplayan kurumlar genelde bu geometrik yapının oluşması için gereken topolojik bağlantıyı göz ardı edebilmektedirler. Kurum için toplanan şebeke verisi, büyüüp karmaşıklıkla topolojik hataların neden olduğu etki de büyümektedir.

Bu tez çalışmasında altyapı dağıtım kurumlarının fiziksel varlıklarını tutmuş olduğu Coğrafi Bilgi Sistemi’nde karşılaşılan topolojik hatalar incelenmiştir. Topolojik hatalarda yapılan örnekler incelenmiş , analiz edilmiş ve bu örneklerden hata örnekleri seçilerek; çözümler bulunmuştur. Tez çalışmasında altyapı kurumlarının sık yaşadığı topolojik hata örnekleri seçilmiştir. Bu çalışmada hataların nedenleri incelenmiştir ve gelecekte oluşmaması için önerilerde bulunulmuştur.

Altyapı dağıtım kurumlarının CBS verisi incelendiğinde; tezde konusu geçen topolojik hatalar gibi başka hata örnekleri çıkabilmektedir. Her hata tipi farklı çözümler gerekmektedir. Bu hata örnekleri çoğunlukla genel CBS hataları olmasına rağmen; bu hata tipleri CBS kullanıcılarına da bağlı olarak bu topolojik hatalar farklılaşp çoğaltılabilir. Her hata için özel algoritmalar geliştirmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Topolojik hatalar için farklı çözümler uygulanabilir. Coğrafi Bilgi Sistemi’nde yapılan bu geliştirmeler, şebeke verisinin düzelmesini ve CBS’nin altyapı dağıtım şirketlerinde aktif bir şekilde kullanılmasını sağlamaktadır.

Coğrafi Bilgi Sistemi kullanan kurumlar için olarak bu tez kapsamına yönelik önerilerden bazıları şu şekildedir:

- Kurumlar, Coğrafi Bilgi Sistem’lerinde nesnelerde topolojik ilişkinin sağlanması için coğrafi nesnelerin veri girişi için yapılan işlemler için topoloji kural mekanizması oluşturması gerekir.
- Kurumlarında çalışan CBS kullanıcıları topoloji kavramı konusunda bilgilendirilmelidir. Ayrıca topolojik bağlantının önemi anlatılmalıdır.
- Coğrafi Bilgi Sistemleri’nde topolojik hatalar oluşup oluşmadığı topolojik hataları bulan analiz araçları ile kontrol edilmelidir.

- Topolojik hatalar olduđu tespit edildiğinde, ilgili hatalar üzerinde geliřtirmeler sađlanarak, topolojik hatalar dűzeltilmelidir.
- Topolojik hatalar için yapılacak geliştirmeler hata bazlı, nesne bazlı çalıştırmalı, dűzeltilmelidir. Geliřtirmede kullanılan nesneler başka bir nesnedeki doğru olan topolojik bağlantının bozulmasına neden olabilmektedir.
- Yapılacak geliştirmelerde ağ yapısı doğru okunmalı ve yapılacak geliştirmeleri uygulamadan önce sistemdeki coğrafi nesnelerin bağlantı özellikleri doğru analiz edilmelidir.





KAYNAKLAR

- Bildirici, İ. Ö., & Selvi, H. Z. (2005).** Model Genelleştirmesinde Geometri Değişimlerinden Alan-Çizgi Dönüşüm Yöntemleri. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 28.
- David, M. T. (2003).** GIS Concepts and ARCGIS Methods. Conservation Planning Technologies. Fort Collins. CO. ISBN: 0-9679208-2-5.-Gaza Municipality. Gaza city districts.
- Ellul, C., & Haklay, M. (2006).** Requirements for Topology in 3D GIS. Transactions in GIS, 10(2), 157-175.
- Fred, H. (1989).** Croom, Principles of topology.
- Güngör, V. (1999).** Coğrafi bilgi sistemlerinde ağ analizi (Doctoral dissertation).
- He, C., Jiang, J., Han, G., & Chen, J. (2004, July).** An algorithm for building full topology. In XXth ISPRS Congress (pp. 12-23).
- Hoel, E., Menon, S., & Morehouse, S. (2003, July).** Building a robust relational implementation of topology. In International Symposium on Spatial and Temporal Databases (pp. 508-524). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Karas, I. R. (2007).** Objelerin Topolojik İlişkilerinin 3B CBS ve Ağ Analizi Kapsamında Değerlendirilmesi. Doktora Tezi, YTÜ, İstanbul.
- Maguire, D. J. (1992).** An Overview and Definition of GIS, in maguire DJ, Goodchild M, Rhind d (eds.), GIS Principles and Applications, Vol. 1.
- Maraş, H. H., Aktuğ, B., Maraş, E. E., & Yıldız, F. (2010).** Topological error correction of GIS vector data. International Journal of Physical Sciences, 5(5), 476-483.
- Meehan, B. (2013).** GIS for enhanced electric utility performance. Artech House.
- Mutluoğlu, Ö. (2004).** Coğrafi bilgi sistemi oluşturulmasında konumsal veri toplama yöntemlerinin karşılaştırılması (Doctoral dissertation, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- McMillan, D. L. (2015).** Creating an Automation Tool for Checking Data Integrity of CAD Files.

- Theobald, D. M. (2007).** GIS concepts and ArcGIS methods. Conservation Planning Technologies.
- Timpson, A. (2012).** Volumetric Pipeline Environment Analysis: A methodology for creating 3d data suitable for pipeline environment risk and mitigation products.
- Wahl, R. (2004).** The Use of Topology on Geologic Maps. US Geological Survey.
- Wiegman, B. (2015).** Improving the topology of an electric network model based on open data (Doctoral dissertation, Master's thesis, Energy and Sustainability Research Institute, University of Groningen.[Online]. Available: https://www.scigrd.de/publications/16_1_BWiegman_Master_Thesis_2015.pdf).
- Yomralıoğlu, T. (2000).** Coğrafi Bilgi Sistemleri: Temel Kavramlar ve Uygulamalar, 486 s., Birinci Baskı, İstanbul.
- Yıldırım, V., Yomralıoğlu, T., (2002).** “Adres Tabanlı Bilgi Sistemi Tasarımı ve Ağ Analizleri Uygulamaları”, VIII.ESRI ve ERDAS Kullanıcıları Toplantısı, Ankara.
- Url-1** <https://gisgeography.com/what-gis-geographic-information-systems/> (Son ulaşım tarihi: 02.05.2018)
- Url-2** <https://apollomapping.com/blog/g-faq-spatial-topology-gis-part-ii> (Son ulaşım tarihi: 02.05.2018)
- Url-3** <https://apollomapping.com/blog/g-faq-spatial-topology-gis-part> (Son ulaşım tarihi: 02.05.2018)
- Url-5** <https://www.programcreek.com/python/example/107197/arcpy.Polyline> (Son ulaşım tarihi: 02.05.2018)
- Url-6** <http://www.ti.com/lit/ml/slyb214/slyb214.pdf> (Son ulaşım tarihi: 02.05.2018)
- Url-7** <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1704/1704.08977.pdf> (Son ulaşım tarihi: 02.05.2018)

EKLER

EK-A

Boru bileşenlerinin topolojik bağlantısının düzeltilmesi scripti

```
def calculateDistance(x1,y1,x2,y2):
    dist = math.sqrt((x2 - x1)**2 + (y2 - y1)**2)
    return dist

def check_katman(point, layer_name):
    mxd = arcpy.mapping.MapDocument('CURRENT')
    df = arcpy.mapping.ListDataFrames(mxd, "Layers")[0]
    for layer in arcpy.mapping.ListLayers(mxd, "", df):
        if layer.name!=layer_name:
            print layer.name
            cursor3= arcpy.da.SearchCursor(layer, ["OBJECTID","SHAPE@"])
            for row3 in cursor3:
                if point.touches(row3[1]):
                    print "degdi"
                    degdi=1
            return degdi

with arcpy.da.SearchCursor(boru_bilesen, ["OBJECTID","SHAPE@"]) as cursor:
    for row in cursor:
        bilesen_shape=row[1]
        bilesen_sh_x=bilesen_shape.centroid.X
        bilesen_sh_y=bilesen_shape.centroid.Y
        point_f = arcpy.Point(bilesen_sh_x,bilesen_sh_y)
        check_fc=check_katman(point_f, boru_bilesen)
        print check_fc
        if check_fc!=1:
            buf=row[1].buffer(2)
            bilesen=buf
            bilesenX=bilesen.centroid.X
            print bilesenX
            bilesenY=bilesen.centroid.Y
            print bilesenY
            cursor2=arcpy.da.SearchCursor(boruHat, ["OBJECTID","SHAPE@"])
            for row2 in cursor2:
                hat_shape=row2[1]
                if bilesen_shape.touches(hat_shape):
                    continue
                else:
                    print "hat ile bilesen kesismiyor"
```

```

countRow=0
if buf.intersect(row2[1],2):
    countRow=countRow+1
    firstp=row2[1].firstPoint
    firstx=firstp.X
    firsty=firstp.Y
    endp=row2[1].lastPoint
    endx=endp.X
    endy=endp.Y
    first_point_length=calculateDistance(firstx,firsty,bilesenX,bilesenY)
    end_point_length=calculateDistance(endx,endy,bilesenX,bilesenY)
    print first_point_length
    print end_point_length
    if first_point_length>end_point_length:
        choosed_point=end_point_length
        point_of_coord=endp
        point_of_coord_x=endx
        point_of_coord_y=endy
        print point_of_coord_x
        print point_of_coord_y
    else:
        choosed_point=first_point_length
        point_of_coord=firstp
        point_of_coord_x=firstx
        point_of_coord_y=firsty
        print point_of_coord_x
        print point_of_coord_y
    array=arcpy.Array()
    array=arcpy.Array([arcpy.Point(bilesenX,bilesenY),
arcpy.Point(point_of_coord_x, point_of_coord_y)])
    polyline=arcpy.Polyline(array,sr)
    print array
    cursor_upd=arcpy.da.InsertCursor(topo, ["SHAPE@"])
    sr = arcpy.Describe(topo).spatialReference
    workspace=r"TEST.gdb"
    edit = arcpy.da.Editor(workspace)
    edit.startEditing()
    edit.startOperation()
    with arcpy.da.InsertCursor(topo, ['SHAPE@']) as cursor_m:
        cursor_m.insertRow([polyline])
        print row2[0]
        print polyline

    edit.stopOperation()
    edit.stopEditing(True)
else:
    print "Bilesen baska bir nesne ile kesisiyor"

```

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Murat Demircan
Doğum Tarihi ve Yeri : 24/02/1989
E-posta : demircanmurat1@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2012, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM:

- 09.2015-... Universal Yazılım A.Ş
- 01.2014-10.2014 Cemre Mühendislik ve İnşaat Planlama A.Ş.
- 10.2013-03.2013 Yorum İnşaat A.Ş

SERTİFİKALAR:

Wissen Akademie Katılım Sertifikası - Yazılım Geliştirme ve Veritabanı
C Sınıfı İş Güvenlik Uzmanlık Sertifikası - Kalite Akademi