

**ELEKTRİK DAĞITIM ŞEBEKELERİNİN YÖNETİMİ İÇİN COĞRAFI
BİLGİ SİSTEMİ TABANLI AKILLI KARAR DESTEK SİSTEMİ ^(*)**

Bilg. Müh. Cihan ÇOPUR¹

Doç.Dr. Murat Osman ÜNALIR²

Doç.Dr. Murat KOMESLİ³

¹ B Mühendislik Yaz. Don. Bilg. İth. İhr. San. ve Tic. Ltd. Şti. Akdeniz
Üniversitesi Teknokent Arge Binası D:201 Konyaaltı, Antalya

² Ege Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Üniversite Cad. No: 5, 35100
Bornova, İzmir

³ Yaşar Üniversitesi Yazılım Mühendisliği Bölümü, Üniversite Cad. No:35, 35100
Bornova, İzmir

(*) Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından 1507 - KOBİ Ar-Ge Başlangıç Destek
Programı kapsamında 7150096 numaralı proje olarak desteklenmektedir.

ELEKTRİK DAĞITIM ŞEBEKELERİNİN YÖNETİMİ İÇİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ TABANLI AKILLI KARAR DESTEK SİSTEMİ¹

Öz

Coğrafi bilgi sistemleri mekânsal objelerin koordinatlı olarak depolanmasına ve yönetilebilmesine imkân veren bir teknolojidir. Bu teknolojiyi kullanarak mevcut elektrik dağıtım şebekelerini modelleyebilen ve araziden GPS ile bütünleşik mobil cihazlarla toplanan verileri doğrudan kullanarak mevcudu projelendirebilen bir yazılım geliştirilmiştir. Geniş içerikli veri içeren kütüphanesi ile tüm buz yükü bölgeleri ve direk tipine göre direk, kutu, travers ve izolatörü hatasız seçim yaptırarak yeni projeler oluşturabilme ve oluşturulan proje üzerinde AG (Alçak Gerilim), OG (Orta Gerilim) ve abone hesaplamaları ile analizlerini yapabilme kabiliyetleri kazandırılarak alt yapı projelendirme süreçlerine katkı sağlaması amaçlanmıştır. Maliyet planlamaları için, genel, grup ve trafo bazlı keşif yapabilme, yapılan keşifler üzerinde her türlü düzenleme ve çıktı alabilme özellikleri eklenmiştir. Tasarlanan yazılım ile elektrik dağıtım şirketlerinin planlama ve yönetim birimlerinin, sektörel anlamda güncel ve gelecekteki ihtiyaçlarına tek bir sistem ile cevap verebilen bir otomasyon yöntemi geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Akıllı Karar Destek Sistemi, Elektrik Dağıtım Şebekesi

¹ Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından 1507 - KOBİ Ar-Ge Başlangıç Destek Programı kapsamında 7150096 numaralı proje olarak desteklenmektedir.

GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS BASED SMART DECISION SUPPORT SYSTEM FOR THE MANAGEMENT OF POWER DISTRIBUTION NETWORKS²

Abstract

Geographic information systems is a technology that allows the storage and management of the coordinated spatial objects. By utilizing this technology, an application software that models the existing electricity distribution network and directly uses the data collected from the field via GPS integrated mobile devices has been developed. Together with the large data library of all ice load area, it is intended to contribute to the infrastructure design process by providing the capabilities of producing new projects with accurate selection of the pole type, box, sleepers, isolator, LV (low voltage) and MV (medium voltage) options on existing projects and analysis performance via new subscription calculation. The features of general, grouped and transformer-based discoveries for cost plannings and making all adjustments on these discoveries and obtaining print outs, have also been added. A general automation method consisting of a single system capable of responding the current and future needs of the planning and management units of electricity distribution companies has been developed with the designed software application,

Keywords: Geographical Information Systems (GIS), Smart Decision Support System, Power Distribution Network

² This work was supported by The Scientific and Technological Research Council of Turkey [TÜBİTAK; Program: 1507 Project no: 7150096]

GİRİŞ

Projenin amacı, araziden toplanan verilerle şebekenin mevcut projesini ya da geniş içerikli veri içeren kütüphanesi ile tüm buz yükü bölgeleri ve direk tipine göre direk, kutu, travers ve izolatörü hatasız seçim yaptırarak yeni projeler oluşturabilen, projelerde kullanılan şebeke elemanlarına ait verileri, veri tabanında saklayıp yönetilebilmesine imkân veren, oluşturulan projelerin, ikinci bir işleme tabi tutulmadan, elektrik dağıtım şirketlerinin bünyelerindeki kontrol merkezlerinde ihtiyaç duyulan, koordinatlı şebeke verisi olarak kullanılmasını sağlayan, bu alanda kabiliyet anlamında piyasa ihtiyaçlarını tam olarak karşılamamasına rağmen yurt dışına yüksek lisans bedelleri ödenmesinin önüne geçecek, benzersiz, yerli ve bütünleşik yeni bir sistem oluşturmaktır.

Elektrik dağıtım şebekelerinin yönetimi, öncelikle projelendirme ile başlar. Projelendirme, ancak doğru planlama ile başarıya ulaşabilir. Projenin temelinde, planlama aşamasındaki tüm faaliyetlerin eksiksiz, esnek, izlenebilir ve yönetilebilir bir şekilde gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir. Planlamanın ilk aşamasında, kullanılacak olan şebeke elemanı verilerinin standartlara uygun bir şekilde modellenmesi gerekmektedir. Bu modellemenin esnek ve genişletilebilir bir tasarım prensibine uygun olarak gerçekleştirilebilmesi amacıyla, ilişkisel veri tabanlarında kullanılan üst veri tasarım desenleri kullanılmıştır.

Şebeke elemanlarının elektrik dağıtım şebekesindeki yerleşiminin temsil edilmesi, en uygun maliyetli topolojinin oluşturulmasını sağlamalıdır. Bu amaçla, çizge veri tabanları ve CBS'deki katmanlı modeller kullanılarak alçak ve orta gerilim akış yönlerini izleme algoritmalarının geliştirilmesi sağlanmıştır. Bu noktada, genel geçer BFS (Breadth-First Search) ve DFS (Depth-First Search) algoritmalarının çizge veri tabanlarında uygulanması ve elektrik dağıtım şebekesindeki planlamaya uygun bir şekilde uyarlanması için uygun algoritmik yöntemlerin geliştirilmesi desteklenmiştir. Geliştirilen algoritmaların çizge veri tabanı sorgulama teknikleriyle gerçekleştirimi yapılmıştır.

Elektrik dağıtım şebekesinin alçak ve orta gerilim analizlerinin yapılması amacıyla kısa devre analizi algoritmaları gerçekleştirilmiştir. Şebekenin ilgili elemanlar ile benzetimi sağlanmıştır. Güç kaybı ve trafo gücü kaybı hesaplamaları koordinatlı şebeke verisiyle desteklenmiştir.

Hat ve direk seçimlerinin en uygun şekilde yapılabilmesi amacıyla şebeke elemanlarının temel özelliklerine göre seçimlerin gerçekleştirildiği algoritmaların gerçekleştirimi yapılarak en uygun şebeke elemanları elektriksel hesaplamalar ışığında belirlenmiştir. Planlama aşamasının tamamlanmasından sonra, projelendirilen elektrik dağıtım şebekesinin raporları oluşturulmuştur. Raporlamanın şartnameler ve standartlar ile uyumlu olmasının sağlanabilmesi için gerekli şablonlar oluşturulmuştur. Şablonlar, şartnamelerin ve standartların değişimini öngöreceği şekilde hazırlanmıştır.

Elektrik dağıtım şebekelerinin mevcut projelerinde kullandıkları verilerin projede yeniden kullanılabilmesine yönelik olarak, veri aktarım ve eşleme teknikleri geliştirilmiştir. Böylece mevcut verilerin hem elektriksel hesaplamaları eniyilenmiş, hem de detaylı şebeke elemanları verisiyle bağdaştırılması ile akıllandırılması sağlanmıştır.

Planlamanın sonucunda projenin hayata geçirilmesi aşamasındaki en önemli katkı, hassas mobil teknolojilerin kullanılması olmuştur. Mobil uygulamada kullanılacak olan verinin ana uygulama ile bütünleşik bir şekilde çalışabilmesi için uygun veri tabanı yineleme teknikleri kullanılmıştır.

Bu çalışmada, CBS ile ilgili temel bilgi ikinci bölümde; proje kapsamında geliştirilen yazılım üçüncü bölümde; sonuç ve teklifler ise dördüncü bölümde açıklanmıştır.

TEMEL BİLGİ

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

CBS, dünya üzerinde var olan nesnelere ve meydana gelen olaylara ait bilgileri koordinatlı olarak toplamaya, bunları saklamaya, haritalamaya ve analizlerini yapmaya yarayan bir tür yüksek performanslı bilgisayar sistemidir.

CBS, birçok problemin çözümünde kullanılmak üzere harita ve grafiklerin yapımında, senaryolar üretiminde, çeşitli çözüm yolları uygulanarak sonuçlarının tetkik edilmesinde yardımcı olmaktadır. Bir yerleşim biriminde tüm haneler ve kişi sayısı, onların kayıtları, eğitim durumları, su ve elektrik kullanımları, gelir durumları, telefon numaraları, adresleri, bina tipleri depolanabilir ve bunlar bilgisayar ortamında görüntülenerek sentezlenebilmekte, ayrıca bu şehirdeki hastaneler, okullar, yollar, su, gaz ve elektrik şebekesi, sokak ve caddeler gibi bilgiler depolanarak istatistiki değerlendirmeler yapılabilmektedir.

CBS'nin kurulabilmesi için gerekli olan elemanlar; yazılım, donanım, veri tabanı, yöntemler ve insanlardır. Donanım, yazılım ve veri elde etme ile ilgili teknolojiler hızla gelişmekte ve yöntemler yaygın ve etkin kullanımla kurumsallaşmaktadır. Veri yönetim sisteminin temel birimi "harita kapsamı"dır. Burada kapsam, noktalar, çizgiler, çokgenler, etiketler, açıklama yazıları ve koordinat işaretleri gibi grafik elemanlarının toplandığı bir veri grubudur. Sistemde bu elemanların her biri için üç türlü veri kaydedilir.

- Elemanların koordinat adreslerini tanımlayan "geometrik veri",
- Elemanların arasındaki ağ ilişkisini tanımlayan "topolojik veri",
- Her özelliğin karakteristiğini tanımlayan "nitelik verisi" .

Elektrik Dağıtım Şebekelerinin Yönetiminde CBS'nin Yeri

CBS'de mekânsal objeler ilişkisel ve topolojik bir veri tabanı mantığında depolanır. İlişkisel veri tabanı sayesinde yapılacak kullanıcı tanımlamaları ile yetki seviyeleri kullanıcı bazında belirlenebilir. Çok kullanıcıli desteği vardır.

Uluslararası standartlarda olduğundan diğer yazılımlarla bütünleştirme süreçleri kolaydır. Bu nedenle, günümüzde dünyada elektrik iletim ve dağıtım hatlarının otomasyonunda aktif olarak CBS kullanılmaktadır.

CBS, bu artışa paralel olarak elektrik iletim, dağıtım ve diğer kısımlarda enerjinin kolay ve hızlı bir şekilde izlenmesi, arıza noktalarına anında müdahale edilmesi, elektrik kayıp kaçak durumlarının takip edilmesi ve periyodik takibat analizlerinin yapılması vb. açısından çok kolaylık ve hızlilik sağlamaktadır. Enerji dağıtım otomasyonlarında, CBS başlıca aktif görevlerden birini üstlenmektedir. Uzaktan algılama sistemlerinin yaygınlaşması ve gelişmesi ile beraber CBS kullanımı şüphesiz ki daha da artacaktır.

Proje kapsamında geliştirilen elektrik dağıtım şebekesi yazılımı; birden fazla ilişkisel veri tabanı (Microsoft SQL Server, Oracle vb.) üzerinde coğrafi veri saklayabilmekte, güncelleme yapabilmekte ve birden fazla konumsal veri sunucusunun formatını destekleyebilmekte, okuma-yazma yapabilmektedir. İlişkisel veri tabanlarında okuma, yazma ve güncelleme işlemleri sadece öznitelik verileri üzerinden değil ayrıca konumsal bilgi içeren geometrik veriler üzerinden de yapılabilmektedir. Böylelikle CBS teknolojisi yardımıyla kontrol merkezine bütünleşmiş edilecek harita desteği ile aboneler, şalt tesisleri, hatlar, direkler vb. birçok birim anlık kontrol ağına dâhil edilebilmekte ve gerekli sorgulama ve analiz yapılabilmekte, doküman vb. alınabilmektedir.

Çizge Veri Tabanı Temelli Şebeke Topolojisi Oluşturma

Neo4J

Bütün ölçeklerdeki yazılım projelerinin kilit noktalarından bir tanesi hiç şüphesiz ki veri tabanı sistemleridir. Yıllardır kullanılan veri tabanları ele alındığında en çok popüler olanları RDBMS (ilişkisel) ve NoSql (veri kümeleme) sistemleridir. Bu sistemlerin birbirlerine göre avantajlı ve dezavantajlı oldukları durumlar bulunmaktadır. Çizge veri tabanı sistemleri ise, bu sistemlere alternatif olarak geliştirilen yeni bir veri tabanı sistemidir.

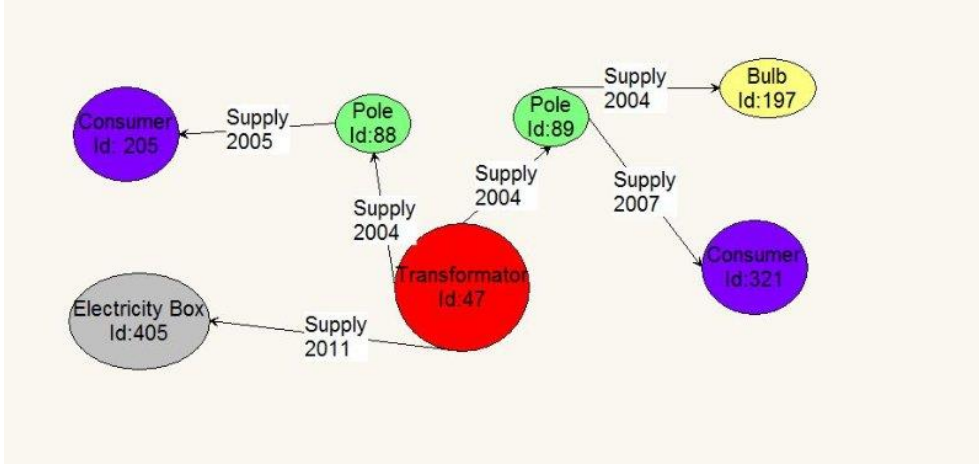
CBS yazılımlarında, elektrik dağıtım şebekesi gibi ilişkisel bir ağı sadece şekil olarak sembolize etmek ve envanter sorguları yapmak günümüzde sıradanlaşmış bir çok yazılım ürünü tarafından gerçekleştirilebilen rutin mühendislik çalışması halini almıştır. Fakat, geleceğin teknolojisi diye yıllardır dile getirilen "Smart Grid" (Akıllı Şebeke) sistemlerinin yönetimi için, koordinatlı şebeke verileriyle kapsamlı elektriksel ve optimizasyon hesaplarını yapabilen yazılımlara ihtiyaç duyulmaktadır.

CBS'nin sağladığı koordinat verisinin yanında hesaplamalara temel teşkil edecek topolojiyi oluşturmak için de, farklı veri yapılarına ihtiyaç duyulduğu aşikârdır. Bu ihtiyaca en güzel çözümü sunan teknolojilerden olan çizge veri tabanı algoritmalarından esinlenerek yeni algoritmalar geliştirilmiştir.

Çizge veri tabanlarından Neo4J veri yapısı inlendiğinde üç ana yapı görülmektedir;

- 1) Döğümler (Nodes): Çizgeye ait veri kayıtlarıdır.
- 2) İlişkiler (Relationships): Döğümleri bağlamaya yarayan ilişkiyi sembolize eder.
- 3) Özellikler (Properties): Hem döğümlere hemde ilişkilere özellikler kazandırmak için kullanılan alanlardır.

Şekil 1 Model bir Trafo Bölgesi



Şekil-1'deki modelde bir trafo bölgesine ait ilişkiler gösterilmiştir. “Trasformator” etiketine sahip döğüm, elektrik kutusu ve kutup etiketlerine sahip döğümleri beslemektedir. İlişkilerin ne zamandan beri geçerli olduğunu gösterecek bir özellik de ilişkilere eklenmiştir. Kutup etiketine sahip döğümler ise, “Consumer” ve “Bulb” etiketine sahip döğümleri beslemektedir.

Çizge veri tabanlarında ilişkilere ait;

- Yön
- İlişki tipi
- Diğer özellikler (properties) tanımlanabilir.

Neo4j sorguları SQL sorgularını andırır da genel olarak farklı bir yapısı vardır. Neo4j sorguları, nasıl bulunacağını değil, neyi bulmak istediğini tanımlamaktadır.

Aşağıda Neo4j ile ilgili örnek cümleler verilmiştir:

```
CREATE (ee:Person { name: "Emil", from: "Sweden", klout: 99 })
```

```
MATCH (ee:Person) WHERE ee.name = "Emil" RETURN ee;
```

Proje çizimi esnasında şebekeye ait topoloji yapısının kurulabileceği veriyi eş zamanlı olarak oluşturabilen bir yöntem geliştirilmiştir. Bu çizge veri tabanı yönteminde, nokta katmanı olarak oluşturulan direk, direk tipi trafo, bina tipi trafo, kaynak, kutu, kofre objelerini, çizgi ve “polyline” olarak oluşturulan havai ve yeraltı hatlar ile birbirlerine bağlandığında, bağlantısı yapılan iki obje düğüm olarak ve bağlantıyı sağlayan hat objesi de kenar (edge) olarak kayıt altına alınmaktadır. Böylelikle proje içerisinde yapılan her bir bağlantı ile topolojik yapının temel iskeletini oluşturan çizge veri tabanı verileri elde edilmiş olmaktadır.

Karar Destek Sistemi

Karar destek sistemi, bir işletmede yöneticilerin ve profesyonel çalışanların karar vermesine yardımcı olarak kullanılan, karar verme sürecinde kullanıcıların sistemle karşılıklı olarak etkileşimde bulunduğu, bilgisayar tabanlı bir bilişim sistemidir. Karar destek sistemleri çoğunlukla yarı yapılandırılmış problemlerin çözümünde kullanılmakla birlikte, yapılandırılmış ve yapılandırılmamış problemler için de kullanılabilir. Sistemler veri ve model bazlıdır. Kullanıcılar, özgün ve belirli bir problem ile ilgili veriler ve bir ya da daha çok yöntem çerçevesinde model kurma olanağı sağlayan bu tür sistemler yardımıyla daha hızlı ve daha isabetli kararlar verebilmektedir.

Elektrik Dağıtım Şebekelerinin Yönetiminde Akıllı Karar Destek Sisteminin Yeri

Elektrik dağıtım şebekeleri, gerek tasarımsal açıdan, gerekse yönetsel açıdan bakıldığında, oldukça kapsamlı ve çok parametrelili sorunların çözülmesine ihtiyaç duyulan bir yapıya sahiptir. Tasarım aşamasında, bölgenin planlanan imar durumu, mevcut imar durumu, imar dışı yapılaşma durumu, yaşayan halkın sosyolojik yapısından kaynaklı hanelerde yaşayan sayısı, uzun vadeli büyüme oranı gibi birçok parametre dikkate alınmalıdır. Bütün bu parametreler kullanılarak yapılan analiz sonucunda, elektrik alt yapısının projelendirilmesine ihtiyaç duyulan bölgeler belirlenir ve elektrik dağıtım şebekesi tasarım aşamasına geçilir. Başarılı bir elektrik dağıtım şebekesinin tasarımı, mevcut şebekenin bileşenlerinin hem coğrafi koordinatlarıyla hem de nicelikleri ile doğru olarak saklanmasıyla bağlıdır.

Elektrik dağıtım şebekelerinde, Türkiye için yaklaşık 9000 farklı kalemden oluşan malzemeler kullanılmaktadır. Şebeke tasarımında yapılan doğru analizler, kullanılacak malzemelerin doğru tayin edilmesinin ilk şartıdır. Projelendirilen şebekelerin işletme tesislerinin inşası ise oldukça yüksek maliyetli işlerdir. Doğru analizlerle kullanılacak malzemelerin doğru tayin edilmesi, maliyetlerde ciddi anlamda azalmaya ya da artmaya sebebiyet vermektedir.

Elektrik dağıtım şebekesi üzerinde yapılacak analizler elektrik mühendisliği disiplinine ait formüller ile yapılmaktadır. Formüller ise 9000 malzemenin birleştirilmesi sonucu oluşan kombinasyonlara göre farklılık göstermektedir. Hesaplamaların doğru yapılmasının zorluğundan önce, hangi

formüle dayalı analiz edilmesi gerektiği bile çözülmesi gereken bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sorunların tamamının insan gücü ile altından kalmak mümkün olmadığı gibi, her bir alt çalışma alanı için kullanılan yazılımlar bulunmaktadır.

Proje kapsamında, elektrik dağıtım şebekelerinin tasarımından, tesislerinin inşa edilmesine, inşa edilen tesislerin yönetilmesinden geleceğe yönelik yatırım bölgelerinin belirlenmesine kadar birçok süreci, kullanımı kolay analiz modülleri ile kullanıcıyı yönlendirecek akıllı karar destek yazılımı geliştirilmiştir. Proje kapsamı içinde geliştirilen akıllı karar destek yazılımı, birbiri ile bütünlüklük çalışan birçok alt modülden oluşmaktadır.

BENZER ÇALIŞMALAR

Yapısı ve kabiliyetleri ile hâlihazırda benzer bir ürün olmasa da, projenin hedeflerini somutlaştırmak adına aynı sektörde kullanılan diğer yazılımlarla kıyaslamak gerekirse iki yazılım ürünü öne çıkmaktadır. Bunlardan kabiliyetleri ve pazar payı olarak öne çıkan, yerli bir yazılım ürünü olan b-PRO EDŞ, diğeri Başarsoft firmasının MapInfo “runtime” üzerinde geliştirdiği EDABIS uygulamasıdır. Bu her iki uygulamada hedeflenen proje çıktısına en yakın uygulamalar olmasına rağmen, kabiliyet ve kazanımlar açısından çok farklıdır. Bir başka deyişle projenin çıktısı olan uygulamanın benzeri olmayan bir ilk niteliğindedir. Mevcut uygulamalardan b-PRO EDŞ, CAD tabanlı çalışan, proje hazırlama, raporlama ve optimizasyon kabiliyetlerine sahip bir uygulamadır. EDABIS ise, şebeke elemanlarını koordinatlı olarak yapısında barındırabilen, şebeke hakkında çeşitli kullanıcı sorguları yapabilen, ama elektriksel analiz yapma, optimizasyon ve projelendirme kabiliyeti olmadığı değerlendirilen bir uygulamadır.

UYGULAMA

Amaç ve Hedefler

- CBS teknolojisinin, elektrik dağıtım şebekesi projeleri oluştururken ve uygulanması esnasında sağladığı kolaylıkların zamanla fark edilmesiyle, sektörde oluşan taleplere cevap verebilmek
- Kontrol mekanizmaları olarak görev yapan resmi kurum/kuruluşlarca sektör için, ülke içinde belirlenmiş kurallar ile ürünün özelleştirilebildiği, özgün ve yerli yazılıma olan ihtiyacı giderebilmek
- Yurt içi pazarında elektrik dağıtım firmalarının özelleşmesiyle hızla büyüyen pazar taleplerine cevap verecek bir yazılım ürünü hazırlayabilmek,
- Yazılımın farklı kurallar çerçevesinde özelleştirilebilecek esnekliğe sahip olması ile ihraç edebilme potansiyelinin bulunması olarak sıralayabiliriz.

Proje çıktısı olarak uygulama, elektrik dağıtım sektörünün günümüzdeki ve uzun vadeli taleplerine cevap verebilecek nitelikte olması hedeflenmiştir. Koordinatlı olarak elektrik dağıtım şebekesi projesini topolojisiyle birlikte

hazırlayabilen, projeyi hazırlarken otomatik olarak oluşan şebeke elemanlarına ait elektriksel ve topolojik verileri kullanarak sektörün ihtiyaç duyduğu elektriksel analizleri ve hesaplamaları yapabilen, kullanıcıların hata yapma oranını en aza indirirken hızlarını arttırarak iş gücü ve zamandan kazanım sağlayan, sektörün ihtiyaçlarına cevap verebilecek bütünleşik bir yazılım geliştirilmiştir.

Projenin çıktısı olan yazılım ile hazırlanan elektrik dağıtım şebekesi verisi koordinatlı olarak şebeke topolojisini de içerisinde barındırdığından, elektrik dağıtım şirketlerinin uzun vadeli hedefleri olan "Smart Grid" yani akıllı şebeke oluşturma anlamında doğrudan kullanılabilir. Böylelikle şebeke üzerinde uzaktan kontrol ile birçok işlem yapılabilecek zaman ve insan gücünden kazanç elde edilmiş olacaktır. Şebeke arıza kontrolü, faturalandırma ve şebeke yönetimine yönelik birçok çalışmaya temel teşkil edebilecektir.

CBS temelli bir teknoloji olduğu için, oluşturulacak yazılım ürünlerini kullanacak personelin yanında veri toplama işlemlerini icra edecek, teknik eleman ihtiyacı da oluşturacağından, yeni iş alanları oluşturma ve istihdam konularında olumlu bir etki yaratacaktır.

Özelleştirilebilir ve Uyarlanabilir Uygulama Veritabanının Oluşturulması

Uygulamanın kullanımında elektrik dağıtım şebekesi bileşenleri olan direk, direk tipi trafo, bina tipi trafo, yer altı hatları, havai hatlar, kutu, kofre tiplerini ve tipler ile ilgili detaylara ek olarak, malzeme tipleriyle ilişkili olan elektriksel ve maliyet hesaplama parametrelerini ve eşleşme tablolarını içeren kapsamlı bir veritabanı oluşturulmuştur.

Elektrik dağıtım şebekelerinde kullanılan malzemeler çok çeşitli olmak ile beraber, her yıl TEDAŞ tarafından yayınlanan birim fiyat kitabında yaklaşık olarak 9000 kalem malzeme bulunmaktadır. Bu kitapta bu malzemelerin sadece fiyat detayları listelenmiş olup, elektriksel hesaplamalarda kullanılacak parametreler bulunmamaktadır. Elektriksel parametreler birden fazla kaynaktan derlenerek belirlenmiştir.

Çizge Veritabanı Temelli Dağıtım Şebekesi Topolojisini Oluşturma Algoritmalarının Geliştirilmesi

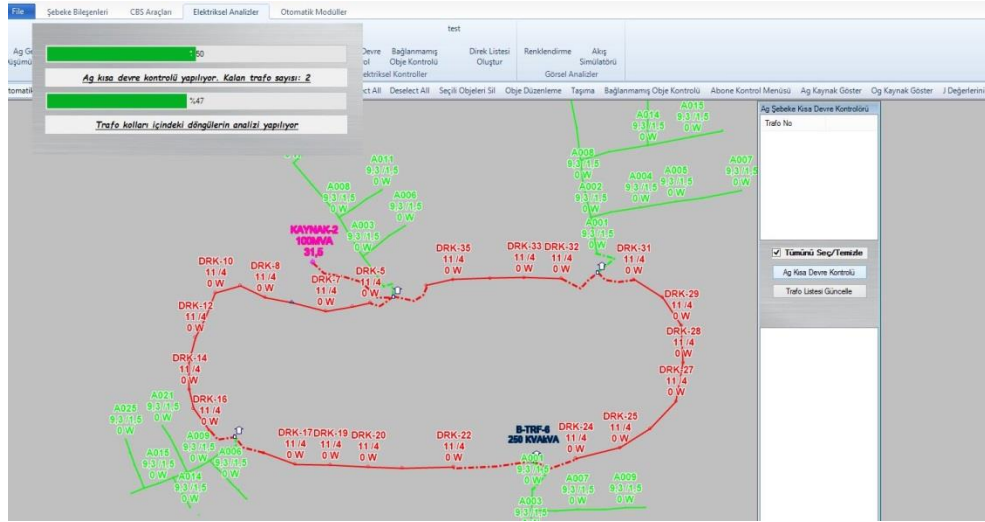
Direk, direk tipi trafo, bina tipi trafo, havai hatlar, yer altı hatları, kofre ve kutu gibi elektrik dağıtım şebekesini oluşturan bileşenlerin, elektriksel hesaplamalarda ve maliyet hesaplarında kullanılacak malzeme bilgilerini, harita üzerinde ifade edecek sembollerini, coğrafi koordinatlarını ve bileşenler arasındaki ilişkileri tutacak genel bir yapı kurulmuştur. Çizge veri tabanlarının, çizge yapıları için sağladığı etkin çözümlerden faydalanılmak için çizge veri tabanı yöntemleri incelenerek, yeni algoritmalar geliştirilmiştir.

Elektrik Dağıtım Şebekesi Tasarımı ve Yönetimi için Geliştirilen Analiz ve Akıllı Karar Destek Sistemi Modülleri

a) Alçak Gerilim (AG) Şebekesi Kısa Devre Tespit Fonsiyonu

Alçak gerilim şebekesi, direk tipi trafo veya bina tipi trafolardan başlayarak abonelere kadar giden kısmı içermektedir. Alçak gerilim şebekesi içerisinde, aynı trafodan çıkan kolların birleşmesi sonucunda kısa devre oluşur. Kısa devre olan şebeke de yapılacak bütün hesaplamalar ve dolayısıyla bu hesaplamaların sonuçlarına göre yapılacak optimizasyonlar yanlış olacaktır. Bunun önüne geçebilmek için, alçak gerilim şebekesi içinde bu tarz bağlantıların olup olmadığını kontrol edecek ve var ise nerede olduğunu gösterecek algoritma geliştirilmiştir. (Şekil-2)

Şekil 2 Proje kapsamında geliştirilen gerilim şebekesi-1



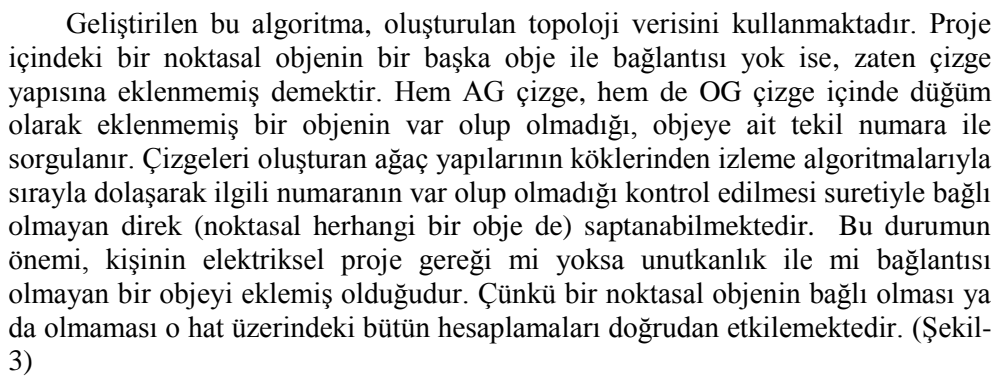
b) Orta Gerilim (OG) Şebekesi Kısa Devre Tespit Fonsiyonu

Orta gerilim şebekesi kaynak objesinden başlayarak direk tipi trafolar ile bina tipi trafolarla kadar giden kısmı içermektedir. Orta gerilim şebekesi içerisinde, aynı kaynaktan çıkan kolların birleşmesi sonucunda kısa devre oluşur. Kısa devre olan şebeke de yapılacak bütün hesaplamalar ve dolayısıyla bu hesaplamaların sonuçlarına göre yapılacak optimizasyonlar yanlış olacaktır. Bunun önüne geçebilmek için, alçak gerilim şebesi içinde bu tarz bağlantıların olup olmadığını kontrol edecek ve var ise nerede olduğunu gösterecek algoritma geliştirilmiştir.

c) Bağlı Olmayan Obje Tespit Fonksiyonu

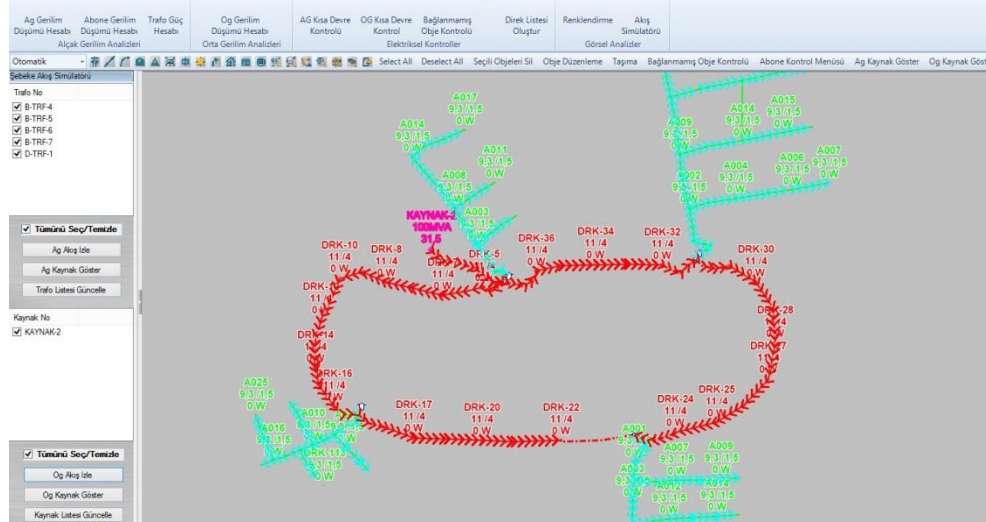
Orta büyüklükte bir ilin elektrik dağıtım şebekesinde yaklaşık olarak 600000' den fazla düğüm (direk tipi trafo, bina tipi trafo, kutu ve kofre) bulunmaktadır. Geniş bir coğrafya üzerinde bulunan bu malzemeleri içeren şebeke modellenirken bazı

Şekil 3 Proje kapsamında geliştirilen gerilim şebekesi-2



Akış simülatörü modülü ile, elektriğin akış yönü harita üzerinde simüle edilmektedir. Bu sayede, kaynaktan beslenen trafolar, trafolardan beslenen aboneler görsele olarak analiz edilebilmektedir. Akış simülatörü için geliştirilen algoritmadan faydalanılarak, bir trafoda arıza meydana geldiğinde hangi abonelerin bu durumdan etkileneceği de analiz edilebilmektedir. Aynı şekilde, arıza kaydı oluşturan bir abonenin, beslendiği trafo ve trafoya kadar uzanan hat boyunca kullanılan elektriksel şebeke elemanları tespit edilebilmektedir. Bu senaryolar

çoğaltılarak, akış simülatörünü temel alan çok kapsamlı analizler yapılabilir ve karar verici kullanıcılara özet olarak analiz sonuçları sunulabilmektedir. (Şekil-4)



Şekil 4 Akış Simulatörü

e) Abone Gerilim Düşümü Analizi Modülü

Enerji merkezlerinde üretilen doğru ve alternatif akım elektrik enerjisi, tüketim merkezlerine iletkin adı verilen devre elemanları ile taşınır. Tüketim merkezlerine iletilen elektrik enerjisi abone olarak adlandırılan kullanıcılar tarafından kullanılır. Aboneler ise televizyon, bilgisayar, çamaşır makinesi, fırın, ütü, iş makinesi vb. gibi aygıtları kullanarak bu enerjiyi tüketirler.

Tüketicilerin kullandıkları devre elemanları, enerjinin üretildiği merkezlere olan yakınlık derecesine göre verimli çalışır. Dağıtım merkezlerine çok uzakta bulunan alıcılar tam verimle çalışmazlar. Örneğin, akkor flamanlı lambanın sönük ışıqla yanması, çamaşır makinesi motorunun ısınması, flüoresan lambanın yanmaması veya televizyonun çalışmaması gibi. Devre elemanlarının tam verimle çalışmamasına etki eden koşullardan birisi de gerilim düşümü olarak nitelendirilen olaydır. Elektrik dağıtım şebekesinin temel işlevi, üretilen enerjiyi, tüketici konumundaki abonelerin cihazlarında bir sıkıntı yaratmasına sebep olmayacak şekilde taşımaktır. Abone gerilim düşümü hesabı, abonenin beslendiği trafo ile kofreye kadar olan kısım için yapılan gerilim düşümü hesabıdır.

Şekil 5’de kaynaktan bir aboneye elektrik enerjisini ulaştıran sembolik bir şebeke projesi çizilmiştir. Kaynaktan çıkan elektrik enerjisi, orta gerilim hatları (kırmızı) ile bina tipi trafoya iletilmekte, bina tipi trafodan çıkan elektrik enerjisi ise alçak gerilim hatları (yeşil) ile aboneye ait kofreye iletilmiştir. Abone gerilim düşümü hesabı yapılırken, trafodan çıkan her kol için bu hesap yapılır. Gerilim düşümünün en yüksek olduğu durum, o kol için ana kol olarak belirlenir. Bu ana

$k_1 = \frac{200}{x.q.v^2}$	$m_1 = \frac{200X_o}{V^2}$	$x = 35m/\Omega mm^2$ (Al) $x = 56m/\Omega mm^2$ (Cu)
$k_2 = \frac{75}{Xqv^2}$	$m_2 = \frac{75.X_o}{V^2}$	$q = (mm^2)$ Kesit Cross Section
$k_3 = \frac{100}{x.q.u^2}$	$m_3 = \frac{100X_o}{3V^2}$	$U = 380$ Volt $V = 220$ Volt

Abone gerilim düşümü hesaplama modülü, CBS verilerini ve oluşturulan topoloji verisini kullanmaktadır. Görsel çizim üzerinden bu hesabı yapabilmek kabiliyetini kazandırabilmek, oldukça karmaşık algoritmalara dayalı, AboneVoltageDrop sınıfının içinde barındırdığı 10 farklı metodun çalışması ile sağlanabilmektedir.

```
class AboneVoltageDrop
{
    public static List<Node> m_LAST_NODES_LIST = new List<Node>();
    public static List<Node> m_CHILDREN_LIST = new List<Node>();
    public static List<Node> getLastNodeList(Node p_root_node, Node p_main_root_node) {...}
    public static List<Node> getAgCikisList(int p_trafo_un_id) {...}
    public static List<Node> getChildrenList(Node p_root_node, int p_mother_un_id) {...}
    public static List<TripleDouble> m_BRANSMAN_LIST = new List<TripleDouble>();
    public static List<LowVoltageDropNode> updateBransmanValue(List<LowVoltageDropNode> p_kol_list) {...}
    public static List<LowVoltageDropNode> calculateLowVoltageDrop(List<Node> p_list, Node p_root_node) {...}
    public static LowVoltageDropNode calculateLowVoltageDropForNode(Node p_node, Node p_root_node) {...}
    public static List<TripleDouble> getBransmanJValues(Node p_node, List<LowVoltageDropNode> p_kol_list) {...}
    public static LowVoltageReportBlock prepareReportFormat(List<List<LowVoltageDropNode>> p_list, string p_trafo_name) {...}
    public static DataTable getAboneVoltageDropReportDataTable(List<LowVoltageReportBlock> p_report_list) {...}
    public static DataTable createReportForAboneVoltageReport(List<int> p_selected_trafo_list) {...}
    #region LIST_VALUE_CALCULATION
    public static List<List<LowVoltageDropNode>> m_ABONE_VOLTAGE_DROP_VALUES = new List<List<LowVoltageDropNode>>();
    public static void calculateLowVoltageDropValues(List<int> p_selected_trafo_list) {...}
    public static void calculateLowVoltageDropForValueList(List<Node> p_last_node_list, Node p_root_node) {...}
    public static List<LowVoltageDropNode> updateBransmanValueForValueList(List<LowVoltageDropNode> p_kol_list) {...}
    #endregion
}
```

Özetlemek gerekirse, abone gerilim düşümü hesaplama modülü, analizi yapılmak istenen trafoların tekil id'lerini içeren listeyi parametre olarak alır ve çıktı olarak rapor formatını içeren DataTable nesnesini üretir. Hesaplamalar istenildiği takdirde Excel formatında raporlanabilmektedir.(Şekil-6)

Şekil 6 Excel formatına dönüştürülebilir hesaplamalar

Abone Gerilim Düşümü Hesabı		Abone Gerilim Düşümü Raporu												
Trafo No <input checked="" type="checkbox"/> B-TRF-1 <input type="checkbox"/> B-TRF-2 <input type="checkbox"/> B-TRF-3 <input type="checkbox"/> Tümünü Seç/Temizle Abo. Ger. Düşümü Hesabı Trafo Listesi Güncelle Excel Rapor Al		Drag a column header here to group by that column.												
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M		
Trafo No:	B-TRF-1-K KOLU													
Kesit	3R		3R		3R		3R							
Hat J - Direk No	40	K007		K017		K009		K022						
Hat Uzunluğu	258.87		111.47		173.38		175.96							
J=40						40.876								
Toplu Yük		0		0		0		0						
CosQ		0.8		0.8		0.8		0.8						
Yükler a) Hat	10354.72		0		8669.2		7038.48							
b) Branşman		0		0		1635.04		0						
1		0		4334.6		3519.24		0						
2		5177.36		0		4334.6		3519.24						
3		17342.72		13008.12		3519.24		0						
Toplam Hat Yükleri (V)		22520.08		17342.72		13008.12		3519.24						
Yük Akımı (A)	34.22		26.35		19.76		5.35							
İletken Max Akımı (A)	98		98		98		98							
VxL (Vxm)x10 ⁻⁷ (-7)		0.58		0.19		0.23		0.06						
k		2.5		2.5		2.5		2.5						
%er		1.45743		0.4833		0.56385		0.15481						
Delta P (W)	386.948		98.8159		86.4714		6.4232							
%P	1.7182		0.5698		0.6647		0.1825							
%e=%er+%ex	2.66 + 0 = 2.66	<5												

f) Alçak Gerilim Düşümü Analizi Modülü

AG gerilim düşümü hesabında, trafodan başlayıp, abonenin beslendiği direk ya da kutu objesine kadar olan kısım dikkate alınmaktadır. Terimsel anlamda benzer görünselerde, her iki modülün çalışma mantığı birbirinden farklıdır. AG gerilim

düşümü hesabı yapabilme kabiliyetine sahip modülün arka planında LowVoltageDrop sınıfının metodları çalışmaktadır.

```
public class LowVoltageDrop
{
    public static List<TripleDouble> m_BRANSMAN_LIST = new List<TripleDouble>();
    public static List<LowVoltageDropNode> updateBransmanValue(List<LowVoltageDropNode> p_kol_list)...
    public static List<List<LowVoltageDropNode>> calculateLowVoltageDrop(List<Node> p_last_node_list, Node p_root_node)...
    public static LowVoltageDropNode calculateLowVoltageDropForNode(Node p_node, Node p_root_node)...
    public static List<TripleDouble> getBransmanJValues(Node p_node, List<LowVoltageDropNode> p_kol_list)...
    public static LowVoltageReportBlock prepareReportFormat(List<List<LowVoltageDropNode>> p_list, string p_trafo_name)...
    public static DataTable getLowVoltageDropReportDataTable(List<LowVoltageReportBlock> p_report_list)...
    public static DataTable createReportForLowVoltageReport(List<int> p_selected_trafo_list)...
    #region LIST_VALUE_CALCULATION
    public static List<List<LowVoltageDropNode>> m_LOW_VOLTAGE_DROP_VALUES = new List<List<LowVoltageDropNode>>();
    public static void calculateLowVoltageDropValues(List<int> p_selected_trafo_list)...
    public static void calculateLowVoltageDropForValueList(List<Node> p_last_node_list, Node p_root_node)...
    public static List<LowVoltageDropNode> updateBransmanValueForValueList(List<LowVoltageDropNode> p_kol_list)...
    #endregion
}
```

Algoritma, AG gerilim düşümü analizi yapılmak istenen trafolarla ait tekil id'leri alır, topoloji verisini kullanarak, analiz edilmek istenen trafolarla ait ağaç yapısını oluşturur. Ağacın her dalının, son noktasından başlayarak köke doğru gidilir, her düğüm için, algoritma içinde oluşturulan akıllı karar destek sisteminin analizi sonucu elektriksel hesaplamalar yapılarak ilerlenir. Her kol için, kendi içerisinde kümülatif toplam alınır ve en yüklü (gerilim düşümünün en yüksek olduğu durum) ana kol olarak belirlenir. Belirlenen ana kol için raporlama yapılır. (Şekil-7)

Şekil 7 Proje hesaplamaları-1

Ag Gerilim Düşümü Hesabı		Ag Gerilim Düşümü Raporu																
Trafo No <input type="checkbox"/> B-TRF-1 <input type="checkbox"/> B-TRF-2 <input checked="" type="checkbox"/> B-TRF-3		Drag a column header here to group by that column.																
<input type="checkbox"/> Tümünü Seç/Temizle <input type="button" value="Ag Gerilim Düşümü Hesapla"/> <input type="button" value="Trafo Listesi Güncelle"/> <input type="button" value="Excel Rapor Al"/>		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
		Trafo No:	B-TRF-3-D KOLU															
		Kesit	3R		3R		3R											
		Hat J - Direk No	112.5	DRK-794	112.5	DRK-796	112.5	DRK-810										
		Hat Uzunluğu	23.73		50.19		447.66											
		J=112		484.945		428.818												
		Toplu Yük		0		0		0										
		CosQ		0.8		0.8		0.8										
		Yükler a) Hat	2669.74		5646.38		50361.41											
		b) Branşman		54556.31		48242.02		0										
		1		2823.19		25180.71		0										
		2		1334.87		2823.19		25180.71										
		3		101426.62		25180.71		0										
		Toplam Hat Yükleri (W)		160140.99		101426.62		25180.71										
		Yük Akımı (A)	243.31		154.1		38.26											
		İletken Max Akımı (A)	98		98		98											
		V _{bxL} (V _{bxm})x10 ⁻⁷ (-7)		0.38		0.51		1.13										
		k		2.5		2.5		2.5										
		%er		0.95008		1.27265		2.81808										
		Delta P (W)	1793.7235		1521.793		836.5957											
		%P	1.1201		1.5004		3.3224											
		%e=%er+%ex=	5.04 + 0 = 5.04		>5													

f) Orta Gerilim Düşümü Analizi Modülü

OG (orta gerilim) gerilim düşümü, kaynak ile trafolar arasını dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Kaynaktan çıkan elektrik enerjisi, aboneleri besleyen trafolarla kadar olan mesafede, gerilim düşümü meydana gelir. Bu gerilim düşümünün de kabul edilebilir aralıkta olması gerekmektedir. Kaynaktan çıkan her kol için bu


```

class HighVoltageDrop
{
    #region GRAPH
    public static int m_BRASMAN_TRAFO_COUNT = 0;
    public static double m_BRASMAN_YUK = 0;
    public static List<Node> m_LAST_NODES_LIST = new List<Node>();
    public static List<Node> getOgCikisList(int p_kaynak_un_id)[...]
```

```

    public static List<Node> getLastNodeList(Node p_root_node)[...]
    #endregion

    public static DataTable createReportForHighVoltageReport(List<int> p_selected_kaynak_list)[...]
    public static List<List<HighVoltageDropNode>> calculateHighVoltageDrop(List<Node> p_last_node_list, Node p_root_node)[...]
    public static HighVoltageDropNode calculateHighVoltageDropForNode(Node p_node, Node p_root_node)[...]
    public static double getBrasmanValues(Node p_node, List<HighVoltageDropNode> p_kol_list)[...]
    public static List<HighVoltageDropNode> updateBrasmanValue(List<HighVoltageDropNode> p_kol_list)[...]
    public static HighVoltageReportBlock prepareReportFormat(List<List<HighVoltageDropNode>> p_list, string p_trafo_name)[...]
    public static DataTable getHighVoltageDropReportDataTable(List<HighVoltageReportBlock> p_report_list)[...]

    #region LIST_VALUE_CALCULATION
    public static List<List<HighVoltageDropNode>> m_HIGH_VOLTAGE_DROP_VALUES = new List<List<HighVoltageDropNode>>();
    public static void calculateHighVoltageDropValues(List<int> p_selected_kaynak_list)[...]
    public static void calculateHighVoltageDropForValueList(List<Node> p_last_node_list, Node p_root_node)[...]
    public static List<HighVoltageDropNode> updateBrasmanValueForValueList(List<HighVoltageDropNode> p_kol_list)[...]
    #endregion
}

```

Şekil 8 Proje hesaplamları-2

Og Gerilim Düşümü Hesabi		Og Gerilim Düşümü Raporu
Kaynak No		
<input checked="" type="checkbox"/> KAYNAK-2		
Drag a column header here to group by that column.		
A	B	C
Div. Hat Yükləri (KV)	0	D
C	1.082	E
Delta P = N ² (2) x L x C x 10 ⁻⁶ (-6)	0	F
%P= (Delta P / P) x 100	0	G
TOPLAM YÜK= 0		H
Trafo No:	KAYNAK-2-B KOLU	I
Kesit	3xSv	J
Bransman No	B-TRF-1	K
Hat Uzunluğu (Km)	0.068	L
Bransman Yuku (kVA)	25	M
Bransman Trafo Sayısı	1	N
Diversite %	100	O
Diversiteli Güçler	25	P
Div. Hat Yükləri N (KVA)	25	Q
K	1.093	
%er = L x N x K x 10 ⁻⁴ (-4)	0	
CosQ	0.8	
Bransman Yükləri (KV)	20	
Div. Hat Yükləri (KV)	20	
C	1.082	
Delta P = N ² (2) x L x C x 10 ⁻⁶ (-6)	0	
%P= (Delta P / P) x 100	0.0002	
TOPLAM YÜK= 25		

%P= 0
%P= 0
B001
0.028
0
0
100
0
0
0.8
0
0
0
1.082
0
0
%

Alçak gerilim ve orta gerilim enerji dağıtım sistemlerinde alternatif akım kullanılmaktadır. Taşıma ve dağıtım sırasında, sistemdeki enerji kayıpları büyük bir sorun meydana getirmektedir. Sistemdeki hat kayıpları, iletken direnci küçültülerek, kesit büyütülerek veya hat akımı küçültülerek en küçük değere

düşürülmektedir. Enerji hatlarında oluşan kayıplar, iletken telden geçen akımın karesi ve iletkenin direnci ile doğru orantılıdır. ($I^2 \times R$) Hatlarda meydana gelen enerji kayıpları varlığını ısı şeklinde göstermektedir.

Büyük güçlerin küçük gerilim ile taşıma veya dağıtılmasında enerji kayıpları çok fazla olur. Alternatif akım sistemlerinde gerilimin istenilen değere yükseltilmesi ve akımın küçük değere indirilmesi ile bu olumsuz etki ortadan kaldırılmış olur. Elektrik dağıtım şebekeleri için genel izlenim veren değerlerden biri olan ΔP değeri yapılan güç kaybı hesabı ile bulunur. Akıllı karar destek sistemi, kullanılan iletken cinsini analiz ederek, güç kaybı hesabında kullanılacak katsayıları ve formülü belirler.

ΔP değerinin bulunmasının ardından, akıllı karar destek sisteminin hesapladığı toplam güce bölünüp 100 ile çarpılmasıyla ise %P adı verilen, şebekenin genel durumunu kontrol etmek için kullanılan bir değer otomatik olarak hesaplanarak kullanıcıya sağlanmaktadır. Kullanıcı böylelikle şebekenin genel durumu hakkında bilgi sahibi olmuş olmaktadır. Bu değer kabul edilen aralık dâhilinde olana kadar gerekli düzenlemelerin yapılması gerektiği hakkında kullanıcıya bilgi verilmektedir:

Toplam Hat Yükleri (W)		22520,08		17342,72		13008,12		3519,24		
Yük Akımı (A)	34,22		26,35		19,76		5,35			
İletken Max Akımı (A)	98		98		98		98			
$W \times L (W \times m) \times 10^{-7}$		0,58		0,19		0,23		0,06		
k		2,5		2,5		2,5		2,5		
%er		1,45743		0,4833		0,56385		0,15481		
Delta P (W)	386,948		98,8159		86,4714		6,4232			
%P	1,7182		0,5698		0,6647		0,1825			
$\%e = \%er + \%ex =$	2,66 + 0 = 2,66	<5								

h) Trafo Gücü Kapasite Analizi Modülü

Trafo ların içlerine konulan transformatörlerin gücüne göre maksimum bir değeri vardır. Trafodan beslenen bütün şebeke bileşenlerinin toplam tüketimi, transformatörün toplam gücünden küçük olmalıdır. Trafo gücü hesaplama modülümüz, projede bulunan bütün trafoları listeler, analiz edilmek istenen trafolar bu listeden seçilir, seçilen trafolar a ait ağaç yapısı oluşturulur, ağaç içinde bulunan her düğüm için akıllı karar destek sistemimiz güç hesabını yapar ve bütün ağaç genelinde bu değerler kümülatif olarak toplanır. (Şekil-9)

Şekil 9 Trafo Gücü Kapasite Analiz Modülü

Trafo No	Toplam Dağılık Yük (KV)	Toplam Toplu Yük (KV)	Toplam Aydınlatma Yük (KV)	Toplam Genel Yük (KV)	CosQ	Diverseite	Toplam Genel A
B-TRF-1	353.76	0	0	353.76	0.8	100	442.2
B-TRF-2	0	0	0	0	0.8	100	0
B-TRF-3	612.27	0	0	612.27	0.8	100	765.3

Trafo güç hesabının sonucunda, trafodan beslenen bütün kollarındaki yükler, detaylı bir şekilde raporlanır. Şebeke üzerindeki aydınlatma armatürlerinin tükettiği güçler “Aydınlatma Yüğü” başlığı altında, J değerlerinden hesaplanan yayılı yükler “Toplam Dağılık Yük” başlığı altında, toplu yükler “Toplam Toplu Yük” başlığı altında raporlanır. “Toplam Genel Yük” başlığı altında gösterilen yük ise, bu üç değer toplamında oluşmaktadır. Trafodan beslenen toplam tüketim raporda gösterilir, transformatörün kapasitesinden düşük ise raporda kırmızı renk ile belirtilir.

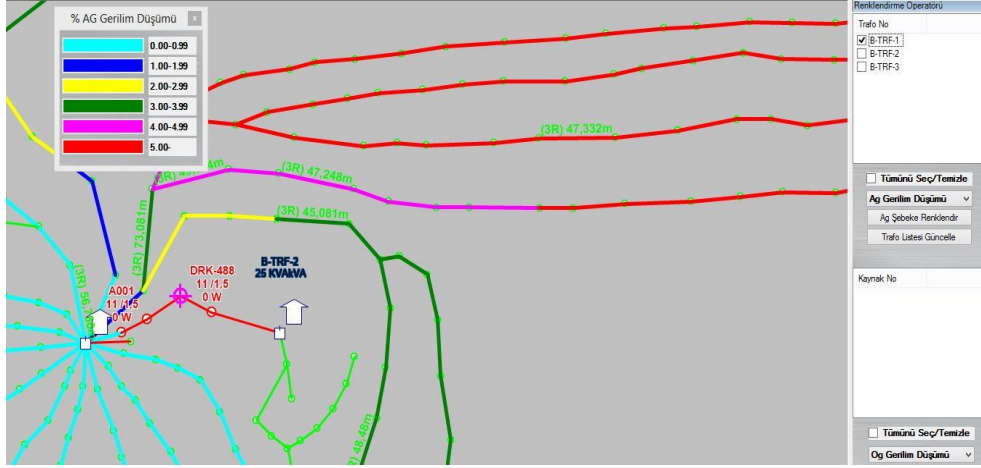
```
class TrafoGucCalculator
{
    public static List<double> m_VALUE_LIST = new List<double>(); //0:DAGINIK_YUK_KW 1:TOPLU_YUK_KW 2:AYD_YUK_KW
    public static List<Node> getAgCikisList(int p_trafo_un_id) {...}
    public static List<double> calculateTrafoKol(Node p_root_node) {...}
    public static DataTable calculateTrafoGuc(List<int> p_selected_trafo_list) {...}
    public static DataTable createDataTableForTrafoGuc(List<TrafoGucObject> p_trafo_list) {...}
}
```

Trafo güç hesabı modülünün arka planında TrafoGucCalculator sınıfının metodları çalışmaktadır.

ı) Gerilim Düşümü Analizlerine Göre Hat İletkeni Seçim Modülü

“Gerilim Düşümü Hesaplama ve Raporlama Fonksiyonu” ile üretilen değerlerin, elektriksel anlamda kabul edilebilir aralık dışında olan hatların yerine, maliyet anlamında en uygun bir üst kesitten iletken kullanılmasını sağlayan akıllı karar destek sistemi algoritmasıdır. Analiz etmek istediğiniz trafoları seçerek, gerilim düşümü hesaplamaları yapılır, elde edilen değerlere göre harita üzerinde renklendirme fonksiyonu ile kabul edilir aralık dışında olan kısımlar değişiklik yapması için kullanıcıya gösterilir. Burada dikkat edilen bir diğer kıyas noktası ise iletkenin taşıyabileceği maksimum akım değerinin aşılp aşılmadığını kontrol eden ısı hesabıdır. (Şekil-10)

Şekil 10 Hat İletkeni Seçim Modülü

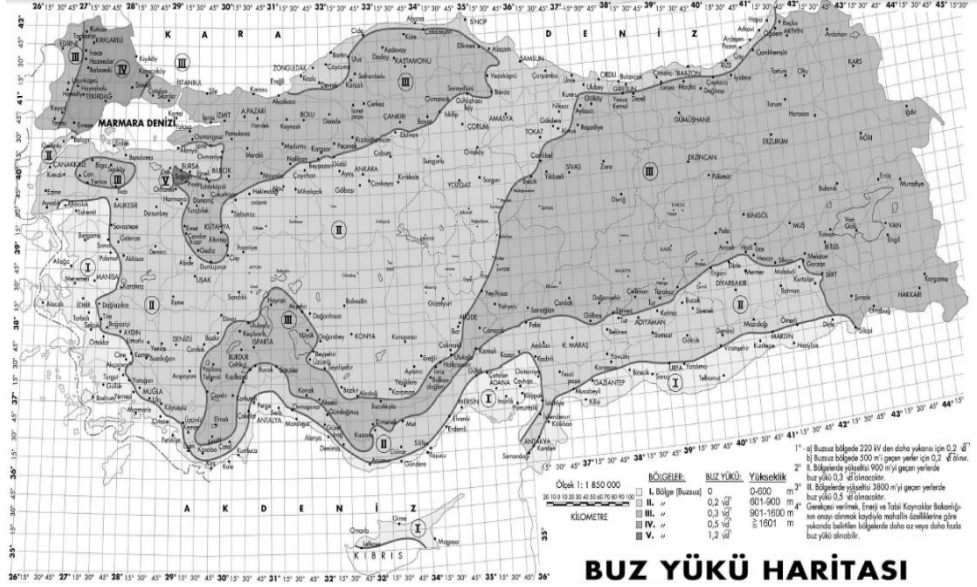


i) Açık ve İletken Cinsine Göre Optimum Direk Seçim Modülü

Havai hatlar, bağlı oldukları direkler üzerinde yüke sebep olurlar. Hatların oluşturduğu çekme kuvvetinin yanında, iki direk arasına çekilmiş hatta vuran bir rüzgâr kuvveti vardır. Hatta vuran rüzgâr kuvvetine ek olarak, direğin kendisine vuran rüzgâr kuvveti de bir diğer etmendir. İletken cinsleri belirlendikten sonra, direğe etki eden bütün kuvvetler hesaplanır.

Etki eden rüzgâr kuvvetlerini hesaplarken, “buz yükü bölgesi” diye tabir edilen bölgesel ayrımlar göz önüne alınmalıdır. Örneğin, Türkiye’de 5 ayrı buz yükü bölgesi vardır. Rose diye adlandırılan alüminyum bir iletken, 1.bölgede 70, 2. bölgede 100, 3. bölgede 147 gibi artış göstererek değişmektedir. (Şekil-11)

Şekil 11 Buz Yükü Haritası



Akıllı karar destek sistemi, bütün bu parametreleri hesaba katarak, direklere etki eden kuvvetler hesaplanmakta ve bu kuvvetlerin bileşke kuvvetlerini hesaplamaktadır. Direklerin dayanabilecekleri maksimum tepe kuvvetleri büyüdükçe maliyetler artmaktadır. Hesaplanan değerler kullanılarak optimum maliyetli değişim yapılması gereken yerler belirlenmektedir.

Direk kontrol listesi oluşturma modülü, seçilen trafo bölgesindeki direkleri belirler, belirlenen direkler için bütün bu hesapları yapar ve kullanıcıya raporlar. (Şekil-12)

Şekil 12 Direk kontrol listesi oluşturma modülü

Trafo No

☒ B-TRF-1

☐ B-TRF-2

☐ B-TRF-3

☐ Tümünü Seç/Temzile

Direk Kontrol Listesi Oluştur

Trafo Listesi Güncelle

Excel Rapor Al

Direk Kontrol Listesi

Drag a column header here to group by that column.

Sıra No	Trafo No	Direk No	Direk Genel Tipi	Direk Malzeme Tipi	Direk Malzeme Alt Tipi	Direk	Direk Fonksiyonu	Apı	Px	Py	P	P-Rüzgar	Hat Teribi
1	B-TRF-1	A001	Og	Beton	Beton (SANTRIFÜJ) (Beton)	11/1.5	MKD	364	90	376	34	3xSW,3R	
2	B-TRF-1	DRK-487	Og	Beton	Beton (SANTRIFÜJ) (Beton)	11/1.5	MKT	16	30	34	25		
3	B-TRF-1	G001	Ag	Beton	Beton (SANTRIFÜJ) (Beton)	9.3/1.5	T	0	1	1	24	3R,3R	
4	B-TRF-1	G002	Ag	Beton	Beton (SANTRIFÜJ) (Beton)	9.3/1.5	T	0	0	0	17	3R,3R	
5	B-TRF-1	G003	Ag	Beton	Beton (SANTRIFÜJ) (Beton)	9.3/1.5	KT	27	33	43	16	3R,3R	
6	B-TRF-1	G004	Ag	Beton	Beton (SANTRIFÜJ) (Beton)	9.3/1.5	KT	200	54	208	17	3R,3R	
7	B-TRF-1	G005	Ag	Beton	Beton (SANTRIFÜJ) (Beton)	9.3/1.5	N	52	203	210	11	3R	
8	B-TRF-1	E001	Ag	Beton	Beton (SANTRIFÜJ) (Beton)	9.3/1.5	KT	38	6	39	22	3R,3R	
9	B-TRF-1	E002	Ag	Beton	Beton (SANTRIFÜJ) (Beton)	9.3/1.5	KT	18	5	19	17	3R,3R	
10	B-TRF-1	E003	Ag	Beton	Beton (SANTRIFÜJ) (Beton)	9.3/1.5	KT	9	3	9	19	3R,3R	
11	B-TRF-1	E004	Ag	Beton	Beton (SANTRIFÜJ) (Beton)	9.3/1.5	KT	109	77	133	18	3R,3R	
12	B-TRF-1	E005	Ag	Beton	Beton (SANTRIFÜJ) (Beton)	9.3/1.5	B	109	322	340	20	3R,3R,3R	
13	B-TRF-1	I001	Ag	Beton	Beton (SANTRIFÜJ) (Beton)	9.3/1.5	KT	12	49	51	20	3R,3R	
14	B-TRF-1	I002	Ag	Beton	Beton (SANTRIFÜJ) (Beton)	9.3/1.5	KT	1	12	12	23	3R,3R	
15	B-TRF-1	I003	Ag	Beton	Beton (SANTRIFÜJ) (Beton)	9.3/1.5	KT	0	30	30	23	3R,3R	
16	B-TRF-1	I004	Ag	Beton	Beton (SANTRIFÜJ) (Beton)	9.3/1.5	KT	9	48	49	23	3R,3R	
17	B-TRF-1	I005	Ag	Beton	Beton (SANTRIFÜJ) (Beton)	9.3/1.5	KT	47	80	93	18	3R,3R	
18	B-TRF-1	I006	Ag	Beton	Beton (SANTRIFÜJ) (Beton)	9.3/1.5	KT	107	60	123	29	3R,3R	
19	B-TRF-1	H005	Ag	Beton	Beton (SANTRIFÜJ) (Beton)	9.3/1.5	N	209	14	210	17	3R	
20	B-TRF-1	I007	Ag	Beton	Beton (SANTRIFÜJ) (Beton)	9.3/1.5	KT	164	212	269	33	3R,3R	
21	B-TRF-1	K001	Ag	Beton	Beton (SANTRIFÜJ) (Beton)	9.3/1.5	KT	94	47	106	42	3R,3R	
22	B-TRF-1	K002	Ag	Beton	Beton (SANTRIFÜJ) (Beton)	9.3/1.5	B	237	5	237	33	3R,3R,3R	

SONUÇ ve TEKLİFLER

Proje çıktısı olarak geliştirilen yazılımın uzun vadeli hedef noktası, akıllı şebeke sistemlerine geçiş alt yapısını sağlayabilmektir. Akıllı şebekeyi kontrol altına alması için gereken yazılım görevini üstlenebilecekken, bu yazılıma gereken “real-time” veri akışı sağlayan şebeke elemanlarının geliştirilmesine ve sisteme dâhil edilmesini sağlayacağından sektörde yeni iş alanları oluşturulmasına imkân vereceği değerlendirilmektedir.

Proje hazırlarken hata yapma olasılığını minimuma indirerek, proje hazırlama hızını arttırırken hatlardaki kayıp oranını da azaltmaktadır. Hatlarda ki kayıp oranını azaltacak şekilde projeler hazırlayabiliyor olması, milli servet konumundaki enerjinin kaybını önlerken son kullanıcı konumundaki abonelerin ödedikleri bedeli azaltarak katkı sağlamaktadır.

Enerji dağıtım otomasyonlarında, özellikle SCADA sistemlerinde CBS başlıca aktif görevlerden birini üstlenmektedir. Günümüzde dünyada elektrik iletim ve dağıtım hatlarının otomasyonunda aktif olarak kullanılmaktadır. Uzaktan algılama sistemleri (remote sensing) nin yaygınlaşması ve gelişmesi ile beraber CBS kullanımı şüphesiz ki daha da artacaktır.

KAYNAKÇA

ESRI Inc. internet sitesi. www.esri.com, 2014

Foote, E.K., Lynch, M., 1996. Georaphic Information Systems as an Integrating Technology: Context, Concepts and Definations, The Geographer’s Craft Project, Department of Geograpy, University of Texas at Austin.

Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., and Rhind, D. W., “Geographical Information Systems, Volume 2, John Wiley and Sons Inc. New York, 1999

SEZER, Mesut (2005). “CBS Uygulamaları”, Yıldız Teknik Üniversitesi

Stillwell, J., Geertman, S., Openshaw, S., 1999. Geographical Information and Planning, Springer, Berlin

Von Hooren, Danny (2012). "SmallToGo GIS Training Notes".

Yunusoğlu, Atilla (2011). "Alçak Gerilim Elektrik Şebekesi Proje El Kitabı".

Yunusoğlu, Atilla (1974). "Köy Elektrifikasyonu Proje Rehberi". Türkiye Elektrik Kurumu.