

AĞ ANALİZLERİNDE BAĞIMSIZ KÜMELER VE PAULL UNGER ALGORİTMASI İTERAKTİF YAZILIMI

Emrullah Demiral¹, İsmail Rakıp Karas¹, Eftâl Şehirli¹, Muhammed Kamil Turan²

¹KBU, Karabük Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Balıklar Kayası 78050 Karabük
emrullahdemiral@gmail.com, ismail.karas@karabuk.edu.tr, eftalsehirli@karabuk.edu.tr

²KBU, Karabük Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Balıklar Kayası 78050 Karabük
kamilturan@karabuk.edu.tr

ÖZET

Coğrafi Bilgi Sistemlerindeki ağ analizleri pek çok farklı probleme çözüm üretir. Bu, iki şehir arasındaki en kısa yolun belirlenmesi gibi, yaygın bilinen bir problemde ya da daha özel problemlerde de karşımıza çıkabilir. Örneğin, aralarında doğrudan karayolu bağlantısı olmayan şehirlerin tespit edilmesi ve sınıflandırılması istenilebilir. Benzer şekilde, karmaşık ve çok katlı binalara ait üç boyutlu yol ağları üzerinde çalışan tahliye modellerinde birbiri ile ilişkili olmayan düğümlerin bulunması gerekebilir. Bu türden bir gruplama işleminin çözümünde Graf Teorisindeki Maksimal Bağımsız Küme Bulma algoritmaları kullanılır. Maksimal bağımsız küme bulma problemlerinin çözümünde kullanılan en önemli graf algoritması Paul Unger algoritmasıdır. Bu çalışmada, lisansüstü seviyedeki Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Graf Teorisi dersleri öğreniminde kullanılmak üzere geliştirilen interaktif yazılım tanıtılacaktır. Geliştirilen olan bu yazılım öğrencilere, Paull-Unger algoritmasını kendi tasarladıkları graflar üzerinde çalıştırma imkânı sunmakta, algoritmanın detaylarını, çalışma prensiplerini ve veri yapısını interaktif mesaj ve grafiklerle adım adım öğretmektedir. Karmaşık ve çok katlı binalara ait üç boyutlu yol ağları üzerinde çalışan tahliye modellerinde birbiri ile ilişkili olmayan düğümlerin tespit edilmesi işlemi Paull-Unger algoritması üzerine inşa edilmiş programların kullanılması uygun olacaktır. (Atıla vd, 2013; İ. R. Karas vd, 2012.)

Anahtar Sözcükler: CBS, Ağ Analizi, Bağımsız Küme Problemi, Paull-Unger Algoritması, İteraktif Eğitim Yazılımı

ABSTRACT

INTERACTIVE SOFTWARE APPLICATION OF INDEPENDENT SETS AND PAULL-UNGER ALGORITHM ON NETWORK ANALYSIS

Network analysis on Geographic Information Systems solves a lot of different problems. This analysis may be come across in a common problem like identifying the shortest path between two cities or more specific problems. For instance, it is desired to classify and detect cities between which do not have any direct connections. Similarly, it is suitable for using to identify evacuation models which work on 3D networks in complicated buildings and points/nodes which have no connection with each other Finding maximal independent set algorithms in the Graph Theory is used to solve the process of this kind of classification. The most significant algorithm used to solve independent set problem is Paull-Unger algorithm. In this study, the interactive software application developed to be used in graph theory and geographic information systems courses will be introduced. Developed software application presents many opportunities for running on graph designed by students and teaches details, working principles, data structures of the algorithms by using interactive messages and graphics step by step.

Keywords: GIS, Network Analysis, Independent Set Problem, Paul-Unger Algorithm, Interactive Education Software

1. COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİNDE AĞ ANALİZ UYGULAMALARI

Ağ analizleri şebeke yapısına sahip birbiriyle birleşen coğrafi varlıkların bağlantı şekillerinden, karar vermeye yönelik sonuç çıkarmaya yarayan konum analizleridir. Karayolu, demiryolu, nehirler, boru hatları, telefon ve elektrik hatları gibi birbirlerine çizgi özelliklerle bağlı sistemler ya da yapılar ağ olarak adlandırılır. Ağ yapıları üzerinde bir noktadan diğer bir noktaya erişebilme özelliği vardır (Esri, 1996). İnsanların bir yerden başka bir yere ulaşmaları, servis hizmetlerinin ve malların taşınması ve dağıtılması, kaynak ve enerjinin ulaştırılması ve bilgi iletişimi gibi faaliyetler, tanımlanabilen ağ yapıları içinde gerçekleşir (Güngör, 1999). Bir şehrin sokakları, enerji nakil hatları, bir hava yolunun hizmet ağı ya da su tahliye kanallarının yapısı bu tür ağlar için ilk akla gelen örneklerdendir. Bu sistemler üzerinde optimum kararların alınabilmesi için yapılan sorgulamalar ve analizler Coğrafi Bilgi Sistemlerinde (CBS) ağ analizleri olarak adlandırılır. Dağıtım güzergâhı modellemesinden deprem sonrası planlamasına, elektrik hatları arızalarından adres belirlemeye, yatırım analizlerinin yapılmasından güvenlik uygulamalarına kadar çok geniş bir yelpazedeki problemler, ağ analizleri ile çözülmektedir (Yıldırım ve Yomralıoğlu, 2002).

Ağ analizleri için kullanılan konumsal objeler, bir şebeke yapısında düzgün hatlarla birbirine bağlanmış olarak vektörel yapıda bir araya getirilmelidirler. Ancak hat-düğüm (arc-node) topolojisi oluşturulmuş veriler ağ analizlerinin gerçekleştirilmesine olanak sağlarlar (Karas, 2005). Hat-düğüm yapısı topolojik bir yapıdır ve graf teorisini esas alır.

1.1 Bağımsız Küme Problemi

Coğrafi Bilgi Sistemlerindeki ağ analizleri pek çok farklı probleme çözüm üretir. Bu, iki şehir arasındaki en kısa yolun belirlenmesi gibi, yaygın bilinen bir problem olabileceği gibi, daha spesifik ve özel problem olarak karşımıza çıkabilir. Örneğin aralarında doğrudan karayolu bağlantısı olmayan şehirlerin tespit edilmesi ve gruplanması istenilebilir. Benzer şekilde, karmaşık ve çok katlı binalara ait üç boyutlu yol ağları üzerinde çalışan tahliye modellerinde birbiri ile ilişkili olmayan düğümlerin bulunması gerekebilir (Atila vd, 2013; İ. R. Kardeş vd, 2012). Bu türden bir gruplama işleminin çözümünde graf teorisindeki maksimal bağımsız küme bulma algoritmaları kullanılır.

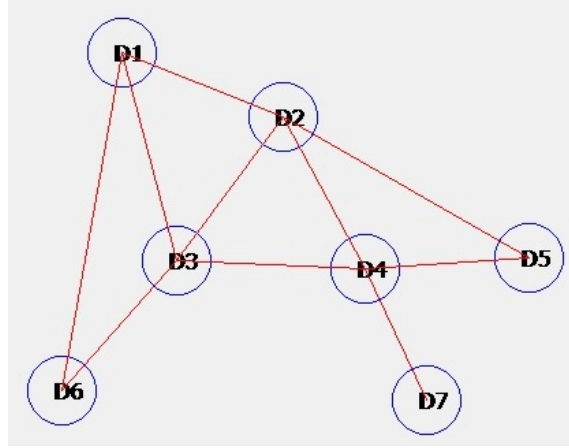
Graf teorisinde birbirinden bağımsız düğümlerin bulunması işlemi bağımsız küme problemi olarak adlandırılır. Bir grafta aralarında hat/bağlantı bulunmayan iki düğüm birbirinden bağımsız düğümlerdir. Yalnızca bir düğüm içeren veya birbirinden bağımsız düğümler içeren kümeye bağımsız küme (independent set) denir (Christofides, 1986; West, 2001). Bir bağımsız kümeye ait tüm düğümleri içeren bir başka bağımsız küme yoksa bu kümeye bir maksimal bağımsız küme (maximum independent set) denir (Christofides, 1986; Blidia vd., 2008; Chartrand ve Lesniak, 1986). Bir graf için birden fazla maksimal bağımsız küme bulunabilir. Bu kümeler içerisinde en çok elemana sahip olan kümenin eleman sayısına o grafın bağımsızlık sayısı (independence number) denir.

Bağımsız küme problemlerinin çözümünde kullanılan birçok algoritma vardır. Bu algoritmaların en önemlilerinden bir tanesi de Paull – Unger algoritmasıdır. Paull – Unger algoritması bir graftaki tüm maksimal bağımsız kümeleri ve bağımsızlık sayısını bulur

1.2 Paull-Unger Algoritması

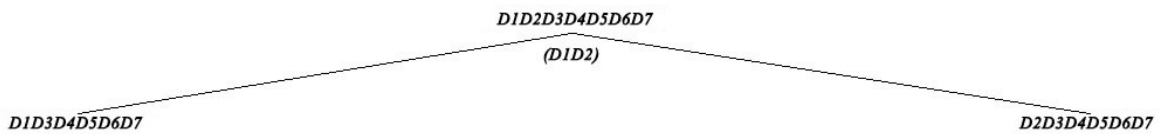
Bağımsız küme probleminin çözümünde kullanılan en önemli graf algoritması Paull Unger algoritmasıdır. Paull Unger algoritması birbirinden bağımsız, aralarında doğrudan bir hat/bağlantı bulunmayan (bir düğümden başka bir düğüme tek bir hatla bağlantının olmadığı) düğümlerin tüm olası maksimal bağımsız kümelerini bulan bir algoritmadır. Olası bütün maksimal bağımsız kümeler bulunduğu için bağımsızlık sayısı da bulunabilir.

Bir örnek üzerinde inceleyecek olursak, bir bölgede yer alan 7 farklı şehrin aralarında var olan karayolları şekil 1’de gösterilen graf ile modellenmiştir. Her bir şehir ismi sembolik olarak D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7 şeklinde ele alınmaktadır. Aralarında doğrudan kara yolu bulunmayan şehirler tespit edilerek gruplanması istenmektedir.



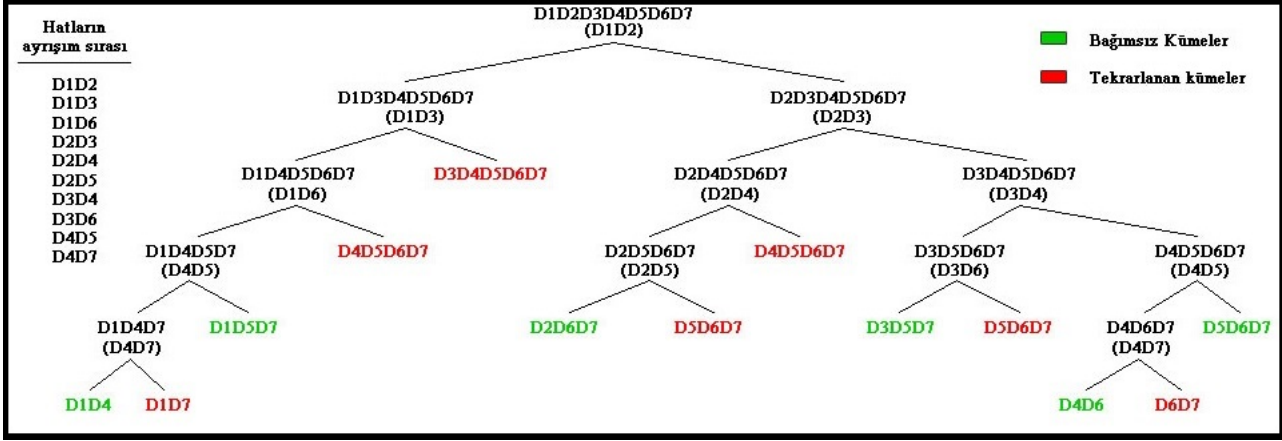
Şekil 1: Şehirler arasındaki karayolu ilişkisini gösteren graf modeli

Paull-Unger algoritmasının ilk adımında mevcut bütün şehirleri/düğümleri içeren D1D2D3D4D5D6D7 şeklinde bir küme oluşturulur. Kümenin elemanlarının ayrı ayrı veya yukarıda yazıldığı şekilde bitişik olarak gösterilmesinin bir mahsuru bulunmamaktadır. Devamında, birbiri arasında karayolu/hat olan düğümler aynı bağımsız küme içerisinde yer alamayacağından dolayı şekil 2’de gösterildiği gibi bu kümeden çıkartılarak yeni iki küme elde edilir.



Şekil 2: D1-D2 ayrımının sonucu

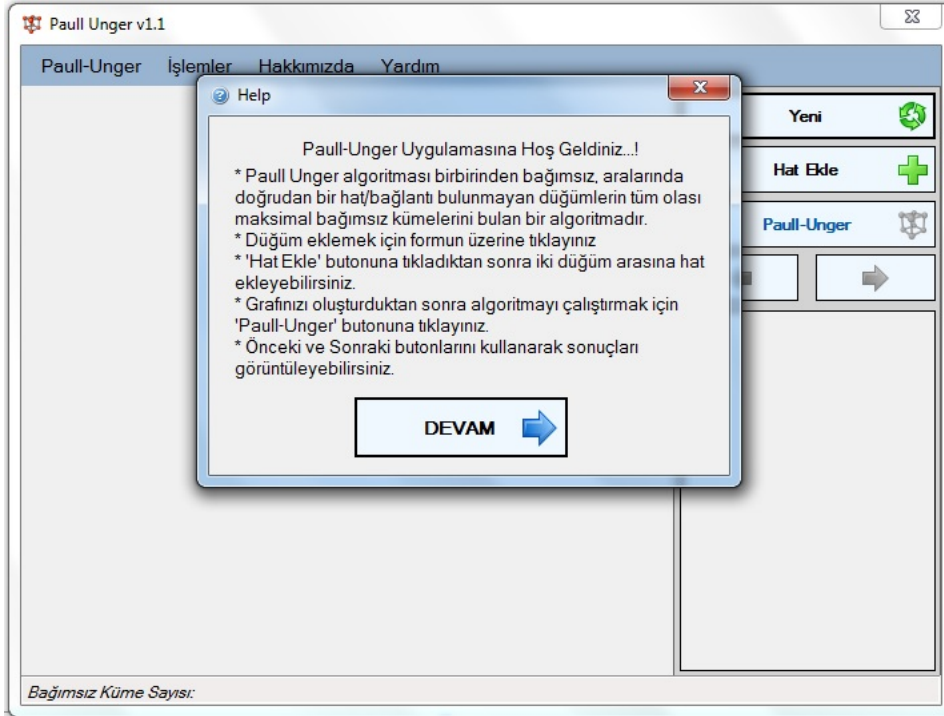
D1 ve D2 şehirleri arasında karayolu bağlantısı olduğundan dolayı bu iki şehir aynı grup/küme içerisinde yer alamamaktadır. Bu işlem geri kalan D1-D3, D1-D6, D2-D3, D2-D4, D2-D5, D3-D4, D3-D6, D4-D5, D4-D7 hatlarının her biri için sırasıyla yapılır. Bu işlemler esnasında yeni kümeler oluşacaktır. Oluşacak olan bu yeni kümelerin tekrarlanmasını önlemek için her seferinde bir önceki seferin sonucunda oluşan kümeler ile yeni oluşan kümeler kıyaslanır. Eğer bir önceki seferin sonucunda oluşan kümelerden herhangi biri yeni oluşan kümeyi kapsıyorsa bu küme sonuç olarak elde edilen kümeler arasına yazılmaz. Bu küme ayırımı yapılmamış başka bir küme tarafından kapsandığı için bu kümeden yeni ayrımlar yapılmasına gerek yoktur. Şekil 3'te algoritmanın yukarıdaki problem için çalışma prensibi ve sonuçları özet olarak gösterilmiştir.



Şekil 3: Algoritmanın çalışma prensibi ve örnek için elde edilen sonuçlar

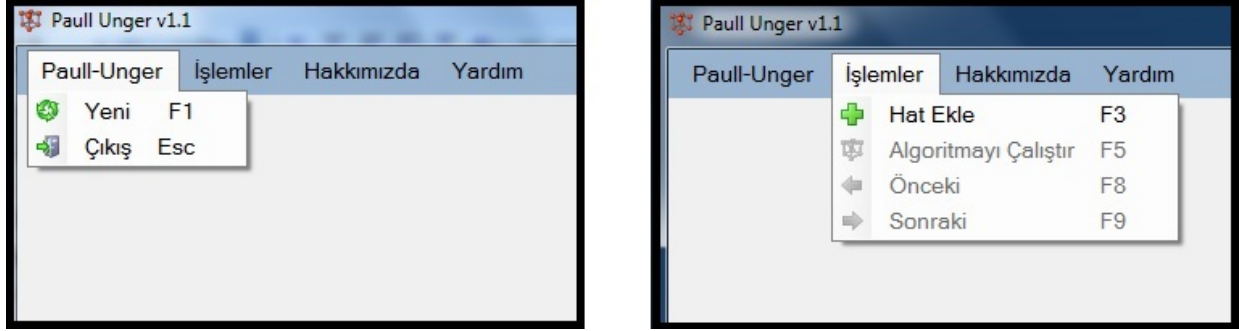
2. PAULL-UNGER ALGORİTMASI İNTERAKTİF EĞİTİM YAZILIMI

Bu çalışmada, lisansüstü seviyedeki Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Graf Teorisi dersleri öğreniminde kullanılmak üzere interaktif yazılım geliştirilmiştir. Geliştirilen bu yazılım öğrencilere, Paull Unger algoritmasını kendi tasarladıkları graflar üzerinde çalıştırma imkânı sunmakta, algoritmanın detaylarını, çalışma prensiplerini ve veri yapısını interaktif mesaj ve grafiklerle adım adım öğretmektedir. Program çalıştırıldığında ilk olarak kullanıcıyı şekil 4'te gösterilen ekran görüntüsü karşılamaktadır. Program ilk açıldığında beraberinde yardım penceresi de açılarak program hakkında kullanıcıya bilgi sunmaktadır.



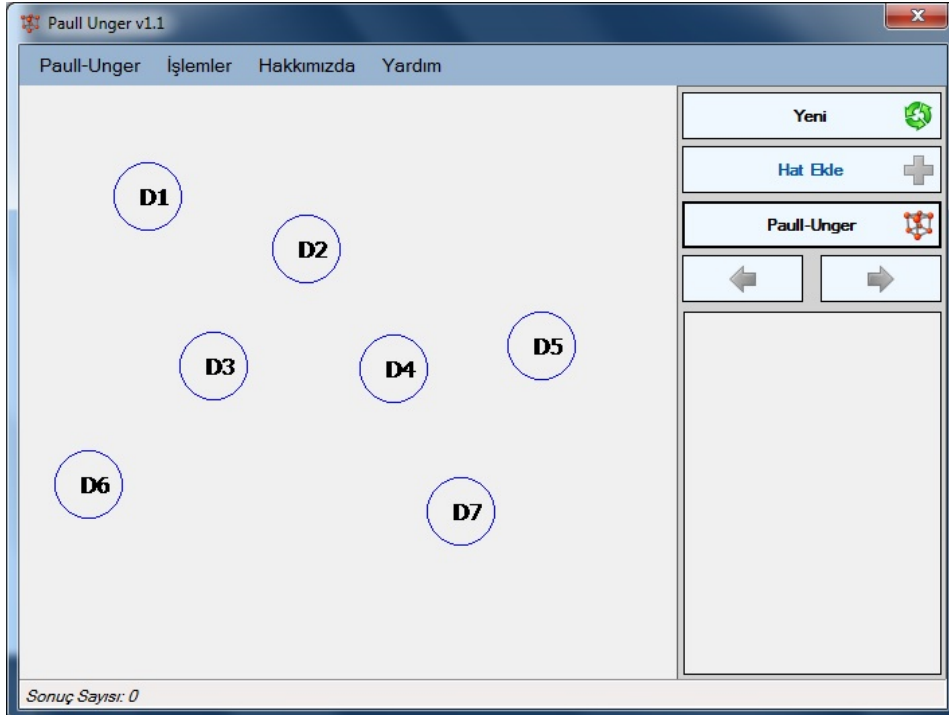
Şekil 4: Kullanıcılara programın kullanımı ve algoritma hakkında bilgi sunulmaktadır.

Devam butonuna basıldıktan sonra kullanıcı uygulamayı kullanabilir. Ana form üzerinde butonlar bulunmaktadır. “Yeni” butonu ile yeni bir graf oluşturulabilir. “hat ekle butonu” ile düğümler arasında hat eklenir. “Paull-Unger” butonuna tıkladığında ise algoritma çalıştırılmaktadır. Bu buton başlangıçta aktif değildir. Butonun aktif hale gelebilmesi için öncelikle “Hat Ekle” butonuna tıklanmış olması gerekmektedir. Algoritmanın çalıştırılması sonucunda elde edilen bağımsız kümeler “Önceki” ve “Sonraki” butonları ile sırasıyla görüntülenebilmektedir. Kullanıcı bütün bu işlemleri programda yer alan üst menüyü veya kısayol tuşlarını kullanarak çok daha hızlı bir şekilde gerçekleştirme imkânına sahiptir.



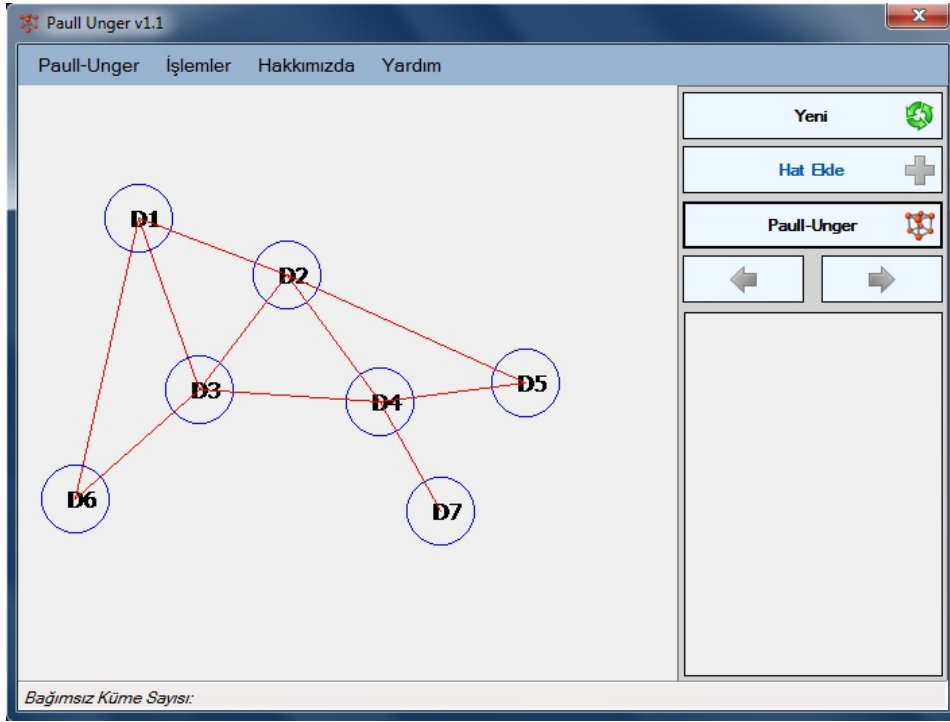
Şekil 5:Kullanıcıya kolaylık sağlayan üst menü ve kısayollar.

Düğüm eklemek için form üzerine tıklamak yeterlidir. Kullanıcı form içerisine dilediği kadar düğüm ekleyebilir. Burada düğümler şehirleri temsilen kullanılabilceği gibi maddeleri veya herhangi bir şeyi temsilen de kullanılabilir. Şekil 6’da yukarıda bahsi geçen şehirlere ait graf modeli oluşturulmaktadır. Graf modelinde yer alan düğümler formun üzerine tıklayarak oluşturulmuştur. Her tıklamada “D” ile bitişik olarak yer alan düğüm sayısı bir artırılarak “D” nin yanına otomatik olarak eklenmektedir ve bu sayede düğümlere birbirini takip eden düğüm isimlerinin verilmesi sağlanmıştır.



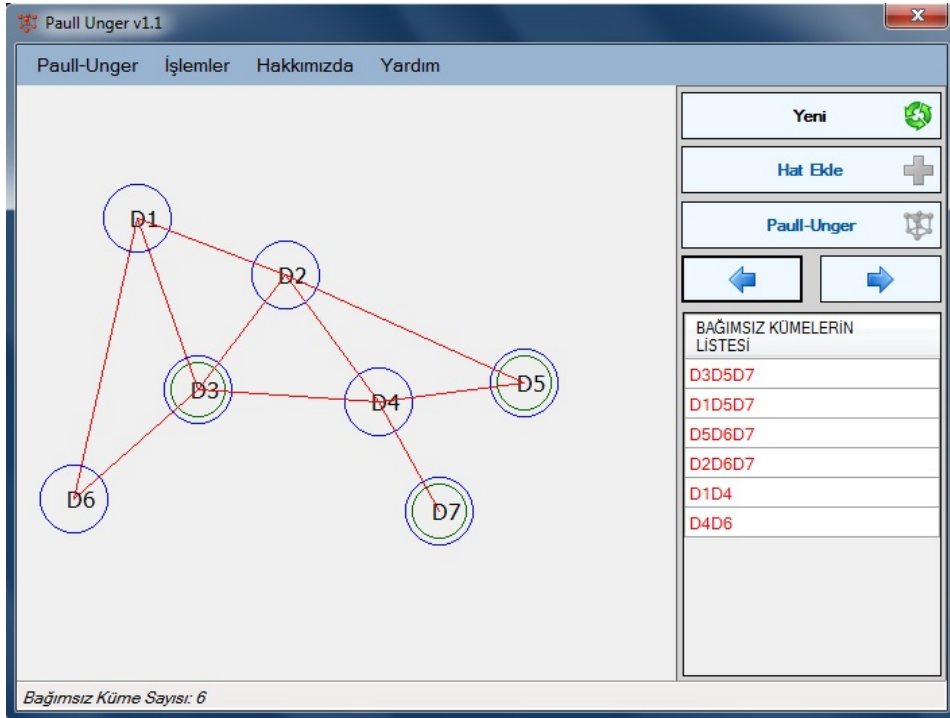
Şekil 6: Ana formun üzerine sadece bir kere tıklayarak kolaylıkla düğüm eklenebilir.

Düğüm ekleme işleminden sonra grafi tamamlamak için düğümler arasında hatlar eklenecektir. Kullanıcı hat ekleme işlemine geçmeden önce “Hat Ekle” butonuna tıklamalıdır. Devamında hat eklemek istediği iki düğümün birine sonra diğerine tıklayarak kolaylıkla iki düğüm arasında hat ekleyebilir. Kullanıcı bir tam graf (her bir düğümün bütün düğümlere hat olan graf) oluşuncaya kadar istediği sayıda hat ekleyebilir. Böylece kullanıcı çözümünü arzuladığı graf modelini oluşturmuş olacaktır.



Şekil 7: Hatların eklenmesi ile elde edilen graf

Şekil 7’de de görüldüğü gibi graf modeli oluşturulduğuna göre artık kullanıcı “Paull-Unger” butonu kullanarak problemin çözümüne ulaşabilir. Önceki ve Sonraki butonlarını kullanarak bağımsız kümeleri sırasıyla görüntüleyebilir. Program içerisinde bağımsız kümeye ait olan düğümler çift daire ile işaretlenerek gösterilmiştir. Kullanıcı açık bir şekilde işaretli düğümler arasında doğrudan bir hattın yer olmadığını ve bu algoritmanın bu şekilde birbirinden bağımsız düğümler kümesini bulduğu görecektir. Algoritma sonucunda elde edilen tüm maksimal bağımsız kümelerin listesi program ara yüzünde sağ alt köşede yer almaktadır. Kullanıcı mevcut çözümler arasından kendisi için en iyi çözümü de belirleme imkânı elde etmiş olmaktadır. Şekil 8’de yer alan ekran görüntüsü yukarıda bahsi geçen problemin çözümünü göstermektedir.



Şekil 8: Oluşturulan graf modeli için program çalıştırılmış ve sonuç ekranı kullanıcıya sunulmuştur.

Kullanıcı “Yeni” butonu ile ana form üzerinde yer alan mevcut grafi silerek yeni bir graf oluşturabilir. “Yeni” butonuna tıklandıktan sonra “Paull-Unger” butonu pasif duruma geçecek ve tıklanamayacaktır. “Paull-Unger” butonunun tekrar aktif hale gelebilmesi için “Hat Ekle” butonuna tıklanması gerekmektedir. Bu sayede algoritmanın çalışması için gerekli olan graf modeli oluşturulmuş olacaktır ve program sorunsuz şekilde çalıştırılacaktır.

3. SONUÇLAR

Bu çalışmada, lisansüstü seviyedeki Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Graf Teorisi dersleri öğreniminde kullanılmak üzere geliştirilen interaktif yazılım tanıtılmıştır. Geliştirilmiş olan bu yazılım öğrencilere, Paull Unger algoritmasını kendi tasarladıkları graflar üzerinde çalıştırma imkânı sunmakta, algoritmanın detaylarını, çalışma prensiplerini ve veri yapısını interaktif mesaj ve grafiklerle adım adım öğretmektedir. Paull-Unger, matematik ve bilgisayar bilimlerinin temel alanlarından olan Graf Teorisinin önemli algoritmalarından birisidir. Karmaşık ve çok katlı binalara ait üç boyutlu yol ağları üzerinde çalışan tahliye modellerinde birbiri ile ilişkili olmayan düğümlerin bulunmasında etkin olarak kullanılabilen bir yöntemdir (Atila vd, 2013; İ. R. Karas vd, 2012). Ayrıca birbiri ile tepkimeye giren kimyasal maddelerin ayrışık bir şekilde depolanması problemlerinin çözümü ve çeşitli sağlık problemlerine sebep olabilecek ilaçların ayrımı gibi çeşitli alanlarda da kullanımı mümkündür.

TEŞEKKÜR

Bu bildiri, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu tarafından desteklenen 112Y050 numaralı Araştırma Projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya sağladığı maddi destekten dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Christofides, N., 1986. Graph Theory an Algorithmic Approach, Academic Press, London.

West, D. B., 2001. Introduction to Graph Theory, Prentice Hall, NJ.

Blidia, M., Chellali, M., Favaron, O., Meddah, N., 2008. *Maximal k- Independent Sets in Graphs*, Math. Graph Theory 28, Sayı: 1, 151-163.

Chartrand G., Lesniak L., 1986, Graphs & Digraphs, Greg Hubit Bookworks.

ESRI, 1996. *Using The ArcView Network Analyst GIS*, Envir Syst Res Ins Inc., Redlans.

Güngör, V., 1999, *Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Ağ Analizi*, Y. Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Karas İ. R., Batuk F., 2005, Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Topoloji Kavramı, 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.

Yıldırım V, Yomralıoğlu T., 2002, Adres Tabanlı Bilgi Sistemi Tasarımı ve Ağ Analizleri Uygulamaları, 8. ESRI ve ERDAS Kullanıcıları Toplantısı, Ankara.

U. Atila, I. R. Karas and A. A. Rahman, 2013, "A 3D-GIS Implementation for Realizing 3D Network Analysis and Routing Simulation for Evacuation Purpose", in Progress and New Trends in 3D Geoinformation Sciences, pp. 249-260.

I. R. Karas, F. Batuk and A. A. Rahman, 2012, "An Evacuation System For Extraordinary Indoor Air Pollution Disaster Circumstances", *Disaster Advances Journal*, vol. 5, no. 2, pp. 33-40.