

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MATEMATİK ANABİLİM DALI

GRAFLARDA BASKIN AYRIT BAĞLANTILILIK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muhittin ÖZDEMİR
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Şerif ALDEMİR

VAN – 2023

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MATEMATİK ANABİLİM DALI

GRAFLARDA BASKIN AYRIT BAĞLANTILILIK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muhittin ÖZDEMİR

VAN – 2023

KABUL VE ONAY SAYFASI

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Matematik Anabilim Dalı'nda Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Şerif ALDEMİR danışmanlığında, Muhittin ÖZDEMİR tarafından sunulan “Graflarda Baskın Ayrıt Bağlantılılık” başlıklı bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 06/10 /2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile başarılı bulunmuş ve yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Doç. Dr. Süleyman EDİZ

İmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Şerif ALDEMİR

İmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Ziyattin TAŞ

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun /.... /..... tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

İmza

.....
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Muhittin ÖZDEMİR



ÖZET

GRAFLARDA BASKINAYRIT BAĞLANTILILIK

ÖZDEMİR, Muhittin

Yüksek Lisans Tezi, Matematik Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Şerif ALDEMİR

Ekim 2023, 25 sayfa

Koşullu bağlantılılık, ağların hassasiyet analizlerine imkân sağlayan bir araçtır. Koşullu bağlantılılık bağlantısız parça graflarının belli özelliklere sahip olması gerektiği esasına dayanır. Baskınlık kavramı graf teorisinin güncel kavramlarından olup uygulamada birçok kullanım alanına sahiptir.

Bu çalışmada baskınlık temelli yeni bir koşullu bağlantılılık kavramı tanımlanarak, yol, çevre ve tam graflarda hesaplanmıştır.

Anahtar kelimeler: Bağlantılılık, Baskınlık, Baskın ayırıt bağlantılılık, Koşullu bağlantılılık



ABSTRACT

DOMINATION CONNECTIVITY ON GRAPHS

ÖZDEMİR, Muhittin

M.Sc. Thesis, Department of Mathematics

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Mehmet Şerif ALDEMİR

October 2023, 25 pages

Conditional connectivity is a tool that enables vulnerability analysis of networks. Conditional connectivity is based on the principle that unconnected segment graphs must have certain properties. The concept of domination is one of the current concepts of graph theory and has many uses in practice.

In this study, a new concept of conditional connectivity based on domination is defined and calculated in path, cycle, and complete graphs.

Keywords: Conditional connectivity, Connectivity, Domination, Domination edge connectivity



TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında, her türlü ilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Şerif ALDEMİR'e teşekkür ederim.

2023

Muhittin ÖZDEMİR





İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	7
4. TEMEL TANIMLAR	9
5. GRAFLARDA BASKIN AYRIT BAĞLANTILILIK	15
6. TARTIŞMA VE SONUÇ	19
KAYNAKLAR.....	21
ÖZ GEÇMİŞ.....	25



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamalarıyla aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklama

$$G_1 \times G_2$$

G_1 ve G_2 graflarının kartezyen çarpımı

$$G_1 \cong G_2$$

İzomorf olan G_1 ve G_2 grafları

$$G_2 \leq G_1$$

G_2 , G_1 'in alt grafi

$$\kappa(G)$$

G grafinin bağlantılılık sayısı

$$\kappa^h(G)$$

G grafinin h -kısıtlı bağlantılılık sayısı

$$\kappa^{eh}(G)$$

G grafinin h -ekstra bağlantılılık sayısı

$$\lambda(G)$$

G grafinin ayırıt-bağlantılılık sayısı

$$\lambda^h(G)$$

G grafinin h -kısıtlı ayırıt-bağlantılılık sayısı

1. GİRİŞ

Uygulamalı matematiğin bir dalı olarak kabul edilen graf teorisi, fen ve mühendislikte karşılaşılan birçok bağlantılılık probleminin çözümünde kullanılmaktadır. Graflardaki tepeler, iletişim ağlarındaki bağlantı noktalarını temsil ederler. Graflarla ifade edilen herhangi bir ağ yapısındaki bozulmalar durumunda bile bağlantı noktaları arasındaki iletişimin sürdürülebilirliği esastır. Bir iletişim ağının bazı merkezlerinde ya da hatlarında meydana gelecek bozulmalar, ağın fonksiyonunu tam olarak gerçekleştirmesini önler. Bu nedenle iletişim ağları tasarlanırken ağ topolojileri içinden bozulmalara karşı direnci olabildiğince çok olan birinin, diğerlerine tercih edilmesi bu tip bir sorunla karşılaşılmasını baştan azaltmış olur. Bilgisayar bilimlerinde, bir bilgisayar ağındaki bilgisayarlar tepelerle, bilgisayar ağındaki iletişim kabloları ayrıtlarla modellenir. “Bir bilgisayar ağında en az kaç tane bilgisayar veya iletişim kablosu bozulursa ağ işlevini yitirir?” sorusuna cevap aranırken graf modelinden yararlanılır.

Bağlantılılık kavramı; ağ dizaynlama, planlama ve dayanıklılık problemlerinin algoritmik açıdan incelenmesinde önemli bir yere sahiptir. Bir ağdaki bağlantılılığın kalitesi, bu ağı temsil eden graftaki tepelerin ve ayrıtların bağlantılılığı ile ilişkilidir.

Bir bağlantılı graftan bir tepe silindiğinde bu graf bağlantısız oluyorsa bu tepeye tepeye kesim tepe, kesim tepelerinden oluşan minimum kardinaliteli kümeye ise kesim kümesi denir. Kesim kümesinin eleman sayısına kesim değeri denir. Bu değer, grafların bağlantılılığını ifade etmek için kullanılır. Bir bağlantılılık probleminde, bağlantılılık değerine ulaşılabilen veya bu değer muhafaza edilebildiği bir graf tasarlanır ya da mevcut graf üzerinde değişiklik yapılır.

Bir bağlantılı graftaki herhangi iki tepe arasındaki kesişmeyen yolların sayısı ile bağlantılılık sayısı arasındaki yakın ilişkiyi ifade edilen teorem ispatlanmıştır (Menger, 1927). Bağlantı problemleri ile ilgili birçok algoritma; bu teorem ve bu teoremin yorumlanması ile geliştirilmiştir. Geliştirilen bu algoritmalar vasıtasıyla bir grafın bağlantılılık sayısı bulunabilmektedir. Ancak hangi tepe veya tepelerin silinmesi gerektiği, bu algoritmalar yardımıyla bulunamamaktadır. İşte bir grafı bağlantısız yaparken belli şartları sağlayan hangi tepelerin silinmesi gerektiğini bulmak için koşullu bağlantılılık kavramı tanımlanmıştır (Harary, 1983). Koşullu bağlantılılığın iki yeni

çeşidi olan h-kısıtlı bağlantılılık, Latifi vd. (1994) tarafından ve h-ekstra bağlantılılık ise Fabrega ve Fiol (1996) tarafından tanımlanmıştır.

Bu iki yeni koşullu bağlantılılık türleriyle ilgili literatür incelendiğinde şu ana kadar olan çalışmaların, iletişim ağlarında kısıtlı ve ekstra bağlantılılığın hesaplanmasına yoğunlaştığı görülmektedir. Yine bu iki bağlantılılığın grafların çarpımlarındaki değeriyle ilgili birçok çalışma yapılmıştır.

Graf teorisinde, herhangi bir haberleşme grafında tepeleri arasındaki bağlantıyı arttırmak adına çeşitli ölçümlerden istifade edilir. Bu ölçümler, bağlantının görevine ve hedefe yönelik farklılıklar arzeder. Baskınlık (domination) sayısı bu tür ölçümlerden biri olarak, hususan vazife bölüşümü problem modellerinde istihdam edilerek iletişim ağını lokal olarak güçlendirmeye çalışmaktadır. Baskınlık (domination) tanımına göre, herhangi bir tepe komşu olduğu diğer tepeleri kontrol etmekte olup, komşusu olduğu diğer tepeler tarafından da kontrol edilmektedir. Bir başka ifadeyle, baskınlık kavramı tepeler arasındaki ilişkiyi dolayısıyla iletişimi araştırmaktadır. Baskınlık terimi graf teorisinde birçok uygulamalı çalışmanın icra edildiği önemli bir konudur. Graftaki baskınlık kavramı çalışmalarının aslı satranç problemlerine dayanmaktadır. Satranç tahtasında bir vezirin, en az nokta seçerek en fazla noktaya ulaşması hedeflenmiştir.

İlgili literatür incelendiğinde graf teorisinde önemli uygulama alanına sahip “baskınlık” konusunu temel alan bir koşullu bağlantılılık tanımına rastlanmamıştır. Bu bağlamda bu tezde graflarda baskın bağlantılık kavramını tanımlanarak bazı graf sınıflarında bu yeni koşullu bağlantılılığın değerini hesaplanmıştır.

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Bu bölümde, literatürde araştırmacılar tarafından ele alınan ve tez konusuyla alakalı çalışmalara kısaca değinilmiştir. Burada, önce kısıtlı bağlantılılık ile ilgili çalışmalar, daha sonra ekstra bağlantılılık ile ilgili çalışmalar ve son olarak da baskınlık kavramıyla ilgili çalışmalar verilecektir.

Büyük çok işlemcili sistemler için koşullu bağlantı önlemleri kapsamında şartlı bağlantılılığın bir türü olarak kısıtlı bağlantılılık kavramı tanımlanarak n-boyutlu genelleştirilmiş küp grafları karakterize edildi (Latifi vd., 1994). Kısıtlı bağlantılılığın bir genellemesi olarak ekstra bağlantılılık kavramı, Fabrega ve Fiol (1996) tarafından tanımlanarak bir grafinekrta bağlantılılığının çapıyla ilgili yeterli koşulları ve bu grafın içerdiği en uzun çevresi ile bu koşullu bağlantılılığın optimum değerleri arasındaki ilişkiler incelendi.

Burada önce kısıtlı bağlantılılık ile ilgili çalışmalar verilecektir. Sonrasında ekstra bağlantılılık ile ilgili çalışmalar ve son olarak da baskınlık kavramı ile ilgili çalışmalar verilecektir.

Yönsüz Kautz graflarında kısıtlı bağlantılılık Li ve Zhang tarafından incelendi (Li ve Zhang, 1997). Xu, çift düzenli graflar için kısıtlı bağlantılılığı (Xu, 1999) ve genelleştirilmiş düzenli graflar için kısıtlı bağlantılılığı araştırdı (Xu, 2000a). Xu, tepe geçişli graflarda kısıtlı bağlantılılığın sınırlarını belirledi (Xu, 2000b). Yönsüz de Brujin graflarının kısıtlı bağlantılılığı, Lü ve Zhang (2002) tarafından incelendi. Wu ve Zhou (2003) te piramit ağlarında kısıtlı bağlantılılığı araştırdılar. Xu ve Liu (2004) te 2-kısıtlı ayırıt bağlantılılığı tepe geçişli graflar için hesapladılar. Chen ve Tan (2007) de kısıtlı bağlantılılığı sirkulant, hiper ve pankek graf sınıflarında araştırdılar. Balbuena vd. (2007) de graf çarpımları için kısıtlı bağlantılılığı ilk kez incelediler. Meierling vd. (2008) de genelleştirilmiş turnuvalarda yönlü kısıtlı bağlantılılığı karakterize ettiler. Balbuena vd. (2009) da permütasyon graflarında 3-kısıtlı ayırıt bağlantılılığı araştırdılar. Chen vd. (2009) da yönlü grafların kartezyen çarpımında kısıtlı bağlantılılığı incelediler. Zhao ve Ou (2010) da 3-kısıtlı ayırıt bağlantılılığı grafların direkt çarpımlarında araştırdılar. Chen vd. (2010) da kısıtlı bağlantılılığı Harary graflarında hesapladılar. Wang vd. (2010) da düzenli grafların kartezyen çarpımlarında kısıtlı bağlantılılığı hesapladılar. Holtkamp vd. (2012) de üçlü çevre içermeyen graflarda kısıtlı ayırıt bağlantılılığı araştırdılar. Zhu ve Ou

(2012) de genelleştirilmiş permütasyon graflarında 3-kısıtlı ayırıt bağlantılılığını incelediler. Grüter vd. (2013) te iki parçalı turnuvalarda kısıtlı yönlü bağlantılılığı hesapladılar. Zhao ve Ou (2014) te grafların korona çarpımlarında kısıtlı bağlantılılığın değerlerini araştırdılar. Ou ve Zhao (2015) te grafların kuvvetli çarpımlarında kısıtlı bağlantılılığın değerlerini araştırdılar. Wei ve Hsieh (2017) de yerel olarak bükülmüş küplerin h-kısıtlı bağlantılılığını incelediler. Balbuena ve Marcote (2019) da Kneser graflarında kısıtlı bağlantılılığı karakterize ettiler. Ma vd. (2019) da grafların kronoker çarpımında kısıtlı bağlantılılığı araştırdılar. Lin vd. (2020) de ayırık yıldız ağları için kısıtlı bağlantılılığı incelediler. Li vd. (2021a) da genelleştirilmiş hiper küpler için kısıtlı bağlantılılığı hesapladılar. Liu ve Meng (2021) de kısıtlı bağlantılılığı Dcell ağlarında hesapladılar.

Maksimum ekstra bağlantılılığı sağlamak için bir grafin çapı, çevresi ve minimum derecesini ilişkilendiren yeterli koşulları Balbuena vd. (1997) tarafından çalışıldı. Yönlü graflardaki ekstra bağlantılık Balbuena (1999) tarafından çalışıldı. Wang ve Li (2002) düzenli ayırıt geçişli graflarda ekstra bağlantılılığı hesapladılar. Zhang (2008) de bir düzenli grafin sahip olduğu en uzun çevreye göre bu grafin ekstra bağlantılılığını karakterize etti. Li ve Yang (2013) te hiper graflar için ekstra bağlantılılığı incelediler. Yang ve Li (2014) te ekstra kenar bağlantılılık açısından katlanmış hiperküplerin güvenilirliğini araştırdılar. Zhang ve Zhou (2015) te katlı hiper küpler için ekstra bağlantılılığı hesapladılar. Hao vd. (2016) da simetrik graflarda 2-ekstra bağlantılılığı araştırdılar. Wang vd. (2016) da balon sıralı yıldız grafları için extra bağlantılılığı karakterize ettiler. Lü (2017) de dengeli hiper küpler için ekstra bağlantılılığı inceledi. Zhou (2017) de hiper küp ağlarına benzeyen graf sınıfları için ekstra bağlantılılığı hesapladı. Li ve Xu (2018) de 3-ekstra bağlantılılığı dengeli hiper küpler için araştırdılar. Lv vd. (2020) de düzenli iletişim ağlarında ekstra bağlantılılığı hesapladılar. Li vd. (2021b) de bazı ağlarda ekstra bağlantılılığın parça bağlantılılık ile ilişkisini incelediler. Guo vd. (2021) de düzenli graflarda ekstra ayırıt bağlantılılığın parça ayırıt bağlantılılık ile ilişkisini incelediler. Zhu vd. (2021) de hiperküpler için izoperimetrik eşitsizliklerle ilgili sonuçların ekstra bağlantılılıklarını elde etmek için kullanılabileceğini gösterdiler. Son olarak Tarakmi vd. (2021) kimyasal graf teorisinde çok önemli bir yere sahip fullerene grafları için ekstra bağlantılılığı incelediler.

Claude Berge bir grafin dominasyon sayısını 1958 yılında tanımlamıştır (Berge, 1962). Konuyla ilgili yayınları derleyen Haynes ve arkadaşları iki kitap yayımlamışlardır (Haynes vd., 1998a; 1998b). Baskınlık terimi tanımlandıktan sonra baskınlıkla ilgili değişik tanımları ortaya çıkmıştır. İlk baskınlık tanımında tepe tepeyi baskılarken daha sonra ayırıt-ayırıt, tepe-ayırıt ve ayırıt-tepe baskınlık değerleri ortaya çıkmıştır. Ayırıt-tepe ve tepe-ayırıt tipi dominasyon parametreleri ilk olarak 1986 yılında Peters tarafından (Peters, 1986) ortaya konulmuş ve Lewis tarafından güncellenerek geliştirilmiştir (Lewis, 2007). Bazı grafların ayırıt-tepe ve tepe-ayırıt baskınlık sayılarına ait üst ve alt sınırlarını Lewis tarafından ele alınmıştır (Lewis vd., 2010).



3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tezde kullanılacak materyaller tez konusuyla ilgili literatürde ve bu tezin kaynakları kısmında verilen kitaplar ve makalelerdir. Yöntem olarak genel matematiksel ispat metotları kullanılmıştır.





4. TEMEL TANIMLAR

Bu bölümde, tez çalışmasında kullanılan temel tanımlara yer verilmiştir.

Tanım 4.1. Boş olmayan, sonlu $V = \{1, 2, \dots, n\}$ tepeler kümesinden ve sonlu E kenarlar kümesinden oluşan (V, E) sıralı ikili yapısına bir graf (çizge) denir ve bu durum $G = (V, E)$ veya kısaca G ile gösterilir. V 'nin elemanları tepe (düğüm veya nokta) olarak, E 'nin elemanları ise ayrıt veya kenar olarak isimlendirilir. Burada,

$$E = \{(i, j) : i, j \in V\} \quad (4.1)$$

şeklinde tanımlanır. Ayrıca her $i, j \in V$ için E 'nin, i ve j noktalarına karşılık gelen ayrıtları (elemanları) e_{ij} veya ij şeklinde gösterilir (West, 2001).

Tanım 4.2. $G = (V, E)$ bir çizge olmak üzere, G 'nin herhangi i ve j tepeleri (noktaları) arasında en az bir ayrıt (kenar) bulunuyorsa i ve j tepeleri (noktaları) komşudur denir ve $i \sim j$ ile gösterilir. Bir i tepesine (noktasına) komşu olan tepeler (noktalar) kümesine i 'nin komşuluk (civar) kümesi denir ve N_i ile gösterilir (Wallis, 2007).

Tanım 4.3. $G = (V, E)$ grafının herhangi bir i tepesine bağlı ayrıt sayısına i tepesinin derecesi denir ve $\deg_G i$ veya kısaca $\deg i$ ile gösterilir (Diestel, 2005).

Tanım 4.4. Bir çizgenin herhangi iki noktası arasında bir kenar varsa, yani her bir tepe (nokta) çifti bağlantılı ise bu çizgeye tam graf (complete) denir ve n tepeli bir tam graf K_n ile gösterilir (Wallis, 2007).

Tanım 4.5. Her bir tepesi aynı dereceye sahip olan grafa düzenli graf denir. Özel olarak her bir tepesi r dereceye sahip olan grafa, r – dereceli düzenli graf veya r – düzenli graf denir (Deo, 2017).

Tanım 4.6. Bir çizgenin sonlu sayıda, birbiriyle bağlantılı noktalarından ve kenarlarından oluşan sıralı dizisine yürüme (walk) denir ve W ile gösterilir. Yani yürüme (walk),

$$W = v_0 e_1 v_1 e_2 \cdots v_{k-1} e_k v_k \quad (4.2)$$

şeklinde bir dizidir.

$1 \leq i \leq k$ için e_i 'nin uçları v_{i-1} ve v_i tepeleridir. W 'ye, v_0 'dan v_k 'ya bir yürüme veya (v_0, v_k) yürümesi denir. v_0 tepesine W yürümesinin başlangıç noktası, v_k tepesine W yürümesinin bitiş noktası ve $v_1, v_2, \dots, v_{k-1}$ tepelerine de W yürümesinin iç noktaları denir. k tam sayısına, yani, yürümedeki ayrıt sayısına W 'nin uzunluğu denir (Rahman, 2017).

Tanım 4.7. Her bir ayrıtın ve tepenin en fazla bir kez kullanıldığı yürümeye yol denir ve P ile gösterilir. Yani, bir $W = v_0 e_1 v_1 e_2 \cdots v_{k-1} e_k v_k$ yürümesinde $e_1, e_2, \dots, e_k$ ayrıtlarının ve $v_0, v_1, \dots, v_k$ tepelerinin her biri farklı ise W yürümesine yol denir (Wallis, 2007).

Tanım 4.8. Başlangıç ve bitiş tepesi aynı olan yola çevre ya da devir denir ve n tepeli bir çevre C_n ile gösterilir. Çevredeki her bir i tepesinin derecesi $\deg i = 2$ 'dir (Diestel, 2005).

Tanım 4.9. Herhangi iki tepesi arasında en az bir yol bulunan grafa bağlantılı graf denir (Rahman, 2017).

Tanım 4.10. $G_1 = (V_1, E_1)$ ve $G_2 = (V_2, E_2)$ iki graf olsun. G_1 ve G_2 graflarının tepeleri ve ayrıtları arasında onların özelliklerini koruyacak şekilde birebir ve örten bir

dönüşüm varsa, G_1 ve G_2 graflarına izomorftur denir ve $G_1 \cong G_2$ ile gösterilir (Deo, 2017).

Tanım 4.11. $G_1 = (V_1, E_1)$ ve $G_2 = (V_2, E_2)$ iki graf olmak üzere bu iki grafın kartezyen çarpımı, $G_1 \times G_2$ ile gösterilir ve $u_1, v_1 \in V_1$ ve $u_2, v_2 \in V_2$ için tepeler kümesi

$$G_1 \times G_2 = \{uv \mid u = (u_1, u_2), v = (v_1, v_2) \in V_1 \times V_2\} \quad (4.3)$$

ile tanımlı olup grafın, herhangi iki $u = (u_1, u_2), v = (v_1, v_2) \in V_1 \times V_2$ tepelerinin komşuluğu,

$$u \sim v \Leftrightarrow \begin{cases} u_1 = v_1 \text{ ve } u_2 \sim v_2 \\ u_2 = v_2 \text{ ve } u_1 \sim v_1 \end{cases} \quad (4.4)$$

şeklinde tanımlıdır (Diestel, 2005).

Tanım 4.12. $G = (V, E)$ grafının içerdiği bazı tepelerinden ve bazı ayrıtlarından oluşan grafa G 'nin alt grafı denir. Yani, $G_1 = (V_1, E_1)$ ve $G_2 = (V_2, E_2)$ iki graf olmak üzere, eğer,

$$V_2 \subseteq V_1 \text{ ve } E_2 \subseteq E_1 \quad (4.5)$$

oluyorsa, G_2 grafına G_1 'in bir alt grafı (G_1 'e de G_2 'nin grafının bir üst grafı) denir. Bu durum $G_2 \leq G_1$ şeklinde gösterilebilir (Wallis, 2007).

Tanım 4.13. Bağlantılı bir G çizgesini bağlantısız bir çizge veya ayrık tepelerden oluşan bir çizgeye dönüştürmek için çizgeden silinen en az sayıdaki tepe (nokta) sayısına, bu çizgenin bağlantılılık sayısı denir ve $\kappa(G)$ ile gösterilir. Burada,

$$\kappa(G) = \min_{S \subseteq V(G)} \{|S|\} \quad (4.6)$$

dır (West, 2001).

Tanım 4.14. Bağlantılı bir G grafında $\kappa(G) = k$ 'dan daha az sayıda noktanın silinmesiyle graf bağlantılı oluyorsa G grafi k -bağlantılıdır denir. Bu durum $\kappa(G) \geq k \geq 1$ şeklinde ifade edilir (Trudeau, 2013).

Tanım 4.15. Bağlantılı bir G çizgesini ayrık tepelerden oluşan bir çizgeye veya bağlantısız bir çizgeye dönüştürmek için graftan atılan en az sayıdaki ayrıt sayısına, ayrıt-bağlantılılık sayısı denir ve $\lambda(G)$ ile gösterilir. Burada,

$$\lambda(G) = \min_{S \subseteq E(G)} \{|S|\} \quad (4.7)$$

dır (West, 2001).

Tanım 4.16. Bağlantılı bir G çizgesinde $\lambda(G) = k$ 'dan daha az sayıda kenarın silinmesiyle graf bağlantılı oluyorsa G grafi k -ayrıt (kenar) bağlantılıdır denir. Terminolojik olarak $\lambda(G) \geq k \geq 1$ şeklinde ifade edilir. $\lambda(G) = 0$ ise G , bağlantısız bir graftır (Rahman, 2017).

Tanım 4.17. G bağlantılı bir graf, h bir pozitif tamsayı olmak üzere, F , $G - F$ 'nin bağlantısız olduğu en küçük tepe alt kümesi ve $\delta(G - F) \geq h$ ise F 'nin eleman sayısına G 'nin h -kısıtlı bağlantılılık sayısı denir ve $\kappa^h(G)$ ile gösterilir (Latifi vd., 1994).

Tanım 4.18. G bağlantılı bir graf, h bir pozitif tamsayı olmak üzere, F , $G - F$ 'nin bağlantısız olduğu en küçük ayrıt alt kümesi ve $\delta(G - F) \geq h$ ise F 'nin eleman sayısına G 'nin h -kısıtlı ayrıt-bağlantılılık sayısı denir ve $\lambda^h(G)$ ile gösterilir (Latifi vd., 1994).

Tanım 4.19. G bağlantılı bir graf, h bir pozitif tamsayı olmak üzere, F , $G - F$ 'nin bağlantısız olduğu en küçük tepe alt kümesine bağlantısız graftaki her bir parça alt graflarının eleman sayısı h 'den büyük ise F 'nin eleman sayısına G 'nin h -ekstra bağlantılılık sayısı denir ve $\kappa^{eh}(G)$ ile gösterilir (Fabrega ve Fiol, 1996).

Tanım 4.20. G bağlantılı bir graf, h bir pozitif tamsayı olmak üzere, F , $G - F$ 'nin bağlantısız olduğu en küçük ayrıt alt kümesine bağlantısız graftaki her bir parça alt graflarının eleman sayısı h 'den büyük ise F 'nin eleman sayısına G 'nin h -ekstra ayrıt-bağlantılılık sayısı denir ve $\lambda^{eh}(G)$ ile gösterilir (Fabrega ve Fiol, 1996).

Tanım 4.21. Bir bağlantılı G grafının tepeler kümesi $V(G)$ olmak üzere $D \subseteq V(G)$ olsun. $V(G) - D$ fark kümesindeki her nokta; D kümesindeki herhangi bir noktaya komşu ise, D kümesine dominasyon kümesi (dominating set) denir. G grafının baskın kümeleri içindeki minimum elemana sahip kümenin kardinalitesine baskınlık sayısı (domination number) denir ve $\gamma(G)$ ile gösterilir (Haynes vd., 1998a).





5. GRAFLARDA BASKIN AYRIT BAĞLANTILILIK

Bu bölümde, graflarda baskın ayrıt bağlantılılık kavramı tanımlanarak bazı özel graf sınıflarında bu kavramın değeri bulunmaya çalışılacaktır.

Tanım 5.1. G bir graf ve S de bu grafın ayrıtlarından oluşan bir küme olsun. $G - S$, bağlantısız ve her bir bağlantısız parça grafın baskınlık sayısı k ise S 'ye G 'nin bir k -baskın ayrıt kesim kümesi denir. G 'nin minimum kardinaliteli k -baskın ayrıt kesim kümesinin eleman sayısına G 'nin k -baskın ayrıt-bağlantılılığı denir ve $\lambda^{(k)}(G)$ ile gösterilir.

Önerme 5.1. $n \geq 8$ için, $\lambda^{(2)}(P_n) = \left\lfloor \frac{n-1}{6} \right\rfloor$.

İspat. 2-baskın ayrıt bağlantılılık tanımından biliyoruz ki P_n nin bağlantısız herbir parçasının baskınlık sayısının iki olması gerekir. Baskınlık sayısı iki olan yol grafları sadece P_4 , P_5 ve P_6 yol graflarıdır. Dolayısıyla P_n yol grafının bağlantısız parçalarının bu üç yol grafindan oluşması gerekir. Yani P_n yol grafının 2-baskın ayrıt bağlantılılığı bulunurken P_n in bağlantısız parçaları n ye bağlı olarak uygun P_4 , P_5 ve P_6 yol graflarından oluşması gerekir.

$n \geq 26$ için herbir P_n yol grafı, n nin altının tam katı olduğu durumlarda sadece P_6 yol grafları kullanılarak parçalanabileceği görülmektedir. Yine $n \geq 26$ için herbir P_n yol grafı, n nin altının tam katı olmadığı durumlarda P_5 ve P_6 yol grafları kullanılarak parçalanabileceği görülmektedir. Burada amaç en az sayıda ayrıt kullanarak uygun parçalara ayırmak olduğundan mümkün olabilecek çok sayıda P_6 yol grafına parçalanma esastır. Burada altı farklı durum söz konusudur.

Durum 1: $n \equiv 0 \pmod{6}$. Bu durumda bütün bağlantısız parça graflarının P_6 lardan oluşması gerekir. Dolayısıyla P_n den, $\frac{n}{6} - 1 = \left\lfloor \frac{n-1}{6} \right\rfloor$ uygun ayrıtın silinmesiyle 2-baskın ayrıt bağlantılılık elde edilmiş olur.

Durum 2: $n \equiv 1 \pmod{6}$. $n = 6k + 1$ olsun. Bu durumda $n = 5 \times 5 + (k - 4) \times 6$ olduğundan, en az sayıda ayrıt silerek, P_n i bağlantısız beş parça P_5 ve $k - 4$ parça P_6 ya ayırabiliriz.

Dolayısıyla toplamda bağlantısız parça graflarının sayısı $k + 1$ olur. Buradan k sayıda uygun ayrıtın silinmesiyle istenen elde edilmiş olur. Böylece, $k = \left\lfloor \frac{n-1}{6} \right\rfloor$ olur.

Durum 3: $n \equiv 2 \pmod{6}$, $n = 6k + 2$ olsun. Bu durumda $n = 4 \times 5 + (k - 3) \times 6$ olduğundan, en az sayıda ayrıt silerek, P_n i bağlantısız dört parça P_5 ve $k - 3$ parça P_6 ya ayırabiliriz. Dolayısıyla toplamda bağlantısız parça graflarının sayısı $k + 1$ olur. Buradan k sayıda uygun ayrıtın silinmesiyle istenen elde edilmiş olur. Böylece, $k = \left\lfloor \frac{n-1}{6} \right\rfloor$ olur.

Durum 4: $n \equiv 3 \pmod{6}$, $n = 6k + 3$ olsun. Bu durumda $n = 3 \times 5 + (k - 2) \times 6$ olduğundan, en az sayıda ayrıt silerek, P_n i bağlantısız üç parça P_5 ve $k - 2$ parça P_6 ya ayırabiliriz. Dolayısıyla toplamda bağlantısız parça graflarının sayısı $k + 1$ olur. Buradan k sayıda uygun ayrıtın silinmesiyle istenen elde edilmiş olur. Böylece, $k = \left\lfloor \frac{n-1}{6} \right\rfloor$ olur.

Durum 5: $n \equiv 4 \pmod{6}$, $n = 6k + 4$ olsun. Bu durumda $n = 2 \times 5 + (k - 1) \times 6$ olduğundan, en az sayıda ayrıt silerek, P_n i bağlantısız iki parça P_5 ve $k - 1$ parça P_6 ya ayırabiliriz. Dolayısıyla toplamda bağlantısız parça graflarının sayısı $k + 1$ olur. Buradan k sayıda uygun ayrıtın silinmesiyle istenen elde edilmiş olur. Böylece, $k = \left\lfloor \frac{n-1}{6} \right\rfloor$ olur.

Durum 6: $n \equiv 5 \pmod{6}$, $n = 6k + 5$ olsun. Bu durumda $n = 1 \times 5 + k \times 6$ olduğundan, en az sayıda ayrıt silerek, P_n i bağlantısız bir parça P_5 ve k parça P_6 ya ayırabiliriz. Dolayısıyla toplamda bağlantısız parça graflarının sayısı $k + 1$ olur. Buradan k sayıda uygun ayrıtın silinmesiyle istene elde edilmiş olu. Böylece, $k = \left\lfloor \frac{n-1}{6} \right\rfloor$ olur ve ispat biter.

Şimdi çevre graflarında 2-baskın ayrıt bağlantılılığı ifade eden aşağıdaki sonucu verebiliriz.

Sonuç 5.1. $n \geq 8$, için $\lambda^{r(2)}(C_n) = \left\lfloor \frac{n}{6} \right\rfloor$. İspat. P_n yol grafini C_n yol grafindan herhangi bir ayrıtı silerek elde edebileceğimizden Önerme 5.2 deki sonuca bir eklememiz

yeterli olacaktır. Dolayısıyla, $\lambda^{\gamma(2)}(C_n) = \left\lfloor \frac{n-1}{6} \right\rfloor + 1 = \left\lceil \frac{n}{6} \right\rceil$ elde edilmiş olur. Böylece ispat biter.

Tam graflarda 2-baskın ayırıt bağlantılılığı hesaplamadan önce, Önerme 5.6 'nın ispatında kullanacağımız aşağıdaki iki lemmayı veriyoruz.

Lemma 5.1. $n \geq 4$ ve çift olmak üzere, G grafi n tepeli bir $(n-2)$ -düzenli bir bağlantılı graf ise, $\gamma(G) = 2$.

İspat. Genelliği bozmadan G grafında komşu olmayan u ve v tepelerini seçelim. u tepesinin $n-2$ komşu tepesi var olduğundan, u komşu olmadığı v tepesi hariç olmak üzere G nin bütün tepelerini baskılar. Dolayısıyla, $\{u, v\}$ kümesi G nin bütün tepelerini baskılar. Buradan, $\gamma(G) = 2$ elde edilir ve böylece ispat biter.

Lemma 5.2. $n \geq 5$ ve tek olmak üzere, G grafinin n tepesinden $n-1$ tanesinin derecesi $n-2$ ve geriye kalan bir tek tepesinin derecesi $n-3$ ise, $\gamma(G) = 2$.

İspat. Genelliği bozmadan G grafında komşu olmayan u ve v tepelerini seçelim. Ayrıca u nun $n-2$ komşu tepesinin ve v nin de $n-3$ dereceli tepe olduğunu kabul edelim. u tepesinin $n-2$ komşu tepesi var olduğundan, u komşu olmadığı v tepesi hariç olmak üzere G nin bütün tepelerini baskılar. Dolayısıyla, $\{u, v\}$ kümesi G nin bütün tepelerini baskılar. Buradan, $\gamma(G) = 2$ elde edilir ve böylece ispat biter. Şimdi tam graflarda 2-baskınlık ayırıt bağlantılılığı ifade edeceğimiz önermeyi verebiliriz.

$$\textbf{Önerme 5.2. } n \geq 8 \text{ için, } \lambda^{\gamma(2)}(K_n) = \begin{cases} \frac{9n-32}{2} & n \text{ çift ise,} \\ \frac{9n-31}{2} & n \text{ tek ise.} \end{cases}$$

İspat. n nin çift ve tek olmasına göre iki durum vardır. Bu durumlarını ayrı ayrı inceleyelim.

Durum 1: n çift olsun. 2-baskınlık ayırıt sayısı tanımına göre, K_n den mümkün olan en az sayıda ayırıt silinerek geriye kalan bağlantısız parçaların baskınlık sayısının iki

olması gerekmektedir. Bu da ancak K_n nin biri C_4 ve diğeri $n - 4$ tepeli $(n - 6) -$ düzenli S grafi olmak üzere iki bağlantısız grafa parçalanmasıyla mümkün olur. Bu parçalanıştan farklı tüm parçalanışlar K_n den daha fazla ayırt silmeyi gerektirdiğinden dikkate alınmaz. Lemma 5.1. yardımıyla $\gamma(S) = 2$ olduğunu elde ederiz. Ayrıca dört tepeli çevre grafinin baskınlık sayısının da iki olduğunu biliyoruz. n tepeli bir tam grafin ayırt sayısının $\frac{n(n-1)}{2} = \frac{n^2-n}{2}$ olduğunu biliyoruz. Ayrıca yukarıda tanımlanan S grafinin $\frac{(n-6)(n-4)}{2}$ ayırt sayısına C_4 çevre grafinin dört ayırının eklenmesiyle toplam ayırt sayısı $4 + \frac{(n-6)(n-4)}{2} = \frac{n^2-10n+32}{2}$ elde edilir. Dolayısıyla K_n tam grafindan silinmesi gereken ayırt sayısı $\frac{n^2-n}{2} - \frac{n^2-10n+32}{2} = \frac{9n-32}{2}$ olur.

Durum 2: n tek olsun. 2-baskınlık ayırt sayısı tanımına göre, K_n den mümkün olan en az sayıda ayırt silinerek geriye kalan bağlantısız parçaların baskınlık sayısının iki olması gerekmektedir. Bu da ancak K_n nin biri C_4 ve diğeri $n - 5$ tepesinin $(n - 6)$ dereceli, ve geriye kalan bir tek tepesinin $n - 7$ dereceli olan S grafına parçalanmasıyla mümkündür. Bu parçalanıştan farklı tüm parçalanışlar K_n den daha fazla ayırt silmeyi gerektirdiğinden dikkate alınmaz. Lemma 5.2. yardımıyla $\gamma(S) = 2$ olduğunu elde ederiz. Ayrıca dört tepeli çevre grafinin baskınlık sayısının da iki olduğunu biliyoruz. n tepeli bir tam grafin ayırt sayısının $\frac{n(n-1)}{2} = \frac{n^2-n}{2}$ olduğunu biliyoruz. Ayrıca yukarıda tanımlanan S grafinin $\frac{(n-6)(n-5)+(n-7)}{2}$ ayırt sayısına C_4 çevre grafinin dört ayırının eklenmesiyle toplam ayırt sayısı $4 + \frac{(n-6)(n-5)+(n-7)}{2} = \frac{n^2-10n+31}{2}$ elde edilir. Dolayısıyla K_n tam grafindan silinmesi gereken ayırt sayısı $\frac{n^2-n}{2} - \frac{n^2-10n+31}{2} = \frac{9n-31}{2}$ olur. Böylece ispat biter.

“Önerme 5.2 de verilen iki şartı tavan fonksiyonunun matematiksel özellikleri kullanılarak aşağıdaki sonuçta görüleceği üzere birleştirilebilir.

Sonuç 5.2. $\lambda^{\gamma(2)}(K_n) = 4n + \left\lfloor \frac{n}{2} \right\rfloor - 16.$

6. TARTIşMA VE SONUÇ

Bu çalışmada baskınlık ve bağlantılılık kavramları bir araya getirilerek graflarda baskın ayırıt bağlantılılık kavramı yeni bir koşullu bağlantılılık türü olarak tanımlanmıştır. 2-baskın ayırıt bağlantılılık yol, evre ve tam graflarda hesaplanmıştır. Bu çalışmanın ışığında aşağıdaki konu başlıklarında çalışmalar yapılabilir.

- Graf arpımlarında 2-baskınlık ayırıt bağlantılılığın incelenmesi,
- k-baskınlık ayırıt sayısının k nın farklı değerleri için yol, evre ve tam graflardaki değerlerinin araştırılması,
- İletişim ağlarında 2-baskın ayırıt bağlantılılık değerlerinin hesaplanması,
- Baskın tepe bağlantılılığının tanımlanarak graf sınıflarında hesaplanması,
- Diğer baskınlık türleri içinde baskın ayırıt bağlantılılığın tanımlanarak graf sınıflarında araştırılması.



KAYNAKLAR

- Balbuena, C. (1999). Extra connectivity of s-geodetic digraphs and graphs. *Discrete Mathematics*, 195(1-3), 39-52.
- Balbuena, C., Carmona, A., Fàbrega, J., Fiol, M. A. (1997). Extraconnectivity of graphs with large minimum degree and girth. *Discrete Mathematics*, 167, 85-100.
- Balbuena, C., Cera, M., Diáñez, A., García-Vázquez, P., Marcote, X. (2007). On the edge-connectivity and restricted edge-connectivity of a product of graphs. *Discrete Applied Mathematics*, 155(18), 2444-2455.
- Balbuena, C., González-Moreno, D., Marcote, X. (2009). On the 3-restricted edge connectivity of permutation graphs. *Discrete Applied Mathematics*, 157(7), 1586-1591.
- Balbuena, C., Marcote, X. (2019). The p-restricted edge-connectivity of Kneser graphs. *Applied Mathematics and Computation*, 343, 258-267.
- Berge, C. (1962). **The theory of graphs and its applications**. Springer: Methunen, Londra.
- Chen, X., Liu, J., Meng, J. (2009). The restricted arc connectivity of Cartesian product digraphs. *Information Processing Letters*, 109, 1202-1205.
- Chen, Y., Meng, J., Tian, Y. (2010). Restricted vertex connectivity of harary graphs. *Ars Combinatoria*, 97, 287-297.
- Chen, Y. C., Tan, J. J. M. (2007). Restricted connectivity for three families of interconnection networks. *Applied Mathematics Compututation*, 188, 1848–1855
- Deo N. (2017). **Graph theory with applications to engineering and computer science**. Elsevier: Methunen, Londra.
- Diestel R. (2005). **Graph theory**. Springer: New York, USA.
- Fabrega, J., Fiol, M. A. (1996). On the extraconnectivity of graphs. *Discrete Mathematics*, 155(1-3), 49-57.
- Guo, L., Zhang, M., Zhai, S., Xu, L. (2021). Relation of extra edge connectivity and component edge connectivity for regular networks. *Internat. Journal of Foundations Computer Science*, 32(2), 137–149.
- Grüter, S., Guo, Y., Holtkamp, A. (2013). Restricted arc-connectivity of bipartite tournaments. *Discrete Applied Mathematics*, 161, 2008-2013.
- Hao, R. X., Tian, Z. X., Xu, J. M. (2016). Relationship between conditional diagnosability and 2-extra connectivity of symmetric graphs. *Theoretical Computer Science*, 627, 36-53.
- Harary, F. (1983). Conditional connectivity. *Networks*, 13 (3), 347–357.
- Haynes, T. W., Hedetniemi, S. T., Slater, P. J. (1998a). **Fundamentals of domination in graphs**. Marcel Dekker: New York, USA.
- Haynes, T. W., Hedetniemi, S. T., Slater, P. J. (1998b). **Domination in graphs: advanced topics**. Marcel Dekker: New York, USA.
- Holtkamp, A., Meierling, D., Montejano, L. P. (2012). k-restricted edge-connectivity in triangle-free graphs. *Discrete Applied Mathematics*, 160(9), 1345-1355.
- Latifi, S., Hegde, M. and Naraghipour, M. (1994). Conditional connectivity measures for large multiprocessor systems. *Transactions on Computers*, 43, 218–222.
- Lewis, J. R. (2007). *Vertex-edge and edge-vertex domination in graphs*. Phd Thesis, Clemson University.

- Lewis, J. R., Hedetniemi, S. T., Haynes, T. W., Fricke, G. H. (2010). Vertex-edge domination, *Utilitas Mathematica*, 81, 193–213.
- Li, X., Lin, C. K., Fan, J., Jia, X., Cheng, B., Zhou, J. (2021b). Relationship between extra connectivity and component connectivity in networks. *Computer Journal*, 64(1), 38–53.
- Li, P., Xu, M. (2018). Fault-tolerant strong Menger (edge) connectivity and 3-extra edge-connectivity of balanced hypercubes. *Theoretical Computer Science*, 707, 56–68.
- Li, H., Yang, W. (2013). Bounding the size of the subgraph induced by m vertices and extra edge-connectivity of hypercubes. *Discrete Applied Mathematics*, 161(16–17), 2753–2757.
- Li, Q., Zhang, Y. (1997). The restricted connectivity and restricted fault diameter of undirected Kautz graphs. *Journal of Shanghai Jiaotong University*, 31, 1–6.
- Li, X., Zhou, S., Guo, X., Ma, T. (2021a). The h -restricted connectivity of the generalized hypercubes. *Theoretical Computer Science*, 850, 135–147.
- Lin, L., Huang, Y., Wang, X., Xu, L. (2020). Restricted connectivity and good-neighbor diagnosability of split-star networks. *Theoretical Computer Science*, 824, 81–91.
- Liu, X., Meng, J. (2021). The k -restricted edge-connectivity of the data center network DCell. *Applied Mathematics and Computation*, 396, 125–941.
- Lü, C. H., Zhang, K. M. (2002). Super connectivity and restricted connectivity of undirected de Bruijn graphs. *Acta Mathematicae Applicatae Sinica*, 25 (1), 29–35.
- Lü, H. (2017). On extra connectivity and extra edge-connectivity of balanced hypercubes. *International Journal of Computer Mathematics*, 94(4), 813–820.
- Lv, M., Fan, J., Zhou, J., Cheng, B., Jia, X. (2020). The extra connectivity and extra diagnosability of regular interconnection networks. *Theoretical Computer Science*, 809, 88–102.
- Ma, T., Wang, J., Zhang, M. (2019). The restricted edge-connectivity of kronecker product graphs. *Parallel Processing Letters*, 29(03), 1950012.
- Meierling, D., Volkmann, L., Winzen, S. (2008). Restricted arc-connectivity of generalized tournaments. *Australasian Journal of Combinatorics*, 40, 269–278.
- Menger, K. (1927). Zur allgemeinen Kurventheorie. *Fundamenta Mathematicae*, 10, 96–115.
- Ou, J., Zhao, W. (2015). On restricted edge connectivity of strong product graphs. *Ars Combinatoria*, 123, 55–64.
- Peters, J.W. (1986). *Theoretical and algorithmic results on domination and connectivity*. Ph.D. thesis, Clemson University.
- Rahman, M. S. (2017). **Basic graph theory**. Springer: London, England.
- Tarakmi, H., Azanchilar, H., Ghasemi, M., Ghodrattollah A. (2021). n -restricted edge connectivity of m -barrel fullerene graphs. *Iranian Journal of Science and Technology*, 45(3), 997–1004.
- Trudeau, R. J. (2013). **Introduction to graph theory**. Courier Corporation: Londra, England.
- Xu, J. (1999). Some results on R_2 -edge-connectivity of even regular graphs. *Applied Mathematics-A Journal of Chinese Universities*, 14(3), 366–370.
- Xu, J. (2000a). On conditional edge-connectivity of graphs. *Acta Mathematicae Applicatae Sinica*, 16(4), 414–419.
- Xu, J. M. (2000b). Restricted edge-connectivity of vertex-transitive graphs. *Chinese Annals of Mathematics*, 21 (5), 605–608.

- Xu, J.M., Liu, Q. (2004). 2-restricted edge connectivity of vertex-transitive graphs. *Australasian Journal of Combinatorics*, 30, 41–49.
- Yang, W., Li, H. (2014). On reliability of the folded hypercubes in terms of the extra edge-connectivity. *Information Sciences*, 272, 238-243.
- Wang, J., Ou, J., Zhu, T. (2010). On restricted edge connectivity of regular Cartesian product graphs. *Australasian Journal of Combinatorics*, 48, 111-116.
- Wang, M., Li, Q. (2002). On equivalence of isoperimetric edge connectivity and extra edge connectivity of graphs. *Journal-Shanghai Jiaotong University*, 36(6), 858-0860.
- Wang, S., Wang, Z., Wang, M. (2016). The 2-extra connectivity and 2-extra diagnosability of bubble-sort star graph networks. *The Computer Journal*, 59(12), 1839-1856.
- Wallis, W. D. (2007). **A beginner's guide to graph theory**. Springer: Londra, UK..
- Wei, C. C., Hsieh, S. Y., (2017). h-restricted connectivity of locally twisted cubes. *Discrete Applied Mathematics*, 217, 330-339.
- West, D. B. (2001). **Introduction to graph theory**. Upper Saddle River: Prentice hall.
- Wu, Y., Zhou, Y. (2003). Restricted connectivity and (l,k) dominating numbers of pyramid networks. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 16, 287–290.
- Zhang, Z. (2008). Extra edge connectivity and isoperimetric edge connectivity. *Discrete Mathematics*, 308(20), 4560-4569.
- Zhang, M. M., Zhou, J. X. (2015). On g-extra connectivity of folded hypercubes. *Theoretical Computer Science*, 593, 146-153.
- Zhao, S., Ou, J. (2010). On super 3-restricted edge connectivity of direct product graphs. *International Journal of Applied Mathematics & Statistics*, 19, 97-104.
- Zhao, W., Ou, J. (2014). On restricted edge-connectivity of lexicographic product graphs. *International Journal of Computer Mathematics*, 91(8), 1618-1626.
- Zhou, J. X. (2017). On g-extra connectivity of hypercube-like networks. *Journal of Computer and System Sciences*, 88, 208-219.
- Zhu, Q., Ma, F., Guo, G., Wang, D. (2021). A new approach to finding the extra connectivity of graphs. *Discrete Applied Mathematics*, 294, 265-271.
- Zhu, T., Ou, J. (2012). On 3-restricted edge connectivity of generalized permutation graphs. *International Journal of Computer Mathematics*, 17, 64-67.



ÖZ GEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Muhittin Özdemir

Eğitim Bilgileri

Lisans :
Üniversite : Atatürk Üniversitesi
Fakülte : Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi
Bölüm : Matematik Öğretmenliği
Mezuniyet Yılı : 1997



VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih 13/10/2023

Tez Başlığı: Graflarda Baskın Ayrıt Bağlantılılık

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışmamın, kapak sayfası, giriş, ana bölümler ve sonuç bölümlerinden oluşan toplam 20 (Yirmi) sayfalık kısmına ilişkin, 12/10/2023 tarihinde tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre tezimin benzerlik oranı %19 (On dokuz) dur.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit match size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

13/10/2023

Adı Soyadı: Muhittin ÖZDEMİR

Öğrenci No: 149102003

Anabilim Dalı: Matematik

Programı: Matematik

Statüsü: (x) Yüksek lisans () Doktora

DANIŞMAN

ENSTİTÜ ONAYI

UYGUNDUR

UYGUNDUR

