

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS
YAZILIM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YAZILIM MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI**

ÇİZGELERDE AĞIRLIKLİ ZEDELİNEBİLİRLİK PARAMETRELERİ

Şevket KESER

**Danışman
Doç. Dr. Ersin ASLAN**



MANİSA-2023

Şevket
KESER

ÇİZGELERDE AĞIRLIKLİ ZEDELENEBİLİRLİK PARAMETRELERİ

2023

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Hasan Ferdi Turgutlu Teknoloji Fakültesi Yazılım Mühendisliği'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Şevket KESER



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	I
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	II
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	III
TABLO DİZİNİ	IV
TEŞEKKÜR.....	V
ÖZET	VI
ABSTRACT	VII
1. GİRİŞ	1
2. GENEL TANIMLAR.....	5
3. ÇİZGELERDE BAĞLAMA SAYISI PARAMETRELERİ.....	8
3.1. Tanımlar	8
3.2. Bağlama Sayısı Uygulaması.....	9
3.2. Ortalama Bağlama Sayısı Uygulaması.....	12
4. AĞIRLIKLİ BAĞLAMA SAYISI	15
4.1. Tanım.....	15
4.2. Ağırlıklı Bağlama Sayısı Kod Yapısı.....	16
4.3. Ağırlıklı Bağlama Sayısı Algoritma Uygulaması	18
5. AĞIRLIKLİ ORTALAMA BAĞLAMA SAYISI.....	21
5.1. Tanım.....	21
5.2. Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı Kod Yapısı	21
5.3. Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı Algoritma Uygulaması.....	24
6. ÇİZGELERDE ZEDELİNEBİLİRLİK HESAPLARI.....	27
6.1. Bağlama Sayısı ve Ağırlıklı Bağlama Sayısı Hesapları	27
6.2. Ortalama Bağlama Sayısı ve Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı Hesapları.....	31
6.1. Mevcut ve Yeni Tanımlanan Parametrelerin Karşılaştırılması	34
7. SONUÇ	43
KAYNAKLAR	47
ÖZGEÇMİŞ	48

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

G	Çizge
e	Bir çizgenin ayrıtı
v	Bir çizgenin tepesi
n	Bir G çizgesinin tepe sayısına bağlı seviyesi
$w(v)$	v tepesinin ağırlığı
$E(G)$	Bir çizgenin ayrıtlar kümesi
$V(G)$	Bir çizgenin tepeler kümesi
$deg(v)$	v tepesinin derecesi
$N(v)$	v tepesinin açık komşuluğu
$N[v]$	v tepesinin kapalı komşuluğu
$A(G)$	G çizgesi komşuluk matrisi
P_n	n tepeli yol çizge
C_n	n tepeli döngü çizge
$K_{1,n}$	$n + 1$ tepeli yıldız çizge
W_n	n tepeli tekerlek çizge
S	Kesim kümesi/Subversion
$ S $	Kesim kümesi eleman sayısı/Subversion stratejisinin eleman sayısı
S_i	Kesim kümesi/Subversion stratejisi iterasyonları
$w(S)$	Kesim kümesinin veya Subversion stratejisinin toplam ağırlığı
$N(S)$	Kesim kümesine komşu tepeler kümesi
$w(N)$	S kümesine komşu tepelerin ağırlıkları toplamı
$bind_v(G)$	G çizgesinin bağlama sayısı
$bind_{av}(G)$	G çizgesinin ortalama bağlama sayısı
$bind_{vw}(G)$	G çizgesinin ağırlıklı bağlama sayısı
$bind_{avw}(G)$	G çizgesinin ağırlıklı ortalama bağlama sayısı
DS_n	n adet çizge içeren veri seti

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Yol Çizge (P_7).....	6
Şekil 2.2. Döngü Çizge (C_6).....	6
Şekil 2.3. Yıldız Çizge ($K_{1,6}$).....	6
Şekil 2.4. Tekerlek Çizge (W_7).....	7
Şekil 3.2.1. G çizgesi	9
Şekil 4.3.1. Ağırlıklı G çizgesi.....	18



TABLO DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 3.2.1. G çizgesi için Bağlama Sayısı ($bind_v$) Hesaplaması	10
Tablo 3.3.1. G çizgesi için Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{av}$) Hesaplaması (S_1 , S_2 ve S_3 iterasyonları).....	12
Tablo 3.3.2. G çizgesi için Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{av}$) Hesaplaması (S_4 , S_5 ve S_6 iterasyonları).....	13
Tablo 4.3.1. G çizgesi için Ağırlıklı Bağlama Sayısı ($bind_{vw}$) Hesaplaması ...	19
Tablo 5.3.1. G çizgesi için Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{avw}$) Hesaplaması (S_1 , S_2 ve S_3 iterasyonları)	25
Tablo 5.3.2. G çizgesi için Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{avw}$) Hesaplaması (S_4 , S_5 ve S_6 iterasyonları)	25
Tablo 6.1.1. Data Set (DS ₉₆) için Bağlama Sayısı ($bind_v$) ve Ağırlıklı Bağlama Sayısı ($bind_{vw}$) Hesaplama Sonuçları	27
Tablo 6.2.1. Data Set (DS ₉₆) için Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{av}$) ve Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{avw}$) Hesaplama Sonuçları.....	31
Tablo 6.3.1. Data Set (DS ₉₆) için Ağırlıklı Bağlama Sayısı ($bind_{vw}$) ve Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{avw}$) Hesaplama Sonuçlarının Karşılaştırılması	35
Tablo 6.3.2. Data Set (DS ₉₆) için Bağlama Sayısı ($bind_v$), Ağırlıklı Bağlama Sayısı ($bind_{vw}$) ve Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{avw}$) Hesaplama Sonuçlarının Karşılaştırılması	38
Tablo 7.1. Data Set (DS ₉₆) içindeki rastgele ağırlıklı çizgelerin Bağlama Sayısı ($bind_v$), Ağırlıklı Bağlama Sayısı ($bind_{vw}$), Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{av}$) ve Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{avw}$) Hesaplama Sonuçlarının Karşılaştırılması	43

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimim boyunca bana destek olan, bilgi ve tecrübeleri ile yol gösteren danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ersin ASLAN'a ve çalışmanın tüm aşamalarında manevi desteklerini esirgemeyerek gerekli zamanı sağlayan eşim ve sevgili çocuklarıma yürekten teşekkür ederim.

Şevket KESER
Manisa, 2023



ÖZET
Yüksek Lisans Tezi
Çizgelerde Ağırlıklı Zedelenebilirlik Parametreleri
Şevket Keser
Celal Bayar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Yazılım Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Ersin ASLAN

Artan ve çeşitlenen gereksinimleri karşılayan sistemlerde, artan karmaşıklığın yönetilebilmesi amacıyla, kullanılan tasarım yaklaşımlarının başında bileşen tabanlı sistem tasarımı gelir. Bilgisayar ağları ve iletişim sistemleri bileşen tabanlı tasarlanmış sistemleridir. Bu sistemler bağlı ve birlikte çalışan bileşenlerden oluşur ve çizge teori ile modellenir. Bir bilgisayar veya iletişim ağında, bileşenlerin çeşitli etkilere maruziyeti sonucu oluşabilecek fonksiyon kayıpları zedelenme olarak tanımlanır. Bu ağların hayatımızdaki önemi dikkate alındığında, dayanıklılıklarının hesaplanabilmesi amacıyla zedelenmenin ölçümü önemli bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu tezde; çizgelerde zedelenebilirlik ölçümünün başarımını arttırmak amacıyla, çizgelerde mevcut tanımlı Bağlama Sayısı ($bind_v$), ile Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{av}$) parametreleri incelenerek, Ağırlıklı Bağlama Sayısı ($bind_{vw}$) ve Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{avw}$) olarak isimlendirdiğimiz iki yeni zedelenebilirlik ölçüm parametresi tanımlanmıştır. Yeni tanımlanan ve mevcut tanımlı parametrelerin hesaplamalarını yapan yazılım Python dili ile kodlanarak, yazılıma ait algoritma ve pseudo kod verilmiştir. Farklı tip çizgeler içeren Data Set (DS_6) için $bind_v$, $bind_{av}$, $bind_{vw}$ ile $bind_{avw}$ değerleri hesaplanarak, yeni tanımlanan ve mevcut parametrelerin başarımları, sonuçlar üzerinden değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çizge Teori, Zedelenebilirlik, Zedelenebilirlik Ölçümü, Bağlama Sayısı, Ağırlıklı Bağlama Sayısı, Ortalama Bağlama Sayısı, Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı

2023, 48 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

Weighted Vulnerability Parameters in Graphs

Şevket Keser

Celal Bayar University

Graduate School of Applied and Natural Sciences

Department of Software Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ersin ASLAN

Component-based system design comes first among the design approaches used in order to manage the increasing complexity in systems that meet increasing and diversifying requirements. Computer networks and communication systems are component-based designed systems. These systems consist of connected and interoperable components and can be modeled by graph theory. In a computer or communication network, functional losses that may occur as a result of the exposure of components to various effects are defined as vulnerability. Considering the importance of these networks in our lives, the measurement of vulnerability in order to calculate their durability emerges as an important problem.

In this thesis; In order to increase the performance of the vulnerability measurement in the graphs, two new vulnerability measurement parameters, which we named as Weighted Binding Number ($bind_{vw}$) and Weighted Average Binding Number ($bind_{avw}$), were defined by examining the currently defined Binding Number ($bind_v$) and Average Binding Number ($bind_{av}$) parameters in the graphs. The software that calculates the newly defined and existing defined parameters is coded with Python language, and the algorithm and pseudo code of the software are given. $bind_v$, $bind_{av}$, $bind_{vw}$ and $bind_{avw}$ values were calculated for the Data Set (DS_{96}), which includes different types of graphs, and the performances of the newly defined and existing parameters were evaluated based on the results.

Keywords: Graph Theory, Vulnerability, Vulnerability Measurement, Binding Number, Average Binding Number, Weighted Binding Number, Weighted Average Binding Number

2023, 48 pages

1. GİRİŞ

Tarih boyunca insanlar; ihtiyaçları doğrultusunda yaşadıkları problemleri çözen, istediklerini gerçekleştiren yapılar icat etme arayışında olmuşlardır. Bu arayış sonucunda; istedikleri işi yapan sistemler tasarlamışlardır. Yaşadığımız dünyada, günlük hayatın normal şekilde devam edebilmesi, farklı sistemlerin düzgün çalışmasına bağımlı hale gelmiştir. Bu sistemlere örnek olarak elektrik şebekeleri, ulaşım sistemleri, su/atık su şebekeleri ve bilgi iletişim sistemleri vb. verilebilir. Yukarıda örneği verilen sistemlerin günlük hayattaki yeri değerlendirdiğinde önemi açıktır.

İhtiyaç ve isteklerimizin sağlanması amacıyla tasarlanan sistemlerle ilgili olarak; çözülmesi gereken problemler zorlaştıkça sistemlerin karmaşıklığı artar. Bir başka ifadeyle; karmaşık ve zor problemler karmaşık sistemler gerektirir. W.Ross Ashby 1956 yılında keşfettiği *Zorunlu Çeşitlilik Yasası* ile bu durumu aşağıdaki şekilde ifade etmiştir. “*Çeşitlilikle, ancak en az ona eşit miktarda karşıt çeşitlilik ile baş edilebilir.*” [1] Karşıt çeşitliliğin neden olduğu karmaşıklığın sistemin kendisinden beklenen fonksiyonları tam olarak yerine getirilebilmesi için yönetilmesi gerekir. Karmaşık sistemler; yönetilebilir, sürdürülebilir, güvenilir, emniyetli, yüksek erişilebilir vb. niteliklerine sahip olacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu tasarım gereklilikleri doğrultusunda ve sistem karmaşıklığı ile baş edebilmek amacıyla farklı sistem tasarım yaklaşımları mevcuttur. Bu yaklaşımlardan en yaygını ise sistemlerin, iş birliği içerisinde çalışan alt sistemler / bileşenler şeklinde tasarlanmasıdır. Bileşen tabanlı sistem tasarımı olarak da tanımlanan bu yöntemde, her bir alt sistemin/bileşenin fonksiyonu farklıdır. İş birliği içerisinde hareket eden alt sistemlerin oluşturduğu sistemin fonksiyonları ise alt sistemlerin fonksiyonlarından farklıdır. Bu noktada; alt sistemlerin birleşiminden oluşan sistemin, kendisini oluşturan alt sistemlerden farklı bir yapı olduğunun vurgulanması önemlidir.

Yukarıda tanımlanan ve günlük rutinlerimizde her geçen gün daha fazla yer kaplayan karmaşık sistemlerin başında işlenmemiş verinin ve işlenmiş bilginin taşındığı bilgi ve iletişim sistemleri gelir. Bu sistemlere, cep telefonu şebekeleri, bilgisayar ağları, IoT ağları ve internet örnek olarak verilebilir. İnternetin günlük hayatımızdaki yeri gün geçtikçe artmaktadır. Günümüzde bankacılık işlemleri,

finansal alım satım işlemleri, e-devlet işlemleri, ödeme işlemleri, sosyal ağlar ve eğlence gibi daha birçok operasyon internet sayesinde gerçekleştirilebilmektedir. Sayılan bu işlemlerin barındırdığı karmaşıklık internet ağı tarafından karşılanmakta ve yönetilmektedir. Söz konusu yönetiminin gerçekleştirilebilmesi için internet birlikte çalışan alt sistemler şeklinde tasarlanmıştır.

Sistem, çalışması esnasında çeşitli iç ve dış nedenlerden kaynaklı etkilere maruz kalabilir. Bu maruziyet, sistemi çeşitli boyutlarda ekiler ve ortaya çıkan etki, çeşitli seviyelerde fonksiyon kayıplarına neden olabilir. Sistemde iç ve dış kaynaklı nedenlerle oluşabilecek fonksiyon kayıpları **zedelenme** olarak tanımlanır. Aynı anda bir veya birden fazla sistem bileşeni zedelenebilir. Zedelenmenin gerçekleştiği sistem bileşenleri ilişkili diğer sistem bileşenlerini de etkileyebilir. Bu durumda ilişkili sistem bileşenleri de zedelenebilir. Bu durum **zedelenmenin yayılımı** olarak tanımlanabilir. Sistemlerin günlük hayatımızdaki rolü dikkate alındığında zedelenmenin hesaplanabilmesi önemli bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Sistem zedelenmesi hesaplanabilir hale geldiğinde, zedelenme sonucunda oluşabilecek kayıplar önceden kestirilebilir ve oluşacak zararı en aza indirmek için gerekli önlemler alınabilir. Bu sayede zedelenmenin neden olduğu zararlar asgari seviyeye indirilebilir. Zedelenmenin ölçümü, mevcut çalışan sistemler için bu açıdan önemlidir. Zedelenmenin ölçümü yeni inşa edilecek sistemler açısından da önemlidir. Sistem tasarımı aşamasında zedelenme ölçümünün daha doğru yapılmasıyla, tasarım kararları değiştirilebilir ve böylece sistem tasarım aşamasında zedelenmeye daha dayanıklı şekilde tasarlanır. Böylece zedelenme sonucu oluşabilecek kayıplar, sistem tasarımı aşamasında engellenmiş olur. Gerçekleştirimi başlamış ya da çalışan sistemlerde değişiklik yapılmasının maliyetleri göz önüne alındığında, zedelenebilirlik ölçümü sonucu gerekli değişikliklerin tasarım aşamasında yapılması ciddi maliyet avantajı sağlar.

Ulusal veya yerel baza elektrik şebekesinde, çeşitli nedenlerden kaynaklı zedelenme ciddi üretim ve verimlilik kayıplarına neden olur. Ulaşım sistemlerinde farklı nedenlerden kaynaklı zedelenme, seferlerin aksamasına, maddi kayıplara çok daha önemlisi can kaybıyla sonuçlanacak kazalara neden olabilir. Bir şehrin su/atık su şebekesinde meydana gelebilecek zedelenme çok farklı boyutlarda zararlara neden olabilir. Küresel veya ulusal internet ağında farklı nedenlerle ve farklı boyutlarda

meydana gelen zedelenme kestirilmesi zor kayıplara neden olabilir. İş yaşamında kullandığımız bilgisayar ağlarında meydana gelebilecek zedelenme ciddi verimlilik kayıplarına neden olabilir. Örneğin iş yeri ağına bulaşan solucan tipindeki virüs ağda yalnızca bulaştığı makineyi etkilemez, kontrolsüz olarak yayılır ve bulaştırıcı makineye bağlı diğer uç birimleri ve sunucuları da etkileyebilir. Bu durum zedelenmenin yayılmasına örnek olarak verilebilir. Etkilenme sonucunda ağdaki belirli bir makine veya sunucu grubu servis dışı kalabilir. Bu da sistem bazında fonksiyon kayıplarına neden olabilir. Bir başka örnek vermek gerekirse; bir bilgisayar veya IoT ağına sızan saldırgan sızma işlemini gerçekleştirdiği düğüme bağlı diğer cihazlara da sızabilir. Böylece zedelenen düğüme bağlı diğer düğümler de zedelenmeye maruz kalabilir. Bu durumda zedelenme sistem içerisinde yayılır ve çeşitli seviyelerde fonksiyon kayıpları ortaya çıkabilir. Bilgisayar ağları açısından bakıldığında “zedelenebilirlik, bir ağın iletişimi sonlanana kadar gösterdiği dayanma gücünün ölçümüdür”.[2]

Yukarıda verilen örneklerden anlaşılacağı üzere, sistemler iç ve dış etkenlerden kaynaklı nedenlerle zedelenebilirler. Zedelenme sonucu sistem tasarımından kaynaklı nedenlerle, zedelenme yayılabilir. Bu durumda sistemde çeşitli seviyelerde fonksiyon kayıpları meydana gelebilir, sistem kısmen veya tamamen işlevselliğini yitirebilir. Sistem işlevselliğinin yitimi kaynaklı çeşitli boyutlarda kayıplar yaşanabilir. Mevcut çalışan sistemlerde söz konusu kayıpların önüne geçmek, daha sistem tasarımı esnasında olası kayıpların önlenmesi amacıyla zedelenebilirliğin ölçümünü gerçekleştirmek, araştırılması gereken önemli bir problem haline gelmektedir.

Sistem zedelenmesinin ölçülebilmesi ve ardından hesaplanabilmesi için problem öncelikle matematiksel zemine oturtulmalıdır. Bu amaç doğrultusunda sistemlerin tasarım yapıları dikkate alındığında, genellikle birbiriyle uyumlu çalışan, bağlı alt bileşenlerden oluştuğu ve alt bileşenlerin farklı önemlere sahip olduğu görülmektedir. Söz konusu bu yapı çizge teori kullanılarak modellenebilir ve böylece problem matematiksel bir zemine oturtulmuş olur.

“Basitçe bir çizge, tepe olarak adlandırılan noktalar ve bu noktaları birleştiren ayrıtlardan oluşan ve geometrik bilgi vermeyip, sadece tepeler arasındaki ilişkiyi gösteren çizgiler topluluğudur” [3]. çizge teori kullanılarak modellenilecek

sistemlerin başında Bilgi ve İletişim ağları gelir. Özellikle bilgisayar ağları incelendiğinde; ağların birbirine bağlı, farklı önem derecelerine sahip düğümlerden meydana geldiği görülür. Bilgisayar ağları çizge teori ile modellendiğinde; ağ düğümleri tepelere (vertex), düğümlerin önem dereceleri ağırlıklara, düğümler arası bağlantılar ise hatlara karşılık gelir. Bağlı ağ bileşenleri arasındaki ilişki komşuluk kavramıyla, bağlantısız ağ bileşenleri ise izole tepe kavramına karşılık gelir. Benzer şekilde bir şehrin elektrik şebekesi, su/atık su sistemi veya ulaşım sistemini modellemek mümkündür. Modelleme sonucu zedelenebilirlik ölçümleri yapılabilir hale gelir. Böylece ağın zedelenmeye karşı dayanıklılığı hesaplanabilir.

Çizge teoride zedelenebilirlik ölçümünü gerçekleştirmek için çeşitli zedelenebilirlik ölçüm parametreleri bulunmaktadır. Bunlardan başlıcaları; “bağlantılılık sayısı (connectivity)” [4], “mukavemet (tenacity)” [5,6], “saçılım sayısı (scattering number)” [7] ve “kopma derecesidir (rupture degree)” [8].

Çalışmamızda, çizgelerde tanımlı mevcut zedelenebilirlik parametrelerinden, **Bağlama Sayısı** ($bind_v$) ve **Ortalama Bağlama Sayısı** ($bind_{av}$) incelenmiştir. İncelenen iki parametre tanımları gereği ağırlıklı çizgelerde zedelenebilirlik ölçümü yapamamaktadır. Tezde, ağırlıklı çizgelerde zedelenebilirlik ölçümü probleminin çözümüne katkıda bulunmak amacıyla, **Ağırlıklı Bağlama Sayısı** ($bind_{vw}$) ve **Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı** ($bind_{avw}$) olarak adlandırdığımız iki adet yeni zedelenebilirlik ölçüm parametresi tanımlanmıştır. Tanımlanan iki yeni parametrenin ($bind_{vw} - bind_{avw}$) hesaplamasını gerçekleştiren program Python dili kullanarak yazılmıştır. Yazılan program ile; dört farklı tipteki (Yol, Döngü, Yıldız, Tekerlek), farklı tepe sayılarına sahip (5, 6, 10, 11, 20, 22) ve farklı ağırlıklardaki ($[1, \dots, 1]$, $[10, \dots, 10]$, $[10, 20, \dots, 10*n]$, $rand(1,100)$) toplam 96 adet çizgenin $bind_v$, $bind_{av}$, $bind_{vw}$, ile $bind_{avw}$ değerleri hesaplanmış ve sonuçlar incelenmiştir.

2. GENEL TANIMLAR

Bu bölümde tezde kullanılan kavramlarla ilgili tanımlar verilmiştir.

Tanım 2.1. [9] Sayılabilir tepeler kümesi V , ayrıtlar kümesi E olmak üzere, $G=(V,E)$ sıralı ikilisine çizge adı verilir. G çizgesinden seçilen herhangi iki u ve v tepeleri birbiriyle ilişkili (bitişik) ise yani aralarında e ayrıtı barındırıyorsa, bu ilişki $e = (u, v)$ ile gösterilir.

Çizgelerde tepelerin birbirleriyle ilişkileri izole ve komşuluk kavramlarıyla tanımlanır. İzole ve komşuluk kavramlarının tanımları aşağıda verilmiştir.

Tanım 2.2. [10] Bir G çizgesinde $V(G)$ tepeler kümesi, $E(G)$ ayrıtlar kümesi, $deg(v)$ v tepesinin derecesi olmak üzere

$$N(v) = \{u, v \in V(G) | u \neq v; u \text{ ile } v \text{ komşu}\}$$

kümesine v tepesinin açık komşuluğu ve $N[v]=N(v) \cup \{v\}$ kümesine v tepesinin kapalı komşuluğu denir. Komşusu bulunmayan v tepesinin derecesi 0 ($deg(v)=0$) olur ve izole tepe olarak adlandırılır.

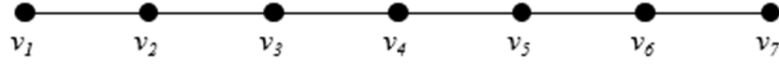
Tanım 2.3.[11] $A(G) = (V, E)$ bir çizge olmak üzere

$$A(G) = (a_{i,j}) = \begin{cases} 1, & i \sim j \\ 0, & d.d. \end{cases}$$

biçiminde tanımlı $A(G)$ matrisine çizgenin *komşuluk matrisi* denir.

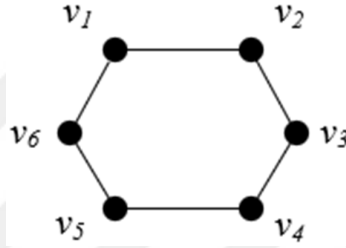
Tanım 2.4.[12] Herhangi bir G çizgesinin bir v tepesine bağlı ayrıtlarının sayısına, v tepenin derecesi denir ve $deg(v)$ ile gösterilir. Bir tepenin derecesi sıfır ise o tepeye izole tepe denir.

Tanım 2.5.[13] Başlangıç ve bitiş tepeleri tek dereceli olup diğer tepeleri iki dereceli olan çizgeye yol çizge (path graph) denir ve n bir tam sayı olmak üzere P_n şeklinde gösterilir. Şekil 2.1’de P_7 yol çizgesi gösterilmiştir.



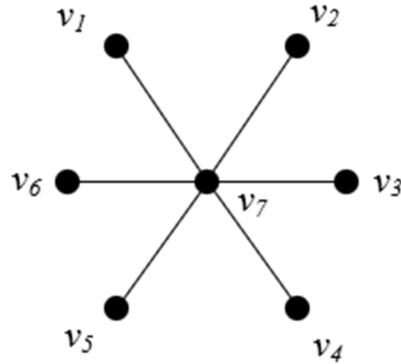
Şekil 2.1. Yol Çizge (P_7)

Tanım 2.6. [14] Sadece bir adet döngüden oluşan çizgeye döngü çizge (Cycle) denir. Çizgenin içerdiği nokta sayısı n ise C_n ile gösterilir. Şekil 2.2’de C_6 döngü çizgesi gösterilmiştir.



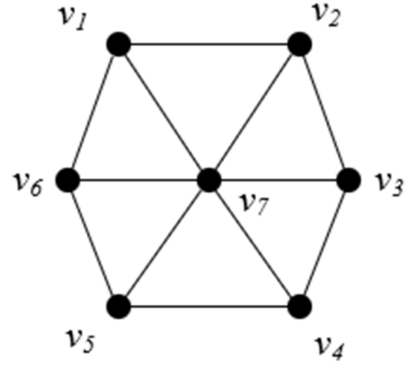
Şekil 2.2. Döngü Çizge (C_6)

Tanım 2.7.[12] $n+1$ tepeli bir çizgenin n tane tepesinin derecesi bir ve merkezindeki tepesinin derecesi n olmak üzere $n+1$ tepeli çizgeye yıldız (star) çizge denir ve $K_{1,n}$ ile gösterilir. Şekil 2.3’de $K_{1,6}$ yıldız çizgesi gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Yıldız Çizge ($K_{1,6}$)

Tanım 2.8. [4] Bir C_{n-1} döngü çizgeye yeni bir tepe eklenmesiyle yani C_{n-1} çizgesindeki her tepenin bu yeni tepe ile birleştirilmesiyle oluşan yeni çizgeye n tepeli tekerlek (wheel) çizge denir ve W_n ile gösterilir. Şekil 2.4’de W_7 tekerlek çizgesi gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Tekerlek Çizge (W_7)

3. ÇİZGELERDE BAĞLAMA SAYISI PARAMETRELERİ

Bu bölümde çizgelerde tanımlı mevcut zedelenebilirlik ölçüm parametrelerinden Bağlama Sayısı ($bind_v$) ile Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{av}$)'nın tanımları verilerek, parametreler birer uygulama ile açıklanmıştır.

3.1. Tanımlar

Tanım 3.1.1. [15] Bağlantılı bir G çizgesinde v : G çizgesindeki herhangi bir tepe ve $V(G)$: G çizgesi tepe kümesi olmak üzere **Bağlama Sayısı** (Binding Number), $bind_v(G)$ ile gösterilir ve aşağıdaki şekilde tanımlanır;

$$bind_v(G) = \min_{S \in F(G)} \left\{ \frac{|N(S)|}{|S|} \right\}$$

S : çizgeden kesilen tepe kümesini, $|S|$: Çizgeden kesilen tepe kümesi eleman sayısını, $N(S)$: çizgeden kesilen tepelere komşu tepeler kümesini, $|N(S)|$: Çizgeden kesilen tepelere komşu tepeler kümesi eleman sayısını ve $F(G) = \{ S \subseteq V(G) \mid S \neq \emptyset, N(S) \neq V(G) \}$: $F(G)$ şartını ifade eder.

G çizgesi için, bağlama sayısı ($bind_v$) hesaplanmasında; $F(G)$ şartının sağlanması koşuluyla, kesilen tepelere komşu tepeler kümesinin eleman sayısının ($|N(S)|$), kesim kümesi eleman sayısına ($|S|$) oranında minimum aranır. Minimum için; $|S|$ 'in en fazla, $|N(S)|$ 'in ise en az olması gereklidir. Aranan minimum değeri G çizgesinin tepeler arası bağlantı şekliyle ilintilidir. S kesim kümesi, sistemin zedelenmesi sonucu işlevini yitiren bileşenleri temsil eder. $N(S)$ kümesi ise zedelenme sonunu sistemde işlevini yitiren tepe veya tepelere komşu tepe veya tepeleri temsil eder. Kesim stratejisi sonucu çizge üç parçaya ayrılır. Bunlar, S kesim kümesi, $N(S)$, komşu tepeler kümesi ve $O(N)$, $N(S)$ 'e komşu veya izole tepeler kümesidir. Kesim stratejisi sonucu G çizgesi aşağıdaki şekilde gösterilir.

$$G = S \cup N(S) \cup O(N)$$

Tanım 3.1.2.[15] Bağlantılı bir G çizgesinde v : G çizgesindeki herhangi bir tepe ve $V(G)$: G çizgesi tepe kümesi olmak üzere **Ortalama Bağlama Sayısı** (Average Binding Number) $bind_{av}(G)$ ile gösterilir ve aşağıdaki şekilde tanımlanır;

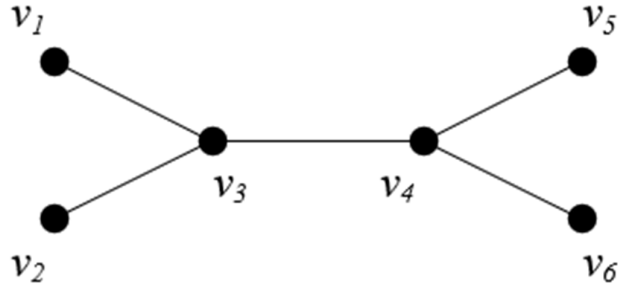
$$bind_{av}(G) = \frac{1}{n} \sum_{v \in V(G)} bind_v(G)$$

$n = |V(G)|$: G çizgesindeki tepe sayısı, $bind_v(G)$: G çizgesi bağlama sayısı ve $v \in V(G)$: şartını ifade eder.

3.2. Bağlama Sayısı Uygulaması

Bağlama Sayısı ($bind_v$) hesaplaması aşağıda, verilen örnek uygulama ile açıklanmıştır.

Örnek 3.2.1. Aşağıdaki şekilde verilen 6 tepeli G çizgesinin bağlama sayısını ($bind_v$) hesaplayalım.



Şekil 3.2.1. G çizgesi.

n : G çizgesi tepe sayısı olmak üzere, $n = 6$ ($|V(G)| = 6$) tepeli G çizgesinde, zedelenmeye karşılık gelen tepe subversion stratejisi iterasyonları (S_i), öz alt küme sayısı ile hesaplanır. $S_i = 2^6 - 2 = 62$ olarak bulunur. Ardından S_i kesim iterasyonları G çizgesine uygulanır ve her S_i için $bind_v$ değeri hesaplanır. Hesaplanan $bind_v$ değerleri içerisinde S_7 , S_{21} ve S_{47} kesim iterasyonları minimum değer olan 0,5'i sağlar.

S_i : kesim iterasyonları, bağımsız değişken sütünü ve $N(S)$, $|N(S)|/|S|$, $bind_v$, $F(G)$ şartı bağımlı değişken sütunları olmak üzere, sonuçlar aşağıda verilen Tablo 3.2.1'de

gösterilmiştir. Tablodan görüleceği üzere, $F(G)$ şartını sağlamayan kesim iterasyonları hesaplamaya dahil edilmemiştir.

Tablo 3.2.1. G çizgesi için *Bağlama Sayısı* ($bind_v$) Hesaplaması

S_i	$N(S)$	$ N(S) / S $	$bind_v$	$F(G)$
$S_1 = \{1\}$	$\{3\}$	1 / 1	1.00	$ N < V(G) $
$S_2 = \{2\}$	$\{3\}$	1 / 1	1.00	$ N < V(G) $
$S_3 = \{3\}$	$\{1, 2, 4\}$	3 / 1	3.00	$ N < V(G) $
$S_4 = \{4\}$	$\{3, 5, 6\}$	3 / 1	3.00	$ N < V(G) $
$S_5 = \{5\}$	$\{4\}$	1 / 1	1.00	$ N < V(G) $
$S_6 = \{6\}$	$\{4\}$	1 / 1	1.00	$ N < V(G) $
$S_7 = \{1, 2\}$	$\{3\}$	1 / 2	0.50	$N < V(G)$
$S_8 = \{1, 3\}$	$\{3, 1, 2, 4\}$	4 / 2	2.00	$ N < V(G) $
$S_9 = \{1, 4\}$	$\{3, 5, 6\}$	3 / 2	1.50	$ N < V(G) $
$S_{10} = \{1, 5\}$	$\{3, 4\}$	2 / 2	1.00	$ N < V(G) $
$S_{11} = \{1, 6\}$	$\{3, 4\}$	2 / 2	1.00	$ N < V(G) $
$S_{12} = \{2, 3\}$	$\{3, 1, 2, 4\}$	4 / 2	2.00	$ N < V(G) $
$S_{13} = \{2, 4\}$	$\{3, 5, 6\}$	3 / 2	1.50	$ N < V(G) $
$S_{14} = \{2, 5\}$	$\{3, 4\}$	2 / 2	1.00	$ N < V(G) $
$S_{15} = \{2, 6\}$	$\{3, 4\}$	2 / 2	1.00	$ N < V(G) $
$S_{16} = \{3, 4\}$	$\{1, 2, 4, 3, 5, 6\}$	-	-	$ N = V(G) $
$S_{17} = \{3, 5\}$	$\{1, 2, 4\}$	3 / 2	1.50	$ N < V(G) $
$S_{18} = \{3, 6\}$	$\{1, 2, 4\}$	3 / 2	1.50	$ N < V(G) $
$S_{19} = \{4, 5\}$	$\{3, 5, 6, 4\}$	4 / 2	2.00	$ N < V(G) $
$S_{20} = \{4, 6\}$	$\{3, 5, 6, 4\}$	4 / 2	2.00	$ N < V(G) $
$S_{21} = \{5, 6\}$	$\{4\}$	1 / 2	0.50	$N < V(G)$
$S_{22} = \{1, 2, 3\}$	$\{3, 1, 2, 4\}$	4 / 3	1.33	$ N < V(G) $
$S_{23} = \{1, 2, 4\}$	$\{3, 5, 6\}$	3 / 3	1.00	$ N < V(G) $
$S_{24} = \{1, 2, 5\}$	$\{3, 4\}$	2 / 3	0.67	$ N < V(G) $
$S_{25} = \{1, 2, 6\}$	$\{3, 4\}$	2 / 3	0.67	$ N < V(G) $
$S_{26} = \{1, 3, 4\}$	$\{3, 1, 2, 4, 5, 6\}$	-	-	$ N = V(G) $
$S_{27} = \{1, 3, 5\}$	$\{3, 1, 2, 4\}$	4 / 3	1.33	$ N < V(G) $
$S_{28} = \{1, 3, 6\}$	$\{3, 1, 2, 4\}$	4 / 3	1.33	$ N < V(G) $
$S_{28} = \{1, 4, 5\}$	$\{3, 5, 6, 4\}$	4 / 3	1.33	$ N < V(G) $
$S_{30} = \{1, 4, 6\}$	$\{3, 5, 6, 4\}$	4 / 3	1.33	$ N < V(G) $
$S_{31} = \{1, 5, 6\}$	$\{3, 4\}$	2 / 3	0.67	$ N < V(G) $
$S_{32} = \{2, 3, 4\}$	$\{3, 1, 2, 4, 5, 6\}$	-	-	$ N = V(G) $
$S_{33} = \{2, 3, 5\}$	$\{3, 1, 2, 4\}$	4 / 3	1.33	$ N < V(G) $
$S_{34} = \{2, 3, 6\}$	$\{3, 1, 2, 4\}$	4 / 3	1.33	$ N < V(G) $
$S_{35} = \{2, 4, 5\}$	$\{3, 5, 6, 4\}$	4 / 3	1.33	$ N < V(G) $
$S_{36} = \{2, 4, 6\}$	$\{3, 5, 6, 4\}$	4 / 3	1.33	$ N < V(G) $
$S_{37} = \{2, 5, 6\}$	$\{3, 4\}$	2 / 3	0.67	$ N < V(G) $
$S_{38} = \{3, 4, 5\}$	$\{1, 2, 4, 3, 5, 6\}$	-	-	$ N = V(G) $
$S_{39} = \{3, 4, 6\}$	$\{1, 2, 4, 3, 5, 6\}$	-	-	$ N = V(G) $

$S_{40} = \{3, 5, 6\}$	$\{1, 2, 4\}$	3 / 3	1.00	$ N < V(G) $
$S_{41} = \{4, 5, 6\}$	$\{3, 5, 6, 4\}$	4 / 3	1.33	$ N < V(G) $
$S_{42} = \{1, 2, 3, 4\}$	$\{3, 1, 2, 4, 5, 6\}$	-	-	$ N = V(G) $
$S_{43} = \{1, 2, 3, 5\}$	$\{3, 1, 2, 4\}$	4 / 4	1.00	$ N < V(G) $
$S_{44} = \{1, 2, 3, 6\}$	$\{3, 1, 2, 4\}$	4 / 4	1.00	$ N < V(G) $
$S_{45} = \{1, 2, 4, 5\}$	$\{3, 5, 6, 4\}$	4 / 4	1.00	$ N < V(G) $
$S_{46} = \{1, 2, 4, 6\}$	$\{3, 5, 6, 4\}$	4 / 4	1.00	$ N < V(G) $
$S_{47} = \{1, 2, 5, 6\}$	$\{3, 4\}$	2 / 4	0.50	$ N < V(G) $
$S_{48} = \{1, 3, 4, 5\}$	$\{3, 1, 2, 4, 5, 6\}$	-	-	$ N = V(G) $
$S_{49} = \{1, 3, 4, 6\}$	$\{3, 1, 2, 4, 5, 6\}$	-	-	$ N = V(G) $
$S_{50} = \{1, 3, 5, 6\}$	$\{3, 1, 2, 4\}$	4 / 4	1.00	$ N < V(G) $
$S_{51} = \{1, 4, 5, 6\}$	$\{3, 5, 6, 4\}$	4 / 4	1.00	$ N < V(G) $
$S_{52} = \{2, 3, 4, 5\}$	$\{3, 1, 2, 4, 5, 6\}$	-	-	$ N = V(G) $
$S_{53} = \{2, 3, 4, 6\}$	$\{3, 1, 2, 4, 5, 6\}$	-	-	$ N = V(G) $
$S_{54} = \{2, 3, 5, 6\}$	$\{3, 1, 2, 4\}$	4 / 4	1.00	$ N < V(G) $
$S_{55} = \{2, 4, 5, 6\}$	$\{3, 5, 6, 4\}$	4 / 4	1.00	$ N < V(G) $
$S_{56} = \{3, 4, 5, 6\}$	$\{1, 2, 4, 3, 5, 6\}$	-	-	$ N = V(G) $
$S_{57} = \{1, 2, 3, 4, 5\}$	$\{3, 1, 2, 4, 5, 6\}$	-	-	$ N = V(G) $
$S_{58} = \{1, 2, 3, 4, 6\}$	$\{3, 1, 2, 4, 5, 6\}$	-	-	$ N = V(G) $
$S_{69} = \{1, 2, 3, 5, 6\}$	$\{3, 1, 2, 4\}$	4 / 5	0.80	$ N < V(G) $
$S_{60} = \{1, 2, 4, 5, 6\}$	$\{3, 5, 6, 4\}$	4 / 5	0.80	$ N < V(G) $
$S_{61} = \{1, 3, 4, 5, 6\}$	$\{3, 1, 2, 4, 5, 6\}$	-	-	$ N = V(G) $
$S_{62} = \{2, 3, 4, 5, 6\}$	$\{3, 1, 2, 4, 5, 6\}$	-	-	$ N = V(G) $

Sonuç olarak, Şekil 3.2.1’de verilen G çizgesi için bağlama sayısı ($bind_v$) tanımdan hareketle

$$bind_v(G) = \min_{S \in F(G)} \left\{ \begin{array}{l} 1.00, 1.00, 3.00, 3.00, 1.00, 1.00, 0.50, 2.00, 1.50, \\ 1.00, 1.00, 2.00, 1.50, 1.00, 1.00, \emptyset, 1.50, 1.50, \\ 2.00, 2.00, 0.50, 1.33, 1.00, 0.67, 0.67, \emptyset, 1.33, \\ 1.33, 1.33, 1.33, 0.67, \emptyset, 1.33, 1.33, 1.33, 1.33, \\ 0.67, \emptyset, \emptyset, 1.00, 1.33, \emptyset, 1.00, 1.00, 1.00, 1.00, \\ 0.50, \emptyset, \emptyset, 1.00, 1.00, \emptyset, \emptyset, 1.00, 1.00, \emptyset, \emptyset, \\ \emptyset, 0.80, 0.80, \emptyset, \emptyset \end{array} \right\} = 0.50$$

olarak bulunur.

Hesaplanan sonuçlardan gözlemlendiği üzere, Bağlama Sayısı ($bind_v$) parametresinde, tepe ağırlıklarının dikkate alınmaması nedeniyle, parametrenin ağırlıklı çizgeler için sağlıklı ölçüm yapamayacağı açıktır. Bu nedenle ağırlıklı çizgelerde Bağlama Sayısı ($bind_v$) hesabının yapılabilmesi için parametrenin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu amaç doğrultusunda tanımladığımız Ağırlıklı Bağlama Sayısı ($bind_{vw}$) parametresi bir sonraki bölümde verilmiştir.

3.3. Ortalama Bağlama Sayısı Uygulaması

Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{av}$) hesaplaması aşağıda verilen örnek uygulama ile açıklanmıştır.

Örnek 3.3.1. Şekil 3.2.1’de verilen 6 tepeli G çizgesinin ortalama bağlama sayısını ($bind_{av}$) hesaplayalım.

Tanımdan hareketle, içerisinde 1, 2, 3, 4, 5 ve 6’nolu tepelerin bulunduğu her kesim iterasyonu için $bind_1$, $bind_2$, $bind_3$, $bind_4$, $bind_5$ ve $bind_6$, değerleri hesaplanır ve hesaplanan değerler toplanarak çizge tepe sayısına bölünür. Bu noktada $bind_v$ tanımı gereği, her tepe subversion stratejisi için minimum olan değer $bind_v$ değeri olarak alındığına dikkat edilmelidir. Hesaplama adımları aşağıdaki tablolarda (Tablo 3.3.1 ve Tablo 3.3.2) gösterilmiştir. Her tepe subversion stratejisi için bulunan $bind_v$ değerleri tablolarda belirtilmiştir.

Tablo 3.3.1. G çizgesi için Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{av}$) Hesaplaması (S_1 , S_2 ve S_3 iterasyonları)

S_1	$bind_1$	S_2	$bind_2$	S_3	$bind_3$
{1}	1.00	{2}	1.00	{3}	3.00
{1, 2}	0.50	{1, 2}	0.50	{1, 3}	2.00
{1, 3}	2.00	{2, 3}	2.00	{2, 3}	2.00
{1, 4}	1.50	{2, 4}	1.50	{3, 5}	1.50
{1, 5}	1.00	{2, 5}	1.00	{3, 6}	1.50
{1, 6}	1.00	{2, 6}	1.00	{1, 2, 3}	1.33
{1, 2, 3}	1.33	{1, 2, 3}	1.33	{1, 3, 5}	1.33
{1, 2, 4}	1.00	{1, 2, 4}	1.00	{1, 3, 6}	1.33
{1, 2, 5}	0.67	{1, 2, 5}	0.67	{2, 3, 5}	1.33
{1, 2, 6}	0.67	{1, 2, 6}	0.67	{2, 3, 6}	1.33
{1, 3, 5}	1.33	{2, 3, 5}	1.33	{3, 5, 6}	1.00
{1, 3, 6}	1.33	{2, 3, 6}	1.33	{1, 2, 3, 5}	1.00
{1, 4, 5}	1.33	{2, 4, 5}	1.33	{1, 2, 3, 6}	1.00
{1, 4, 6}	1.33	{2, 4, 6}	1.33	{1, 3, 5, 6}	1.00
{1, 5, 6}	0.67	{2, 5, 6}	0.67	{2, 3, 5, 6}	1.00
{1, 2, 3, 5}	1.00	{1, 2, 3, 5}	1.00	{1, 2, 3, 5, 6}	0.80
{1, 2, 3, 6}	1.00	{1, 2, 3, 6}	1.00		
{1, 2, 4, 5}	1.00	{1, 2, 4, 5}	1.00		
{1, 2, 4, 6}	1.00	{1, 2, 4, 6}	1.00		
{1, 2, 5, 6}	0.50	{1, 2, 5, 6}	0.50		
{1, 3, 5, 6}	1.00	{2, 3, 5, 6}	1.00		

{1, 4, 5, 6}	1.00	{2, 4, 5, 6}	1.00
{1, 2, 3, 5, 6}	0.80	{1, 2, 3, 5, 6}	0.80
{1, 2, 4, 5, 6}	0.80	{1, 2, 4, 5, 6}	0.80

Tablo 3.3.2. G çizgesi için Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{av}$) Hesaplaması (S_4 , S_5 ve S_6 iterasyonları)

S_4	$bind_4$	S_5	$bind_5$	S_6	$bind_6$
{4}	3.00	{5}	1.00	{6}	1.00
{1, 4}	1.50	{1, 5}	1.00	{1, 6}	1.00
{2, 4}	1.50	{2, 5}	1.00	{2, 6}	1.00
{4, 5}	2.00	{3, 5}	1.50	{3, 6}	1.50
{4, 6}	2.00	{4, 5}	2.00	{4, 6}	2.00
{1, 2, 4}	1.00	{5, 6}	0.50	{5, 6}	0.50
{1, 4, 5}	1.33	{1, 2, 5}	0.67	{1, 2, 6}	0.67
{1, 4, 6}	1.33	{1, 3, 5}	1.33	{1, 3, 6}	1.33
{2, 4, 5}	1.33	{1, 4, 5}	1.33	{1, 4, 6}	1.33
{2, 4, 6}	1.33	{1, 5, 6}	0.67	{1, 5, 6}	0.67
{4, 5, 6}	1.33	{2, 3, 5}	1.33	{2, 3, 6}	1.33
{1, 2, 4, 5}	1.00	{2, 4, 5}	1.33	{2, 4, 6}	1.33
{1, 2, 4, 6}	1.00	{2, 5, 6}	0.67	{2, 5, 6}	0.67
{1, 4, 5, 6}	1.00	{3, 5, 6}	1.00	{3, 5, 6}	1.00
{2, 4, 5, 6}	1.00	{4, 5, 6}	1.33	{4, 5, 6}	1.33
{1, 2, 4, 5, 6}	0.80	{1, 2, 3, 5}	1.00	{1, 2, 3, 6}	1.00
		{1, 2, 4, 5}	1.00	{1, 2, 4, 6}	1.00
		{1, 2, 5, 6}	0.50	{1, 2, 5, 6}	0.50
		{1, 3, 5, 6}	1.00	{1, 3, 5, 6}	1.00
		{1, 4, 5, 6}	1.00	{1, 4, 5, 6}	1.00
		{2, 3, 5, 6}	1.00	{2, 3, 5, 6}	1.00
		{2, 4, 5, 6}	1.00	{2, 4, 5, 6}	1.00
		{1, 2, 3, 5, 6}	0.80	{1, 2, 3, 5, 6}	0.80
		{1, 2, 4, 5, 6}	0.80	{1, 2, 4, 5, 6}	0.80

Tablodaki sonuçlardan görüldüğü üzere; $bind_1=0.5$, $bind_2=0.5$, $bind_3=0.8$, $bind_4=0.8$, $bind_5=0.5$, $bind_6=0.5$ olarak bulunur. Tanımdaki formül doğrultusunda değerler yerine konulduğunda $bind_{av}$:

$$bind_{av}(G) = \frac{1}{6}x(0.5 + 0.5 + 0.8 + 0.8 + 0.5 + 0.5) = 0.6$$

olarak hesaplanır.

Hesaplanan sonuçlardan gözlemlendiği üzere, Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{av}$) parametresinde, tepe ağırlıklarının dikkate alınmaması nedeniyle,

parametrenin ağırlıklı çizgeler için sağlıklı ölçüm yapamayacağı açıktır. Bu nedenle ağırlıklı çizgelerde ortalama bağlama sayısı ($bind_{av}$) hesabının yapılabilmesi için parametrenin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu amaç doğrultusunda tanımladığımız ağırlıklı ortalama bağlama sayısı ($bind_{avw}$) parametresi bir sonraki bölümde verilmiştir.



4. AĞIRLIKLIL BAĞLAMA SAYISI

Bu bölümde, ağırlıklı çizgelerde bağlama sayısı hesaplamasının yapılabilmesi amacıyla tanımladığımız Ağırlıklı Bağlama Sayısı ($bind_{vw}$) parametresinin tanımı, algoritması, pseudo kodu ve karmaşıklık değeri verilmiştir.

4.1. Tanım

Aşağıda Ağırlıklı Bağlama Sayısı ($bind_{vw}$) tanımı verilmiştir.

Tanım 4.1.1. Bağlantılı bir G çizgesinde v : G çizgesindeki herhangi bir tepe, $V(G)$: G çizgesi tepe kümesi, $w: V \rightarrow R \geq 0$ ağırlık fonksiyonu olmak üzere **Ağırlıklı Bağlama Sayısı** (Weighted Binding Number) $bind_{vw}(G)$ ile gösterilir ve aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$bind_{vw}(G) = \min_{S \in F(G)} \left\{ \frac{w(N(S))}{w(S)} \right\}$$

S : çizgeden kesilen tepe kümesini, $w(S) = \sum_{v \in S} w(v)$: çizgeden kesilen tepe kümesi ağırlıkları toplamını, $N(S)$: çizgeden kesilen tepelere komşu tepeler kümesini, $w(N(S)) = \sum_{v \in N(S)} w(v)$: çizgeden kesilen tepelere komşu tepelerin ağırlıklar toplamını ve $F(G) = \{ S \subseteq V(G) \mid S \neq \emptyset, N(S) \neq V(G) \}$: $F(G)$ şartını ifade eder. G çizgesi için, Ağırlıklı Bağlama Sayısı($bind_{vw}$) hesaplanmasında; $F(G)$ şartının sağlanması koşuluyla, kesilen tepelere komşu tepeler kümesinin ağırlıkları toplamının ($w(N(S))$), kesim kümesi ağırlıkları toplamı ($w(S)$) oranında minimum aranır. Minimum için; $w(S)$ 'in en fazla, $w(N(S))$ 'in ise en az olması gereklidir. Aranan minimum değeri G çizgesinin tepeler arası bağlantı şekliyle ilintilidir. $w(S)$ kesim kümesi ağırlıkları, sistemin zedelenmesi sonucu işlevini yitiren bileşenlerin ağırlıklarını temsil eder. $w(N(S))$ ise zedelenme sonunu sistemde işlevini yitiren tepe veya tepelere komşu tepe veya tepelerin ağırlıkları toplamını temsil eder. Bağlama Sayısı ($bind_v$) parametresi ile karşılaştırıldığında, yeni tanımladığımız parametreyle, bağlama sayısı hesaplamasına ağırlıklar dahil edilmiş ve ağırlıklı çizgelerde bağlama sayısı hesabı daha kesin yapılabilir hale gelmiştir.

4.2. Ağırlıklı Bağlama Sayısı Kod Yapısı

Aşağıda, parametre olarak verilen ağırlıklı G çizgesi için, Ağırlıklı Bağlama Sayısı ($bind_{vw}$) değerini hesaplayan yazılımın algoritması, pseudo kodu ve karmaşıklık değeri verilmiştir.

Algoritma 4.2.1. Ağırlıklı Bağlama Sayısı ($bind_{vw}$) Algoritması

1. Girdi: G Çizgesi
2. Verilen G çizgesi tepe sayısını kullanarak S_i kesim iterasyonlarını üret ve sonuçları listeye (s_vertex_list) ata. ($n = |V(G)|$; $|S_i| = |s_vertex_list| = 2^n - 2$)
3. **Her** S_i kesim iterasyonu için;
 - 3.1. S_i kesim iterasyonu, G çizgesine uygulandığında kalan tepeleri bul ve sonuçları listeye ata ($cutted_vertex_list$)
 - 3.2. **Her** S_i kesim iterasyonu için;
 - 3.2.1. **Her** S_i kesim iterasyonu elemanı için;
 - 3.2.1.1. S_i kesim iterasyonu elemanın komşu tepelerini bul ve komşu tepeler listesine (n_vertex_list) ekle. (G_{adj} matrisini kullanarak kalan tepeler listesi içinde komşuluk araştır.)
 - 3.2.1.2. Komşuluk yok ise tepeyi diğer tepeler ($other_vertex_list$) listesine ekle.
 - 3.3. Komşu tepeler listesindeki (n_vertex_list) mükerrerleri temizle
 - 3.4. Diğer tepeler listesindeki ($other_vertex_list$) mükerrerleri temizle
 - 3.5. $F(G)$ şartına uyan S_i kesim iterasyonları için;
 - 3.5.1. S_i kesim iterasyonu ağırlıkları toplamını bul. ($w(S_i)$)
 - 3.5.2. S_i kesim iterasyonuna komşu tepelerin ağırlıkları toplamını bul. ($w(N(S_i)_i)$)
 - 3.5.3. $w(N(S_i)_i) / w(S_i)$ oranı ile S_i için $bind_{vwi}$ değerini hesapla ve sonucu listeye ekle ($sample_bindw_list$)
 - 3.5.4. $S_i, n_vertex_list, bind_{vwi}$ değerlerini $sample_result_list$ listesine ekle
 4. Hesaplanan $bind_{vwi}$ değerleri ($sample_bindw_list$) içerisinde, minimum olanı G çizgesinin $bind_{vw}$ değeri olarak al.
 5. Çıktı: $F(G)$, kısıtlı ağırlıklı bağlama sayısını ($bind_{vw}$)

Pseudo Kod 4.2.1.: Ağırlıklı Bağlama Sayısı ($bind_{vw}$) Pseudo Kodu

Girdi: Yönsüz ağırlıklı G Çizgesi

Çıktı: $F(G)$, kısıtlı ağırlıklı bağlama sayısını ($bind_{vw}$)

Başla

SET sample_bindw_list TO [] *# S_i için $bind_{vwi}$ değerlerini tutar.*

SET sample_result_list TO [] *# S_i için $S_i, n_vertex_list, bind_{vwi}$ değerlerini tutar.*

SET Gadj TO sample_list[sample_index][0].copy() *# çizge adjoint matris*

SET Gw TO sample_list[sample_index][1].copy() *# çizge ağırlıkları*

SET sample_vertex_count TO len(Gadj) *# çizge tepe sayısı*

S_i kesim iterasyonları bulunuyor

SET iteration_vertex_list TO list(powerset(range(1, sample_vertex_count + 1)))

FOR s_vertex_list IN iteration_vertex_list: *# ($2^n - 2$ defa çalışır)*

SET n_vertex_list TO [] *# S_i 'nin komşularını tutar ($N(S_i)_i$)*

SET other_vertex_list TO [] *# Other, N_i 'nin komşularını tutar ($O(N_i)_i$)*

S_i, G 'ye uygulandığında kalan tepeleri bul. (n^2 defa çalışır)

SET cutted_vertex_list TO core.find_cutted_vertex(s_vertex_list, sample_vertex_count)

FOR s_vertex_index IN range(0, len(s_vertex_list)): *# ($n-1$) defa çalışır*

SET s_vertex TO s_vertex_list[s_vertex_index] *# kesilen tepe numarasını al*

Gadj içinde a index'i ile cutted_vertex'nolu tepenin komsuları aranıyor.

FOR g_index IN range(0, sample_vertex_count): *# n defa çalışır*

Sınanan tepe, kesilen tepeye KOMŞU ise if şartları sağlanmalı.

IF Gadj[s_vertex - 1][g_index] EQUALS 1 and g_index + 1:

şart sağlanırsa: cutted_vertex'nolu tepe, a + 1, tepesi ile komşu)

n_vertex_list.append(g_index + 1) *# n-1 komşu tepe listesine ekle*

ELSE:

IF g_index + 1 not IN s_vertex_list and g_index + 1 IN cutted_vertex_list:

sınanan tepe (g_index + 1); kesim kümesine dahil değil ve kesime

komşu tepe değil ve kalan tepeler içinde ise

other_vertex_list.append(g_index + 1)

FOR3: end

FOR2: end

```

# n_vertex_list ve other_vertex_list için mükerrerler temizleniyor.
SET n_vertex_list TO list(dict.fromkeys(n_vertex_list))
SET other_vertex_list TO list(dict.fromkeys(other_vertex_list))
IF len(n_vertex_list) < sample_vertex_count: # F(G) şartı
    SET s_count TO len(s_vertex_list)    # kesim kümesi tepe sayısı
    SET n_count TO len(n_vertex_list)    # komşu tepe sayısı
    SET bind TO (n_count / s_count)      # bind hesaplandı
    SET Sw TO core.calculate_s_vertex_weight(s_vertex_list, Gw) # w(Si) (n kez)
    SET Nw TO core.calculate_n_vertex_weight(n_vertex_list, Gw) # w(Ni) (n kez)
    SET bindw TO Nw / Sw                # bindvwi hesapla
    sample_bindw_list.append(bindw)      # bindvwi degerini sonuç listesine ekle
# FOR1: end
SET BINDw TO min(sample_bindw_list)    # G çizgesi için bindvw değeri
# END of Program

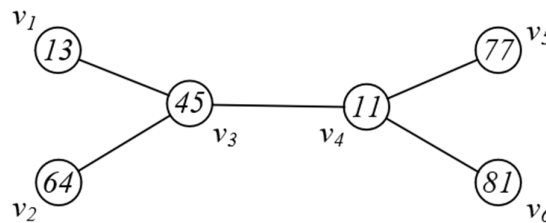
Tek bir kesim iterasyonu için karmaşıklık:  $n^2 + ((n-1) \times n) + n + n = n^2$ 
Tüm kesim stratejileri dahil edildiğinde karmaşıklık değeri;  $(2^n - 2) \times (n^2) = 2^n$  olur.

```

4.3. Ağırlıklı Bağlama Sayısı Algoritma Uygulaması

Ağırlıklı Bağlama Sayısı ($bind_{vw}$) hesaplaması aşağıda verilen örnek uygulama ile açıklanmıştır.

Örnek 4.3.1: Şekil 4.3.1’de verilen 6 tepeli, ağırlıkları $w(1) = 13$, $w(2) = 64$, $w(3) = 45$, $w(4) = 11$, $w(5) = 77$, $w(6) = 81$ olan G çizgesi için Ağırlıklı Bağlama Sayısı ($bind_{vw}$) değerini hesaplayalım.



Şekil 4.3.1. Ağırlıklı G çizgesi.

n : G çizgesi tepe sayısı olmak üzere, $n = 6$ ($|V(G)| = 6$) tepeli G çizgesinde, S_i : zedelenmeye karşılık gelen tüm kesim iterasyonları öz alt küme sayısı ile hesaplanır ve $S_i = 2^6 - 2 = 62$ olarak bulunur. Ardından S_i kesim stratejisi G çizgesine uygulanır ve her S_i için $bind_{vw}$ değeri hesaplanır. Hesaplanan $bind_{vw}$ değerleri içerisinde S_{21} 'nolu iterasyon minimum değer olan 0,070'i sağlar.

S_i : kesim iterasyonları bağımsız değişken sütünü ve $N(S)$, $w(N(S))/w(S)$, $bind_{vw}$, $F(G)$ şartı bağımlı değişken sütunları olmak üzere, sonuçlar aşağıda verilen Tablo 4.1'de gösterilmiştir. Tablodan görüleceği üzere, $F(G)$ şartını sağlamayan kesim iterasyonları hesaplamaya dahil edilmemiştir.

Tablo 4.3.1. G çizgesi için Ağırlıklı Bağlama Sayısı ($bind_{vw}$) Hesaplaması

$S_i = S$	$N(S)$	$w(N(S))/w(S)$	$bind_{vw}$	$F(G)$
$S_1 = \{1\}$	$\{3\}$	45 / 13	3.462	$ N < V\{G\} $
$S_2 = \{2\}$	$\{3\}$	45 / 64	0.703	$ N < V\{G\} $
$S_3 = \{3\}$	$\{1, 2, 4\}$	88 / 45	1.956	$ N < V\{G\} $
$S_4 = \{4\}$	$\{3, 5, 6\}$	203 / 11	18.455	$ N < V\{G\} $
$S_5 = \{5\}$	$\{4\}$	11 / 77	0.143	$ N < V\{G\} $
$S_6 = \{6\}$	$\{4\}$	11 / 81	0.136	$ N < V\{G\} $
$S_7 = \{1, 2\}$	$\{3\}$	45 / 77	0.584	$ N < V\{G\} $
$S_8 = \{1, 3\}$	$\{3, 1, 2, 4\}$	133 / 58	2.293	$ N < V\{G\} $
$S_9 = \{1, 4\}$	$\{3, 5, 6\}$	203 / 24	8.458	$ N < V\{G\} $
$S_{10} = \{1, 5\}$	$\{3, 4\}$	56 / 90	0.622	$ N < V\{G\} $
$S_{11} = \{1, 6\}$	$\{3, 4\}$	56 / 94	0.596	$ N < V\{G\} $
$S_{12} = \{2, 3\}$	$\{3, 1, 2, 4\}$	133 / 109	1.220	$ N < V\{G\} $
$S_{13} = \{2, 4\}$	$\{3, 5, 6\}$	203 / 75	2.707	$ N < V\{G\} $
$S_{14} = \{2, 5\}$	$\{3, 4\}$	56 / 141	0.397	$ N < V\{G\} $
$S_{15} = \{2, 6\}$	$\{3, 4\}$	56 / 145	0.386	$ N < V\{G\} $
$S_{16} = \{3, 4\}$	$\{1, 2, 4, 3, 5, 6\}$	-	-	$ N = V\{G\} $
$S_{17} = \{3, 5\}$	$\{1, 2, 4\}$	88 / 122	0.721	$ N < V\{G\} $
$S_{18} = \{3, 6\}$	$\{1, 2, 4\}$	88 / 126	0.698	$ N < V\{G\} $
$S_{19} = \{4, 5\}$	$\{3, 5, 6, 4\}$	214 / 88	2.432	$ N < V\{G\} $
$S_{20} = \{4, 6\}$	$\{3, 5, 6, 4\}$	214 / 92	2.326	$ N < V\{G\} $
$S_{21} = \{5, 6\}$	$\{4\}$	11 / 158	0.070	$N < V\{G\}$
$S_{22} = \{1, 2, 3\}$	$\{3, 1, 2, 4\}$	133 / 122	1.090	$ N < V\{G\} $
$S_{23} = \{1, 2, 4\}$	$\{3, 5, 6\}$	203 / 88	2.307	$ N < V\{G\} $
$S_{24} = \{1, 2, 5\}$	$\{3, 4\}$	56 / 154	0.364	$ N < V\{G\} $
$S_{25} = \{1, 2, 6\}$	$\{3, 4\}$	56 / 158	0.354	$ N < V\{G\} $
$S_{26} = \{1, 3, 4\}$	$\{3, 1, 2, 4, 5, 6\}$	-	-	$ N = V\{G\} $
$S_{27} = \{1, 3, 5\}$	$\{3, 1, 2, 4\}$	133 / 135	0.985	$ N < V\{G\} $
$S_{28} = \{1, 3, 6\}$	$\{3, 1, 2, 4\}$	133 / 139	0.957	$ N < V\{G\} $
$S_{28} = \{1, 4, 5\}$	$\{3, 5, 6, 4\}$	214 / 101	2.119	$ N < V\{G\} $

$S_{30} = \{1, 4, 6\}$	$\{3, 5, 6, 4\}$	214 / 105	2.038	$ N < V\{G\} $
$S_{31} = \{1, 5, 6\}$	$\{3, 4\}$	56 / 171	0.327	$ N < V\{G\} $
$S_{32} = \{2, 3, 4\}$	$\{3, 1, 2, 4, 5, 6\}$	-	-	$ N = V\{G\} $
$S_{33} = \{2, 3, 5\}$	$\{3, 1, 2, 4\}$	133 / 186	0.715	$ N < V\{G\} $
$S_{34} = \{2, 3, 6\}$	$\{3, 1, 2, 4\}$	133 / 190	0.700	$ N < V\{G\} $
$S_{35} = \{2, 4, 5\}$	$\{3, 5, 6, 4\}$	214 / 152	1.408	$ N < V\{G\} $
$S_{36} = \{2, 4, 6\}$	$\{3, 5, 6, 4\}$	214 / 156	1.372	$ N < V\{G\} $
$S_{37} = \{2, 5, 6\}$	$\{3, 4\}$	56 / 222	0.252	$ N < V\{G\} $
$S_{38} = \{3, 4, 5\}$	$\{1, 2, 4, 3, 5, 6\}$	-	-	$ N = V\{G\} $
$S_{39} = \{3, 4, 6\}$	$\{1, 2, 4, 3, 5, 6\}$	-	-	$ N = V\{G\} $
$S_{40} = \{3, 5, 6\}$	$\{1, 2, 4\}$	88 / 203	0.433	$ N < V\{G\} $
$S_{41} = \{4, 5, 6\}$	$\{3, 5, 6, 4\}$	214 / 169	1.266	$ N < V\{G\} $
$S_{42} = \{1, 2, 3, 4\}$	$\{3, 1, 2, 4, 5, 6\}$	-	-	$ N = V\{G\} $
$S_{43} = \{1, 2, 3, 5\}$	$\{3, 1, 2, 4\}$	133 / 199	0.668	$ N < V\{G\} $
$S_{44} = \{1, 2, 3, 6\}$	$\{3, 1, 2, 4\}$	133 / 203	0.655	$ N < V\{G\} $
$S_{45} = \{1, 2, 4, 5\}$	$\{3, 5, 6, 4\}$	214 / 165	1.297	$ N < V\{G\} $
$S_{46} = \{1, 2, 4, 6\}$	$\{3, 5, 6, 4\}$	214 / 169	1.266	$ N < V\{G\} $
$S_{47} = \{1, 2, 5, 6\}$	$\{3, 4\}$	56 / 235	0.238	$ N < V\{G\} $
$S_{48} = \{1, 3, 4, 5\}$	$\{3, 1, 2, 4, 5, 6\}$	-	-	$ N = V\{G\} $
$S_{49} = \{1, 3, 4, 6\}$	$\{3, 1, 2, 4, 5, 6\}$	-	-	$ N = V\{G\} $
$S_{50} = \{1, 3, 5, 6\}$	$\{3, 1, 2, 4\}$	133 / 216	0.616	$ N < V\{G\} $
$S_{51} = \{1, 4, 5, 6\}$	$\{3, 5, 6, 4\}$	214 / 182	1.176	$ N < V\{G\} $
$S_{52} = \{2, 3, 4, 5\}$	$\{3, 1, 2, 4, 5, 6\}$	-	-	$ N = V\{G\} $
$S_{53} = \{2, 3, 4, 6\}$	$\{3, 1, 2, 4, 5, 6\}$	-	-	$ N = V\{G\} $
$S_{54} = \{2, 3, 5, 6\}$	$\{3, 1, 2, 4\}$	133 / 267	0.498	$ N < V\{G\} $
$S_{55} = \{2, 4, 5, 6\}$	$\{3, 5, 6, 4\}$	214 / 233	0.918	$ N < V\{G\} $
$S_{56} = \{3, 4, 5, 6\}$	$\{1, 2, 4, 3, 5, 6\}$	-	-	$ N = V\{G\} $
$S_{57} = \{1, 2, 3, 4, 5\}$	$\{3, 1, 2, 4, 5, 6\}$	-	-	$ N = V\{G\} $
$S_{58} = \{1, 2, 3, 4, 6\}$	$\{3, 1, 2, 4, 5, 6\}$	-	-	$ N = V\{G\} $
$S_{59} = \{1, 2, 3, 5, 6\}$	$\{3, 1, 2, 4\}$	133 / 280	0.475	$ N < V\{G\} $
$S_{60} = \{1, 2, 4, 5, 6\}$	$\{3, 5, 6, 4\}$	214 / 246	0.870	$ N < V\{G\} $
$S_{61} = \{1, 3, 4, 5, 6\}$	$\{3, 1, 2, 4, 5, 6\}$	-	-	$ N = V\{G\} $
$S_{62} = \{2, 3, 4, 5, 6\}$	$\{3, 1, 2, 4, 5, 6\}$	-	-	$ N = V\{G\} $

Sonuç olarak, verilen Şekil 4.1’de verilen G çizgesi için ağırlıklı bağlama sayısı ($bind_{vw}$) tanımdan hareketle

$$bind_{vw}(G) = \min_{S \in F(G)} \left\{ \begin{array}{l} 3.462, 0.703, 1.956, 18.455, 0.143, 0.136, 0.584, \\ 2.293, 8.458, 0.622, 0.596, 1.220, 2.707, 0.397, \\ 0.386, \emptyset, 0.721, 0.698, 2.432, 2.326, \mathbf{0.070}, 1.090, \\ 2.307, 0.364, 0.354, \emptyset, 0.985, 0.957, 2.119, 2.038, \\ 0.327, \emptyset, 0.715, 0.700, 1.408, 1.372, 0.252, \emptyset, \emptyset, \\ 0.433, 1.266, \emptyset, 0.668, 0.655, 1.297, 1.266, 0.238, \\ \emptyset, \emptyset, 0.616, 1.176, \emptyset, \emptyset, 0.498, 0.918, \emptyset, \emptyset, \\ \emptyset, 0.475, 0.870, \emptyset, \emptyset \end{array} \right\} = 0.070$$

olarak bulunur.

5. AĞIRLIKLI ORTALAMA BAĞLAMA SAYISI

Bu bölümde, ağırlıklı çizgelerde ortalama bağlama sayısı hesaplamasının yapılabilmesi amacıyla tanımladığımız Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{avw}$) parametresinin tanımı, pseudo kodu, algoritması ve karmaşıklık değeri verilmiştir.

5.1. Tanım

Aşağıda Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{avw}$) tanımı verilmiştir.

Tanım 5.1.1. Bağlantılı bir G çizgesinde v : G çizgesindeki herhangi bir tepe, $V(G)$: G çizgesi tepe kümesi, $w: V \rightarrow R \geq 0$ ağırlık fonksiyonu olmak üzere **Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı** (Weighted Avarage Binding Number) $bind_{avw}(G)$ ile gösterilir ve aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$bind_{avw}(G) = \frac{1}{n} \sum_{v \in V(G)} bind_{vw}(G)$$

$n = |V(G)|$: G çizgesindeki tepe sayısını, $bind_{vw}(G)$: G çizgesi ağırlıklı bağlama sayısını ve $v \in V(G)$: şartını ifade eder.

5.2. Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı Kod Yapısı

Bu bölümde, parametre olarak verilen ağırlıklı G çizgesi için Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{vw}$) değerini hesaplayan yazılımın algoritması, pseudo kodu ve karmaşıklık değeri verilmiştir.

Algoritma 5.2.1. Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{avw}$) Algoritması

1. Girdi: ağırlıklı G Çizgesi
2. Verilen G çizgesi tepe sayısını kullanarak S_i kesim iterasyonlarını üret ve sonuçları listeye (s_vertex_list) ata. ($n = |V(G)|$; $|S_i| = |s_vertex_list| = 2^n - 2$)
3. **Her** S_i kesim iterasyonu için;

- 3.1. S_i kesim iterasyonu, G çizgesine uygulandığında kalan tepeleri bul ve sonuçları listeye ata (*cutted_vertex_list*)
- 3.2. **Her** S_i kesim iterasyonu için;
 - 3.2.1. **Her** S_i kesim iterasyonu elemanı için;
 - 3.2.1.1. S_i kesim iterasyonu elemanın komşu tepelerini bul ve komşu tepeler listesine (*n_vertex_list*) ekle. (G_{adj} matrisini kullanarak kalan tepeler listesi içinde komşuluk araştır.)
 - 3.2.1.2. Komşuluk yok ise tepeyi diğer tepeler (*other_vertex_list*) listesine ekle.
- 3.3. Komşu tepeler listesindeki (*n_vertex_list*) mükerrerleri temizle
- 3.4. Diğer tepeler listesindeki (*other_vertex_list*) mükerrerleri temizle
- 3.5. $F(G)$ şartına uyan S_i kesim iterasyonları için;
 - 3.5.1. S_i kesim iterasyonu ağırlıkları toplamını bul. ($w(S_i)$)
 - 3.5.2. S_i kesim iterasyonuna komşu tepelerin ağırlıkları toplamını bul. ($w(N(S_i)_i)$)
 - 3.5.3. $w(N(S_i)_i) / w(S_i)$ oranı ile S_i için $bind_{vwi}$ değerini hesapla ve sonucu listeye ekle (*sample_bindw_list*)
 - 3.5.4. $S_i, n_vertex_list, bind_{vwi}$ değerlerini *sample_result_list* listesine ekle
4. $|V(G)| = n$; G çizge tepe sayısı olmak üzere;
 - 4.1. 1'den n 'e her v tepe numarası için;
 - 4.1.1. Her S_i iterasyonu için;
 - 4.1.1.1. v içeren S_i iterasyon elemanlarına ait $bind_{vwi}$ değerini bul ve listeye ekle (*searched_vertex_bindavw_list*)
 - 4.1.2. *searched_vertex_bindavw_list* içindeki minimum $bind_{vwi}$ değerini bul ve sonucu listeye ekle (*bindavw_list*)
5. *bindavw_list* listesinin elemanlarını topla ve çizge tepe sayısına böl, bulunan sonuç verilen çizgenin $bind_{avw}$ değeridir.
6. Çıktı: ağırlıklı ortalama bağlama sayısını ($bind_{avw}$)

Pseudo Kod 5.2.1. Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{avw}$) Pseudo Kodu

Girdi: Yönsüz ağırlıklı G Çizgesi

Çıktı: ağırlıklı ortalama bağlama sayısını ($bind_{avw}$)

Başla

```

SET sample_bindw_list TO [] #  $S_i$  için  $bind_{vwi}$  değerlerini tutar.
SET sample_result_list TO [] #  $S_i$  için  $S_i, n\_vertex\_list, bind_{vwi}$  değerlerini tutar.
SET Gadj TO sample_list[sample_index][0].copy() # çizge adjoint matris
SET Gw TO sample_list[sample_index][1].copy() # çizge ağırlıkları
SET sample_vertex_count TO len(Gadj) # çizge tepe sayısı

```

S_i kesim iterasyonları bulunuyor

```

SET iteration_vertex_list TO list(powerset(range(1, sample_vertex_count + 1)))

```

```

FOR s_vertex_list IN iteration_vertex_list: # ( $2^n - 2$  defa çalışır)
    SET n_vertex_list TO [] #  $S_i$ 'nin komşularını tutar ( $N(S_i)_i$ )
    SET other_vertex_list TO [] # Other,  $N_i$ 'nin komşularını tutar ( $O(N_i)_i$ )
    #  $S_i, G$ 'ye uygulandığında kalan tepeleri bul. ( $n^2$  defa çalışır)
    SET cutted_vertex_list TO core.find_cutted_vertex(s_vertex_list,
sample_vertex_count)
    FOR s_vertex_index IN range(0, len(s_vertex_list)): # ( $n - 1$ ) defa çalışır
        SET s_vertex TO s_vertex_list[s_vertex_index] # kesilen tepe numarasını al
        # Gadj içinde a index'i ile cutted_vertex'nolu tepenin komşuları aranıyor.
        FOR g_index IN range(0, sample_vertex_count): # n defa çalışır
            # Sınanan tepe, kesilen tepeye KOMŞU ise if şartları sağlanmalı.
            IF Gadj[s_vertex - 1][g_index] EQUALS 1 and g_index + 1:
                # sart sağlanırsa: cutted_vertex'nolu tepe, a + 1, tepesi ile komşu)
                n_vertex_list.append(g_index + 1) # n-1 komşu tepe listesine ekle
            ELSE:
                IF g_index + 1 not IN s_vertex_list and g_index + 1 IN cutted_vertex_list:
                    # sınanan tepe (g_index + 1); kesim kümesine dahil değil ve kesime
                    # komşu tepe değil ve kalan tepeler içinde ise
                    other_vertex_list.append(g_index + 1)
        # FOR3: end
    # FOR2: end
    # n_vertex_list ve other_vertex_list için mükerrerler temizleniyor.
    SET n_vertex_list TO list(dict.fromkeys(n_vertex_list))
    SET other_vertex_list TO list(dict.fromkeys(other_vertex_list))
    IF len(n_vertex_list) < sample_vertex_count: #  $F(G)$  şartı

```

```

SET s_count TO len(s_vertex_list)    # kesim kümesi tepe sayısı
SET n_count TO len(n_vertex_list)    # komşu tepe sayısı
SET bind TO (n_count / s_count)      # bind hesaplandı
SET Sw TO core.calculate_s_vertex_weight(s_vertex_list, Gw) #  $w(S_i)$  (n kez)
SET Nw TO core.calculate_n_vertex_weight(n_vertex_list, Gw) #  $w(N_i)$  (n kez)
SET bindw TO Nw / Sw                #  $bind_{vwi}$  hesapla
sample_bindw_list.append(bindw)      #  $bind_{vwi}$  degerini sonuç listesine ekle
sample_result_list.append([s_vertex_list, n_vertex_list, bindw])

# FOR1: end

# bindavw hesaplama
FOR searched_vertex IN range(sample_vertex_count): # n kez
    FOR sample_result_list_index IN range(len(sample_result_list)): #  $2^n - 2$  kez
        IF searched_vertex + 1 IN sample_result_list[sample_result_list_index][2]:
            searched_vertex_bindavw_list.append(sample_result_list[sample_result_list_index][10]) # bindvw
    bindavw_list.append(min(searched_vertex_bindavw_list, default="EMPTY"))
    searched_vertex_bindavw_list.clear()
SET BINDavw TO (1 / sample_vertex_count) * (sum(bindavw_list)) #  $bind_{avw}$ 
# END of Program

Kodun karmaşıklık değeri ise;  $(2^n - 2) \times [n^2 + ((n-1) \times n) + n + n] + [n \times (2^n - 2)] = 2^{n+1}$ 
olur.

```

5.3. Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı Algoritma Uygulaması

Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{avw}$) hesaplaması aşağıda verilen örnek uygulama ile açıklanmıştır.

Örnek 5.3.1. Şekil 4.3.1’de verilen 6 tepeli, ağırlıkları $w(1) = 13$, $w(2) = 64$, $w(3) = 45$, $w(4) = 11$, $w(5) = 77$, $w(6) = 81$ olan G çizgesinin Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{avw}$) değerini hesaplayalım.

Tanımdan hareketle, içerisinde 1, 2, 3, 4, 5 ve 6’lı tepelerin bulunduğu her tepe kesim subversion stratejisi için $bind_{1w}$, $bind_{2w}$, $bind_{3w}$, $bind_{4w}$, $bind_{5w}$ ve $bind_{6w}$, değerleri hesaplanır ve hesaplanan $bind_{vw}$ değerleri toplanarak çizge tepe sayısına

bölünür. Bulunan değer verilen çizgenin Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{avw}$) değeridir. Hesaplama adımları aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 5.3.1. G çizgesi için Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{avw}$)

Hesaplaması (S_1 , S_2 ve S_3 iterasyonları)					
S_1	$bind_{1w}$	S_2	$bind_{2w}$	S_3	$bind_{3w}$
{1}	3.46	{2}	0.70	{3}	1.96
{1, 2}	0.58	{1, 2}	0.58	{1, 3}	2.29
{1, 3}	2.29	{2, 3}	1.22	{2, 3}	1.22
{1, 4}	8.46	{2, 4}	2.71	{3, 5}	0.72
{1, 5}	0.62	{2, 5}	0.40	{3, 6}	0.70
{1, 6}	0.60	{2, 6}	0.39	{1, 2, 3}	1.09
{1, 2, 3}	1.09	{1, 2, 3}	1.09	{1, 3, 5}	0.99
{1, 2, 4}	2.31	{1, 2, 4}	2.31	{1, 3, 6}	0.96
{1, 2, 5}	0.36	{1, 2, 5}	0.36	{2, 3, 5}	0.72
{1, 2, 6}	0.35	{1, 2, 6}	0.35	{2, 3, 6}	0.70
{1, 3, 5}	0.99	{2, 3, 5}	0.72	{3, 5, 6}	0.43
{1, 3, 6}	0.96	{2, 3, 6}	0.70	{1, 2, 3, 5}	0.67
{1, 4, 5}	2.12	{2, 4, 5}	1.41	{1, 2, 3, 6}	0.66
{1, 4, 6}	2.04	{2, 4, 6}	1.37	{1, 3, 5, 6}	0.62
{1, 5, 6}	0.33	{2, 5, 6}	0.25	{2, 3, 5, 6}	0.50
{1, 2, 3, 5}	0.67	{1, 2, 3, 5}	0.67	{1, 2, 3, 5, 6}	0.48
{1, 2, 3, 6}	0.66	{1, 2, 3, 6}	0.66		
{1, 2, 4, 5}	1.30	{1, 2, 4, 5}	1.30		
{1, 2, 4, 6}	1.27	{1, 2, 4, 6}	1.27		
{1, 2, 5, 6}	0.24	{1, 2, 5, 6}	0.24		
{1, 3, 5, 6}	0.62	{2, 3, 5, 6}	0.50		
{1, 4, 5, 6}	1.18	{2, 4, 5, 6}	0.92		
{1, 2, 3, 5, 6}	0.48	{1, 2, 3, 5, 6}	0.48		
{1, 2, 4, 5, 6}	0.87	{1, 2, 4, 5, 6}	0.87		

Tablo 5.3.2. G çizgesi için Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{avw}$)

Hesaplaması (S_4 , S_5 ve S_6 iterasyonları)					
S_4	$bind_{4w}$	S_5	$bind_{5w}$	S_6	$bind_{6w}$
{4}	18.45	{5}	0.14	{6}	0.14
{1, 4}	8.46	{1, 5}	0.62	{1, 6}	0.60
{2, 4}	2.71	{2, 5}	0.40	{2, 6}	0.39
{4, 5}	2.43	{3, 5}	0.72	{3, 6}	0.70
{4, 6}	2.33	{4, 5}	2.43	{4, 6}	2.33
{1, 2, 4}	2.31	{5, 6}	0.07	{5, 6}	0.07
{1, 4, 5}	2.12	{1, 2, 5}	0.36	{1, 2, 6}	0.35
{1, 4, 6}	2.04	{1, 3, 5}	0.99	{1, 3, 6}	0.96

{2, 4, 5}	1.41	{1, 4, 5}	2.12	{1, 4, 6}	2.04
{2, 4, 6}	1.37	{1, 5, 6}	0.33	{1, 5, 6}	0.33
{4, 5, 6}	1.27	{2, 3, 5}	0.72	{2, 3, 6}	0.70
{1, 2, 4, 5}	1.30	{2, 4, 5}	1.41	{2, 4, 6}	1.37
{1, 2, 4, 6}	1.27	{2, 5, 6}	0.25	{2, 5, 6}	0.25
{1, 4, 5, 6}	1.18	{3, 5, 6}	0.43	{3, 5, 6}	0.43
{2, 4, 5, 6}	0.92	{4, 5, 6}	1.27	{4, 5, 6}	1.27
{1, 2, 4, 5, 6}	0.87	{1, 2, 3, 5}	0.67	{1, 2, 3, 6}	0.66
		{1, 2, 4, 5}	1.30	{1, 2, 4, 6}	1.27
		{1, 2, 5, 6}	0.24	{1, 2, 5, 6}	0.24
		{1, 3, 5, 6}	0.62	{1, 3, 5, 6}	0.62
		{1, 4, 5, 6}	1.18	{1, 4, 5, 6}	1.18
		{2, 3, 5, 6}	0.50	{2, 3, 5, 6}	0.50
		{2, 4, 5, 6}	0.92	{2, 4, 5, 6}	0.92
		{1, 2, 3, 5, 6}	0.48	{1, 2, 3, 5, 6}	0.48
		{1, 2, 4, 5, 6}	0.87	{1, 2, 4, 5, 6}	0.87

Tablodaki sonuçlardan görüldüğü üzere; $bind_{1w} = 0.24$, $bind_{2w} = 0.24$, $bind_{3w} = 0.43$, $bind_{4w} = 0.87$, $bind_{5w} = 0.07$, ve $bind_{6w} = 0.07$ olarak bulunur. Tanımdaki formül doğrultusunda değerler yerine konulduğunda $bind_{avw}$;

$$bind_{avw}(G) = \frac{1}{6}x(0.24 + 0.24 + 0.43 + 0.87 + 0.07 + 0.07) = 0.32$$

olarak hesaplanır.

6. ÇİZGELERDE ZEDELENEBİLİRLİK HESAPLARI

Dört farklı tip çizge (*yol, döngü, yıldız ve tekerlek*) farklı tepe sayıları (5, 6, 10, 11, 20, 22) ve farklı ağırlıklar ($[1, \dots, 1]$, $[10, \dots, 10]$, $[10, 20, \dots, 10*n]$, $rand(1,100)$) kullanılarak 96 çizge içeren Data Set (DS_{96}) adlı veri seti hazırlanmıştır. Rastgele ağırlık değerleri 1 ile 100 arasından seçilmiş ve aynı tepe sayılı çizgeler için seçilen rastgele ağırlık değerleri kullanılmıştır. Ardından Data Set (DS_{96}), yukarıdaki kısımda bahsedilen yazılıma parametre olarak verilmiş ve söz konusu 96 adet çizge için $bind_v$, $bind_{vw}$, $bind_{av}$ ve $bind_{avw}$ değerleri hesaplanmıştır ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

6.1. Bağlama Sayısı ve Ağırlıklı Bağlama Sayısı Hesapları

Bu bölümde, Data Set (DS_{96}) içerisinde bulunan çizgelerin Bağlama Sayısı ($bind_v$) ve Ağırlıklı Bağlama Sayısı ($bind_{vw}$) değerleri kodlanan yazılım ile hesaplanmış ve sonuçlar karşılaştırılarak gruplandırılmış şekilde aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 6.1.1. Data Set (DS_{96}) için Bağlama Sayısı ($bind_v$) ve Ağırlıklı Bağlama Sayısı ($bind_{vw}$) Hesaplama Sonuçları

DS_n	Çizge Tip	Ağırlıklar	$bind_v$	$bind_{vw}$	$bind_v$ vs $bind_{vw}$
DS ₁	P ₅	1, ..., 1	0,6667	0,6667	eşit
DS ₂	P ₅	10, ..., 10	0,6667	0,6667	eşit
DS ₃	P ₅	10, 20, ..., 10*n	0,6667	0,6667	eşit
DS ₅	P ₆	1, ..., 1	1,0000	1,0000	eşit
DS ₆	P ₆	10, ..., 10	1,0000	1,0000	eşit
DS ₉	P ₁₀	1, ..., 1	1,0000	1,0000	eşit
DS ₁₀	P ₁₀	10, ..., 10	1,0000	1,0000	eşit
DS ₁₃	P ₁₁	1, ..., 1	0,8333	0,8333	eşit
DS ₁₄	P ₁₁	10, ..., 10	0,8333	0,8333	eşit
DS ₁₅	P ₁₁	10, 20, ..., 10*n	0,8333	0,8333	eşit
DS ₁₇	P ₂₀	1, ..., 1	1,0000	1,0000	eşit
DS ₁₈	P ₂₀	10, ..., 10	1,0000	1,0000	eşit
DS ₂₁	P ₂₂	1, ..., 1	1,0000	1,0000	eşit
DS ₂₂	P ₂₂	10, ..., 10	1,0000	1,0000	eşit

DS ₂₅	C ₅	1, .., 1	1,3333	1,3333	eşit
DS ₂₆	C ₅	10, .., 10	1,3333	1,3333	eşit
DS ₂₉	C ₆	1, .., 1	1,0000	1,0000	eşit
DS ₃₀	C ₆	10, .., 10	1,0000	1,0000	eşit
DS ₃₃	C ₁₀	1, .., 1	1,0000	1,0000	eşit
DS ₃₄	C ₁₀	10, .., 10	1,0000	1,0000	eşit
DS ₃₇	C ₁₁	1, .., 1	1,1111	1,1111	eşit
DS ₃₈	C ₁₁	10, .., 10	1,1111	1,1111	eşit
DS ₄₁	C ₂₀	1, .., 1	1,0000	1,0000	eşit
DS ₄₂	C ₂₀	10, .., 10	1,0000	1,0000	eşit
DS ₄₅	C ₂₂	1, .., 1	1,0000	1,0000	eşit
DS ₄₆	C ₂₂	10, .., 10	1,0000	1,0000	eşit
DS ₄₉	K _{1,4}	1, .., 1	0,2500	0,2500	eşit
DS ₅₀	K _{1,4}	10, .., 10	0,2500	0,2500	eşit
DS ₅₃	K _{1,5}	1, .., 1	0,2000	0,2000	eşit
DS ₅₄	K _{1,5}	10, .., 10	0,2000	0,2000	eşit
DS ₅₇	K _{1,9}	1, .., 1	0,1111	0,1111	eşit
DS ₅₈	K _{1,9}	10, .., 10	0,1111	0,1111	eşit
DS ₆₁	K _{1,10}	1, .., 1	0,1000	0,1000	eşit
DS ₆₂	K _{1,10}	10, .., 10	0,1000	0,1000	eşit
DS ₆₅	K _{1,19}	1, .., 1	0,0526	0,0526	eşit
DS ₆₆	K _{1,19}	10, .., 10	0,0526	0,0526	eşit
DS ₆₉	K _{1,21}	1, .., 1	0,0476	0,0476	eşit
DS ₇₀	K _{1,21}	10, .., 10	0,0476	0,0476	eşit
DS ₇₃	W ₅	1, .., 1	1,5000	1,5000	eşit
DS ₇₄	W ₅	10, .., 10	1,5000	1,5000	eşit
DS ₇₅	W ₅	10, 20, .., 10*n	1,5000	1,5000	eşit
DS ₇₇	W ₆	1, .., 1	1,6667	1,6667	eşit
DS ₇₈	W ₆	10, .., 10	1,6667	1,6667	eşit
DS ₈₁	W ₁₀	1, .., 1	1,2857	1,2857	eşit
DS ₈₂	W ₁₀	10, .., 10	1,2857	1,2857	eşit
DS ₈₅	W ₁₁	1, .., 1	1,2000	1,2000	eşit
DS ₈₆	W ₁₁	10, .., 10	1,2000	1,2000	eşit
DS ₈₇	W ₁₁	10, 20, .., 10*n	1,2000	1,2000	eşit
DS ₈₉	W ₂₀	1, .., 1	1,1176	1,1176	eşit
DS ₉₀	W ₂₀	10, .., 10	1,1176	1,1176	eşit
DS ₉₃	W ₂₂	1, .., 1	1,1053	1,1053	eşit
DS ₉₄	W ₂₂	10, .., 10	1,1053	1,1053	eşit

DS ₅₁	K _{1,4}	10, 20, ..., 10*n	0,2500	0,5000	<i>bind_v</i>
DS ₅₂	K _{1,4}	rand(1,100)	0,2500	0,3046	<i>bind_v</i>
DS ₅₅	K _{1,5}	10, 20, ..., 10*n	0,2000	0,4000	<i>bind_v</i>
DS ₅₉	K _{1,9}	10, 20, ..., 10*n	0,1111	0,2222	<i>bind_v</i>
DS ₆₀	K _{1,9}	rand(1,100)	0,1111	0,1787	<i>bind_v</i>
DS ₆₃	K _{1,10}	10, 20, ..., 10*n	0,1000	0,2000	<i>bind_v</i>
DS ₆₄	K _{1,10}	rand(1,100)	0,1000	0,2028	<i>bind_v</i>
DS ₆₇	K _{1,19}	10, 20, ..., 10*n	0,0526	0,1053	<i>bind_v</i>
DS ₆₈	K _{1,19}	rand(1,100)	0,0526	0,0938	<i>bind_v</i>
DS ₇₁	K _{1,21}	10, 20, ..., 10*n	0,0476	0,0952	<i>bind_v</i>
DS ₄	P ₅	rand(1,100)	1,0000	0,0943	<i>bind_{vw}</i>
DS ₇	P ₆	10, 20, ..., 10*n	1,0000	0,7500	<i>bind_{vw}</i>
DS ₈	P ₆	rand(1,100)	1,0000	0,9703	<i>bind_{vw}</i>
DS ₁₁	P ₁₀	10, 20, ..., 10*n	1,0000	0,8333	<i>bind_{vw}</i>
DS ₁₂	P ₁₀	rand(1,100)	1,0000	0,1968	<i>bind_{vw}</i>
DS ₁₆	P ₁₁	rand(1,100)	1,0000	0,3607	<i>bind_{vw}</i>
DS ₁₉	P ₂₀	10, 20, ..., 10*n	1,0000	0,8919	<i>bind_{vw}</i>
DS ₂₀	P ₂₀	rand(1,100)	1,0000	0,1143	<i>bind_{vw}</i>
DS ₂₃	P ₂₂	10, 20, ..., 10*n	1,0000	0,9167	<i>bind_{vw}</i>
DS ₂₄	P ₂₂	rand(1,100)	1,0000	0,2396	<i>bind_{vw}</i>
DS ₂₇	C ₅	10, 20, ..., 10*n	1,5000	0,8750	<i>bind_{vw}</i>
DS ₂₈	C ₅	rand(1,100)	2,0000	0,3433	<i>bind_{vw}</i>
DS ₃₁	C ₆	10, 20, ..., 10*n	1,0000	0,7500	<i>bind_{vw}</i>
DS ₃₂	C ₆	rand(1,100)	1,0000	0,9703	<i>bind_{vw}</i>
DS ₃₅	C ₁₀	10, 20, ..., 10*n	1,0000	0,8333	<i>bind_{vw}</i>
DS ₃₆	C ₁₀	rand(1,100)	1,5000	0,3538	<i>bind_{vw}</i>
DS ₃₉	C ₁₁	10, 20, ..., 10*n	1,2000	0,8857	<i>bind_{vw}</i>
DS ₄₀	C ₁₁	rand(1,100)	1,3333	0,7766	<i>bind_{vw}</i>
DS ₄₃	C ₂₀	10, 20, ..., 10*n	1,0000	0,9091	<i>bind_{vw}</i>
DS ₄₄	C ₂₀	rand(1,100)	2,0000	0,2388	<i>bind_{vw}</i>
DS ₄₇	C ₂₂	10, 20, ..., 10*n	1,0000	0,9167	<i>bind_{vw}</i>
DS ₄₈	C ₂₂	rand(1,100)	1,3333	0,5512	<i>bind_{vw}</i>
DS ₅₆	K _{1,5}	rand(1,100)	0,2000	0,0051	<i>bind_{vw}</i>
DS ₇₂	K _{1,21}	rand(1,100)	0,0476	0,0411	<i>bind_{vw}</i>
DS ₇₆	W ₅	rand(1,100)	1,5000	0,5033	<i>bind_{vw}</i>
DS ₇₉	W ₆	10, 20, ..., 10*n	1,6667	1,6000	<i>bind_{vw}</i>
DS ₈₀	W ₆	rand(1,100)	1,6667	1,0453	<i>bind_{vw}</i>
DS ₈₃	W ₁₀	10, 20, ..., 10*n	1,2857	1,2778	<i>bind_{vw}</i>

DS ₈₄	W ₁₀	rand(1,100)	1,5000	0,6629	<i>bind_{vw}</i>
DS ₈₈	W ₁₁	rand(1,100)	1,3333	1,1737	<i>bind_{vw}</i>
DS ₉₁	W ₂₀	10, 20, ..., 10*n	1,1176	1,1170	<i>bind_{vw}</i>
DS ₉₂	W ₂₀	rand(1,100)	1,6000	0,5502	<i>bind_{vw}</i>
DS ₉₅	W ₂₂	10, 20, ..., 10*n	1,1053	1,1048	<i>bind_{vw}</i>
DS ₉₆	W ₂₂	rand(1,100)	1,8000	0,6321	<i>bind_{vw}</i>

Tablo 6.1.1'deki sonuçlar incelendiğinde;

Çizge tip ve tepe sayısı farklı olmasına rağmen, ağırlıkları sabit ($1, \dots, 1$ ve $10, 10, \dots, 10$) olan çizgelerin tamamında $bind_v$ ve $bind_{vw}$ değerlerinin eşit olduğu görülmüştür. Ayrıca; ağırlıkları ($10, 20, \dots, 10*n$) ve tepe sayıları (tek) farklı, tipleri ise P ve W olan DS_3 , DS_{15} , DS_{75} ve DS_{87} çizgelerinde $bind_v$ ve $bind_{vw}$ değerlerinin eşit olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, söz konusu bu çizgelerde $bind_v$ ve $bind_{vw}$ karşılaştırma sonuçların eşit çıkması nedeniyle $bind_{vw}$ parametresi ayırt ediciliği sağlamaz.

Veri setindeki yıldız tipinde ve ağırlıkları $10, 20, \dots, 10*n$ ile $rand(1,100)$ olan çizgelerde $bind_v$ değerinin daha küçük olduğu gözlemlenmiştir. Gözlemde örüntüyü bozan DS_{56} ve DS_{72} ($K_{1,5}$, $K_{1,21}$) çizgeleridir. Sonuçlardan hareketle yıldız tipindeki çizgelerde, merkez tepenin ağırlığı diğer tepe ağırlıklarından daha fazla olduğu sürece $bind_v$ parametresinin ölçümde daha iyi olduğu görülür.

Çizge tipi Yol, Döngü ve Tekerlek olan (Yıldız hariç), tepe sayısı farklı, ağırlıkları ise değişken ($10, 20, \dots, 10*n$ veya $rand(1,100)$) olan 18 çizgenin 14 tanesinde, tanımlanan $bind_{vw}$ parametresinin minimum olduğu görülmüştür. Söz konusu bu çizgeler için $bind_{vw}$ 'nin, $bind_v$ 'den daha başarılı performans gösterdiği, ölçüm yaptığı ve ayırt ediciliği sağladığı görülür. Örüntüyü bozan DS_3 , DS_{15} , DS_{75} ve DS_{87} çizgeleridir.

Genel olarak bakıldığında; tepe sayıları fark etmeksizin, değişken ağırlıklı, Yol, Döngü ve Tekerlek tipindeki çizgelerde (merkez tepenin ağırlığının görece eşit veya daha fazla olduğu yıldız çizgeler hariç) yeni tanımlanan Ağırlıklı Bağlama Sayısı ($bind_{vw}$) parametresinin, Bağlama Sayısı ($bind_v$) parametresine göre daha başarılı zedelenabilirlik ölçüm kabiliyetine sahip olduğu görülür.

6.2. Ortalama Bağlama Sayısı ve Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı Hesapları

Bu bölümde, Data Set (DS_96) içerisinde bulunan çizgelerin Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{av}$) ve Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{avw}$) değerleri kodlanan yazılım ile hesaplanmış ve sonuçlar karşılaştırılarak gruplandırılmış şekilde aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 6.2.1. Data Set (DS_96) için Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{av}$) ve Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{avw}$) Hesaplama Sonuçları

DS_n	Çizge Tip	Ağırlıklar	$bind_{av}$	$bind_{avw}$	$bind_{av}$ vs $bind_{avw}$
DS ₁	P ₅	1, ..., 1	0,8000	0,8000	eşit
DS ₂	P ₅	10, ..., 10	0,8000	0,8000	eşit
DS ₅	P ₆	1, ..., 1	1,0000	1,0000	eşit
DS ₆	P ₆	10, ..., 10	1,0000	1,0000	eşit
DS ₉	P ₁₀	1, ..., 1	1,0000	1,0000	eşit
DS ₁₀	P ₁₀	10, ..., 10	1,0000	1,0000	eşit
DS ₁₃	P ₁₁	1, ..., 1	0,9091	0,9091	eşit
DS ₁₄	P ₁₁	10, ..., 10	0,9091	0,9091	eşit
DS ₁₇	P ₂₀	1, ..., 1	1,0000	1,0000	eşit
DS ₁₈	P ₂₀	10, ..., 10	1,0000	1,0000	eşit
DS ₂₁	P ₂₂	1, ..., 1	1,0000	1,0000	eşit
DS ₂₂	P ₂₂	10, ..., 10	1,0000	1,0000	eşit
DS ₂₅	C ₅	1, ..., 1	1,3333	1,3333	eşit
DS ₂₆	C ₅	10, ..., 10	1,3333	1,3333	eşit
DS ₂₉	C ₆	1, ..., 1	1,0000	1,0000	eşit
DS ₃₀	C ₆	10, ..., 10	1,0000	1,0000	eşit
DS ₃₃	C ₁₀	1, ..., 1	1,0000	1,0000	eşit
DS ₃₄	C ₁₀	10, ..., 10	1,0000	1,0000	eşit
DS ₃₇	C ₁₁	1, ..., 1	1,1111	1,1111	eşit
DS ₃₈	C ₁₁	10, ..., 10	1,1111	1,1111	eşit
DS ₄₁	C ₂₀	1, ..., 1	1,0000	1,0000	eşit
DS ₄₂	C ₂₀	10, ..., 10	1,0000	1,0000	eşit
DS ₄₅	C ₂₂	1, ..., 1	1,0000	1,0000	eşit
DS ₄₆	C ₂₂	10, ..., 10	1,0000	1,0000	eşit

DS ₄₉	K _{1,4}	1, ..., 1	1,0000	1,0000	eşit
DS ₅₀	K _{1,4}	10, ..., 10	1,0000	1,0000	eşit
DS ₅₃	K _{1,5}	1, ..., 1	1,0000	1,0000	eşit
DS ₅₄	K _{1,5}	10, ..., 10	1,0000	1,0000	eşit
DS ₅₇	K _{1,9}	1, ..., 1	1,0000	1,0000	eşit
DS ₅₈	K _{1,9}	10, ..., 10	1,0000	1,0000	eşit
DS ₆₁	K _{1,10}	1, ..., 1	1,0000	1,0000	eşit
DS ₆₂	K _{1,10}	10, ..., 10	1,0000	1,0000	eşit
DS ₆₅	K _{1,19}	1, ..., 1	1,0000	1,0000	eşit
DS ₆₆	K _{1,19}	10, ..., 10	1,0000	1,0000	eşit
DS ₆₉	K _{1,21}	1, ..., 1	1,0000	1,0000	eşit
DS ₇₀	K _{1,21}	10, ..., 10	1,0000	1,0000	eşit
DS ₇₃	W ₅	1, ..., 1	2,0000	2,0000	eşit
DS ₇₄	W ₅	10, ..., 10	2,0000	2,0000	eşit
DS ₇₇	W ₆	1, ..., 1	2,2222	2,2222	eşit
DS ₇₈	W ₆	10, ..., 10	2,2222	2,2222	eşit
DS ₈₁	W ₁₀	1, ..., 1	2,0571	2,0571	eşit
DS ₈₂	W ₁₀	10, ..., 10	2,0571	2,0571	eşit
DS ₈₅	W ₁₁	1, ..., 1	2,0000	2,0000	eşit
DS ₈₆	W ₁₁	10, ..., 10	2,0000	2,0000	eşit
DS ₈₉	W ₂₀	1, ..., 1	2,0118	2,0118	eşit
DS ₉₀	W ₂₀	10, ..., 10	2,0118	2,0118	eşit
DS ₉₃	W ₂₂	1, ..., 1	2,0096	2,0096	eşit
DS ₉₄	W ₂₂	10, ..., 10	2,0096	2,0096	eşit
DS ₅₆	K _{1,5}	rand(1,100)	1,0000	33,0042	<i>bind_{av}</i>
DS ₇₂	K _{1,21}	rand(1,100)	1,0000	1,1453	<i>bind_{av}</i>
DS ₇₅	W ₅	10, 20, ..., 10*n	2,0000	2,1000	<i>bind_{av}</i>
DS ₇₆	W ₅	rand(1,100)	2,0000	4,4058	<i>bind_{av}</i>
DS ₈₀	W ₆	rand(1,100)	2,2222	33,9390	<i>bind_{av}</i>
DS ₃	P ₅	10, 20, ..., 10*n	0,8000	0,7972	<i>bind_{avw}</i>
DS ₄	P ₅	rand(1,100)	0,8000	0,3576	<i>bind_{avw}</i>
DS ₇	P ₆	10, 20, ..., 10*n	1,0000	0,8477	<i>bind_{avw}</i>
DS ₈	P ₆	rand(1,100)	1,0000	0,9936	<i>bind_{avw}</i>
DS ₁₁	P ₁₀	10, 20, ..., 10*n	1,0000	0,8895	<i>bind_{avw}</i>
DS ₁₂	P ₁₀	rand(1,100)	1,0000	0,4177	<i>bind_{avw}</i>
DS ₁₅	P ₁₁	10, 20, ..., 10*n	0,9091	0,8890	<i>bind_{avw}</i>
DS ₁₆	P ₁₁	rand(1,100)	0,9091	0,6325	<i>bind_{avw}</i>
DS ₁₉	P ₂₀	10, 20, ..., 10*n	1,0000	0,9233	<i>bind_{avw}</i>

DS20	P20	rand(1,100)	1,0000	0,3743	<i>bind_{avw}</i>
DS23	P22	10, 20, ..., 10*n	1,0000	0,9419	<i>bind_{avw}</i>
DS24	P22	rand(1,100)	1,0000	0,5385	<i>bind_{avw}</i>
DS27	C5	10, 20, ..., 10*n	1,3333	1,0530	<i>bind_{avw}</i>
DS28	C5	rand(1,100)	1,3333	0,7617	<i>bind_{avw}</i>
DS31	C6	10, 20, ..., 10*n	1,0000	0,9279	<i>bind_{avw}</i>
DS32	C6	rand(1,100)	1,0000	0,9981	<i>bind_{avw}</i>
DS35	C10	10, 20, ..., 10*n	1,0000	0,9180	<i>bind_{avw}</i>
DS36	C10	rand(1,100)	1,0000	0,5979	<i>bind_{avw}</i>
DS39	C11	10, 20, ..., 10*n	1,1111	0,9418	<i>bind_{avw}</i>
DS40	C11	rand(1,100)	1,1111	0,8646	<i>bind_{avw}</i>
DS43	C20	10, 20, ..., 10*n	1,0000	0,9447	<i>bind_{avw}</i>
DS44	C20	rand(1,100)	1,0000	0,5231	<i>bind_{avw}</i>
DS47	C22	10, 20, ..., 10*n	1,0000	0,9484	<i>bind_{avw}</i>
DS48	C22	rand(1,100)	1,0000	0,6517	<i>bind_{avw}</i>
DS51	K1,4	10, 20, ..., 10*n	1,0000	0,8000	<i>bind_{avw}</i>
DS52	K1,4	rand(1,100)	1,0000	0,9003	<i>bind_{avw}</i>
DS55	K1,5	10, 20, ..., 10*n	1,0000	0,7500	<i>bind_{avw}</i>
DS59	K1,9	10, 20, ..., 10*n	1,0000	0,6500	<i>bind_{avw}</i>
DS60	K1,9	rand(1,100)	1,0000	0,7204	<i>bind_{avw}</i>
DS63	K1,10	10, 20, ..., 10*n	1,0000	0,6364	<i>bind_{avw}</i>
DS64	K1,10	rand(1,100)	1,0000	0,6326	<i>bind_{avw}</i>
DS67	K1,19	10, 20, ..., 10*n	1,0000	0,5750	<i>bind_{avw}</i>
DS68	K1,19	rand(1,100)	1,0000	0,6220	<i>bind_{avw}</i>
DS71	K1,21	10, 20, ..., 10*n	1,0000	0,5682	<i>bind_{avw}</i>
DS79	W6	10, 20, ..., 10*n	2,2222	1,8379	<i>bind_{avw}</i>
DS83	W10	10, 20, ..., 10*n	2,0571	1,6070	<i>bind_{avw}</i>
DS84	W10	rand(1,100)	2,0571	1,2960	<i>bind_{avw}</i>
DS87	W11	10, 20, ..., 10*n	2,0000	1,5704	<i>bind_{avw}</i>
DS88	W11	rand(1,100)	2,0000	1,5277	<i>bind_{avw}</i>
DS91	W20	10, 20, ..., 10*n	2,0118	1,5366	<i>bind_{avw}</i>
DS92	W20	rand(1,100)	2,0118	1,1635	<i>bind_{avw}</i>
DS95	W22	10, 20, ..., 10*n	2,0096	1,5322	<i>bind_{avw}</i>
DS96	W22	rand(1,100)	2,0096	1,7880	<i>bind_{avw}</i>

Tablo 6.2.1'deki sonuçlar incelendiğinde;

Çizge tip ve tepe sayısı farklı olmasına rağmen, ağırlıkları sabit (1, ..., 1 ve 10, 10, ..., 10) olan çizgelerin tamamında *bind_{av}* ve *bind_{avw}* değerlerinin eşit olduğu

görülmüştür. Sonuç olarak, söz konusu bu çizgelerde $bind_{av}$ ve $bind_{avw}$ değerlerinin eşit çıkması nedeniyle $bind_{avw}$ parametresi ayırt ediciliği sağlamaz.

Veri setindeki; DS_{75} (W_5 – Ağırlık: 10, 20, ..., $10*n$)’nolu çizgede $bind_v$ değerinin $bind_{avw}$ değerinden daha küçük olduğu görülmüştür. Bu çizgenin yanı sıra ağırlıkları rastgele ($rand(1,100)$) olan DS_{56} ($K_{1,5}$), DS_{72} ($K_{1,21}$), DS_{76} (W_5) ve DS_{80} (W_6), çizgelerinde $bind_v$ değerinin daha küçük olduğu gözlemlenmiştir. Sonuçlardan hareketle bu tip çizgelerde $bind_v$ parametresinin ölçümde daha iyi olduğu görülür.

Tepe sayıları ve tipleri farklı, ağırlıkları ise değişken ($10, 20, \dots, 10*n$ veya $rand(1,100)$) olan 48 çizgenin 43 tanesinde tanımlanan $bind_{avw}$ parametresinin minimum olduğu görülmüştür. Söz konusu bu çizgeler için $bind_{avw}$ ’nin, $bind_{av}$ ’den daha başarılı performans gösterdiği, ölçüm yaptığı ve ayırt ediciliği sağladığı görülür. Örüntüyü bozan DS_{56} , DS_{72} , DS_{75} , DS_{76} ve DS_{80} ’nolu çizgeleridir.

Genel olarak bakıldığında; tepe sayıları fark etmeksizin, değişken artan ağırlıklı ($10, 20, \dots, 10*n$) veya rastgele ağırlıklı ($rand(1,100)$) çizgelerde yeni tanımlanan Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{avw}$) parametresinin, Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{av}$) parametresine göre daha başarılı zedelenebilirlik ölçüm kabiliyetine sahip olduğu görülür.

6.3. Mevcut ve Yeni Tanımlanan Parametrelerin Karşılaştırılması

Bu bölümde, Data Set (DS_6)’e ait çizgeler için hesaplanan Ağırlıklı Bağlama Sayısı ($bind_{vw}$) ve Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{avw}$) değerleri karşılaştırılarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Sonrasında yine aynı veri setine ait çizgeler için hesaplanan Bağlama Sayısı ($bind_v$) ile Ağırlıklı Bağlama Sayısı ($bind_{vw}$) ve Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{avw}$) parametreleri karşılaştırılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

Aşağıdaki tabloda Data Set (DS_6) için hesaplanan Ağırlıklı Bağlama Sayısı ($bind_{vw}$) ve Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{avw}$) değerleri karşılaştırılarak gruplandırılmış şekilde verilmiştir.

Tablo 6.3.1. Data Set (DS₉₆) için Ağırlıklı Bağlama Sayısı ($bind_{vw}$) ve Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{avw}$) Hesaplama Sonuçlarının Karşılaştırılması

DS _n	Çizge Tip	Ağırlıklar	$bind_{vw}$	$bind_{avw}$	$bind_{vw}$ vs $bind_{avw}$
DS ₅	P ₆	1, ..., 1	1,0000	1,0000	eşit
DS ₆	P ₆	10, ..., 10	1,0000	1,0000	eşit
DS ₉	P ₁₀	1, ..., 1	1,0000	1,0000	eşit
DS ₁₀	P ₁₀	10, ..., 10	1,0000	1,0000	eşit
DS ₁₇	P ₂₀	1, ..., 1	1,0000	1,0000	eşit
DS ₁₈	P ₂₀	10, ..., 10	1,0000	1,0000	eşit
DS ₂₁	P ₂₂	1, ..., 1	1,0000	1,0000	eşit
DS ₂₂	P ₂₂	10, ..., 10	1,0000	1,0000	eşit
DS ₂₅	C ₅	1, ..., 1	1,3333	1,3333	eşit
DS ₂₆	C ₅	10, ..., 10	1,3333	1,3333	eşit
DS ₂₉	C ₆	1, ..., 1	1,0000	1,0000	eşit
DS ₃₀	C ₆	10, ..., 10	1,0000	1,0000	eşit
DS ₃₃	C ₁₀	1, ..., 1	1,0000	1,0000	eşit
DS ₃₄	C ₁₀	10, ..., 10	1,0000	1,0000	eşit
DS ₄₁	C ₂₀	1, ..., 1	1,0000	1,0000	eşit
DS ₄₂	C ₂₀	10, ..., 10	1,0000	1,0000	eşit
DS ₄₅	C ₂₂	1, ..., 1	1,0000	1,0000	eşit
DS ₄₆	C ₂₂	10, ..., 10	1,0000	1,0000	eşit
DS ₃₇	C ₁₁	1, ..., 1	1,1111	1,1111	eşit
DS ₃₈	C ₁₁	10, ..., 10	1,1111	1,1111	eşit
DS ₁	P ₅	1, ..., 1	0,6667	0,8000	$bind_{vw}$
DS ₂	P ₅	10, ..., 10	0,6667	0,8000	$bind_{vw}$
DS ₁₃	P ₁₁	1, ..., 1	0,8333	0,9091	$bind_{vw}$
DS ₁₄	P ₁₁	10, ..., 10	0,8333	0,9091	$bind_{vw}$
DS ₄₉	K _{1,4}	1, ..., 1	0,2500	1,0000	$bind_{vw}$
DS ₅₀	K _{1,4}	10, ..., 10	0,2500	1,0000	$bind_{vw}$
DS ₅₃	K _{1,5}	1, ..., 1	0,2000	1,0000	$bind_{vw}$
DS ₅₄	K _{1,5}	10, ..., 10	0,2000	1,0000	$bind_{vw}$
DS ₅₇	K _{1,9}	1, ..., 1	0,1111	1,0000	$bind_{vw}$
DS ₅₈	K _{1,9}	10, ..., 10	0,1111	1,0000	$bind_{vw}$
DS ₆₁	K _{1,10}	1, ..., 1	0,1000	1,0000	$bind_{vw}$
DS ₆₂	K _{1,10}	10, ..., 10	0,1000	1,0000	$bind_{vw}$
DS ₆₅	K _{1,19}	1, ..., 1	0,0526	1,0000	$bind_{vw}$

DS ₆₆	K _{1,19}	10, ..., 10	0,0526	1,0000	<i>bind_{vw}</i>
DS ₆₉	K _{1,21}	1, ..., 1	0,0476	1,0000	<i>bind_{vw}</i>
DS ₇₀	K _{1,21}	10, ..., 10	0,0476	1,0000	<i>bind_{vw}</i>
DS ₇₃	W ₅	1, ..., 1	1,5000	2,0000	<i>bind_{vw}</i>
DS ₇₄	W ₅	10, ..., 10	1,5000	2,0000	<i>bind_{vw}</i>
DS ₇₇	W ₆	1, ..., 1	1,6667	2,2222	<i>bind_{vw}</i>
DS ₇₈	W ₆	10, ..., 10	1,6667	2,2222	<i>bind_{vw}</i>
DS ₈₁	W ₁₀	1, ..., 1	1,2857	2,0571	<i>bind_{vw}</i>
DS ₈₂	W ₁₀	10, ..., 10	1,2857	2,0571	<i>bind_{vw}</i>
DS ₈₅	W ₁₁	1, ..., 1	1,2000	2,0000	<i>bind_{vw}</i>
DS ₈₆	W ₁₁	10, ..., 10	1,2000	2,0000	<i>bind_{vw}</i>
DS ₈₉	W ₂₀	1, ..., 1	1,1176	2,0118	<i>bind_{vw}</i>
DS ₉₀	W ₂₀	10, ..., 10	1,1176	2,0118	<i>bind_{vw}</i>
DS ₉₃	W ₂₂	1, ..., 1	1,1053	2,0096	<i>bind_{vw}</i>
DS ₉₄	W ₂₂	10, ..., 10	1,1053	2,0096	<i>bind_{vw}</i>
DS ₅₆	K _{1,5}	rand(1,100)	0,0051	33,0042	<i>bind_{vw}</i>
DS ₇₂	K _{1,21}	rand(1,100)	0,0411	1,1453	<i>bind_{vw}</i>
DS ₇₅	W₅	10, 20, ..., 10*n	1,5000	2,1000	<i>bind_{vw}</i>
DS ₇₆	W ₅	rand(1,100)	0,5033	4,4058	<i>bind_{vw}</i>
DS ₈₀	W ₆	rand(1,100)	1,0453	33,9390	<i>bind_{vw}</i>
DS ₃	P ₅	10, 20, ..., 10*n	0,6667	0,7972	<i>bind_{vw}</i>
DS ₄	P ₅	rand(1,100)	0,0943	0,3576	<i>bind_{vw}</i>
DS ₇	P ₆	10, 20, ..., 10*n	0,7500	0,8477	<i>bind_{vw}</i>
DS ₈	P ₆	rand(1,100)	0,9703	0,9936	<i>bind_{vw}</i>
DS ₁₁	P ₁₀	10, 20, ..., 10*n	0,8333	0,8895	<i>bind_{vw}</i>
DS ₁₂	P ₁₀	rand(1,100)	0,1968	0,4177	<i>bind_{vw}</i>
DS ₁₅	P ₁₁	10, 20, ..., 10*n	0,8333	0,8890	<i>bind_{vw}</i>
DS ₁₆	P ₁₁	rand(1,100)	0,3607	0,6325	<i>bind_{vw}</i>
DS ₁₉	P ₂₀	10, 20, ..., 10*n	0,8919	0,9233	<i>bind_{vw}</i>
DS ₂₀	P ₂₀	rand(1,100)	0,1143	0,3743	<i>bind_{vw}</i>
DS ₂₃	P ₂₂	10, 20, ..., 10*n	0,9167	0,9419	<i>bind_{vw}</i>
DS ₂₄	P ₂₂	rand(1,100)	0,2396	0,5385	<i>bind_{vw}</i>
DS ₂₇	C ₅	10, 20, ..., 10*n	0,8750	1,0530	<i>bind_{vw}</i>
DS ₂₈	C ₅	rand(1,100)	0,3433	0,7617	<i>bind_{vw}</i>
DS ₃₁	C ₆	10, 20, ..., 10*n	0,7500	0,9279	<i>bind_{vw}</i>
DS ₃₂	C ₆	rand(1,100)	0,9703	0,9981	<i>bind_{vw}</i>
DS ₃₅	C ₁₀	10, 20, ..., 10*n	0,8333	0,9180	<i>bind_{vw}</i>
DS ₃₆	C ₁₀	rand(1,100)	0,3538	0,5979	<i>bind_{vw}</i>

DS39	C11	10, 20, .., 10*n	0,8857	0,9418	$bind_{vw}$
DS40	C11	rand(1,100)	0,7766	0,8646	$bind_{vw}$
DS43	C20	10, 20, .., 10*n	0,9091	0,9447	$bind_{vw}$
DS44	C20	rand(1,100)	0,2388	0,5231	$bind_{vw}$
DS47	C22	10, 20, .., 10*n	0,9167	0,9484	$bind_{vw}$
DS48	C22	rand(1,100)	0,5512	0,6517	$bind_{vw}$
DS51	K1,4	10, 20, .., 10*n	0,5000	0,8000	$bind_{vw}$
DS52	K1,4	rand(1,100)	0,3046	0,9003	$bind_{vw}$
DS55	K1,5	10, 20, .., 10*n	0,4000	0,7500	$bind_{vw}$
DS59	K1,9	10, 20, .., 10*n	0,2222	0,6500	$bind_{vw}$
DS60	K1,9	rand(1,100)	0,1787	0,7204	$bind_{vw}$
DS63	K1,10	10, 20, .., 10*n	0,2000	0,6364	$bind_{vw}$
DS64	K1,10	rand(1,100)	0,2028	0,6326	$bind_{vw}$
DS67	K1,19	10, 20, .., 10*n	0,1053	0,5750	$bind_{vw}$
DS68	K1,19	rand(1,100)	0,0938	0,6220	$bind_{vw}$
DS71	K1,21	10, 20, .., 10*n	0,0952	0,5682	$bind_{vw}$
DS79	W6	10, 20, .., 10*n	1,6000	1,8379	$bind_{vw}$
DS83	W10	10, 20, .., 10*n	1,2778	1,6070	$bind_{vw}$
DS84	W10	rand(1,100)	0,6629	1,2960	$bind_{vw}$
DS87	W11	10, 20, .., 10*n	1,2000	1,5704	$bind_{vw}$
DS88	W11	rand(1,100)	1,1737	1,5277	$bind_{vw}$
DS91	W20	10, 20, .., 10*n	1,1170	1,5366	$bind_{vw}$
DS92	W20	rand(1,100)	0,5502	1,1635	$bind_{vw}$
DS95	W22	10, 20, .., 10*n	1,1048	1,5322	$bind_{vw}$
DS96	W22	rand(1,100)	0,6321	1,7880	$bind_{vw}$

Tablo 6.3.1'deki sonuçlar incelendiğinde;

Ağırlıkları sabit ($1, \dots, 1$ ve $10, \dots, 10$), tepe sayıları farklı olmak üzere; döngü çizgelerin tamamında ve tepe sayıları çift olmak üzere yol tipli çizgeler ($P_6, P_{10}, P_{20}, P_{22}$) için $bind_{vw} - bind_{avw}$ parametrelerinin eşit olduğu görülmüştür. Söz konusu eşitlik nedeniyle, tarifi yapılan çizgeler için $bind_{vw}$ ve $bind_{avw}$ parametreleri ayırt ediciliği sağlamaz.

Ağırlıkları sabit ($1, \dots, 1$ ve $10, \dots, 10$), tepe sayıları farklı olmak üzere; yıldız ve tekerlek tipli çizgelerin tamamında ve tepe sayısı tek olan yol tipli çizgeler (P_5, P_{11}) için $bind_{vw}$ parametresinin $bind_{avw}$ parametresinden daha küçük olduğu ve ayırt ediciliği sağladığı görülmüştür. Tepe ağırlıkları sabit olmasına rağmen, söz konusu

çizgelerde $bind_{vw}$ parametresinin $bind_{avw}$ parametresine göre ayırt ediciliği sağlaması $bind_{vw}$ parametresinin başarımı açısından bakıldığında önemlidir. Ayrıca tepe ağırlıkları değişken, tepe sayıları farklı çizgelerin tamamında $bind_{vw}$ parametresinin $bind_{avw}$ parametresinden daha küçük olduğu ve ayırt ediciliği sağladığı görülmüştür.

Genel olarak bakıldığında, Data Set (DS_96) içerisinde bulunan değişken ağırlıklı ve yukarıda tarifi yapılan sabit ağırlıklı çizgeler için $bind_{vw}$ parametresinin $bind_{avw}$ parametresine göre daha başarılı zedelenebilirlik ölçüm kabiliyetine sahip olduğu görülür.

Aşağıdaki tabloda, Data Set (DS_96) için hesaplanan Bağlama Sayısı ($bind_v$) ile Ağırlıklı Bağlama Sayısı ($bind_{vw}$) ve Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{avw}$) değerleri karşılaştırılarak gruplandırılmış şekilde verilmiştir.

Tablo 6.3.2. Data Set (DS_96) için Bağlama Sayısı ($bind_v$), Ağırlıklı Bağlama Sayısı ($bind_{vw}$) ve Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{avw}$) Hesaplama Sonuçlarının Karşılaştırılması

DS_n	Çizge Tip	Ağırlıklar	$bind_v$	$bind_{vw}$	$bind_{avw}$	$bind_v$ vs ($bind_{vw} - bind_{avw}$)
DS5	P6	1, ..., 1	1,0000	1,0000	1,0000	eşit
DS6	P6	10, ..., 10	1,0000	1,0000	1,0000	eşit
DS9	P10	1, ..., 1	1,0000	1,0000	1,0000	eşit
DS10	P10	10, ..., 10	1,0000	1,0000	1,0000	eşit
DS17	P20	1, ..., 1	1,0000	1,0000	1,0000	eşit
DS18	P20	10, ..., 10	1,0000	1,0000	1,0000	eşit
DS21	P22	1, ..., 1	1,0000	1,0000	1,0000	eşit
DS22	P22	10, ..., 10	1,0000	1,0000	1,0000	eşit
DS25	C5	1, ..., 1	1,3333	1,3333	1,3333	eşit
DS26	C5	10, ..., 10	1,3333	1,3333	1,3333	eşit
DS29	C6	1, ..., 1	1,0000	1,0000	1,0000	eşit
DS30	C6	10, ..., 10	1,0000	1,0000	1,0000	eşit
DS33	C10	1, ..., 1	1,0000	1,0000	1,0000	eşit
DS34	C10	10, ..., 10	1,0000	1,0000	1,0000	eşit
DS37	C11	1, ..., 1	1,1111	1,1111	1,1111	eşit

DS ₃₈	C ₁₁	10, ..., 10	1,1111	1,1111	1,1111	eşit
DS ₄₁	C ₂₀	1, ..., 1	1,0000	1,0000	1,0000	eşit
DS ₄₂	C ₂₀	10, ..., 10	1,0000	1,0000	1,0000	eşit
DS ₄₅	C ₂₂	1, ..., 1	1,0000	1,0000	1,0000	eşit
DS ₄₆	C ₂₂	10, ..., 10	1,0000	1,0000	1,0000	eşit
DS ₅₁	K _{1,4}	10, 20, ..., 10*n	0,2500	0,5000	0,8000	bind_v
DS ₅₂	K _{1,4}	rand(1,100)	0,2500	0,3046	0,9003	bind_v
DS ₅₅	K _{1,5}	10, 20, ..., 10*n	0,2000	0,4000	0,7500	bind_v
DS ₅₉	K _{1,9}	10, 20, ..., 10*n	0,1111	0,2222	0,6500	bind_v
DS ₆₀	K _{1,9}	rand(1,100)	0,1111	0,1787	0,7204	bind_v
DS ₆₃	K _{1,10}	10, 20, ..., 10*n	0,1000	0,2000	0,6364	bind_v
DS ₆₄	K _{1,10}	rand(1,100)	0,1000	0,2028	0,6326	bind_v
DS ₆₇	K _{1,19}	10, 20, ..., 10*n	0,0526	0,1053	0,5750	bind_v
DS ₆₈	K _{1,19}	rand(1,100)	0,0526	0,0938	0,6220	bind_v
DS ₇₁	K _{1,21}	10, 20, ..., 10*n	0,0476	0,0952	0,5682	bind_v
DS ₁	P ₅	1, ..., 1	0,6667	0,6667	0,8000	<i>bind_v - bind_{vw}</i>
DS ₂	P ₅	10, ..., 10	0,6667	0,6667	0,8000	<i>bind_v - bind_{vw}</i>
DS ₁₃	P ₁₁	1, ..., 1	0,8333	0,8333	0,9091	<i>bind_v - bind_{vw}</i>
DS ₁₄	P ₁₁	10, ..., 10	0,8333	0,8333	0,9091	<i>bind_v - bind_{vw}</i>
DS ₄₉	K _{1,4}	1, ..., 1	0,2500	0,2500	1,0000	<i>bind_v - bind_{vw}</i>
DS ₅₀	K _{1,4}	10, ..., 10	0,2500	0,2500	1,0000	<i>bind_v - bind_{vw}</i>
DS ₅₃	K _{1,5}	1, ..., 1	0,2000	0,2000	1,0000	<i>bind_v - bind_{vw}</i>
DS ₅₄	K _{1,5}	10, ..., 10	0,2000	0,2000	1,0000	<i>bind_v - bind_{vw}</i>
DS ₅₇	K _{1,9}	1, ..., 1	0,1111	0,1111	1,0000	<i>bind_v - bind_{vw}</i>
DS ₅₈	K _{1,9}	10, ..., 10	0,1111	0,1111	1,0000	<i>bind_v - bind_{vw}</i>
DS ₆₁	K _{1,10}	1, ..., 1	0,1000	0,1000	1,0000	<i>bind_v - bind_{vw}</i>
DS ₆₂	K _{1,10}	10, ..., 10	0,1000	0,1000	1,0000	<i>bind_v - bind_{vw}</i>
DS ₆₅	K _{1,19}	1, ..., 1	0,0526	0,0526	1,0000	<i>bind_v - bind_{vw}</i>
DS ₆₆	K _{1,19}	10, ..., 10	0,0526	0,0526	1,0000	<i>bind_v - bind_{vw}</i>
DS ₆₉	K _{1,21}	1, ..., 1	0,0476	0,0476	1,0000	<i>bind_v - bind_{vw}</i>
DS ₇₀	K _{1,21}	10, ..., 10	0,0476	0,0476	1,0000	<i>bind_v - bind_{vw}</i>
DS ₇₃	W ₅	1, ..., 1	1,5000	1,5000	2,0000	<i>bind_v - bind_{vw}</i>
DS ₇₄	W ₅	10, ..., 10	1,5000	1,5000	2,0000	<i>bind_v - bind_{vw}</i>
DS ₇₇	W ₆	1, ..., 1	1,6667	1,6667	2,2222	<i>bind_v - bind_{vw}</i>
DS ₇₈	W ₆	10, ..., 10	1,6667	1,6667	2,2222	<i>bind_v - bind_{vw}</i>
DS ₈₁	W ₁₀	1, ..., 1	1,2857	1,2857	2,0571	<i>bind_v - bind_{vw}</i>
DS ₈₂	W ₁₀	10, ..., 10	1,2857	1,2857	2,0571	<i>bind_v - bind_{vw}</i>
DS ₈₅	W ₁₁	1, ..., 1	1,2000	1,2000	2,0000	<i>bind_v - bind_{vw}</i>

DS ₈₆	W ₁₁	10, .., 10	1,2000	1,2000	2,0000	<i>bind_v - bind_{vw}</i>
DS ₈₉	W ₂₀	1, .., 1	1,1176	1,1176	2,0118	<i>bind_v - bind_{vw}</i>
DS ₉₀	W ₂₀	10, .., 10	1,1176	1,1176	2,0118	<i>bind_v - bind_{vw}</i>
DS ₉₃	W ₂₂	1, .., 1	1,1053	1,1053	2,0096	<i>bind_v - bind_{vw}</i>
DS ₉₄	W ₂₂	10, .., 10	1,1053	1,1053	2,0096	<i>bind_v - bind_{vw}</i>
DS ₇₅	W ₅	10, 20, .., 10*n	1,5000	1,5000	2,1000	<i>bind_v - bind_{vw}</i>
DS ₃	P ₅	10, 20, .., 10*n	0,6667	0,6667	0,7972	<i>bind_v - bind_{vw}</i>
DS ₁₅	P ₁₁	10, 20, .., 10*n	0,8333	0,8333	0,8890	<i>bind_v - bind_{vw}</i>
DS ₈₇	W ₁₁	10, 20, .., 10*n	1,2000	1,2000	1,5704	<i>bind_v - bind_{vw}</i>
DS ₅₆	K _{1,5}	rand(1,100)	0,2000	0,0051	33,0042	<i>bind_{vw}</i>
DS ₇₂	K _{1,21}	rand(1,100)	0,0476	0,0411	1,1453	<i>bind_{vw}</i>
DS ₇₆	W ₅	rand(1,100)	1,5000	0,5033	4,4058	<i>bind_{vw}</i>
DS ₈₀	W ₆	rand(1,100)	1,6667	1,0453	33,9390	<i>bind_{vw}</i>
DS ₄	P ₅	rand(1,100)	1,0000	0,0943	0,3576	<i>bind_{vw}</i>
DS ₇	P ₆	10, 20, .., 10*n	1,0000	0,7500	0,8477	<i>bind_{vw}</i>
DS ₈	P ₆	rand(1,100)	1,0000	0,9703	0,9936	<i>bind_{vw}</i>
DS ₁₁	P ₁₀	10, 20, .., 10*n	1,0000	0,8333	0,8895	<i>bind_{vw}</i>
DS ₁₂	P ₁₀	rand(1,100)	1,0000	0,1968	0,4177	<i>bind_{vw}</i>
DS ₁₆	P ₁₁	rand(1,100)	1,0000	0,3607	0,6325	<i>bind_{vw}</i>
DS ₁₉	P ₂₀	10, 20, .., 10*n	1,0000	0,8919	0,9233	<i>bind_{vw}</i>
DS ₂₀	P ₂₀	rand(1,100)	1,0000	0,1143	0,3743	<i>bind_{vw}</i>
DS ₂₃	P ₂₂	10, 20, .., 10*n	1,0000	0,9167	0,9419	<i>bind_{vw}</i>
DS ₂₄	P ₂₂	rand(1,100)	1,0000	0,2396	0,5385	<i>bind_{vw}</i>
DS ₂₇	C ₅	10, 20, .., 10*n	1,5000	0,8750	1,0530	<i>bind_{vw}</i>
DS ₂₈	C ₅	rand(1,100)	2,0000	0,3433	0,7617	<i>bind_{vw}</i>
DS ₃₁	C ₆	10, 20, .., 10*n	1,0000	0,7500	0,9279	<i>bind_{vw}</i>
DS ₃₂	C ₆	rand(1,100)	1,0000	0,9703	0,9981	<i>bind_{vw}</i>
DS ₃₅	C ₁₀	10, 20, .., 10*n	1,0000	0,8333	0,9180	<i>bind_{vw}</i>
DS ₃₆	C ₁₀	rand(1,100)	1,5000	0,3538	0,5979	<i>bind_{vw}</i>
DS ₃₉	C ₁₁	10, 20, .., 10*n	1,2000	0,8857	0,9418	<i>bind_{vw}</i>
DS ₄₀	C ₁₁	rand(1,100)	1,3333	0,7766	0,8646	<i>bind_{vw}</i>
DS ₄₃	C ₂₀	10, 20, .., 10*n	1,0000	0,9091	0,9447	<i>bind_{vw}</i>
DS ₄₄	C ₂₀	rand(1,100)	2,0000	0,2388	0,5231	<i>bind_{vw}</i>
DS ₄₇	C ₂₂	10, 20, .., 10*n	1,0000	0,9167	0,9484	<i>bind_{vw}</i>
DS ₄₈	C ₂₂	rand(1,100)	1,3333	0,5512	0,6517	<i>bind_{vw}</i>
DS ₇₉	W ₆	10, 20, .., 10*n	1,6667	1,6000	1,8379	<i>bind_{vw}</i>
DS ₈₃	W ₁₀	10, 20, .., 10*n	1,2857	1,2778	1,6070	<i>bind_{vw}</i>
DS ₈₄	W ₁₀	rand(1,100)	1,5000	0,6629	1,2960	<i>bind_{vw}</i>

DS ₈₈	W ₁₁	rand(1,100)	1,3333	1,1737	1,5277	bind_{vw}
DS ₉₁	W ₂₀	10, 20, ..., 10*n	1,1176	1,1170	1,5366	bind_{vw}
DS ₉₂	W ₂₀	rand(1,100)	1,6000	0,5502	1,1635	bind_{vw}
DS ₉₅	W ₂₂	10, 20, ..., 10*n	1,1053	1,1048	1,5322	bind_{vw}
DS ₉₆	W ₂₂	rand(1,100)	1,8000	0,6321	1,7880	bind_{vw}

Tablo 6.3.2'deki sonuçlar incelendiğinde;

Tepe ağırlıkları sabit (1, ..., 1 ve 10, ..., 10), tepe sayıları farklı olmak üzere; döngü çizgelerin tamamında ve tepe sayıları çift olmak üzere yol tipli çizgeler ($P_6, P_{10}, P_{20}, P_{22}$) için $bind_v - (bind_{vw} - bind_{avw})$ parametrelerinin eşit olduğu görülmüştür. Söz konusu eşitlik nedeniyle, tarifi yapılan çizgeler için $bind_v$, $bind_{vw}$ ve $bind_{avw}$ parametreleri ayırt ediciliği sağlamaz.

Tepe ağırlıkları sabit (1, ..., 1 ve 10, ..., 10), tepe sayıları farklı olmak üzere; yıldız ve tekerlek tipli çizgelerin tamamında ve tepe sayısı tek olan yol tipli çizgeler (P_5, P_{11}) için $bind_w$ ile $bind_{vw}$ parametrelerinin eşit ve $bind_{avw}$ parametresinden daha küçük olduğu ve ayırt ediciliği sağladığı görülmüştür. Sonuçtan hareketle, söz konusu çizgeler için $bind_v$ ve $bind_{vw}$ parametrelerinin $bind_{avw}$ parametresinden daha iyi ölçüm yaptığı sonucuna ulaşılır. Buna karşın, söz konusu çizgeler için $bind_v$ ve $bind_{vw}$ eşitliği ayırt edicilik sağlamaz. Bunların yanı sıra, tepe ağırlıkları değişken (10, 20, ..., 10*n), tepe sayıları tek olmak üzere tekerlek (W₅, W₁₁) ve yol (P₅, P₁₁) tipli çizgeler için $bind_v$ ile $bind_{vw}$ parametrelerinin eşit ve $bind_{avw}$ parametresinden daha küçük olduğu ve ayırt ediciliği sağladığı görülmüştür.

Tepe ağırlıkları değişken (10, 20, ..., 10*n veya rand(1,100)), tepe sayıları farklı yıldız tipli çizgeler için $bind_v$ parametresinin yeni tanımlanan diğer iki parametreden ($bind_{vw} - bind_{avw}$) küçük olduğu görülmüştür. Sonuçlardan hareketle yıldız tipli değişken ağırlıklı çizgelerde zedelenebilirlik ölçümü için $bind_v$ parametresinin yeterli olduğu sonucuna varılabilir. Fakat, tablodaki sonuçlar incelenmeye devam edildiğinde rastgele değişken ağırlıklı K_{1,5} ve K_{1,21} yıldız tipli çizgelerinde $bind_{vw}$ değerinin $bind_v$ değerinden küçük çıkması, yukarıda varılan sonucu geçersiz kılmaktadır. K_{1,5} ve K_{1,21} yıldız çizgelerinin tepe ağırlıkları sırasıyla [93, 96, 88, 98, 21, 2] ve [96, 23, 8, 97, 68, 36, 87, 12, 64, 74, 86, 15, 33, 29, 13, 24, 24, 7, 91, 44, 18, 39] şeklindedir. Ağırlık değerlerinden hareketle $bind_{vw}$ değerinin $bind_v$ 'den daha küçük çıkmasının

nedeni söz konusu çizgelerde merkez tepenin ağırlığının diğer tepelere göre daha az olmasıdır. Bu nedenle, değişken ağırlıklı yıldız çizgelerde merkez tepenin ağırlık değerine bağlı olarak $bind_{vw}$ parametresi $bind_v$ parametresinden daha hassas ölçüm kabiliyetine sahiptir sonucuna ulaşılabilir.

Tepe sayıları ve tipleri farklı, ağırlıkları ise değişken ($10, 20, \dots, 10*n$ veya $rand(1,100)$) olan 48 çizgenin 44 tanesinde yeni tanımlanan $bind_{vw}$ parametresinin minimum olduğu görülmüştür. Söz konusu bu çizgeler için $bind_{vw}$ 'nin, $bind_v$ ' ve $bind_{avw}$ 'den daha başarılı performans gösterdiği, ölçüm yaptığı ve ayırt ediciliği sağladığı görülür. Örüntüyü bozan değişken ağırlıklı W_5, W_{11} ile P_5, P_{11} çizgeleridir.

Genel olarak bakıldığında; mevcut data set için geçerli olmak üzere, tepe sayıları fark etmeksizin, değişken ağırlıklı ($10, 20, \dots, 10*n$ veya $rand(1,100)$) çizgelerde yeni tanımlanan Ağırlıklı Bağlama Sayısı ($bind_{vw}$) parametresinin, Bağlama Sayısı ($bind_{av}$) ve Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{avw}$) parametresine göre daha başarılı zedelenebilirlik ölçüm kabiliyetine sahip olduğu görülür.

7. SONUÇ

Çalışmamızda; çizgelerde mevcut tanımlı Bağlama Sayısı ($bind_v$), ile Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{av}$) parametreleri incelenerek, çizgelerde zedelenebilirlik ölçümünün başarımını arttırmak amacıyla Ağırlıklı Bağlama Sayısı ($bind_{vw}$) ve Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{avw}$) olarak isimlendirdiğimiz iki yeni zedelenebilirlik ölçüm parametresi tanımlanmıştır. Tanımlanan iki yeni parametrenin ($bind_{vw}$, $bind_{avw}$) ve incelenen iki mevcut parametrenin ($bind_v$, $bind_{av}$) hesaplamalarını yapan yazılım Python dili ile kodlanmıştır. Söz konusu yazılıma ait algoritma ve pseudo kod çalışmada verilmiştir. Ardından dört farklı tip çizge (P_n , C_n , $K_{1,n}$, W_n), altı farklı tepe sayısı (5, 6, 10, 11, 20, 22) ve 4 farklı tip ağırlık değeri ($[1, \dots, 1]$, $[10, \dots, 10]$, $[10, 20, \dots, 10*n]$, $rand(1,100)$) kullanılarak Data Set (DS_{96}) isimli veri seti hazırlanmıştır. DS_{96} veri seti, yazılan programa parametre olarak verilmiş ve 96 çizge için $bind_v$, $bind_{av}$, $bind_{vw}$ ve $bind_{avw}$ parametreleri hesaplanarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. DS_{96} içerisindeki rasgele ağırlıklı çizgeler için karşılaştırma sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 7.1. Data Set (DS_{96}) içindeki rastgele ağırlıklı çizgelerin Bağlama Sayısı ($bind_v$), Ağırlıklı Bağlama Sayısı ($bind_{vw}$), Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{av}$) ve Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{avw}$) Hesaplama Sonuçlarının Karşılaştırılması

DS_n	Çizge Tip	$bind_v$ vs $bind_{vw}$	$bind_{av}$ vs $bind_{avw}$	$bind_{vw}$ vs $bind_{avw}$	$bind_v$ vs ($bind_{vw}-bind_{avw}$)
DS4	P5	$bind_{vw}$	$bind_{avw}$	$bind_{vw}$	$bind_{vw}$
DS8	P6	$bind_{vw}$	$bind_{avw}$	$bind_{vw}$	$bind_{vw}$
DS12	P10	$bind_{vw}$	$bind_{avw}$	$bind_{vw}$	$bind_{vw}$
DS16	P11	$bind_{vw}$	$bind_{avw}$	$bind_{vw}$	$bind_{vw}$
DS20	P20	$bind_{vw}$	$bind_{avw}$	$bind_{vw}$	$bind_{vw}$
DS24	P22	$bind_{vw}$	$bind_{avw}$	$bind_{vw}$	$bind_{vw}$
DS52	K_{1,4}	$bind_v$	$bind_{avw}$	$bind_{vw}$	$bind_v$
DS60	K_{1,9}	$bind_v$	$bind_{avw}$	$bind_{vw}$	$bind_v$
DS64	K_{1,10}	$bind_v$	$bind_{avw}$	$bind_{vw}$	$bind_v$
DS68	K_{1,19}	$bind_v$	$bind_{avw}$	$bind_{vw}$	$bind_v$
DS56	K_{1,5}	$bind_{vw}$	$bind_{av}$	$bind_{vw}$	$bind_{vw}$

DS72	K_{1,21}	$bind_{vw}$	$bind_{av}$	$bind_{vw}$	$bind_{vw}$
DS76	W₅	$bind_{vw}$	$bind_{av}$	$bind_{vw}$	$bind_{vw}$
DS80	W₆	$bind_{vw}$	$bind_{av}$	$bind_{vw}$	$bind_{vw}$
DS84	W ₁₀	$bind_{vw}$	$bind_{avw}$	$bind_{vw}$	$bind_{vw}$
DS88	W ₁₁	$bind_{vw}$	$bind_{avw}$	$bind_{vw}$	$bind_{vw}$
DS92	W ₂₀	$bind_{vw}$	$bind_{avw}$	$bind_{vw}$	$bind_{vw}$
DS96	W ₂₂	$bind_{vw}$	$bind_{avw}$	$bind_{vw}$	$bind_{vw}$
DS28	C ₅	$bind_{vw}$	$bind_{avw}$	$bind_{vw}$	$bind_{vw}$
DS32	C ₆	$bind_{vw}$	$bind_{avw}$	$bind_{vw}$	$bind_{vw}$
DS36	C ₁₀	$bind_{vw}$	$bind_{avw}$	$bind_{vw}$	$bind_{vw}$
DS40	C ₁₁	$bind_{vw}$	$bind_{avw}$	$bind_{vw}$	$bind_{vw}$
DS44	C ₂₀	$bind_{vw}$	$bind_{avw}$	$bind_{vw}$	$bind_{vw}$
DS48	C ₂₂	$bind_{vw}$	$bind_{avw}$	$bind_{vw}$	$bind_{vw}$

Data Set ($DS_{\%}$) kapsamında;

Bağlama Sayısı ($bind_v$) ve Ağırlıklı Bağlama Sayısı ($bind_{vw}$) parametre hesaplama sonuçları karşılaştırıldığında (bkz. Tablo 6.1.1);

- Sabit ağırlıklı çizgeler ($1, 10$) için $bind_{vw}$ parametre başarımları oranı %0'dır.
- Değişken artan ağırlıklı çizgeler ($10, 20, \dots, 10*n$) için $bind_{vw}$ parametre başarımları oranı %58,33'dür.
- Rastgele ağırlıklı çizgeler ($rand(1,100)$) için $bind_{vw}$ parametre başarımları oranı %83,33'dür.(bkz. Tablo 7.1.)

Sonuçlardan hareketle, yeni tanımlanan Ağırlıklı Bağlama Sayısı ($bind_{vw}$) parametresinin Bağlama Sayısı ($bind_v$) parametresine göre değişken ve rastgele ağırlıklı çizgelerde daha hassas zedelenebilirlik ölçümü yapabildiği görülür.

Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{av}$) ve Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{avw}$) parametre hesaplama sonuçları karşılaştırıldığında (bkz. Tablo 6.2.1);

- Sabit ağırlıklı çizgeler ($1, 10$) için $bind_{avw}$ parametre başarımları oranı %0'dır.
- Değişken artan ağırlıklı çizgeler ($10, 20, \dots, 10*n$) için $bind_{avw}$ parametre başarımları oranı %95,83'dür.
- Rastgele ağırlıklı çizgeler ($rand(1,100)$) için $bind_{avw}$ parametre başarımları oranı %83,33'dür. (bkz. Tablo 7.1.)

Sonuçlardan hareketle yeni tanımlanan Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{avw}$) parametresinin Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{av}$) parametresine göre değişken ve rastgele ağırlıklı çizgelerde daha hassas zedelenebilirlik ölçümü yapabildiği görülür.

Yeni tanımlanan, Ağırlıklı Bağlama Sayısı ($bind_{vw}$) ve Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{avw}$) hesaplama sonuçları karşılaştırıldığında (bkz. Tablo 6.3.1);

- Sabit ağırlıklı çizgeler ($1, 10$) için $bind_{vw}$ parametre başarımları oranı %58,33'dür.
- Değişken artan ağırlıklı çizgeler ($10, 20, \dots, 10*n$) için $bind_{vw}$ parametre başarımları oranı %100'dür.
- Rastgele ağırlıklı çizgeler ($rand(1,100)$) için $bind_{vw}$ parametre başarımları oranı %100'dür. (bkz. Tablo 7.1.)

Sonuçlardan hareketle Ağırlıklı Bağlama Sayısı ($bind_{vw}$) parametresinin, Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{avw}$) parametresine göre çizgelerde daha hassas zedelenebilirlik ölçümü yapabildiği görülür.

Bağlama Sayısı ($bind_v$) ile Ağırlıklı Bağlama Sayısı ($bind_{vw}$) ve Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{avw}$) hesaplama sonuçları karşılaştırıldığında (bkz. Tablo 6.3.2);

- Sabit ağırlıklı çizgeler ($1, 10$) için $bind_{vw}$ parametre başarımları oranı %0'dır.
- Değişken artan ağırlıklı çizgeler ($10, 20, \dots, 10*n$) için $bind_{vw}$ parametre başarımları oranı %58,33'dür.
- Rastgele ağırlıklı çizgeler ($rand(1,100)$) için $bind_{vw}$ parametre başarımları oranı %83,33'dür. (bkz. Tablo 7.1.)

Sonuçlardan hareketle Ağırlıklı Bağlama Sayısı ($bind_{vw}$) parametresinin, Bağlama Sayısı ($bind_{avw}$) parametresine göre ağırlıklı çizgelerde daha hassas zedelenebilirlik ölçümü yapabildiği görülür. Karşılaştırmada Ağırlıklı Ortalama Bağlama Sayısı ($bind_{avw}$) değerinin minimum olduğu durum gözlemlenmemiştir.

Söz konusu yeni tanımlanan zedelenebilirlik parametrelerin başarımları, farklı tip, tepe sayısı ve ağırlıktaki çizgeler kullanılarak daha sonra yapılacak çalışmalarda araştırılabilir.

Sonuç olarak; tanımlanan iki yeni zedelenebilirlik parametresinin ($bind_{vw}$, $bind_{avw}$) Data Set ($DS\%$) içinde tanımlı ağırlıksız çizgelerin bazılarında ve ağırlıklı çizgelerin neredeyse tamamında mevcut iki parametreden ($bind_v$, $bind_{av}$) daha başarılı zedelenebilirlik ölçümü yaptığı görülür. Tanımlanan iki yeni parametre kullanılarak, uygulama alanı özelinde, fiziksel, mantıksal ve ağ güvenliği açısından bakıldığında zedelenmeye daha dayanıklı bilgi iletişim ağlarının tasarımına katkı sağlanabilir. Genel açıdan bakıldığında ise, tanımlanan yeni parametreler kullanılarak, bileşen tabanlı tasarlanabilen ve çizge teori ile modellemeye uygun herhangi bir sistem için daha hassas zedelenebilirlik ölçümü gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] ERGUNALP, A.H. (2021). Sıbernetik Düşünme Karmaşık Sistemlerde Yönetimi Anlamak. Nobel Akademik Yayıncılık. 483 s.
- [2] TOSUN, M.A. (2019). Ağlarda Güvenlik İçin Komşu Zedelenebilirlik Ölçümleri Üzerine, 1 s.
- [3] POLAT, D. (2016). Graflarda Zedelenebilirlik Ve Komşu Ayırıt Kopma Derecesi, 1 s.
- [4] Bo Bondy, J.A., Murty, U.S.R. (1976). Graph Theory with Applications. *Elsevier Science Publishing*, 14,264 s. doi:10.1007/978-1-349-03521-2
- [5] Cozzens, M.B., Moazzami, D., Stueckle, S. (1994). The tenacity of the Harary Graphs. *J. Combin. Math. Combin. Comput*, 16, 33–56.
- [6] Moazzami, D. (2011). Tenacity of a graph with maximum connectivity. *Discrete Applied Mathematics.*, 159(5), 367–380. doi:10.1016/j.dam.2010.11.008.
- [7] Zhang, S., Wang, Z. (2001). Scattering number in graphs. *Networks*. 37(2), 102–106. doi:10.1002/1097-0037(200103)37:2<102::aid-net5>3.3.co;2-j.
- [8] Li, Y., Zhang, S., Li, X. (2005). Rupture degree of graphs. *International Journal of Computer Mathematics*, 82(7), 793-803
- [9] Aldous, J.M. ve Wilson, R.J. (2006), Graphs and Applications an Introductory Approach, *Springer*, Birleşik Krallık, 444s.
- [10] Harary, F. (1969). Graph Theory. Adison-Wesley, Reading, MA, 274 s.
- [11] BİRGİN, K. (2014). Yönlü ve Yönsüz Grafların Enerjisi, 14 s.
- [12] Harary, F. Graph Theory. (1969). Addison-Wesley Publishing, 1-274 s.
- [13] Woodall D. R, (1973). The binding number of a graph and its Anderson number, *J. Combinatorial Theory Ser. B* 15 225–255.
- [14] Brouwer A. E., Haemers W., (2011). Spectra of Graphs. Springer. 8,9 s.
- [15] Aslan, E. (2019). The Average Binding Number of Graphs. *Scienceasia*. 45/1,85-91