



Modelling and statistical analysis of academic collaborations as a new graph type

Kenan İnce^{*}, Ali Karcı

Department of Computer Engineering, İnönü University, Malatya, 44200, Turkey

Highlights:

- Collaboration graphs as a new graph type.
- Modelling universities in Turkey with graph topology.
- Discovering collaborations through these created models.

Keywords:

- Academic collaborations in Turkey
- Bron-Kerbosch algorithm
- Statistical Bron-Kerbosch algorithm
- Collaboration graphs
- Central limit theorem
- Community detection in social networks

Article Info:

Research Article
Received: 13.07.2017
Accepted: 08.11.2017

DOI:

10.17341/gazimmfd.416506

Acknowledgement:

Correspondence:

Author: Kenan İnce
e-mail:
kenanince@gmail.com
phone: +90 422 377 4799

Graphical/Tabular Abstract

The data used in the modeling was extracted from the Web of Science (WOS) database with an application developed and saved as relational database format. The application covers studies that have been published between 1980 and 2015 (including end points) those have authors studying in institutions of Turkey. The main motivation in choosing this data as modeling data is that such a comprehensive study on Turkey has not been done yet. Turkey's academic collaborations are modeled on a regional basis, using the data obtained and the type of graph proposed. A statistical Bron-Kerbosch (iBK) algorithm was developed based on the Bron-Kerbosch (BK) algorithm. The purpose of statistical adding is to eliminate some of the collaboration data in a statistical basis. The community detection was done using both algorithms. Outputs of algorithms compared. In the light of the results obtained, conclusions were made about the factors affecting the academic collaborations in Turkey.

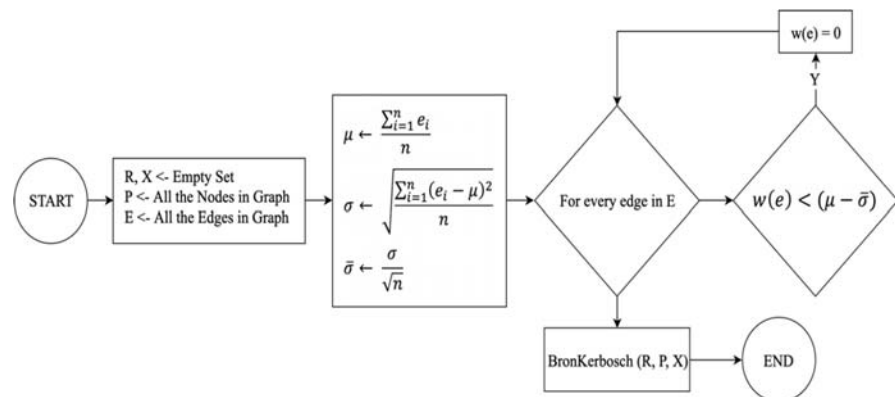


Figure A. Sequence diagram of proposed statistical BronKerbosch algorithm

Purpose: In this study, academic collaboration network of Turkey was examined and analyzed as proposed collaboration graph.

Theory and Methods: In order to investigate academic collaboration of Turkey, data was retrieved from Web of Science. Obtained data was purified and academic collaborations were constructed by using graph theory based on retrieved data. Finally, the constructed graph named as collaboration graph.

Results: As a result, affecting factors of academic collaboration network of Turkey will be presented.

Conclusion: Current collaboration level of Turkey is dependent on spatial factors more than research area. Also some featured results obtained like state universities are more collaborative than foundation universities and former universities are more collaborative and so on.



Akademik işbirliklerinin yeni bir çizge olarak modellenmesi ve istatistiki analizi

Kenan İnce*^{ID}, Ali Karacı^{ID}

İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Malatya, 44200, Türkiye

Ö N E Ç I K A N L A R

- Yeni bir çizge türü olarak işbirliği çizgeleri
- Türkiye'deki üniversitelerin çizge ile modellenmesi
- Türkiye'deki akademik ilişkilerin analiz edilmesi

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 13.07.2017

Kabul: 08.11.2017

DOI:

10.17341/gazimmfd.416506

Anahtar Kelimeler:

Türkiye'deki akademik işbirlikleri, Bron-Kerbosch algoritması, istatistiksel Bron-Kerbosch algoritması, işbirliği çizgeleri, merkezi limit teoremi, sosyal ağlarda topluluk keşfi

ÖZET

Akademik işbirliği (ortak yazarlık) ağları, aynı veya farklı disiplinlerdeki araştırmacıların birlikte yaptıkları çalışmalardan oluşturulan ağlardır. Üniversite, fakülte veya bölüm bazında yapılan araştırmalar, bir ülkenin gelişmişlik analizinden, üniversite ve bölümlerin sıralaması gibi alanlarda kullanılmaktadır. Aynı zamanda, akademik işbirliklerinin modellenmesi ve bu modeller üzerinden işbirlikleri düzeyi noktasında yapılacak çıkarım ve yorumlarda büyük önem arz etmektedir. Bu önemli konunun matematiksel olarak modellenmemiş olmasından, işbirliği çizgeleri farklı bir çizge türü olarak önerildi ve ilgili tanım ve algoritmalar sunuldu. Türkiye'deki akademik işbirlikleri sunulan yeni çizge türü ile modellendi. Modellemede kullanılan veri, Web of Science (WOS) veri tabanından, geliştirilen bir uygulama ile çekilerek, ilişkisel veri tabanı formatında kaydedildi. Uygulama, 1980-2015 yılları arasında (başlangıç ve bitiş noktaları dahil) yayınlanmış, Türkiye'deki kurumlarda görev yapan yazar bulunduran çalışmaları kapsamaktadır. Bu verinin modelleme verisi olarak seçilmesinde başlıca motivasyon sebebi, Türkiye'yi konu alan bu derece kapsamlı bir çalışmanın yapılmamış olmasıdır. Türkiye'nin akademik işbirlikleri, elde edilen veri ve önerilen çizge türü kullanılarak, bölgesel bazda modellendi. Bron-Kerbosch (BK) algoritması temel alınarak İstatistiksel Bron-Kerbosch (iBK) algoritması geliştirildi. Her iki algoritma kullanılarak topluluk keşfi (belirlenen kriterlere uygun, grubun geri kalanına göre daha sıkı ilişkili grup/grupları bulma işlemi) yapıldı. Algoritma çıktıları karşılaştırıldı. Elde edilen sonuçlar ışığında, Türkiye'deki akademik işbirliklerini etkileyen faktörler hakkında çıkarımlar yapıldı.

Modelling and statistical analysis of academic collaborations as a new graph type

H I G H L I G H T S

- Collaboration graphs as a new graph type
- Modelling universities in Turkey with graph topology
- Analysis of academic relations in Turkey

Article Info

Research Article

Received: 13.07.2017

Accepted: 08.11.2017

DOI:

10.17341/gazimmfd.416506

Keywords:

Academic collaborations in Turkey, Bron-Kerbosch algorithm, istatistical Bron-Kerbosch algorithm, collaboration graphs, central limit theorem, community detection in social networks

ABSTRACT

Academic collaboration (co-authorship) networks are networks of researchers working together on the same or different disciplines. These networks are used in areas such as the analysis of the development of a country, the ranking of universities and departments. At the same time, the modeling of academic collaborations and the conclusions and interpretations to be made at the level of collaborations through these models are also of great importance. Since this important topic has not been mathematically modeled, the collaboration graphs have been proposed as a new graph type and the related definitions and algorithms have been presented. The academic collaborations in Turkey are modeled with the new graph type presented. The data used in the modeling was extracted from the Web of Science (WOS) database with an application developed and saved as relational database format. The application covers studies that have been published between 1980 and 2015 (including end points) those have authors studying in institutions of Turkey. The main motivation in choosing this data as modeling data is that such a comprehensive study on Turkey has not been done yet. Turkey's academic collaborations are modeled on a regional basis, using the data obtained and the type of graph proposed. A statistical Bron-Kerbosch (iBK) algorithm was developed based on the Bron-Kerbosch (BK) algorithm. The community detection was done using both algorithms. Outputs of algorithms compared. In the light of the results obtained, conclusions were made about the factors affecting the academic collaborations in Turkey.

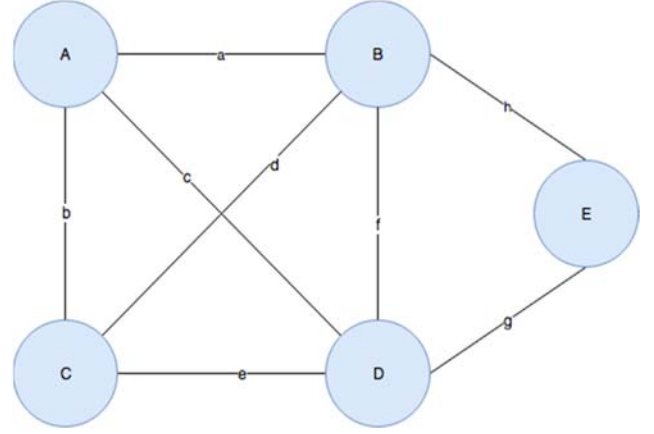
*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: kenanince@gmail.com, ali.karaci@inonu.edu.tr / Tel: +90 422 377 4799

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

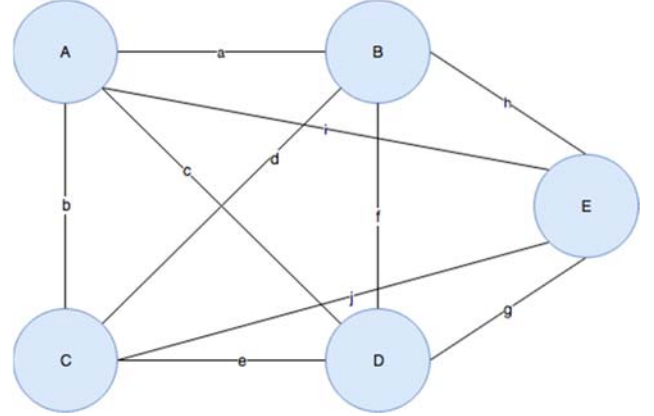
Bir ülkenin bilim ve teknik alanında gelişmişlik düzeyi akademik çalışmalar/araştırmalar ile doğrudan ilişkilidir. Ancak, hızla gelişen dünyamızda karşılaşılan problemler, tek bir kişinin çözemeyeceği hale gelmiştir. Karmaşıklaşan bu problemlerin çözümünde, araştırmacıların ortak çalışma gereksinimi artmıştır. Doğal olarak akademik çalışmalarda işbirliklerinin önemi artmıştır. Çünkü, bilgi ve tecrübe paylaşımı, bilginin artmasına, fikirlerin gelişmesine ve yeni bilgilerin doğmasına neden olmaktadır [1].

Ağ kavramı, düğümler ve bu düğümler arası bağlantılar kümesi olarak tanımlanabilir [2]. Atomların molekül yapıları, bileşik yapıları, bilgisayar ağları, sosyal ağlar, internet, sinir ağları gibi yapılar, bir çok dinamik aktörden oluşan yüksek derecede birbirine bağlı sistemlerdir. Bu gibi sistemler üzerinde, veri madenciliği, özellik çıkarma vb. işlemlerin yapılabilmesi için tercih edilen yöntem, bir topoloji kullanarak modellenmesidir. Çizgeler, bu biçimdeki sistemler üzerinde, düğümler ve düğümler arası ilişkileri modellemek için kullanılan en önemli modelleme araçlarından biridir [3]. Sosyal ağlar, aktörlerin birbirleri ile etkileşim içerisinde oldukları ağlardır [4]. Günümüzde, sosyal ağ denildiğinde çeşitli ticari girişimler akla gelmektedir. Bu sistemler milyonlarca aktör ve aktörlerin paylaşımlarını içeren, her gün gelişen ve büyüyen yapılarıdır. İşbirliği ağları da, gelişen kompleks sosyal ağlardır. Büyük bir sosyal ağ, doğası gereği, farklı sayıda aktörlerden oluşan bir veya daha fazla topluluk bulunduracaktır. Topluluk demek, kendi içerisinde ağın geri kalanına göre daha sıkı ilişkili aktörler kümesidir. Lakin, hangi derecedeki ilişki seviyesinin topluluk olarak kabul edileceği, topluluk analizinin en temel problemidir. Bu sebeple, topluluk analizi, sosyal ağlar üzerindeki önemli bir çalışma konusudur. Bir sosyal ağ çizge ile modellendiği takdirde, topluluk, bir düğüm grubunun kendi aralarında, çizgenin geri kalanına göre daha fazla ayrıt bulundurmasıdır. Çizge ile modellenmiş sosyal ağlarda topluluk keşfi noktasında birçok algoritma geliştirilmiştir. Bu algoritmaların temel amacı, ortaya çıkarılmak istenen özelliğe göre, çizgeyi alt çizgelere bölmektir. Bu bölme işlemi sonucunda, bir düğüm birden fazla topluluğa ait olabilir. Bu çalışmada, üniversiteler akademik işbirlikleri ağının düğümleri olarak modellendiğinden, herhangi bir üniversitenin, birden fazla üniversite ile işbirliği içinde olması olası bir durumdur. Yayın ortak yazarlığı işbirliği gücü olarak ele alındığında, alt çizgeler bu kriter gereği şekillenecek ve bir üniversite birden fazla alt çizgede yer alabilecektir. Bir sosyal ağ içerisinde belirli bir amaca yönelik çıkarılacak alt çizgelerin bir topluluk meydana getirdiği ortadadır. Ancak, bir topluluğun, topluluk olarak nitelendirilebilmesi, daha önceden belirlenen kriterlere uymasına bağlıdır. En temel topluluk kavramı hiziptir (clique). Hizip bir çizgedeki, tam bağlı alt çizge yada çizgelerdir. Bir başka ifade ile, hizip içerisinde bulunan düğümler, hizibin geri kalanındaki bütün düğümler ile aralarında ayrıt bulundurur. Hizipten elde edilecek tam bağlı alt çizgeler hizip olarak adlandırılmazlar. Çünkü zaten daha

büyük bir hizibin alt kümeleridir. Örneğin, Şekil 1'deki çizgede, iki adet hizip bulunmaktadır. Birinci hizip A-B-C-D ve ikinci hizip ise B-D-E düğümlerinden oluşan hiziplerdir. A-B-C düğümleri de tam bağlı bir alt çizge olmasına karşın, zaten birinci hizibin alt kümesi olduğundan ayrı bir hizip olarak adlandırılmaz. Şekil 2'deki çizgede ise, tek bir hizip vardır ve bu hizip çizgenin kendisidir.



Şekil 1. İşbirliği Çizgesi – CG (Collaboration Graph - CG)



Şekil 2. Mükemmel İşbirliği Çizgesi - PCG (Perfect Collaboration Graph - PCG)

Ağırlıksız bir çizgede, hizip en güçlü topluluktur. Ancak, bir çok hizip bulunduran ağırlıklı çizgeler farklı yöntemlere ve tekniklere açık bir konudur. Bir hizibin topluluk olup olmayacağı noktasında farklı kabuller olabilir. Örneğin, en büyük n adet hizip topluluk olarak kabul edilecek denilebilir. Burada n sayısı, ağda bulunacak topluluk sayısıdır veya, m veya daha fazla düğüm bulunduran hizipler topluluk olarak kabul edilecek de denilebilir. Bu çalışmada, bir düğüm grubunun topluluk olarak kabul edilmesi için, hizip olması yeter şart olarak kabul edilmiştir. Bu kabulün temel sebebi, çalışmada ön bilgiye ihtiyaç duyulmamasının istenmesidir. Topluluk keşfi noktasında geliştirilen algoritmalar genel olarak iki ana gruba ayrılabilir. Birinci gruptaki algoritmalar, çizgeyi alt çizgelere bölerken, bir düğümün birden fazla toplulukta bulunma ihtimalini yok sayar. İkinci grup ise, alt çizgelerin kesişim noktalarının bulunabileceği, yani bir

düğümün birden fazla topluluğa ait olabileceğini savunan ve bu prensip üzerine geliştirilen algoritmalar. Birinci grupta yer alan algoritmalar örnek olarak, minimum k-kümeleme, k-ortalama, k-merkez algoritmaları verilebilir [4]. Bu algoritmalar k, önceden belirlenmesi gereken, ağ üzerinde aranacak küme (topluluk) sayısıdır. Bu algoritmalar performans olarak iyidir. Ön bilgi gerekliliği ise zayıf taraflarıdır. Çünkü gerçek veriler ile oluşturulan ağlarda, kaç adet topluluk olduğu önceden bilinemez. Fakat öngörülebilir. Bu probleme çözüm olarak, hiyerarşik kümeleme algoritmaları geliştirilmiştir [5]. Hiyerarşik kümeleme algoritmalarının temel prensibi şu şekilde özetlenebilir; Öncelikle bütün düğüm derecelerinin 0 olduğu bir çizge ile algoritma çalışmaya başlar. Daha sonra, bu boş çizgeye, veriden düğümler eklenir. Bu yöntemde en yüksek dereceye sahip birey lider olma özelliği gösterir. Ön bilgi gerekliliğini ortadan kaldıran hiyerarşik kümeleme algoritmaları, düğüm dereceleri azaldıkça (zayıf bağlı sosyal ağlarda), yüksek hata üretirler. Bu noktada, geliştirilmiş en önemli çalışmalardan bir tanesi Girvan-Newman (GN) algoritmasıdır [6]. Kısaca GN algoritması, hiyerarşik kümeleme algoritmasının tersi gibidir. Şöyle ki, hiyerarşik kümelemenin aksine, boş bir çizge yerine, bütün verilerin bulunduğu çizge üzerinde, derecesi düşük düğümlerden çalışmaya başlar ve eleme yöntemiyle devam eder. Bu elemeyi yaparken, ayrıt ortalığı (edge betweenness) kavramını kullanır. Bu kavram, aslında en kısa yol prensibine göre çalışır. Yani, çizgenin düğümleri arasındaki mesafe hesaplanırken, hangi ayrıttan kaç kere geçildi ise, o ayrıttan ağırlığı olarak atanır ve en yüksek ağırlığı olan ayrıttan başlayarak eleme işlemi uygulanır. Bu ayrıt aslında, ağırlık dışındaki düğümü bağlayan ayrıttır. Bu algoritma yönsüz çizgeler üzerinde çalışmaktadır. Daha sonra bu algoritma geliştirilerek, yönlü çizgelerde çalışacak hale getirilmiştir [7]. İkinci grupta yer alan algoritmalar örnek olarak hizip süzme metodu (clique percolation method) [8] ve yönlü hizip süzme metodu (clique percolation method directed) [9] algoritmaları verilebilir. Hizip süzme algoritması bir çizgedeki, en az k düğümden oluşan bütün hiziplerin bulunması ve herhangi iki hizip arasında k-1 adet düğüm kesişiyor ise bunları bitişik (adjacent) kümeler olarak nitelendirmesi prensibi ile çalışır. Sonuç olarak çizgedeki bu şekilde elde edilen bitişik hizipler topluluk olarak kabul edilir. Bu algoritma ilk olarak yönsüz çizgelerde çalışmak üzere geliştirilmiştir. Daha sonra yönlü çizgelerde de çalışacak şekilde, yönlü hizip süzme algoritması olarak yeniden çalışılmıştır [9]. Topluluk keşfi konusunda geliştirilen algoritmalar, yönlü veya yönsüz bir çizge üzerinde çalışan, kesişen veya sadece ayrı toplulukları bulan olmak üzere daha birçok algoritma geliştirilmiştir [10].

Bu çalışmada topluluk kriteri olarak, topluluğun bir hizip meydana getirmesi şartından bahsedilmiştir. Kullanılan veri kümesi üzerinde yapılan sorgulamalarda kaç adet topluluk olduğu bilinemediğinden, birinci gruptaki algoritmalar tercih edilmemiştir. İkinci gruptaki algoritmalar da tercih edilmemiş olmasının sebebi ise, bu algoritmaların hizip/hizipleri bulmamasıdır. Bu gruptaki algoritmalar, çizgenin geri kalanına kıyasla daha yoğun bağlı olan alt

çizgeleri bulur. Kullanılan verinin boyutu göreceli olarak küçüktür. Ayrıca, yazar ortaklığı, sıradan bir sosyal ilişki gibi ele alınamaz. Çünkü, ortak yazarlık ilişkisi, bir platformda sadece konuşmak veya vakit geçirmek amacı ile insanların etkileşime geçtiği bir durum değildir. Ortak çalışacak iki araştırmacının, karşılıklı çalışma alanları, probleme kimin ne derece ve hangi noktalarda katkı sağlayacağı gibi çalışmanın gidiş hattını etkileyecek konularda ön bilgilerinin olması gerekir. Bu sebeplerden ötürü, topluluk olma şartı, en güçlü topluluk kabul edilebilecek olan hizip tercih edilmiş ve ikinci gruptaki algoritmalar da kullanılmamıştır.

Akademik işbirlikleri yönsüz bir çizge oluşturur. Çünkü, ortak yazarlık verilerinden elde edilen bir çizgede, araştırmacılar arasında yapılan çalışmanın yönünden söz edilemez. Topluluk şartı olarak hizip belirlendiğinden ve modelleme sonucu elde edilen çizgenin yönsüz bir çizge olmasından, Bron-Kerbosch (BK) max hizip bulma algoritması tercih edilmiştir [11]. BK algoritması, yönsüz çizgelerdeki hizipleri bulan öz yinelemeli bir algoritmadır. BK algoritmasının çalışma adımları Algoritma 1'de verilmiştir. Literatürdeki BK algoritması türevleri haricindeki algoritmalar ise, hizip yerine, optimizasyon teknikleri ile, hangi alt çizgenin topluluk olarak kabul edileceğine karar vermeye çalışır ve en temel kriter olarak modülerlik (modularity) [12] kavramını kullanırlar. Modülerlik, GN algoritması için bir durma kriteri olarak kullanılmışken, özellikle son on yıl içerisinde yapılan, kompleks ağlarda topluluk keşfin çalışmalarında kullanılan bir optimizasyon kriteri haline gelmiştir [13, 14]. Modülerlik kavramı temelde bir topluluğun yapısal gücünü ifade etmektedir [15]. Kullanılan veri tabanında, 37 yıllık periyotta yayınlanmış 400.000'i aşkın yayın ve 131 adet devlet ve vakıf üniversitesi bulunmaktadır. İncelenen yıl aralığının ve yayın sayısının fazla olmasından, elde edilen modeller yüksek derecede bağlı olmaktadır. Bu veriye BK algoritması uygulandığında, az sayıda hizip çıkarken, hizipler arası kesişen düğüm sayısı yüksek olmaktadır. Ayrıca, verinin yapısından ötürü, bazı hatalı işbirlikleri ortaya çıkmaktadır. Örneğin, bir yazarın, yıllar içerisinde farklı isim yazış şekilleri kullandığı veya aynı isimde yazarlar bulunduğu gözlemlendi. Bunun sonucu olarak da var olmayan işbirliklerinin ortaya çıktığı görüldü. Bir diğer problem ise, çalışmada ortaya çıkarılmak istenen, bir problemin çözümünde ortak çalışan araştırmacıların işbirlikleri iken, danışman-öğrenci ilişkisi ile üretilen çalışmalar, danışman ve öğrencinin farklı kurumlarda görev yapması durumunda işbirliği olarak veriye yansımaktadır. Ancak bu işbirliği, bu çalışmada analiz edilmek istenen işbirliği türü değildir. Kesişen düğüm sayısını optimize etmek, tesadüfi, hatalı veya bu çalışmanın amacı açısından önem arz etmeyen ortaklıkların elenmesi gerekmektedir. Bu amaçla, ağırlıklı çizge olarak modellenen veride, ayrıt ağırlıklarına alt limit olarak Merkezi Limit Teoremi uygulandı. Bu teoremi BK algoritması ile birleştirerek İstatistiksel Bron-Kerbosch (iBK) algoritması geliştirildi. iBK algoritma adımları Algoritma 2'de gösterilmiştir. Bu geliştirme ile birlikte, bölgelerdeki topluluk sayısının arttığı gözlenirken, hatalı

veriler azaldı ve bölgelerdeki öncü üniversiteler daha net ortaya çıktı.

Algoritma 1:Klasik BK Algoritması

İlk çağrıda R ve X boş kümeler, (\emptyset) ve P çizgedeki bütün düğümler kümesi olmak üzere,

BronKerbosch (R, P, X)

Eğer P ve X ikisinde boşsa

- R kümesi bir hiziptir

P'deki her düğüm v için

- BronKerbosch ($R \cup v, P \cap N(v), X \cap N(v)$)
- $P \leftarrow P \setminus v$
- $X \leftarrow X \cup v$

Merkezi limit teoremine göre, klasik BK algoritmasına yapılan istatistiksel ekleme ile birlikte oluşan İstatistiksel BK (iBK) algoritması ise şu şekildedir;

Algoritma 2: iBK algoritması

- $iBK(R, P, X, E)$
- $\mu \leftarrow \frac{\sum_{i=1}^n e_i}{n}$
- $\sigma \leftarrow \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (e_i - \mu)^2}{n}}$
- $\bar{\sigma} \leftarrow \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$

E'deki her ayrıt e için

- eğer $w(e) < (\mu - \bar{\sigma})$
- $w(e) \leftarrow 0$
- BronKerbosch(R, P, X)

Türkiye özelinde, akademik işbirliklerinin modellenmesi ve analizi konusunda bir çalışmaya rastlanmadı. Benzer çalışmalar yapılmış olsa da, konuyu daha çok istatistiksel çıkarımlar ve analizler noktasında incelemiş olan çalışmalara rastlanmıştır [16, 17]. Bu çalışmalar, Türkiye'deki akademik işbirliklerini çizge olarak modelleme konusunda ilham kaynağı olmuştur. Buna ek olarak, işbirliği çizgeleri çok çalışılan bir konu olmasına rağmen, matematiksel bir model ile özel bir çizge türü olarak tanımının yapılmamış olması bir diğer çalışma nedeni olmuştur.

Çalışmanın devamı şu şekilde organize edilmiştir;

- İkinci bölümde, kullanılan veri kümesinin doğruluk oranı ve çekilme şekli hakkında bilgi verilmiştir.
- Üçüncü bölümde, bu çalışmada önerilen çizge türü olan işbirliği çizgelerinin temel tanımlarına ve çalışmada kullanılan algoritmaya yer verilmiştir.
- Dördüncü bölümde, önerilen bu tanım ve algoritma ışığında, bölge bazında Türkiye üniversiteleri analiz

edilmiş, topluluk keşfi yapılmış ve ortaya çıkan topluluklar üzerinden yorumlar yapılmıştır.

- Beşinci bölümde, çalışmanın çıktıları hakkında yorumlara yer verilerek sonlandırılmıştır.

2. VERİ KÜMESİ (DATA SET)

Bu çalışmada kullanılan veriyi elde etmek için bir uygulama geliştirilmiştir. Geliştirilen uygulama ile, WOS [18] akademik veri tabanında yer alan Türkiye kaynaklı akademik yayınların bilgilerini başlık, yazar, yazarların kurumları, yayın bilgilerini gibi veriler elde edildi [19]. Bu uygulama sonucunda, 1980-2015 yılları arasında, WOS veri tabanında yer alan kayıtlar %97.23 başarılı oranı ile çekildi. Toplamda 408,733 adet yayın ve yayın merkezde olmak üzere, ilişkisel olarak bu yayınların yazarları, yazarların çalıştığı kurumlar ve çalışmanın araştırma alanlarını kapsayan bir veri tabanı oluşturuldu. Ancak bu yayınların bütün yazarları Türkiye üniversitelerinde görev yapan araştırmacılar değildir. Diğer ülke üniversitelerinde görev yapan araştırmacılar ile birlikte, Türkiye'de görev yapan araştırmacı bulunduran, WOS veri tabanındaki yayın sayısıdır. Çalışmanın devamında verilecek olan bölgelerin üniversite sayıları gibi veriler, Türkiye'nin tamamını değil, sadece elde edilen veri tabanında bulunan rakamları kastetmektedir. Örneğin, bu verinin sonuçlandırıldığı yıl (2015) Türkiye'nin üniversite sayısı 200'dan fazla iken, elde edilen veride 131 adet üniversite bulunmaktadır.

3. İŞBİRLİĞİ ÇİZGELERİ (COLLABORATION GRAPHS)

Yönsüz bir çizge genel olarak $G=(V,E)$ ile ifade edilmektedir ve burada V düğümler kümesi ($V(G)$) ve E ise çizgenin düğümleri arasındaki ayrıtlar kümesidir ($E(G)$ ve $E \subset V \times V$). Burada E bir çoklu-kümedir (multiset) yani elemanları birden fazla kez tekrar edebilir. Yani bütün elemanları bir çokluğa (multiplicity) sahiptir. Ayrıca $w(u,v)$ düğümler arasındaki ayrıt ağırlığını temsil eder. İşbirliği çizgelerinde, iki düğüm (aktör) arasındaki ağırlık $w(u,v)$, bu düğümlerin ilişkilerinin gücünü temsil etmiş olur. Örneğin bu çalışmanın konusu olan akademik işbirlikleri olarak düşünüldüğünde, üniversiteler aktörler ve üniversitelerin ortak yazar bulundurduğu yayın sayıları ise ayrıtları ifade etmiş olur. İki üniversite arasındaki ortak yayın sayısı ise, iki üniversite arasındaki akademik işbirliği ilişkisinin gücünü temsil etmiş olur.

Tanım 1: İşbirliği Çizgeleri (CG– Collaboration Graph) bir çizge olmak üzere, $CG = \{V, E, C\}$ ve $e_i \in E$ ve $e_i = (v_j, v_k)$, $j \neq k$, $\forall v_j, v_k \in V$, $\forall i, c_i \in C$ ve $c_i \in \mathbb{Z}^+ \cup \{0\}$, $1 \leq i \leq |V|$ şeklinde tanımlanan çizgeye İşbirliği Çizgesi denir ve c_i iki aktör arasındaki işbirliği gücünü yani ağırlığını ifade etmektedir. Bir CG, bir düğümün kendi üzerine ayrıt bulundurması anlamına gelen döngüler barındırmaz (u,u). Aynı zamanda bir CG yönlü ayrıt bulundurmaz. Çünkü, iki aktör arasındaki ilişkinin yönü, belirlenebilen bir kavram olmadığı gibi bir anlam da ifade etmez. Örnek bir CG Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu çalışmada işbirliği çizgelerinde düğümler büyük harflerle temsil edilmiştir ve ayrıt ağırlıkları küçük

harflerle temsil edilmiştir. Örnek olarak Şekil 1'deki çizgede (A,B) ayrıtının ağırlığı a olarak verilmiştir. Örneğin, A ve B üniversitelerinin araştırmacıları a adet ortak çalışma yapmıştır.

Tanım 2: Mükemmel İşbirliği Çizgeleri (PCG– Perfect Collaboration Graph) $PCG = \{V, E, C\}$ ve $E = n(n-1)/2$, n toplam düğüm sayısı, şeklinde tanımlanır.

Yani, bütün düğümler, geri kalan bütün düğümler ile aralarında bir ayrıt bulundurulur. Başka bir ifade ile, PCG, kendisine eşit olan sadece tek bir hizip bulunduran çizgelerdir. Örnek PCG, Şekil 2'de gösterilmektedir. CG'da, Şekil 1'de görüldüğü gibi, birden fazla hizip vardır. Ancak PCG'de, sadece tek hizip vardır ve oda çizgenin kendisidir.

Tanım 3: Maksimum İşbirliği Hizbi (MCC – Maximum Collaboration Clique), CG'in bir alt çizgesidir.

Bir çizgede bulunan topluluklar içinde, en fazla düğüm sayısına sahip topluluk olarak ifade edilebilir.

Örneğin, Şekil 1'de verilen çizgede, iki adet hizip çıkmaktadır. Birincisi (A,B,C,D), düğümlerinin oluşturduğu hizip, ikincisi ise, (B,D,E) düğümlerinin oluşturduğu hiziptir. Burada MCC, (A,B,C,D) düğümlerinin bulunduğu birinci hiziptir.

Tanım 4: Ağırlıklı İşbirliği Çizgeleri (WCG – Weighted Collaboration Graph) bir CG olup düğümleri arasındaki bağı eğer ağırlıklı olarak ifade ediliyor ise, bu çizge Ağırlıklı İşbirliği Çizgedir. Şekil 4'de, ağırlıklı bir işbirliği çizgesi örneği verilmiştir.

Tanım 5: Anlamlı İşbirliği Çizgeleri (SCG – Significant Collaboration Graph)

Örnekleme dağılımının parametreleri ortalama μ 'ye eşit ve standart sapması da normalde Eş. 1'deki şekilde iken, Merkezi Limit Teoremine göre, Eş. 2'deki şekilde hesaplanır [20].

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (e_i - \mu)^2}{n}} \quad (1)$$

$$\sigma' = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

$G=(V, E, C)$ ise $G'=(V,E',C)$ olur ve $E' \Rightarrow \{e|w(e) \geq (\mu - \sigma')\}$. Ve e'nin ağırlığı Eş. 3'deki şekilde hesaplanır.

$$e \in E' \text{ ve } e' \text{ nin ağırlığı} = \begin{cases} w(e), & \text{eğer } w(e) \geq (\mu - \sigma') \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (3)$$

WCG'nin düğümleri arasındaki ayrıt ağırlıklarının, merkezi limit teoremine göre elemenden geçerek, alt limitin altında ağırlığı bulunan ayrıtın yok sayılması sonucu elde edilen çizge türüdür. Örneğin, Şekil 4'deki ağırlıklı işbirliği çizgesini ele alalım. Eş. 4 ayrıtlar kümesini ifade etmektedir. Eş. 5 ayrıt değerlerinin ortalamasını göstermektedir. Eş. 6

ise, ayrıtın standard sapmasının değerini göstermektedir. Son olarak da, Eş. 7, bu standart sapmanın, ayrıt kümesindeki eleman sayısının kareköküne bölümü sonucu elde edilen merkezi limit teoremine göre standart sapmasının hesap sonucunu göstermektedir.

$$E = [5,5,2,3,9,8,1,9] \quad (4)$$

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n e_i}{n} = 5.25 \quad (5)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (e_i - \mu)^2}{n}} = 3.151 \quad (6)$$

Merkezi Limit Teoremine Göre;

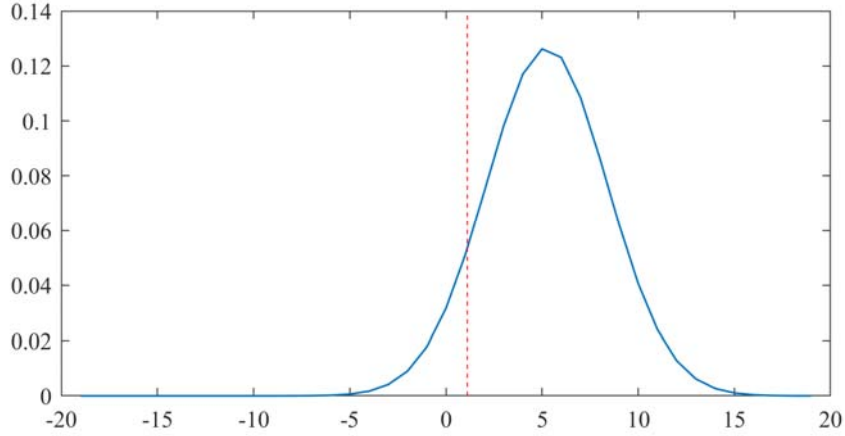
$$\sigma' = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 1.1140 \quad (7)$$

Merkezi limit teoremine göre güven aralığı, $\mu \pm \sigma'$ olarak hesaplanmaktadır. Ancak çalışmanın konusu olan işbirlikleri söz konusu olduğunda, yüksek işbirliği sayıları önemli olduğundan, sadece alt limit uygulaması yapılmaktadır. Bu sebeple $\mu - \sigma'$ değeri (Şekil 3'deki kırmızı çizgi ile gösterilen alt limit değeri) $5.25 - 1.114 = 4.136$ olarak hesaplanmaktadır. Bu limit değerini Şekil 4'deki işbirliği çizgesine uyguladığımızda, 4.136'dan küçük işbirliği ayrıtları silinecek ve sonuç Şekil 5'deki çizge olacaktır. Bu değerlerin silinmesi sonucu, Şekil 4'deki çizgede, 2 adet hizip varken (A,B,C,D ve B,D,E), SCG'da, 3 adet hizip oluşmaktadır (A,B,C – A,D ve D,E).

4. İŞBİRLİĞİ ÇİZGELERİNDE TOPLULUK KEŞFİ (COMMUNITY DISCOVERY IN COLLABORATION GRAPHS)

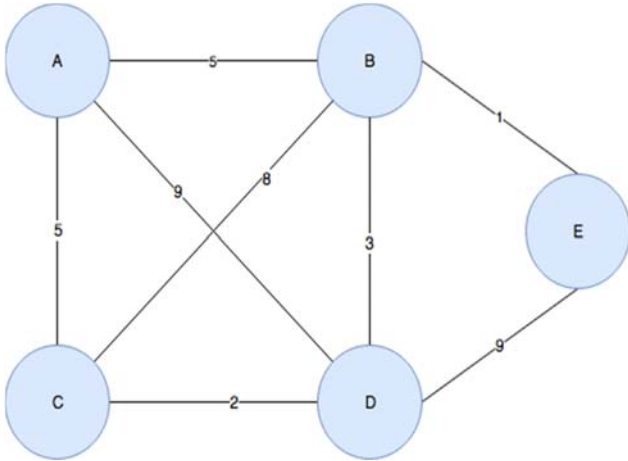
Verinin bölgesel bazda değerlendirilmesinin sebebi, öncelikle algoritmanın sonuçlarının ortaya çıkması açısından görselleştirilebilecek boyuta düşürmektir. Ayrıca, daha önce yapılan analiz çalışmalarında, konum olarak yakınlığın, akademik işbirliklerini önemli ölçüde etkilediği görülmüştür [21, 22]. Bu çıkarımdan yola çıkarak, konum olarak birbirine daha yakın olan üniversiteler arasında yayın işbirliğinin daha fazla olduğu görülmüştür. İşbirliklerini etkileyen bir diğer faktör ise, üniversiteler arasındaki kuruluş seviyesinde gerçekleştirilen ortaklıklardır. Bu noktada eski üniversiteler, model alındığı veya kurulumunda yer aldığı üniversiteler ile işbirliklerinin daha fazla olduğu görülmüştür. Bu faktör de yine üniversiteler arasındaki konum olarak yakınlığın bir alt faktörü olarak görülebilir. Bu sebeple, bölgesel bazdaki değerlendirmenin çıkarım yapma ve algoritmanın verimini görme açısından daha faydalı olacağı düşünülmüştür.

Oluşturulan veri tabanında 131 adet üniversite vardır. Bu üniversitelerin, Türkiye bölgelerine dağılımı Tablo 1'deki gibidir. Tablo 1'den görülebileceği gibi, en fazla üniversite Marmara bölgesinde bulunmaktadır. Marmara, İç Anadolu ve Karadeniz bölgelerinin çizgeleri Şekil 23-34 arasında verilmiştir ancak hizip sayıları çok fazla olduğundan dolayı, bu bölgelerle ilgili bilgi sözel olarak verilmiştir. Ayrıca, bütün bölgelerin çizgelerinde verinin ifadesinde bazı görsel eklemeler yapılarak anlaşılabilirliği artırılmıştır. Birinci

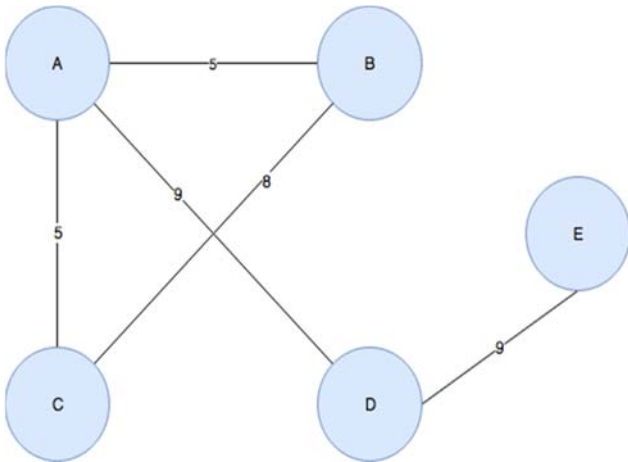


Şekil 3. Örnek işbirliği çizgesinin olasılık yoğunluk fonksiyonu ve alt limit değeri
(Probability density function of sample collaboration graph and lower limit value)

ekleme, ayırıt kalınlıkları, iki üniversite arasındaki işbirliği sayısı ile orantılı olarak gösterilmiştir. İkinci ekleme ise, düğüm büyüklüğü, o üniversitenin toplam yayın sayısı ile orantılı olarak ifade edilmiştir.



Şekil 4. Ağırlıklı İşbirliği Çizgesi – WCG
(Weighted Collaboration Graph – WCG)



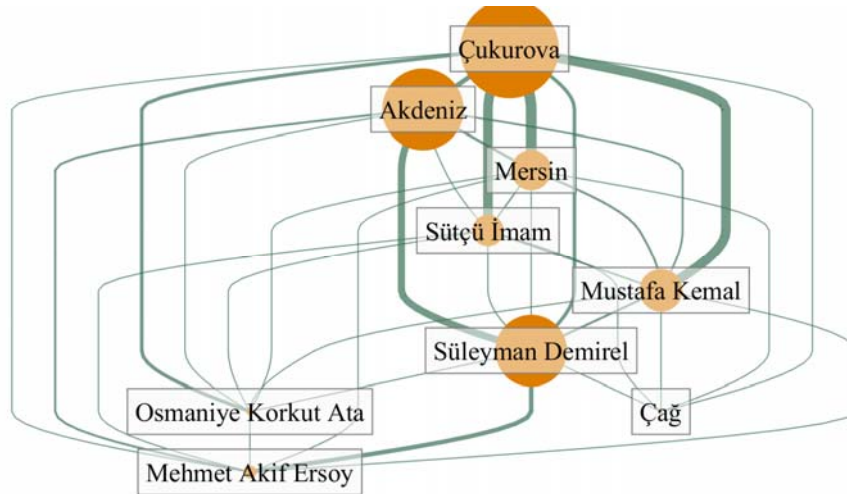
Şekil 5. Anlamlı İşbirliği Çizgesi – SCG
(Significant Collaboration Graph - SCG)

Tablo 1. Türkiye’de bölgeler bazında üniversite sayıları (vakıf ve devlet üniversiteleri toplam sayıları)
(University counts in Turkey in regional basis (total number of state and foundation universities))

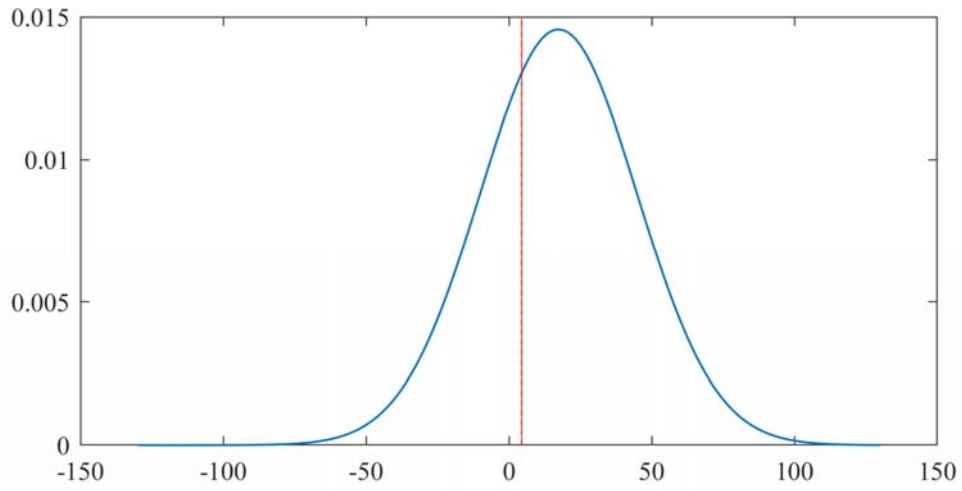
Bölge	Üniversite Sayısı
Akdeniz Bölgesi	9
Doğu Anadolu Bölgesi	15
Ege Bölgesi	13
Güney Doğu Anadolu Bölgesi	9
İç Anadolu Bölgesi	26
Karadeniz Bölgesi	17
Marmara Bölgesi	42

4.1. Akdeniz Bölgesi (Mediterranean Region)

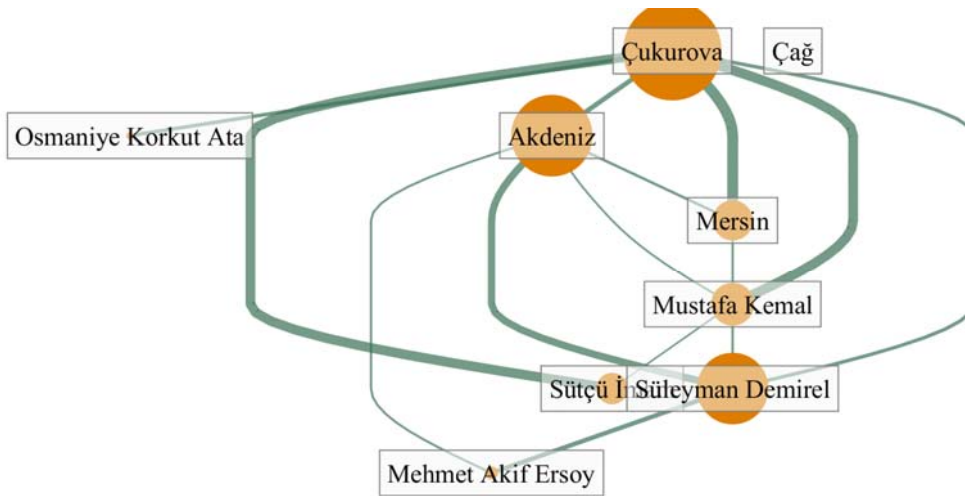
Akdeniz Bölgesi’nde Tablo 1’de gösterildiği gibi 9 adet üniversite bulunmaktadır. Bu üniversitelerin işbirliği çizgesi Şekil 6’da verilmiştir. Bu üniversitelerin olasılık yoğunluk fonksiyonu ise Şekil 7’de verilmiştir. Şekil 7’de gösterilen kırmızı çizgi, bölgedeki üniversitelerin iş birliklerinin merkezi limit teoremine göre alt sınır çizgisidir. Bu alt sınır değerinin altında kalan işbirliklerinin çizgeden çıkarıldığı sonuç ise Şekil 8’de verilmiştir. Tablo 2’de, Akdeniz Bölgesi’ndeki üniversitelerinin BK ve iBK algoritmalarına göre oluşan hiziplerden hangisinde yer aldığını göstermektedir. Bu tablodan görüleceği üzere, BK algoritmasına göre iki adet hizip meydana gelmektedir. Buda aslında bu bölgedeki üniversitelerin birbirleri ile sıkı bir ilişki içinde olduklarını göstermektedir. BK algoritması sonucu olarak, Çukurova, Mersin, Sütçü İmam, Mustafa Kemal ve Süleyman Demirel üniversiteleri, her iki hizipte de yer alan ortak düğümlerdir. Sonuç olarak, hangi üniversitenin bu bölgenin öncü üniversitesi olarak kabul edileceği ortaya çıkmamaktadır. Bu 5 üniversite her iki hizipte de yer almaktadır. Ancak ek bilgiye başvurarak bu çıkarım yapılabilmektedir. Yayın sayıları bu noktada kullanılabilir en mantıklı veridir. Şekil 6’da da görülebileceği gibi, bu bölgedeki en fazla yayın sayısına sahip üniversite Çukurova Üniversitesi olduğundan, bu bölgenin öncü üniversitesi, Çukurova Üniversitesidir denilebilir. Ayrıca, Şekil 9’da mühendislik alanındaki çalışmalar, Şekil 10’da ise tıp alanındaki çalışmalara göre işbirliği çizgeleri, iBK algoritması sonucu olarak verilmiştir.



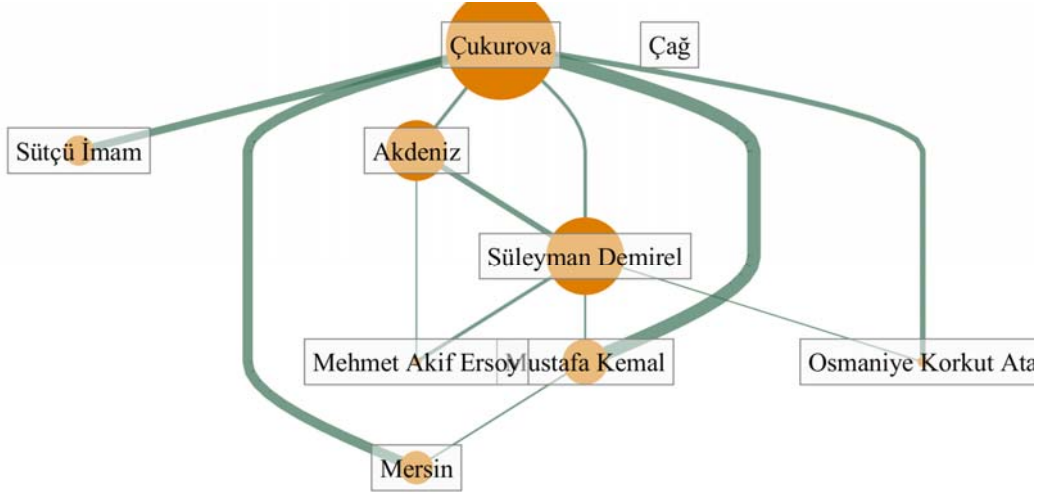
Şekil 6. Akdeniz Bölgesi işbirlikleri çizgesi (Collaboration graph of universities in Mediterranean Region)



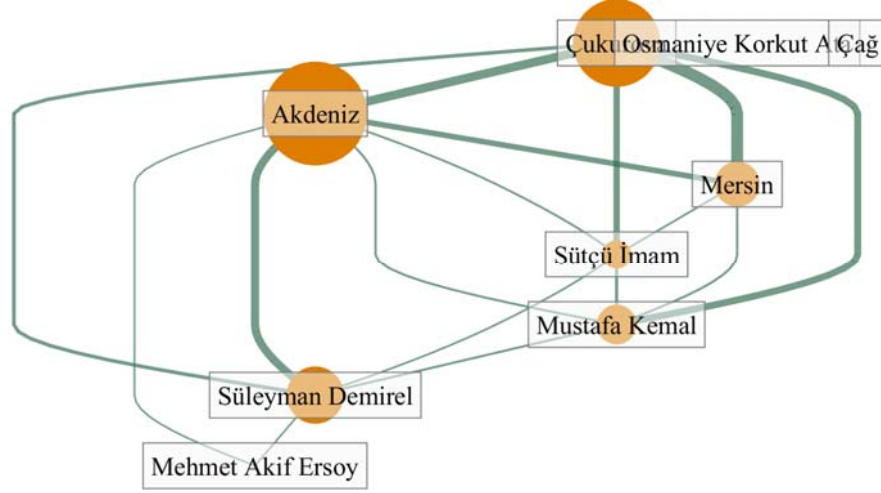
Şekil 7. Akdeniz Bölgesi üniversitelerinin işbirliklerinin olasılık yoğunluk fonksiyonu ve alt limit değeri (Probability density function of academic collaboration in Mediterranean region and lower limit value)



Şekil 8. Akdeniz Bölgesi anlamlı işbirliği çizgeleri (Significant collaboration graph of Mediterranean Region)



Şekil 9. Akdeniz Bölgesi Mühendislik alanında yapılan çalışmaların işbirliği çizgesi
(Significant collaboration graph of engineering research area of Mediterranean Region)



Şekil 10. Akdeniz Bölgesi Tıp alanında yapılan çalışmaların işbirliği çizgesi
(Significant collaboration graph of medical research area of Mediterranean Region)

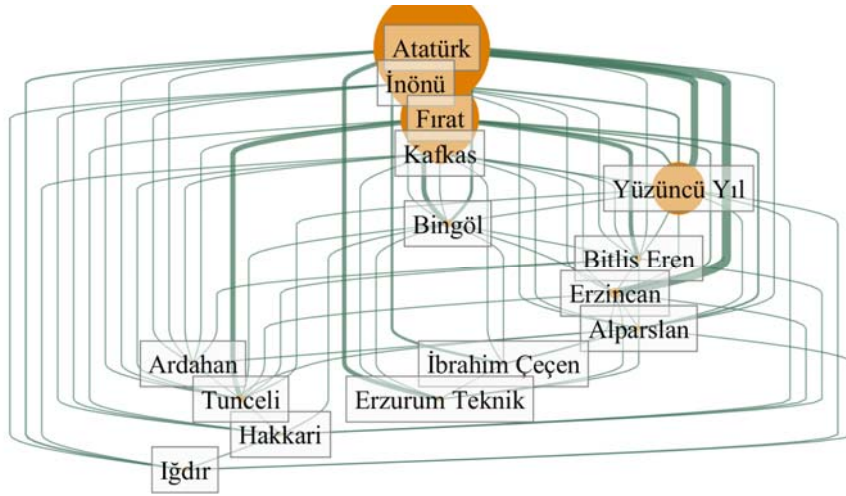
iBK algoritmasında, 5 adet hizip meydana gelmektedir. En fazla hizipte ortak olan üniversiteye baktığımızda, bu üniversitenin Çukurova Üniversitesi olduğu ek bilgiye gerek kalmadan ortaya çıkmaktadır. Çukurova toplam 4 hizipte de yer almaktadır. Doğal olarak, bu bölgenin öncü üniversitesi Çukurova Üniversitesi'dir. Mühendislik alanındaki çalışmalarda da durum aynıdır. Fakat tıp alanında, Akdeniz Üniversitesi Çukurova Üniversitesinden daha fazla yayına sahiptir. Doğal olarak tıp alanında bölgenin öncü üniversitesi Akdeniz Üniversitesi'dir. Ayrıca, Şekil 8, Şekil 9 ve Şekil 10 incelendiğinde, Çukurova Üniversitesi'nin, Akdeniz Üniversitesi ile daha çok tıp alanında ortak çalışma yaptığı değerlendirilebilir. Mühendislik alanında, iki üniversitesinin işbirliği sayısı, ayrıt kalınlığından anlaşılacağı üzere, nispeten daha azdır. Çukurova Üniversitesi'nin, Mustafa Kemal Üniversitesi ile, ağırlıklı olarak mühendislik alanında birlikte çalışmalar yaptığı. Mersin ve Sütçü İmam Üniversiteleri ile hem mühendislik hem de tıp alanında daha kararlı bir işbirliği içerisinde olduğu görülmektedir.

4.2. Doğu Anadolu Bölgesi (East Anatolian Region)

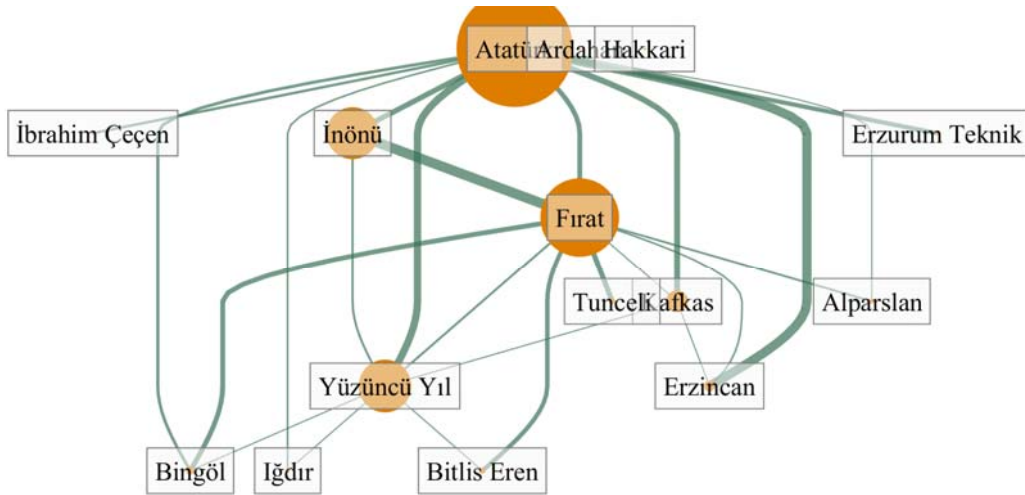
Doğu Anadolu Bölgesi'nde 15 adet üniversite bulunmaktadır. Şekil 11 ve Şekil 12'de, bu bölgedeki üniversitelerin, herhangi bir işlem yapılmamış ve merkezi limit teoremine göre alt sınır uygulanmış haldeki işbirliği çizgeleri verilmiştir. Şekil 13 ve Şekil 14'de ise, iBK algoritmasının mühendislik ve tıp alanındaki işbirlikleri üzerine uygulanması sonucu ortaya çıkan çizgeler görülmektedir. Doğu Anadolu Bölgesi için, Tablo 3'de görülebileceği gibi, her iki algoritmada, net olarak öncü üniversiteyi ek bilgiye gerek kalmadan ortaya çıkardı. Bu bölgenin öncü üniversitesi Atatürk Üniversitesi'dir. Ancak, ekleme yapılmamış BK algoritmasının hiziplerine bakıldığı zaman, Atatürk Üniversitesi, bölgenin geri kalan bütün üniversiteleri ile işbirliği içinde iken, iBK algoritması sonucunda, toplamda 8 hizip içinde yer almıştır. Bölgenin öncü üniversitesi, mühendislik ve tıp alanında yapılan yayın ve işbirliği sayılarına göre de değişmemiştir.

Tablo 2. Akdeniz Bölgesi’ndeki üniversitelerin oluşturdukları hizipler ve bu hiziplerde yer alan üniversiteler
(The cliques of the universities in the Mediterranean Region and the universities in these cliques)

Üniversiteler	BK Hizipleri		İBK Hizipleri				
	H1	H2	H1	H2	H3	H4	H5
Çukurova	•	•	•	•	•	•	
Mersin	•	•	•				
Akdeniz	•		•	•			•
Sütçü İmam	•	•			•		
M. Kemal	•	•	•	•	•		
S. Demirel	•	•		•			•
Korkut Ata	•					•	•
M. Akif Ersoy	•						•
Çağ		•					



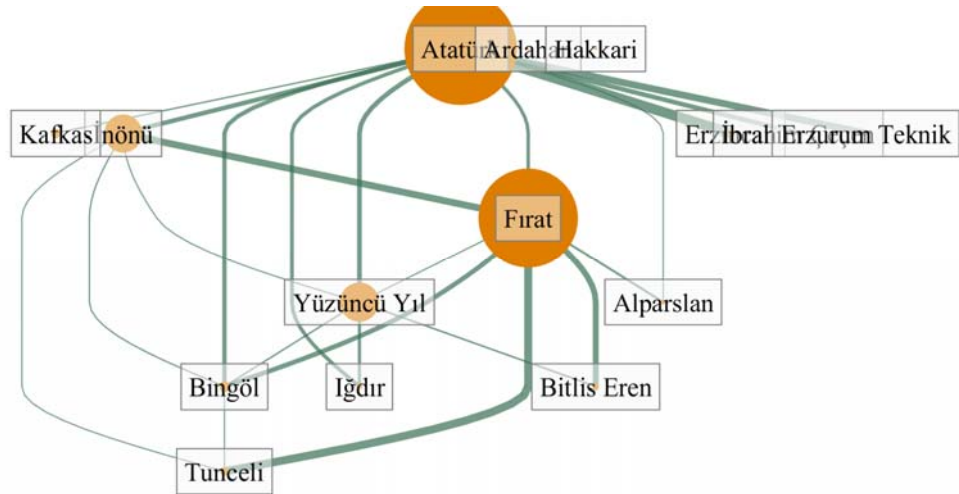
Şekil 11. Doğu Anadolu Bölgesi işbirliği çizgesi (Collaboration graph of universities in East Anatolia Region)



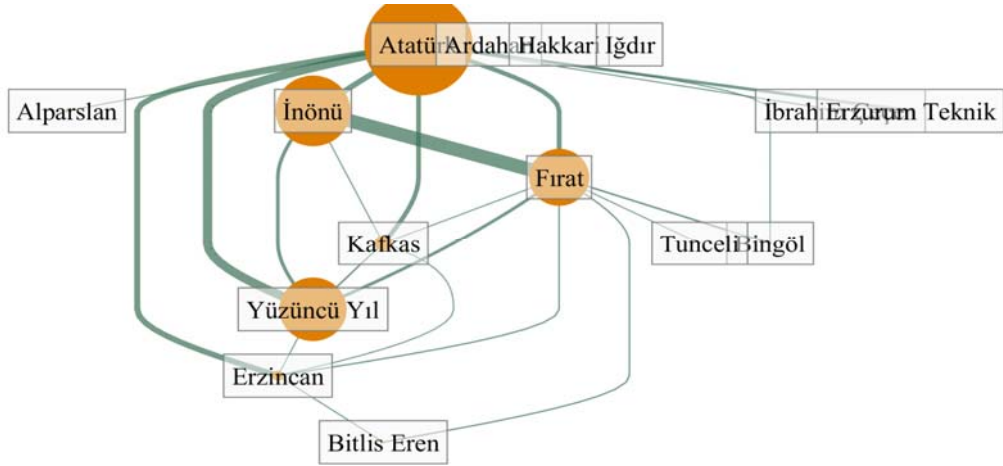
Şekil 12. Doğu Anadolu Bölgesi anlamlı işbirliği çizgesi (Significant collaboration graph of East Anatolia Region universities)

Fakat, Atatürk Üniversitesi'nin, tıp alanında Yüzüncü Yıl, mühendislik alanında ise Erzincan üniversiteleri ile daha fazla çalıştığı görülmektedir. Bu iki üniversite de, kurulmadan önce Atatürk Üniversitesi'ne bağlı akademik birimler olarak başlamış üniversitelerdir. Bu durum,

bahsedilmiş olan, kuruluşunda yer alınma durumunda, bu ilişkinin akademik işbirliklerine yansıdığı göstermektedir. Ayrıca, Fırat ve İnönü Üniversiteleri arasında, genel olarak istikrarlı bir işbirliği olduğu görülmektedir. Bu iki üniversitenin, gerek kültürel gerekse de konumsal



Şekil 13. Doğu Anadolu Bölgesi Mühendislik alanında yapılan çalışmaların anlamlı işbirliği çizgesi. (Significant collaboration graph of engineering research area of East Anatolian Region)



Şekil 14. Doğu Anadolu Bölgesi Tıp alanında yapılan çalışmaların anlamlı işbirliği çizgesi. (Significant collaboration graph of medical research area of East Anatolian Region)

yakınlığından kaynaklanmaktadır. Ancak İnönü Üniversitesi'nin tıp alanında, Fırat Üniversitesi'nin ise, mühendislik alanında daha fazla çalışma yaptığı görülmektedir.

4.3. Ege Bölgesi (Aegean Region)

Ege Bölgesi'nde 9 adet üniversite vardır. Ege bölgesi üniversitelerinin işbirliği çizgeleri, Şekil 15 ve Şekil 16'da verilmiştir. Şekil 17 ve Şekil 18'de ise mühendislik ve tıp alanındaki yayımlara göre Ege Bölgesi'ndeki üniversitelerin işbirliklerinin, iBK algoritması uygulanması sonucu gösterilmiştir. Tablo 4'de ise, bölge üniversitelerinin yer aldığı hizipler verilmiştir. Tablo 4'den görüleceği üzere, BK algoritması sonucu çıkan hiziplerde, Ege, Dokuz Eylül, Pamukkale, Celal Bayar ve İzmir Kâtip Çelebi üniversiteleri ortak üniversitelerdir. Ancak, Akdeniz Bölgesi'nde olduğu gibi bu bölgede de öncü üniversite ek bilgiye başvurularak ortaya çıkarılabilir ki bu da, bölgedeki diğer üniversitelere göre daha fazla yayın sayısına sahip olan Ege Üniversitesi'dir. Ancak iBK sonucu çıkan hiziplere

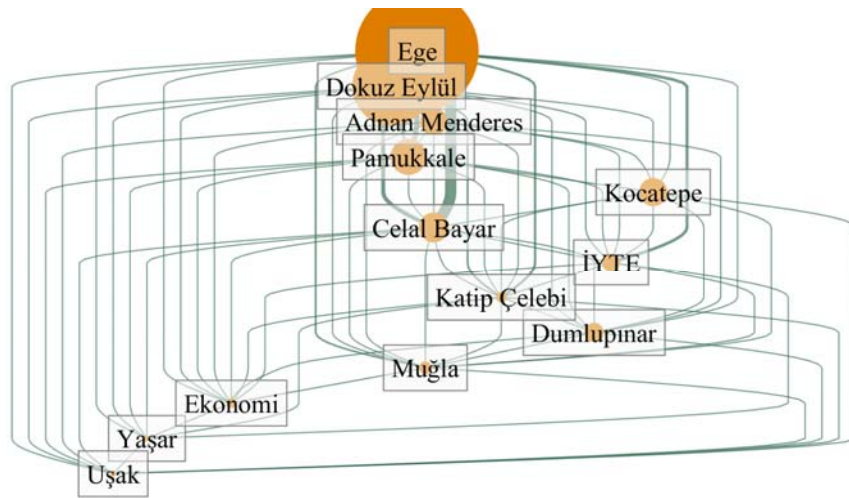
bakıldığında, en fazla hizipte yer alan üniversite Ege Üniversitesi'dir. Sonuç olarak, tekrar ek bilgiye ihtiyaç olmadan, bölgenin öncü üniversitesi ortaya çıkmaktadır. Aynı zamanda mühendislik ve tıp alanında yapılan yayın ve işbirliği baz alındığında da, bölgenin öncü üniversitesi Ege Üniversitesi'dir. Ege Üniversitesi'nin, Dokuz Eylül ve Celal Bayar üniversitelerinin incelenen üç durumda da benzer oranda işbirliği içerisinde olduğu görülmektedir. Bu durum, üç üniversitenin, Ege Bölgesi'nin en eski üniversiteleri olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

4.4. Güney Doğu Anadolu Bölgesi (South East Anatolian Region)

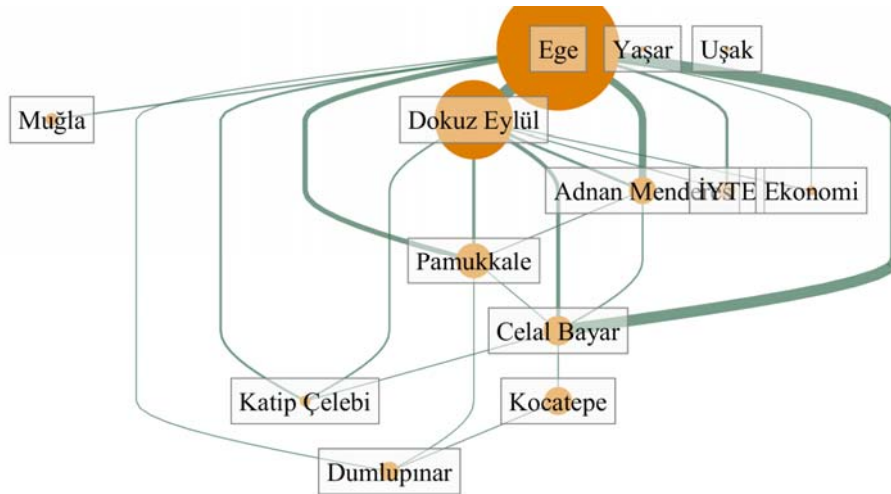
Güney Doğu Anadolu Bölgesi'nde toplam 9 üniversite bulunmaktadır. Bu üniversitelerin oluşturdukları işbirliği çizgeleri Şekil 19 ve Şekil 20'de verilmiştir. Bu üniversitelerin, BK ve iBK algoritmaları sonucu oluşan hiziplerdeki yerleşimleri de Tablo 5'de verilmiştir. Şekil 21 ve Şekil 22'de ise, bölgedeki üniversitelerin mühendislik ve tıp alanındaki göreceli yayın sayıları ve aralarında yapılan işbirlikleri gösterilmiştir.

Tablo 3. Doğu Anadolu Bölgesi üniversitelerinin oluşturdukları hizipler ve bu hiziplerde yer alan üniversiteler
(The cliques of the universities in the East Anatolia Region and the universities in these cliques)

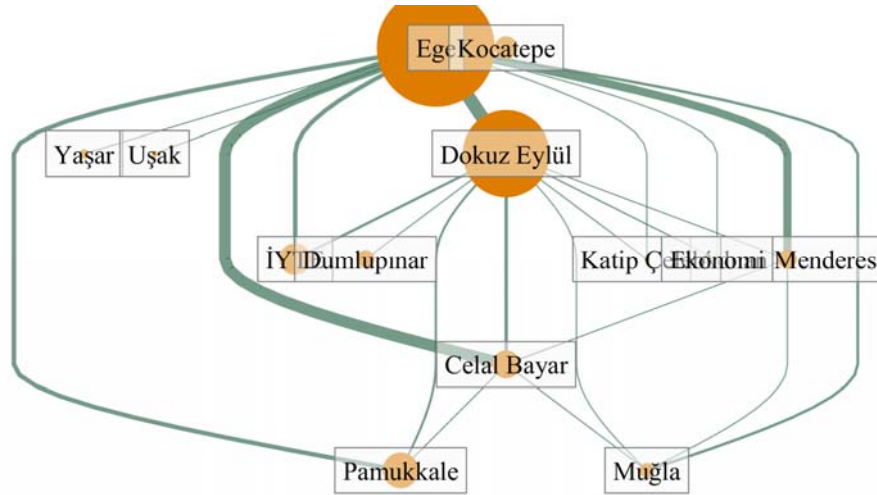
Üniversiteler	BK Hizipleri								iBK Hizipleri									
	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10
Atatürk	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		
İnönü	•	•	•	•	•	•			•									
Fırat	•	•	•	•					•	•	•	•	•				•	•
Kafkas	•	•	•		•		•	•		•	•							
Yüzüncü Yıl	•	•		•	•	•			•	•		•		•			•	
Bingöl	•			•			•					•						
Bitlis Eren	•	•	•	•													•	
Erzincan	•	•		•			•	•			•							
Muş		•	•		•			•					•					
Alpaslan														•				
Ardahan			•															
Hakkâri				•		•												
Iğdır					•	•							•					
Ağrı İbrahim Çeçen							•	•							•			
Tunceli	•	•	•	•														•
Erzurum							•	•								•		
Teknik																		



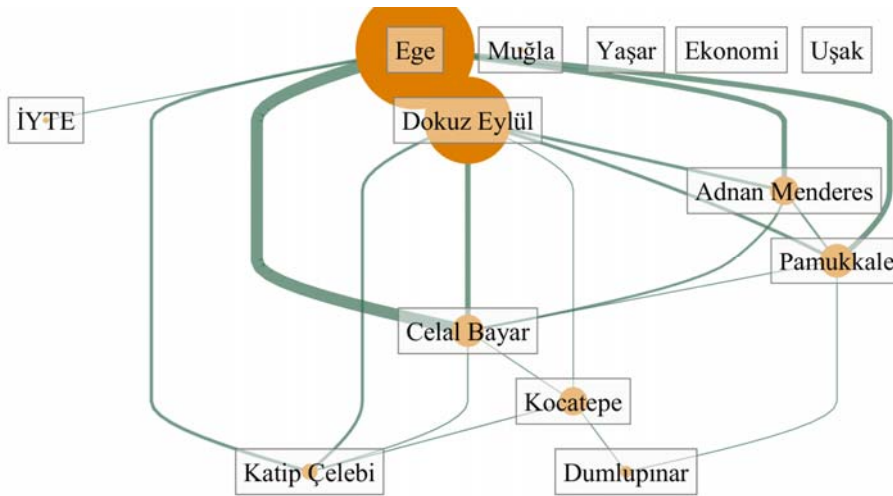
Şekil 15. Ege Bölgesi işbirliği çizgesi (Collaboration graph of universities in Aegean Region)



Şekil 16. Ege Bölgesi anlamlı işbirliği çizgesi (Significant collaboration graph of Aegean Region)



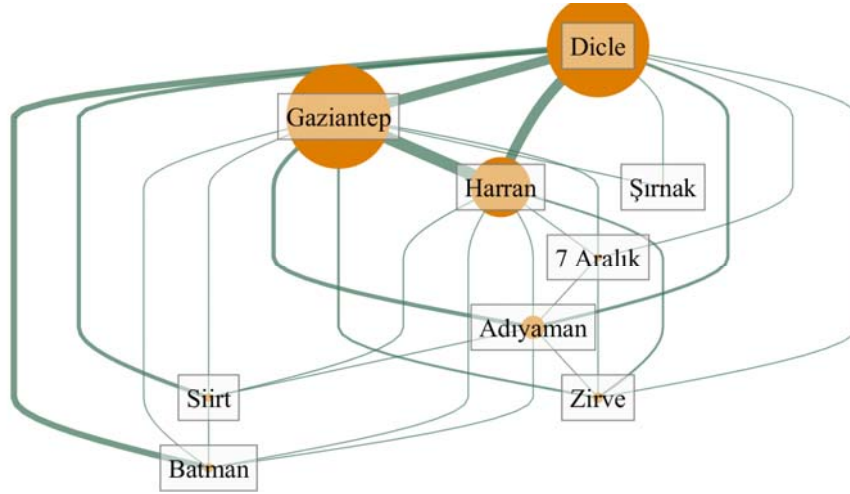
Şekil 17. Ege Bölgesi Mühendislik alanında yapılan çalışmaların işbirliği çizgesi (Aegean Region Significant collaboration graph of engineering research area)



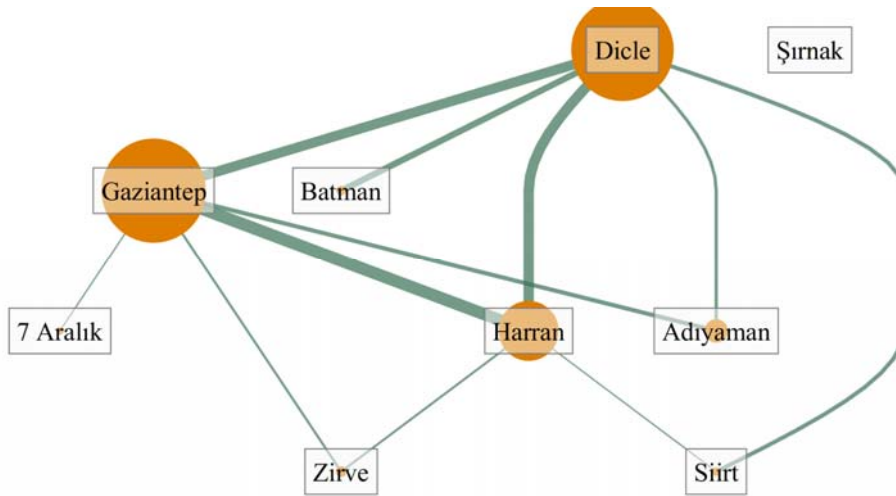
Şekil 18. Ege Bölgesi Tıp alanında yapılan çalışmaların işbirliği çizgesi (Aegean Region Significant collaboration graph of medical research area)

Tablo 4. Ege Bölgesi üniversitelerinin oluşturdukları hizipler ve bu hiziplerde yer alan üniversiteler
(The cliques of the universities in the Aegean Region and the universities in these cliques)

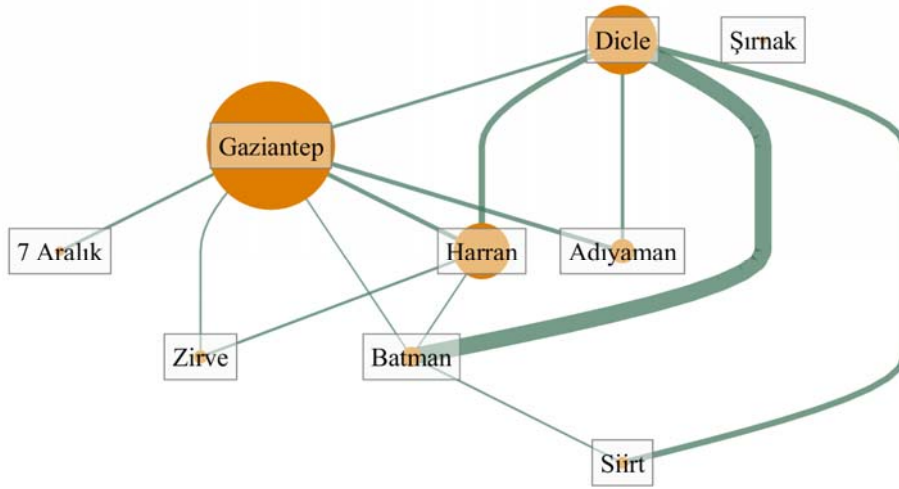
Üniversiteler	BK Hizipleri						iBK Hizipleri							
	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8
Ege	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		
Dokuz Eylül	•	•	•	•	•	•	•	•	•					
Adnan Menderes	•	•	•	•			•							
Pamukkale	•	•	•	•	•	•	•			•				
Afyon Kocatepe	•		•										•	•
Celal Bayar	•	•	•	•	•	•	•	•					•	
İYTE	•	•			•				•					
Dumlupınar			•	•						•				•
Kâtip Çelebi	•	•	•	•	•	•		•						
Muğla	•	•	•	•								•		
Yaşar					•	•								
Ekonomi		•		•	•				•					
Uşak			•			•								



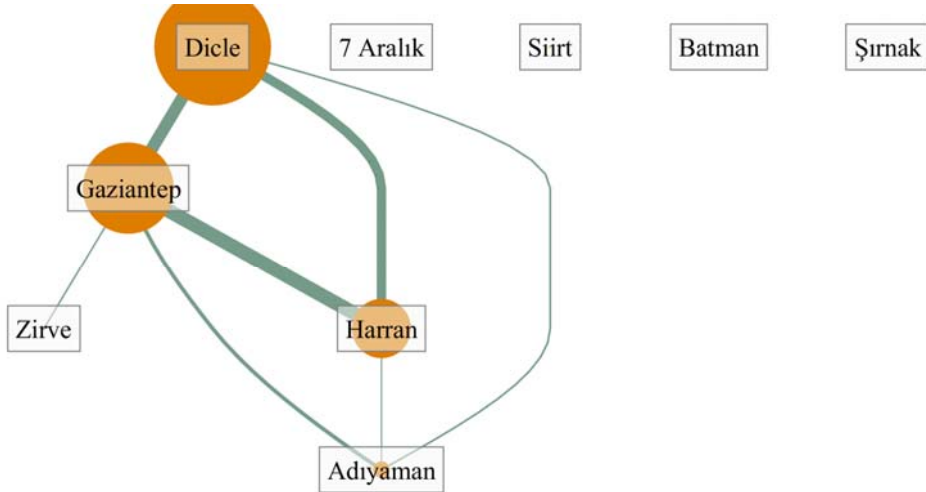
Şekil 19. Güney Doğu Anadolu Bölgesi işbirliği çizgesi (Collaboration graph of universities in Southeast Anatolia Region)



Şekil 20. Güney Doğu Anadolu Bölgesi anlamlı işbirliği çizgesi. (Significant collaboration graph of Southeast Anatolia Region universities)



Şekil 21. Güney Doğu Anadolu Bölgesi Mühendislik alanındaki anlamlı işbirliği çizgesi
(Southeast Anatolia Region Significant collaboration graph of engineering research area)



Şekil 22. Güney Doğu Anadolu Bölgesi Tıp alanındaki anlamlı işbirliği çizgesi.
(Southeast Anatolia Region Significant collaboration graph of medical research area)

Tablo 5. Güney Doğu Anadolu Bölgesi üniversitelerinin oluşturdukları hizipler ve bu hiziplerde yer alan üniversiteler
(The cliques of the universities in the Southeast Region and the universities in these cliques)

Üniversiteler	BK Hizipleri			iBK Hizipleri					
	H1	H2	H3	H1	H2	H3	H4	H5	H6
Dicle	•	•	•	•	•	•	•		
Gaziantep	•	•	•	•	•			•	•
Harran		•	•	•		•		•	
Kilis 7 Aralık			•						•
Adıyaman		•	•		•				
Siirt		•				•			
Batman		•					•		
Zirve			•					•	
Şırnak	•								

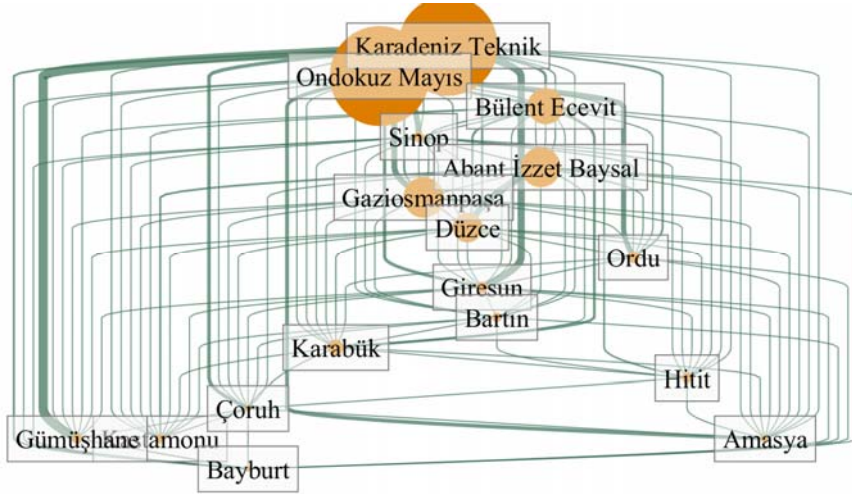
Tablo 5’den görülebileceği gibi, BK algoritması sonucu oluşan hiziplerde, Dicle ve Gaziantep Üniversiteleri, bütün hiziplerde ortak olan üniversitelerdir. iBK algoritması sonucu ise, yine Dicle ve Gaziantep Üniversiteleri’nin her ikisi de dörder hizipte ortak düğümdür. Bu bölge için her iki algoritmada da ek bilgiye başvurmak gerekmiştir. Ancak, iBK algoritmasına rağmen bu iki üniversitenin de hiziplerde ortak olarak kalmış olması göstermektedir ki, bu üniversiteler, bölgedeki diğer üniversiteler ile, belli bir güven seviyesinin üzerinde akademik ilişki içindedir. Bu bölge için, BK, iBK, mühendislik ve tıp çizgelerinin tamamında, Dicle ve Gaziantep Üniversitelerinin ayırt edilebilecek seviyede öne çıkma durumları söz konusu değildir ve her ikisi birden bölgenin öncü üniversiteleridir denilebilir. Ancak alanlar bazında incelendiğinde, Gaziantep Üniversitesi mühendislik alanında, Dicle Üniversitesi ise tıp alanında bölgenin öncü üniversiteleridir denilebilir.

4.5. Karadeniz Bölgesi (Blacksea Region)

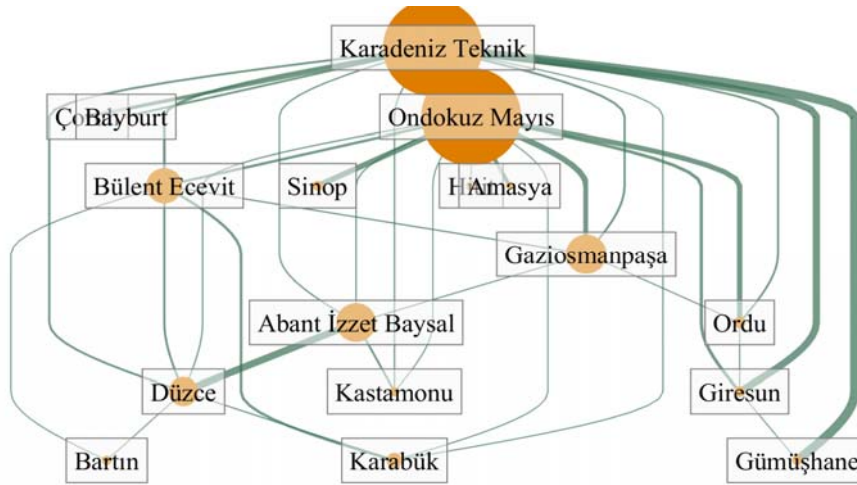
Karadeniz Bölgesi’nde 15 üniversite bulunmaktadır. Bu üniversitelerin işbirliği çizgeleri Şekil 23 ve Şekil 24’de

verilmiştir. Şekil 25 ve Şekil 26’da ise, mühendislik ve tıp alanındaki işbirliği çizgeleri verilmiştir. Karadeniz Bölgesi’nde, BK sonucu 20 ve iBK sonucu 14 adet hizip çıktığından dolayı, tablo olarak ifade edilememiştir. BK ve iBK algoritmalarının sonucu, genel durumda bölgenin öncü üniversitelerinin Karadeniz Teknik Üniversitesi ve Ondokuz Mayıs Üniversitesi olduğu söylenebilir. Fakat mühendislik ve tıp alanı olarak değerlendirildiğinde, mühendislik alanında Karadeniz Teknik Üniversitesi, tıp alanında ise Ondokuz Mayıs Üniversitesi bölgenin öncü üniversitesidir.

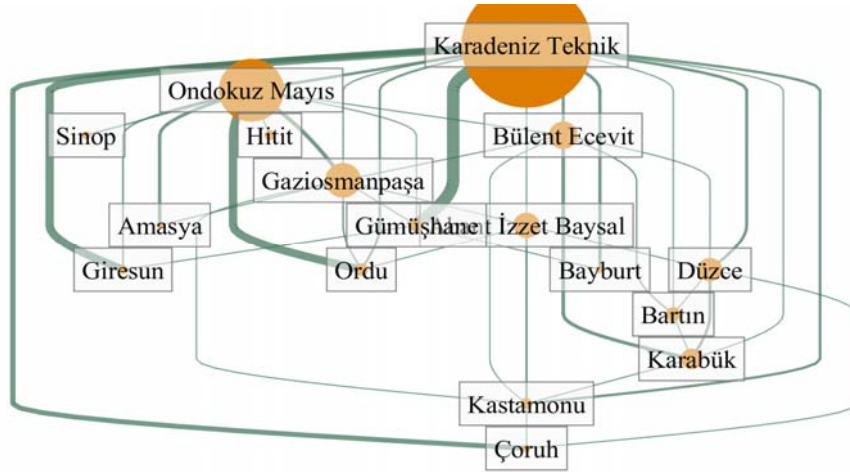
Karadeniz Bölgesi’nin işbirliği dağılımı, diğer bölgelere göre farklılık göstermektedir. Bunun sebebinin coğrafik durum olduğu yorumu yapılabilir. Örneğin, Ondokuz Mayıs ve Ordu Üniversiteleri arasında mühendislik alanındaki, Abant İzzet Baysal ile Düzce Üniversiteleri arasında tıp alanındaki işbirlikleri dikkat çekmektedir. Ayrıca, Karadeniz Teknik Üniversitesinin, mühendislik alanında Gümüşhane, tıp alanında ise Ondokuz Mayıs Üniversitesi ile daha iyi işbirliği içerisinde olduğu görülmektedir. Bu durumların ortaya çıkmasında, üniversite yerleşkeleri itibarı ile coğrafik yakınlık ve yapının etkili olduğu yorumu yapılabilir.



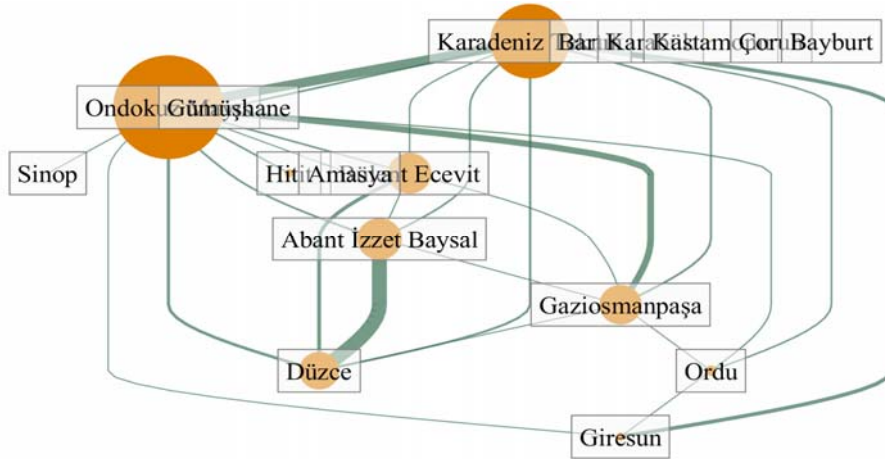
Şekil 23. Karadeniz Bölgesi işbirliği çizgesi (Collaboration graph of universities in Blacksea Region)



Şekil 24. Karadeniz Bölgesi anlamlı işbirliği çizgesi (Blacksea Region Significant collaboration graph)



Şekil 25. Karadeniz Bölgesi Mühendislik alanında yapılan çalışmaların anlamlı işbirliği çizgesi
(Blacksea Region Significant collaboration graph of engineering research area)



Şekil 26. Karadeniz Bölgesi Tıp alanında yapılan çalışmaların anlamlı işbirliği çizgesi
(Blacksea Region Significant collaboration graph of medical research area)

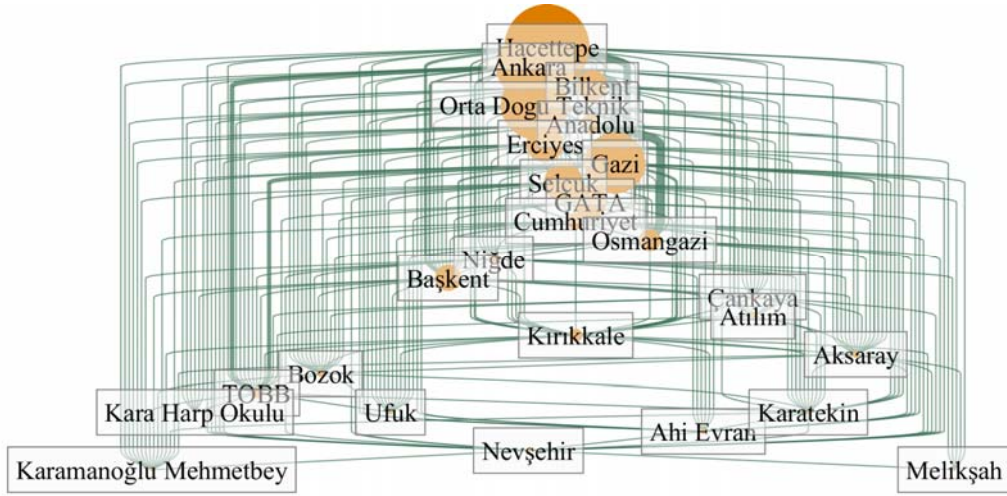
4.6. İç Anadolu Bölgesi (Internal Anatolian Region)

İç Anadolu Bölgesi'nde 26 üniversite bulunmaktadır. Bu üniversitelerin işbirliği çizgeleri Şekil 27 ve Şekil 28'de verilmiştir. BK ve iBK algoritmaları sonucu oluşan hiziplerin gösterilmesi, verinin büyüklüğünden ötürü mümkün olmadığından, sözel olarak ifade edilmiştir. Şekil 28'de görüldüğü gibi, iBK algoritması, daha net işbirliklerini bırakarak, bir bakıma gürültüyü temizlemektedir. Şekil 29 ve Şekil 30'de de, mühendislik ve tıp alanındaki işbirliği çizgeleri verilmiştir. Bu bölgenin öncü üniversitesi, bütün alanlar olarak değerlendirildiğinde (Şekil 28), hem yayın sayısı açısından hem de bulunduğu hizip sayısı açısından Hacettepe Üniversitesidir. Fakat çalışma alanları bakımından bu değişiklik göstermektedir. Şekil 29'ye bakıldığında, mühendislik alanında Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nin bölgenin öncü üniversitesi olduğu görülmektedir. Şekil 28 işbirliği çizgesinde iki grup dikkat çekmektedir. Birinci grup Hacettepe, Ankara ve Gazi Üniversiteleri, ikinci grup ise Anadolu ve Osmangazi Üniversiteleridir. Şekil 29 ve Şekil 30 kıyaslandığında, Hacettepe, Ankara ve Gazi Üniversiteleri arasındaki

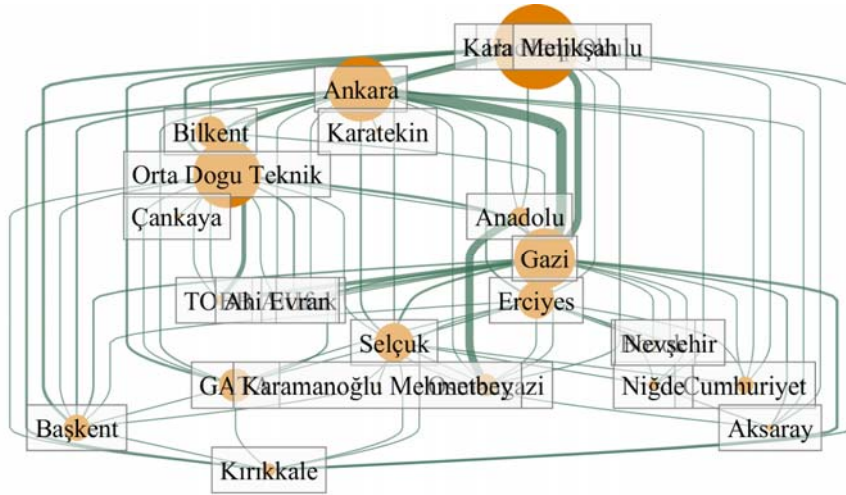
işbirliklerinin genelde tıp alanında olduğu anlaşılmaktadır. Aynı yoğunluk mühendislik alanında görülememektedir. Anadolu ve Osmangazi Üniversiteleri arasındaki işbirliklerinin ise, daha çok mühendislik alanında olduğu görülmektedir ve İç Anadolu Bölgesi'nin mühendislik alanında en fazla işbirliği yapan iki üniversitesi durumuna gelmişlerdir. Bu durum, konumsal olarak yakınlığın ve kuruluş aşamasında kurulan ilişkilerin, işbirliklerini önemli ölçüde etkilediği görülmektedir. Çünkü, Osmangazi Üniversitesi'nin kuruluşunda, Anadolu Üniversitesi önemli bir rol oynamıştır.

4.7. Marmara Bölgesi (The Marmara Region)

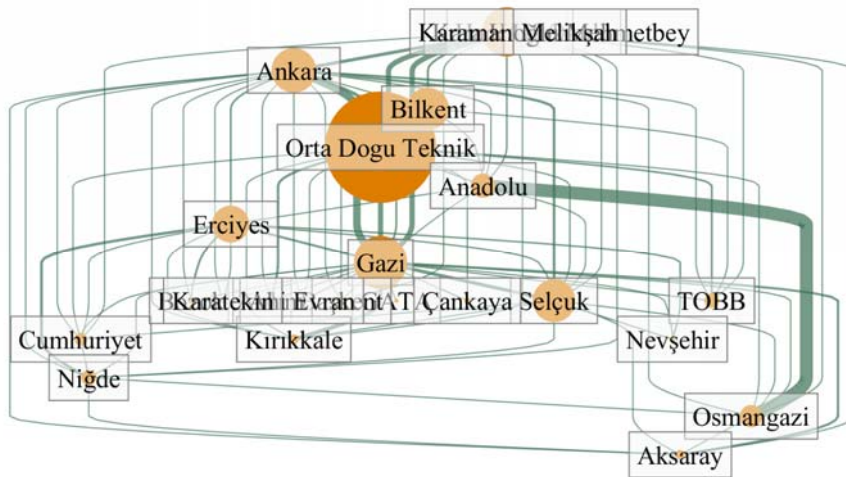
Marmara Bölgesi'nde 42 üniversite bulunmaktadır. Bu üniversitelerin BK ve iBK algoritmaları sonucu oluşan çizgeler Şekil 31 ve Şekil 32'de verilmiştir. Hizip tablosu, İç Anadolu Bölgesi'nde olduğu gibi, Marmara Bölgesi'nde de, verinin büyüklüğünden dolayı gösterilememiştir. Bu bölgenin öncü üniversitesi ise, İstanbul Üniversitesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Şekil 33 ve Şekil 34'de, mühendislik ve tıp alanındaki işbirlikleri gösterilmiştir.



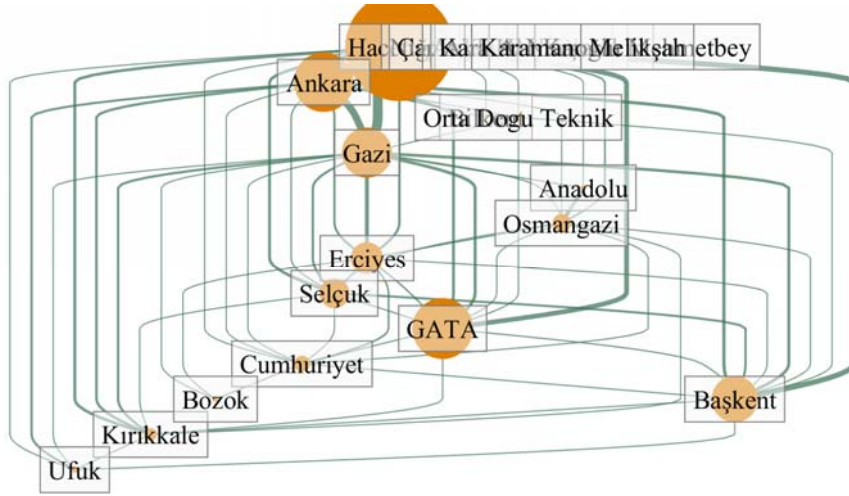
Şekil 27. İç Anadolu Bölgesi işbirliği çizgesi (Collaboration graph of universities in Inner Anatolia Region)



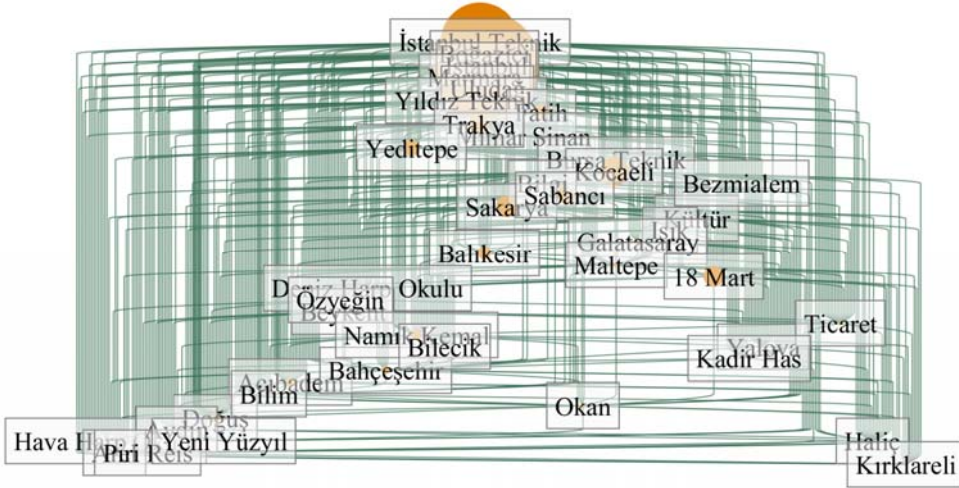
Şekil 28. İç Anadolu Bölgesi anlamlı işbirliği çizgesi (Inner Anatolia Region Significant collaboration graph)



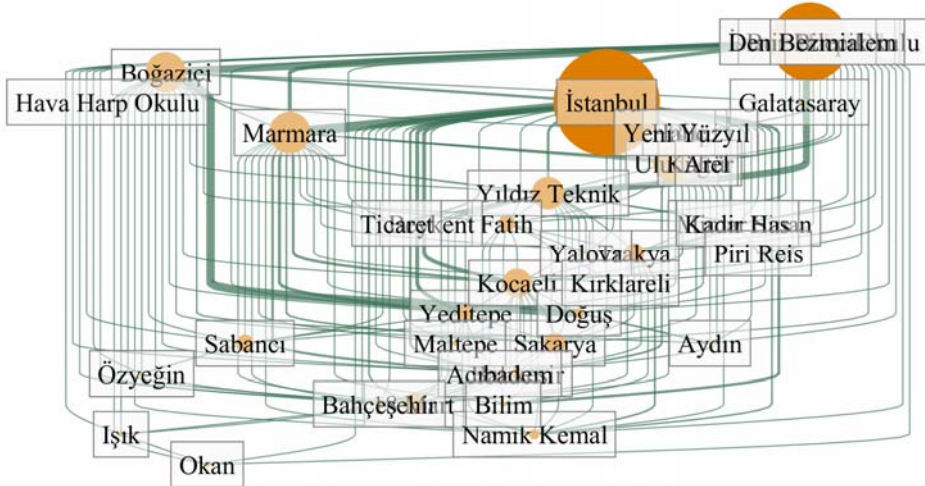
Şekil 29. İç Anadolu Bölgesi Mühendislik alanında yapılan çalışmaların anlamlı işbirliği çizgesi (Inner Anatolia Region Significant collaboration graph of engineering research area)



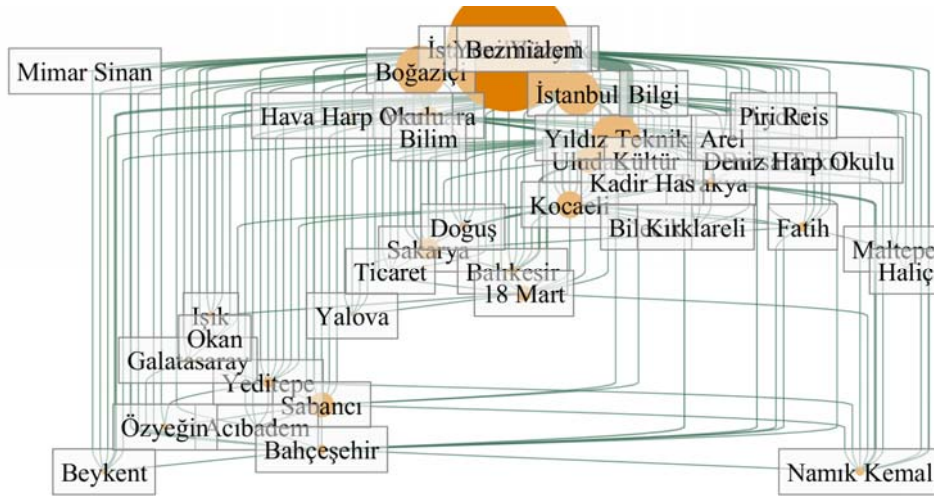
Şekil 30. İç Anadolu Bölgesi Tıp alanında yapılan çalışmaların anlamlı işbirliği çizgesi (Inner Anatolia Region Significant collaboration graph of medical research area)



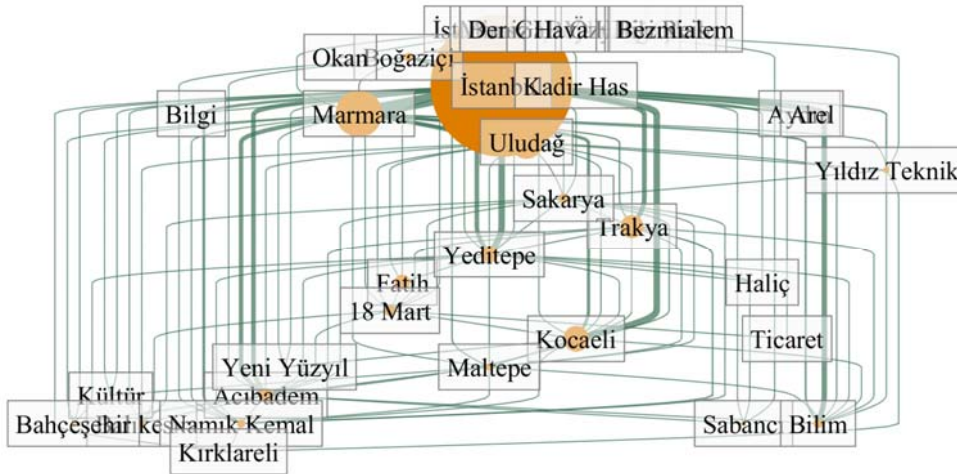
Şekil 31. Marmara Bölgesi işbirliği çizgesi (Marmara Region Collaboration graph of universities)



Şekil 32. Marmara Bölgesi anlamlı işbirliği çizgesi (Significant collaboration graph of Marmara Region universities)



Şekil 33. Marmara Bölgesi Mühendislik alanında yapılan çalışmaların işbirliği çizgesi
(Marmara Region Significant collaboration graph of engineering research area)



Şekil 34. Marmara Bölgesi Tıp alanında yapılan çalışmaların işbirliği çizgesi
(Marmara Region Significant collaboration graph of medical research area)

Bölgenin öncü üniversitesi bütün alanlarda ve tıp alanında İstanbul Üniversitesi iken, mühendislik alanında İstanbul Teknik Üniversitesi'dir.

Şekil 32 ve Şekil 34'e bakıldığında ise, İstanbul Üniversitesi ile Marmara Üniversitesi arasındaki işbirliğinin büyük bölümünün tıp alanında olduğu, Şekil 33'de görülebileceği gibi, mühendislik alanında nispeten daha az işbirliği içerisinde oldukları görülmektedir. Ayrıca, Şekil 33 ve Şekil 34'de incelendiğinde, tıp alanında yapılan işbirlikleri, bölge geneline daha dengeli yayılmış iken, mühendislik alanındaki işbirlikleri çoğunlukla üç üniversite arasına yoğunluk kazandığı görülmektedir.

5. SİMGELER (SYMBOLS)

WOS : Web of Science İnternet Sayfası
CG : İşbirliği Çizgeleri

PCG : Mükemmel İşbirliği Çizgeleri
MCC : Maksimum İşbirliği Hizibi
SCG : Anlamlı İşbirliği Çizgeleri
BK : Bron-Kerbosch Algoritması
iBK : İstatistiksel Bron-Kerbosch Algoritması
GN : Girvan-Newman Algoritması

6. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada kullanılan veri, geliştirilen bir uygulama ile elde edilmiştir. Verinin doğruluk oranı %97'nin üzerindedir ve bu oran kabul edilebilir bir seviyedir. Daha sonra bu veri kullanılarak, Türkiye'deki üniversitelerin akademik işbirlikleri çizge olarak modellenmiştir. Bu elde edilen modeller üzerinden, bölge bazında BK algoritması uygulanmış ve çıkan hizipler incelenmiştir. BK algoritması sonucu, düşük seviyede, veriden kaynaklı hatalar çıktığı gözlemlendi. Bunun üzerine iBK algoritması geliştirilmiştir.

iBK algoritması, öncelikle topluluk keşfinde öncü düğümü bulmakta yardımcı olmaktadır. Ayrıca, merkezi limit teoremi alt limiti uygulaması ile birlikte, önemsiz, tesadüfi veya düşük önem seviyesine sahip ilişkilerin elenmesi ve belli bir güven seviyesinin üstündeki ilişkilerin kalmasını sağlamaktadır. Özetle, işbirliği çizgelerinde, topluluk keşfi yapılan veride gürültünün elenmesini sağlamaktadır.

Bu çalışmada ortaya çıkan bir diğer sonuç ise, vakıf üniversitelerinin, gerek kendi aralarında gerekse de devlet üniversiteleri ile çok az işbirliği içerisinde oldukları gözlemlenmiştir. Göreceli olarak eski olan vakıf üniversiteleri dahi, benzer büyüklük ve yaştaki devlet üniversitelerine göre, bireysel yayın sayısına göre öne çıksalar bile, yayın sayıları ile orantılı düzeyde işbirliği içerisinde olmadıkları görülmüştür. Mühendislik ve tıp alanındaki çalışmalar, WOS veri tabanından elde edilen verilerin yaklaşık %70'lik bir bölümünü kapsamaktadır. Bu sebeple bu iki alan tercih edilmiştir. Bu iki alandaki yapılan işbirliği ve yayın sayısı analizlerinde görülmüştür ki, bölgelerdeki öncü üniversiteler, tıp, mühendislik veya her ikisinde birden tekrar bölgenin öncü üniversitesi olmayı başarmıştır.

Bu çalışma sonucunda, Türkiye'deki üniversitelerin işbirliklerini etkileyen faktörlerin şu şekilde sıralanabilir; konum olarak yakın olan üniversitelerin daha fazla işbirliği yaptığı ortaya çıkmıştır. Bir üniversitenin kuruluşunda yer alan üniversitelerin bu ilişkilerini akademik çalışmalarda da devam ettirdikleri, Kuruluş yılı olarak daha eski olan üniversitelerin nispeten daha fazla işbirliği içerisinde oldukları, Fakülte ve bölüm bazında çalışma alanları benzer üniversitelerin (Hacettepe, İstanbul, Ankara üniversiteleri tıp fakültesi ile öne çıkarken, ODTÜ, İTÜ, YTÜ mühendislik ile öne çıkmaktadır.) kendi aralarında daha fazla işbirliği yaptıkları, Devlet üniversiteleri, vakıf üniversitelerine göre daha fazla işbirliği içerisinde oldukları, çalışma alanı noktasında, öncü üniversitelerin çalışma alanlarında da öncü sayılmasa bile, fazla geriye düşmedikleri görülmüştür. Ancak göreceli olarak, tıp fakültesi olmayan veya daha az yayın sayısına sahip ve nispeten daha yeni üniversitelerin, çalışma alanlarına göre büyük değişimler gösterdikleri görülmüştür.

KAYNAKLAR(REFERENCES)

1. Lee D.H., Seo I.W., Choe H.C., and Kim H.D., Collaboration network patterns and research performance: The case of Korean public research institutions, *Scientometrics*, 91, 3, 925–942, Jun. 2012.
2. Wang X.F., Complex Networks: Topology, Dynamics and Synchronization, *Int. J. Bifurc. Chaos*, 12, 5, 885–916, 2002.
3. Boccaletti S., Latora V., Moreno Y., Chavez M., and Hwang D.U., Complex networks: Structure and dynamics, *Phys. Rep.*, 424, 4–5, 175–308, 2006.
4. Cuijuan Wang, Wenzhong Tang, Bo Sun, Jing Fang, and Yanyang Wang, Review on community detection algorithms in social networks, in 2015 IEEE International Conference on Progress in Informatics and Computing (PIC), China, 551–555, 2015.
5. Hastie T., Tibshirani R., and Friedman J., *The Elements of Statistical Learning, Elements*, 1, 337–387, 2009.
6. Girvan M. and Newman M.E.J., Community structure in social and biological networks., *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, 99, 12, 7821–6, 2002.
7. E. A. Leicht and M. E. J. Newman, Community structure in directed networks, *Phys. Rev. Lett.*, 100, 11, 2008.
8. M. Li, Y. Deng, and B. H. Wang, Clique percolation in random graphs, *Phys. Rev. E - Stat. Nonlinear, Soft Matter Phys.*, 92, 4, 1–6, 2015.
9. G. Palla, I. Derenyi, I. Farkas, and T. Vicsek, Uncovering the overlapping community structure of complex networks in nature and society, *Nature*, 435, 814–818, 2005.
10. A. Lancichinetti and S. Fortunato, Community detection algorithms: a comparative analysis, *Phys. Rev. E*, 80, 5, 2009.
11. C. Bron and J. Kerbosch, Algorithm 457: Finding All Cliques of an Undirected Graph, *Commun. ACM*, 16, 9, 575–577, 1973.
12. A. Clauset, M. E. J. Newman, and C. Moore, Finding community structure in very large networks, *Phys. Rev. E*, 70, 6, 2004.
13. A. Lancichinetti, S. Fortunato, and F. Radicchi, Benchmark graphs for testing community detection algorithms, *Phys. Rev. E*, 78, 4, 46110, 2008.
14. M. Chen, K. Kuzmin, and B. K. Szymanski, Community detection via maximization of modularity and its variants, *IEEE Trans. Comput. Soc. Syst.*, 1, 1, 46–65, 2014.
15. K. Steinhaeuser and N. V. Chawla, Identifying and evaluating community structure in complex networks, *PATTERN Recognit. Lett.*, 31, 5, 413–421, 2010.
16. A. Çavuşoğlu and İ. Türker, Scientific collaboration network of Turkey, *Chaos, Solitons & Fractals*, 57, 9–18, 2013.
17. A. Çavuşoğlu and İ. Türker, Patterns of collaboration in four scientific disciplines of the Turkish collaboration network, *Physica A*, 413, 220–229, 2014.
18. Thomson Reuters Corporation, Web of Science, 2015. [Online]. Available: <https://apps.webofknowledge.com>. Accessed: 01-Jan-2016.
19. K. İnce, An Application for Retrieving Data from Web Pages in a DB Like Manner, in *International Artificial Intelligence and Data Processing Symposium*, Malatya Turkey, 396–399, 2016.
20. Çakıcı M., Oğuzhan A., Özdil T., *İstatistik*, 2nd ed. Ekin Basım Yayın Dağıtım, 2015.
21. K. İnce, Analyzing Tendency of Academic Growth in Turkey, in *International Artificial Intelligence and Data Processing Symposium*, Malatya Turkey, 400–403, 2016.
22. K. İnce and A. Karcı, Analysing and Modelling of Academic Collaboration of Turkey, in *International Conference on Natural Science and Engineering*, Kilis Turkey, 2772–2776, 2016.

