

## Borsalar Arası İlişkilerin Özdüzenleyici Haritalarla Kümelendirilmesi

Zekai ŞENOL<sup>1</sup>  
Mesut POLATGİL<sup>2</sup>

**Makale Geliş Tarihi:** 19.11.2019 **Makale Kabul Tarihi:** 09.01.2020

**Makale Türü:** Araştırma makalesi

**Atf:** Şenol, Z. & Polatgil, M. (2020). Borsalar Arası İlişkilerin Özdüzenleyici Haritalarla Kümelendirilmesi, *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 8(1), 1-13.

### ÖZ

*Küreselleşme hareketine bağlı olarak borsalar arası ilişkiler artmıştır. Günümüzün yatırımcıları uluslararası piyasalarda risk-getiri tercihine bağlı olarak portföyler oluşturmaktadır. Uluslararası portföylerin çeşitlendirilmesinde borsalar arası ilişkiler dikkate alınmaktadır. Borsalar arası ilişkilerin artması çeşitlendirme yoluyla risk azaltmayı önmektedir. Bu çalışmanın amacı borsalar arası ilişkileri araştırmaktır. Çalışmada 19 ülke borsasının 3 Ocak 2000-29 Aralık 2017 dönemine ait günlük kapanış endeksleri kullanılmıştır. Endeksler günlük getiri ve risk değerlerine dönüştürülerek kümeleme işlemi yapılmıştır. Çalışmada, kümeleme işlemi gerçekleştirmek üzere yapay sinir ağlarının özel bir çeşidi olan özdüzenleyici haritalar kullanılmıştır. Sonuçlar, gelişmiş ve gelişmekte olan ülke borsalarının birbirinden ayrıldığını, gelişmiş ülke borsaları arasındaki ilişkilerin daha yaygın olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, küresel kriz döneminde borsalarda birlikte hareket etme niteliğinin azaldığı, küresel kriz sonrasında ise borsalar arası ilişkilerin arttığı anlaşılmıştır.*

**Anahtar Kelimeler:** Özdüzenleyici Haritalar, Borsa Verilerinin Kümelendirilmesi, Portföy Yönetimi, Borsalar  
**JEL Kodları:** G11, G15, F15, F37

## Clustering Relationship of Between Stock Markets with Self Organization Map

### ABSTRACT

*Due to the globalization movement, the inter-stock markets relations have increased. Today's investors are creating portfolios depending on risk-profit preference in international markets. Inter-stock markets relations are taken into account in international portfolio diversification. Due to the increasing inter-stock markets relations, it is difficult to reduce risk through diversification. The aim of this study is to investigate the relationships between stock exchanges. The daily closing indices of the 19 countries' stock exchange for the period 3 January 2000- 29 December 2017 were used in this study. Clustering is made by converting indices into daily profit and risk values. In the study, self-organization maps, a special type of artificial neural networks, were used to perform the clustering process. The results show that developed and emerging market stock exchanges are separate and relationships of developed country stock exchange are more common. Moreover, it was understood that the feature of moving together in the stock market during the global crisis diminished and that the relations between the stock exchanges increased after the global crisis.*

**Keywords:** Self-Organization Maps, Stock Exchange Data Clustering, Portfolio Management, Stock Markets.

**JEL Codes:** G11, G15, F15, F37

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, İ.İ.B.F., Bankacılık ve Finans Bölümü, zsenol@cumhuriyet.edu.tr., <https://orcid.org/0000-0001-8818-0752>.

<sup>2</sup> Teknik Öğretmen, Sivas Karşıyaka Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, mesutbiyan@gmail.com., <https://orcid.org/0000-0002-7503-2977>.

## 1. Giriş

Borsalar, pay senetleri ve tahvil başta olmak üzere birçok menkul kıymet, altın, türev ürün ve reel varlıkların işlem gördüğü organize olmuş piyasalardır. Borsalar serbest piyasa koşullarında fon arz edenlerle fon talep edenler arasındaki ilişkiyi düzenlerken, tasarrufların daha etkin alanlarda kullanılarak üretime dönüştürülmesine imkân sağlarlar. Borsaların finansal ve ekonomik işlevlerinin yanı sıra politik, kültürel ve sosyal olmak üzere birçok gelişme için gösterge olma nitelikleri söz konusudur.

Borsaların entegrasyonu küresel piyasalardaki en önemli değişim olarak düşünülmektedir. Dünya ekonomisinde artan küreselleşme bu hareketin sürükleyicisi olmuştur. Eski geleneksel borsalar sesli müzayede sistemi olarak günümüz koşullarının ortaya çıkardığı realiteyi daha fazla temsil etmiyordu. Borsaların özel niteliği, yeni entegrasyon projelerinin oluşumuna yönelik temel, kültürel, ekonomik ve düzenleyici engelleri kaldırmıştır. Bilgi teknolojisi ve telekomünikasyon sistemlerindeki bazı avantajlar bu konularda yeni yöntemlerin önünü açmıştır (Dorodnykh, 2014: 292).

Dünyada, sermaye piyasalarının büyümesi ve entegre olması küreselleşmenin en itici güçlerinden birisidir. Döviz kurları ve borçlanma piyasaları daha fazla entegre oldukça, tek fiyat yasası dünya çapında geçerlilik kazanmıştır. Pay senetleri piyasaları entegre olmaya başladıkça, sermaye hareketlerinin mobilizasyonu artmaktadır (Armanious, 2007: 2).

1980'lerde gerçekleşen ekonomik serbestleşme ve finansal deregülasyon daha büyük finansal entegrasyonlar için ulusal pazarların açılmasına yol açmıştır (Bhalla ve Shetty, 2006: 2). 1990'lardan itibaren borsalar arasında görülen birleşme, satın alma ve ittifaklar yoluyla borsalar küresel alanda daha büyük yapılaraya ulaşmışlardır (Hasan vd., 2012: 470). Dünya Borsalar Federasyonu verilerine göre, 2017 yılı sonu itibariyle dünyadaki borsaların ulusal piyasa değerleri toplamı 87 trilyon dolara, yatırımcı sayısı 19 Milyon 572 bin'e, borsalarda kayıtlı şirket sayısı ise 50. 220'ye ulaşmıştır.

Düzenleyici bariyerlerin kademeli olarak ortadan kalkması ile veri işleme ve telekomünikasyon teknolojisindeki ilerlemeler yeni piyasa yapıları ve uygulamalarının oluşmasına imkan sağlamıştır. Aktif ve pasif yönetimi giderek küresel olarak entegre bir fonksiyon haline gelmiş ve uluslararası menkul kıymetlerin ihracı çoğunlukla daha geleneksel fon kanallarının yerine kullanılmaya başlanmıştır. Bu gelişmeler ulusal ve uluslararası olarak piyasalarda rekabet seviyesinin artmasına ve sermayenin daha etkin alanlara yönelmesine imkan sağlamıştır (Antoniou vd., 2003: 645).

Borsaların entegrasyonu, farklı piyasalarda işlem görseler bile ulusal piyasalardaki menkul kıymetlerin aynı risk özellikleriyle aynı fiyatla işlem görmeleri şeklinde tanımlanabilmektedir. Başka bir ifadeyle, iki ya da daha fazla piyasa entegre ise, bu durumda, bu piyasalardaki menkul kıymetler aynı şekilde fiyatlanmalıdır. Borsalar arasındaki entegrasyon tüm piyasalardaki menkul kıymetlerin aynı risk faktörlerine maruz kaldıklarını ve her bir unsuru etkileyen risk priminin tüm piyasalarda aynı olduğunu vurgulamaktadır (Armanious, 2007: 3).

Entegre finansal piyasalarda yabancı sermayeye ulaşım daha kolay olmakta, fakat entegre piyasalar dünyanın diğer bölgelerinde meydana gelen finansal krizlere daha hassas hale gelmektedir. Ayrıca küresel finansal piyasalara entegrasyon derecesi artıkça portföy çeşitlendirme imkanı azalmaktadır (Büttner ve Hayo, 2011: 574).

Uluslararası borsalarla ilgili olarak mevcut literatür aşağıdaki sonuçları sunmaktadır (Aggarwal vd., 2010: 642): (1) İyi makroekonomik yönetim ve yüksek kaliteli üretim faktörleri, pay senetleri entegrasyon süreciyle birleştirildiğinde reel ekonomik fayda potansiyeli ortaya çıkabilmektedir. (2) Entegre pay senetleri piyasalarında, yerli yatırımcılar yabancı varlıklara yatırım yapabilirken, yabancı yatırımcılar da yerli varlıklara yatırım yapabilmektedirler. Böylece, yerel koşullar göz önüne alınmaksızın beklenen getirinin riskleri eşitlenmektedir.

Ortaya çıkan temel mesele borsalar arasındaki küresel entegrasyonların hissedar değerini artırıp artırmadığıdır (Hasan vd., 2012: 470). Küresel entegrasyonlarla birlikte firmalar daha büyük işlem hacimlerinin olduğu, daha uygun koşullarda finansman imkanının bulunduğu koşullara ulaşmaktadırlar. Ancak bu durumun doğrudan firma değerini artırması mümkün değildir. Firma değeri, müşteri beklentilerini karşılama, marka değerini oluşturma, varlıkları etkin kullanma gibi işletme içi faktörlerle ilgili olmakla birlikte, başarılı yönetim sergileyen ve ulusal borsada işlem gören işletmelerin küresel alana entegre olmuş bir piyasa yapısında, firma değerlerini artırmaları mümkün olabilir.

Genel olarak, entegrasyonun finansal sektörün gelişiminden daha büyük olması halinde pay senetleri ve sermaye piyasası entegrasyonundaki artışın üç etki alanı olması beklenebilir (Aggarwal vd., 2010: 643): (1) ülkeler arasındaki getiriler eşitlendiğinden dolayı uluslararası portföy çeşitlendirme imkanı azalacaktır. (2) Dünyadaki sermaye piyasalarının kapsama alanları genişledikçe bireysel ekonomiler daha güçlü hale geleceklerdir. (3) Hane halkı tasarruf oranı zaman içinde değişecektir.

Armanious (2007) finansal entegrasyonun faydalarını daha geniş bir bakış açısıyla sekiz başlıkta özetlemiştir: (1) Rekabetin artmasına bağlı olarak işlem maliyetlerinin azalması ile bölgesel ve küresel ölçekteki firmalarla birlikte ölçek ekonomisinden yararlanılarak finansal hizmet maliyetlerinin azalmasına yol açılması (2) Daha etkin, daha likit ve daha geniş menkul kıymet piyasalarının işlem hacimlerinin artmasına imkan sağlanması (3) Finansal ürün ve hizmetlerde daha fazla yenileşmenin meydana gelmesi. (4) Sermaye piyasalarının tüm sektörlerinde endüstriyel dönüşümlerin sağlanması. (5) Şirketler için daha düşük işlem maliyetli ve daha iyi koşullarda finansman imkanının sağlanması. (6) Yatırımların önündeki sınırlamalar kalktığından tasarruflar daha kolay ve ucuz şekilde yatırıma dönüşebilmekte, böylece sermayenin daha etkin kullanımının ortaya çıkabilmesi. (7) Daha düşük işlem maliyetleriyle yatırım getirilerinin artması. (8) Yatırımcıların önündeki engellerin kalkması, daha iyi yatırım çeşitlendirilmesi ve risk-getiri dengesinin daha uygun koşullarda sağlanması.

Ulusal sınırlar arasında borsaların entegre olup olmaması birkaç nedenden dolayı önemlidir (Hooy ve Goh, 2007: 4) : (1) Dünya borsalarıyla yüksek derecede entegre küresel yatırımcılar ve ülke fonlarına ait menkul kıymetler uluslararası piyasalarda fiyatlanmaktadır. Tek fiyat yasasıyla birlikte uluslararası entegrasyona bağlı olarak uluslararası çeşitlendirme imkanları azalmaktadır. (2) İşletme finansmanı açısından yüksek derecede entegre olan borsalar, ulusal sınırlar ötesinde daha düşük maliyetle sermaye edinme imkanlarının artmasına imkan sağlamaktadır. (3) Diğer bir neden ise etkin piyasalar hipoteziyle ilişkilidir. Piyasa etkinliğinin derecesi coğrafi sınırların ve teknolojik imkanların varlığında bilgi etkinlik seviyesine bağlıdır. Bir borsanın uluslararası alana entegrasyonu arttıkça, o borsanın etkin piyasa koşulları da artmaktadır.

Finansal piyasalar entegre olduğunda bir ülkede meydana gelen bir durum başka ülkelerin finansal piyasalarında etkisini gösterecektir. Bu etkinin ne kadar hızlı ve ne ölçüde hissedileceği entegrasyonun derecesine bağlıdır. Tamamen entegre finansal piyasalarda bulunan benzer varlıkların fiyatları eşitlenmektedir. Piyasa entegrasyonu sınırlar arası sermaye akımları, piyasalar arasında arbitraj, finansal yönetim ve özerk para politikasını etkileyebilmektedir (Bhalla ve Shetty, 2006: 2).

Finansal sistemleri liberalleşen ve dünya finansal sistemlerine entegre olan ülkelerde küreselleşme, finansal dalgalanmaları artırabilmekte ve krizlere yol açabilmektedir. Uluslararası finansal piyasalarda asimetrik bilgi, ahlaki tehlike, varlık balonları, spekülasyon saldırıları, sürü davranışları ve bulaşma gibi anomaliler mevcuttur (Schmukler ve Zoido-Lobaton, 2001: 20).

Finansal entegrasyon artması piyasalar arasındaki fiyat farklılıklarını azaltarak arbitraj olanaklarını zayıflatmakta, uluslararası portföy çeşitlendirmesi yapılmasını zorlaştırmaktadır (Al Nasser ve Hajilee, 2015: 12). Yakın ekonomik ilişkiler finansal krizler durumunda daha büyük bulaşma etkisine sebep olmakta ve daha büyük bölgesel bağımlılığa yol açabilmektedir (Heaney vd., 2002: 759).

## **2. Literatür**

Bu çalışmanın amacıyla ilişkilendirilebilecek literatürü iki temel grupta ifade etmek mümkündür. İlk grupta borsalar arası ilişki ve entegrasyonları değişik dünya örneklerinde inceleyen araştırmalar olarak Heaney vd., (2002), Bastos ve Caiado (2009), Özdemir (2009), Aggarwal vd., (2010), Calvi (2010), Song vd., (2011) ve Al Nasser ve Hajilee (2015) çalışmaları görülmektedir. Diğer grupta ise borsalar arası entegrasyonların belirleyicilerine yönelik çalışmalardır. Bunlar, Hooy ve Goh (2007), Büttner ve Hayo (2011) ve Dorodnykh (2014) çalışmalarıdır.

Borsalar arasındaki çalışmaların incelenmesinde kullanılan yöntemlerde ise eşbütünleşme ve nedensellik analizleriyle (Calvi, 2010; Al Nasser ve Hajilee, 2015) kümeleme analizleri ön plana çıkmaktadır. Bunların yanında, VARFIMA, DCC-MGARCH, EKK ve varyans oranı testi gibi yöntemler de çalışmalarda (Büttner ve Hayoo, 2011; Özdemir, 2009) kullanılmıştır.

Çalışmalarında kümeleme analizini kullananlar Bastos ve Caiade (2009), Song vd., (2011) ve Dorodnykh (2014) şeklindedir. Bastos ve Caiado (2009), rassal yürüyüş hipotezi varyans oranı testini

kullanarak küresel pay senetleri piyasasının bağımlılığını borsa endeks getirilerinin öngörülebilirliği bakımından incelemiş, son yıllarda borsa kümelemelerinde nasıl bir değişiklik olduğunu belirlemeye çalışmıştır. Çalışmada, 46 ülkeden elde edilen verilerle, 15 yıllık günlük getiriler kullanılmıştır. Çalışmada çok boyutlu ölçekleme haritaları ve kümeleme analizi kullanılması neticesinde; özellikle gelişmiş ve gelişmekte olan piyasaların gün geçtikçe daha fazla entegre hale geldikleri görülmüştür.

Song vd., (2011) Ocak 1996 - Temmuz 2009 döneminde 57 farklı günlük borsa endeksi verileriyle, borsalar arasındaki ilişkileri korelasyon tabanlı grafikler kullanarak araştırmışlardır. Çalışmada, borsalar arasında hem hızlı, hem de yavaş dinamikler bulunduğu görülmüş, yavaş dinamikler küreselleşmenin gelişmesi ve güçlenmesiyle ilişkilendirilirken, hızlı dinamikler ise küresel sistemi hızlıca etkileyen, dünyanın özel bölge ve ülkelerinde ortaya çıkan önemli olaylar şeklinde ifade edilmiştir. Çalışmada ayrıca borsalar arasında oluşan kümeler bölgesel bazda grafiklerle ifade edilmiştir. Benzer bir çalışmada Dorodnykh (2014), 1995-2010 döneminde, 49 ulusal borsa endeksini kapsayan araştırmasında, uluslararası düzeyde yapılan entegrasyonların belirleyicilerini tespit etmeye çalışmıştır. Çalışmada, borsalar arasındaki entegrasyonun varlığını belirlemek için korelasyon ve kümeleme analizi yapılırken borsa entegrasyonunun belirleyicilerine yönelik olarak logit regresyon analizi yapılmıştır. Çalışma, finansal uyum, işbirliği anlaşmaları, kar amaçlı kurumsal yapı ve bölgesel entegrasyonun borsa entegrasyonlarının önemli belirleyicileri olduğu anlaşılmıştır. Sonuçlar, sistematik şoklara maruz kalma ve genel ekonomi büyüklüğüyle bağlantılar bakımından borsaların önemini vurgulamaktadır.

Kümeleme analizinde yöntem gereğince örnekleme verilerin elde edilmesine bağlı olarak borsa sayısını ya da zaman serisini artırmak mümkündür. Bastos ve Caiado (2009) kırkaltı, Song vd., (2011) elliyedi ve Dorodnykh (2014) kırkdokuz borsanın verilerini kullanarak kümeleme analizi çalışmalarını yapmışlardır. Ancak ekonometrik modellemeye dayanan zaman serisi analizlerinde borsa sayılarının kümeleme analizindeki kadar çoğaltmak pek mümkün görülmemektedir. Seriler arası ilişkilerin incelenmesi, zaman serilerinde birkaç seri ile yapılabiliyorken benzer analiz kümeleme yönteminde otuz, kırk hatta daha fazla seriyi içerecek şekilde yapılabilmektedir. Calvi (2010) onsekiz, Aggarwal vd., (2010) sekiz ve Al Nasser ve Hajilee (2015) sekiz borsa endeksi örneklerinde olduğu gibi, kümelemeye göre daha az sayıda borsa değişkenleriyle ekonometrik zaman serilerini oluşturmuşlardır. Literatürde eşbütünleşme ve nedensellik başta olmak üzere diğer yöntemleri kullanan çalışmalar ise kronolojik şekilde aşağıda sıralanmıştır.

Heaney vd., (2002) Latin Amerika'da borsa getirileri üzerinde bölgeselcilik eğilimlerini incelemişlerdir. Ortalama korelasyonlar örneklem döneminde, Latin Amerika borsalarının bölgedeki diğer ülkeler ve dünya ile bölgesel olarak daha fazla entegre olduklarını ortaya koymuştur. Bulgular 1990'ların başlarındaki liberalleşmeden beri, Latin Amerika ülkeleri arasındaki işbirliğinin büyüdüğünü göstermiştir. Liberalleşme öncesi Latin Amerika ülkelerindeki borsalar yakın komşularından ziyade özellikle ABD başta olmak üzere gelişmiş piyasalarla yakın ilişki içindeydi. Heaney vd.'ye (2002) göre bu durumun sebebi olarak Latin Amerika ülkelerinin gelişmiş ülkelere yüksek oranda borçla bağımlı olmaları gösterilmiştir.

Hooy ve Goh (2007) çalışmalarında borsa entegrasyon süreçlerinin itici güçlerini anlamaya çalışmışlardır. Beş ticari blok ülkelerinden yirmialtı borsanın, Ocak 1991- Ağustos 2005 dönemine ait aylık verilerine dayanan çalışma neticesinde dünyada görülen borsa entegrasyonlarını ekonomik temeller ve dünya özelliklerinin açıkladığı görülmüştür. 1997 Asya finansal krizi, 2001 dünya ekonomik durgunluğu ve 2004 petrol fiyat zammının piyasa entegrasyonunu negatif etkilediği anlaşılmıştır. Bunun yanında, ticaret blokları olarak AB üyesi ülkelere en yüksek seviyede entegrasyon görülürken AFTA (Güneydoğu Asya ülkeleri serbest ticaret antlaşması - ASEAN) ülkeleri arasında ise en düşük seviyede entegrasyon belirlenmiştir. Uluslararası borsalar arasındaki ilişkileri Özdemir (2009) analiz etmiş ve kısmi entegre vektör otoregressif hareketli ortalama (VARFIMA) yöntemini kullanarak borsaların coğrafi konumlarını dikkate alarak borsalar arası etkileşimleri araştırmıştır. Sonuçlar Almanya, Japonya, İngiltere ve ABD borsaları arasında bağlantı olduğunu ortaya koymuştur.

Avrupa piyasaları ile Doğu Asya piyasaları arasındaki kısa ve uzun dönem ilişkileri Calvi (2010) Ocak 1990 - Temmuz 2009 döneminde araştırmıştır. Çalışmada yedi Avrupa piyasası ile onbir Doğu Asya piyasalarına ait pay senetleri ve borçlanma araçları verileri kullanılmış, eşbütünleşme ve Granger nedensellik testleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar Avrupa piyasalarındaki entegrasyonun Doğu Asya

ülkeleri entegrasyonlardan daha gelişmiş olduğunu, Avrupa piyasalarında borçlanma araçları piyasalarındaki entegrasyonun pay senetleri piyasalarından daha fazla olduğunu, Avrupa piyasalarında 1999 yılındaki Euro'ya geçişten sonra hem pay senetleri, hem de borçlanma piyasalarında entegrasyonun arttığını, Asya'da finansal entegrasyonun emekleme döneminde olmasına rağmen pay senetleri piyasalarında entegrasyonda son on yılda artışlar görüldüğünü ve Asya'daki borçlanma araçları piyasalarının birlikte hareket etmelerine yönelik güçlü kanıtlar bulunmadığını göstermiştir.

Aggarwal vd., (2010) 1988 - 2002 döneminde, Avrupa Birliğinin en büyük borsaları olan Fransa, Almanya, İtalya, Hollanda, İspanya, İsveç ve İngiltere'ye ait günlük verileri kullanarak Avrupa pay senetleri piyasaları arasındaki entegrasyonları incelemiştir. Sonuçlar, 1980'lerin sonu ve 1990'ların başlarında kıta Avrupa'sıyla dünya pay senetleri piyasaları arasında uzun dönem ve kısa dönem entegrasyonların arttığını göstermektedir. Büttner ve Hayo (2011) ise 1999 - 2007 döneminde, AB üyesi ülkeler arasında borsa entegrasyonlarının belirleyicilerini tespit etmişlerdir. Çalışmada iki değişkenli dinamik koşullu korelasyon DCC-MGARCH modeli kullanılmış, AB borsaları arasındaki entegrasyonlar faiz oranları, döviz kuru riskleri, piyasa kapitalizasyonu ve konjonktür hareketleri değişkenleriyle havuzlandırılmış EKK yöntemi kullanılarak açıklanmıştır. Çalışmada, tüm gruplarda entegrasyonun arttığı gözlemlenmiş, döviz kur riskinin ve faiz oranlarının entegrasyonu azalttığı buna karşın büyüklük ve piyasa değerinin entegrasyonu artırdığı görülmüştür.

Al Nasser ve Hajilee (2015), Ocak 2001 - Aralık 2015 dönemine ait aylık verileri kullanarak eşbütünleşme ve hata düzeltme yöntemiyle Brezilya, Çin, Meksika, Rusya ve Türkiye'den oluşan beş gelişmekte olan ekonomi ile ABD, İngiltere ve Almanya'dan oluşan üç gelişmiş piyasa arasındaki uzun dönem ve kısa dönem ilişkileri araştırmışlardır. Sonuçlar, gelişmekte olan piyasalar ve gelişmiş piyasalardaki borsalar arasında kısa dönem ilişkilerin bulunduğunu, uzun dönemde ise gelişmekte olan ülke borsa getirilerinin yalnızca Almanya borsa getirileriyle ilişkili olduğunu göstermiştir.

Kümelene ile ilgili olarak Özçalıcı (2016) 1 Ocak 2014 - 30 Haziran 2016 Türkiye'de BİST 50 endeksinde yer alan pay senetleri üzerinde yaptığı çalışmada özdüzenleyici haritalar yönteminin başarılı şekilde pay senetlerini kümelendirdiği ve pay senetlerinin iki grupta kümelendiği görülmüştür. Hu vd., (2019) ise 5 Ocak 2015 - 28 Temmuz 2017 dönemine ait verilerle Çin finansal piyasasında pay senedi fiyat sıçramalarının kümelene etkisini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlar, imalat sanayi pay senetlerinin piyasada en önemli role sahip olduğunu, finansal sektör pay senetleri arasındaki ilişkinin güçlü olduğunu, finansal sektör pay fiyatlarında görülen büyük dalgalanmaların başka finansal sektör pay fiyatlarında önemli derecede dalgalanmaya sebep olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bai vd., (2019) 4 Ocak 2016 - 30 Aralık 2016 döneminde, Shanghai A pay piyasasından rastgele seçilen şirketlere ait pay senetleri üzerinden yaptıkları çalışmada pay senetleri gösterdikleri benzer dalgalanmalar açısından dört grupta kümelene ve kümelerin iyi sonuçlar verdiği, oynaklık özellikleri bakımından pay senetleri arasında benzerlikler olduğu ve tek yönlü Granger nedenselliği olduğu tespit edilmiştir.

### 3. Metodoloji

Özdüzenleyici haritalar, yapay sinir ağlarının özel bir çeşididir. Teuvo Kohonen tarafından 1982 yılında tanımlandığı için Kohonen ağları olarak da adlandırılmaktadır (Kohonen, 1982). Özdüzenleyici haritalar, veri setinde var olan bilinmeyen modellerin ya da yapıların bulunmasında sıklıkla kullanılmaktadır (Cabanès ve Bennani, 2010).

**Şekil 1:** Özdüzenleyici Haritaların Algoritma Kodu

Girdi  
D: veri seti; d: kümeleme haritasındaki nöron sayısı;  
1: Ağırlık vektörlerinin i değerleri  $w_j = 1, 2, \dots, d$ ; D veri seti içerisinden rastgele olarak belirlenir;  
2: Aşağıdaki döngü (3-5) kümeleme haritasında neredeyse artık değişiklik olmayana kadar tekrar eder  
3: D veri setinden bir x gözlemi belirli bir olasılık ile seçilir;  
4: Kazanan nöron  $i(x)$ , s zamanında Öklid uzaklığı en küçük olacak şekilde seçilir:  $i(x) = \arg \min_{1 \leq j \leq d} \|x - w_j\|$ ;  
5: Bu şekilde haritadaki bütün nöronların ağırlık değerleri güncellenir;  
6: Özellik haritasından çıkılır.

**Kaynak:** Gan vd., 2007.

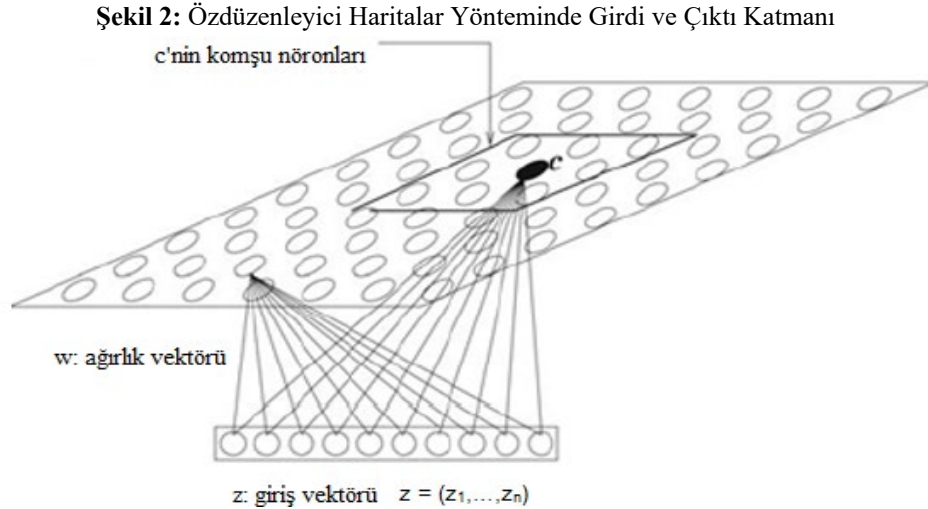
Özdüzenleyici haritalar birbirleriyle tamamen ilişkili olan ve sadece iki katmandan oluşan bir yapay sinir ağı çeşididir: Girdi Katmanı ve Kohonen Katmanı olarak da adlandırılabilen Çıktı Katmanı. Kohonen katmanı (çıkı katmanı) aynı zamanda veri setindeki kümelenmenin gözlemlenmesini sağlayacak haritanın oluşturduğu katmandır. Özdüzenleyici haritaların çalışma yöntemi Şekil 1’de anlatılmaktadır.

Yarışmayı kazanan nöron ve çevresindeki nöronlar ağırlıklarını, sunulan gözleme göre güncellemektedirler (Kohonen, 2001). Eğitim süreci sonunda çıkı katmanında, benzer örüntüler aynı nöronlarda veya komşu nöronlarda gösterilmektedir (Folguera vd., 2015).

Şekil 2’de özdüzenleyici haritalardaki girdi ve çıkı katmanı gösterilmiştir. Şekilde 9x7 nöronlardan oluşan çıkı (Kohonen) katmanı yer almaktadır. Girdi vektörü  $z$  ile temsil edilmiştir ve bu vektörde değişkenler yer almaktadır ( $z$ ; ifadesinde  $n$  adet değişken olduğu ifade edilmektedir). Ağırlık vektörü ise  $w$  ile temsil edilmiştir ve her bir değişkenden her bir nörona giden ağırlıkları barındırmaktadır.  $c$  kazanan nöronu temsil etmektedir ve çevresindeki nöronlar  $c$ ’nin komşularıdır.

Özdüzenleyici haritaların en önemli avantajı, çok boyutlu bir veri setini iki boyuta indirgeyebilmesidir. Bu durum karar vericilerin veri setinin tamamını kolayca değerlendirmelerine olanak sağlamaktadır.

Özdüzenleyici haritaların parametreleri otomatik belirlenmediği için kullanıcının karar vermesi gerekmektedir. Bu parametrelerin belirlenmesi için de literatürde benimsenmiş bir yöntem yoktur. Bu durum özdüzenleyici haritalar için bir dezavantaj olarak görülebilmektedir. Kullanıcının karar vermesi gereken parametreler arasında, çıkı katmanının boyutu, çıkı katmanının şekli, eğitim algoritması da sayılabilir. Çıkı katmanının boyutu herhangi bir değer alabileceğinden dolayı deneme yanılma yoluyla karar verilebilmektedir. Genellikle, dikdörtgen şeklindeki çıkı katmanı, karesel şeklindeki çıkı katmanına göre daha iyi sonuç vermektedir (Kohonen, 2001).



**Kaynak:** Badran vd., 2004: 407.

## 4. Analiz

### 4.1. Çalışmanın Modeli

Çalışmada ilk olarak dünyanın değişik bölgelerinde faaliyette bulunan borsalara ilişkin tarihi fiyat endeks bilgilerine erişim sağlanmıştır. Her bir endeks için risk ve getiri değerleri hesaplanmış ve özdüzenleyici haritalar yöntemi yardımıyla borsa endeksleri kümelerine ayrılmıştır. Bu kümeleme işlemi ile birlikte, benzer özellik gösteren borsa endeksleri aynı kümelerde toplanmıştır. Başka bir ifade ile borsa endeksleri, homojen özellik gösterecek şekilde kümelenmiştir.

### 4.2. Veri Seti

Çalışmada dünyanın değişik bölgelerinde faaliyette bulunan 19 değişik ülke borsasının 3 Ocak 2000 – 29 Aralık 2017 dönemi arasındaki günlük kapanış verilerinden oluşan borsa endeksleri kullanılmıştır (Tablo 1). Çalışmada örneklem küresel kriz öncesi dönem (2000 – 2006), küresel kriz dönemi (2007 –

2009) (Lien vd., 2018: 192), küresel kriz sonrası dönem (2010 – 2017) ve tüm dönem (2000 – 2017) şeklinde dört ayrı gruba ayrılarak kümeleme analizi gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 1:** Örneklem Ülke ve Borsaları

ÜLKE	BORSA	ÜLKE	BORSA
Almanya	DAX 30	Avustralya	ASX ALL
Avusturya	ATX	ABD	S&P 500
Danimarka	OMX COPENHAGEN	Finlandiya	OMX HELSINKI
Kanada	S&P/TSX COMPOSITE INDEX	Fransa	CAC 40
İngiltere	FTSE 100	İspanya	IBEX 35
Japonya	NIKKEI 225	Güney Kore	KOREA SE COMPOSITE KOSPI
Romanya	ROMANIA BET	Rusya	MOEX RUSSIA INDEX
Tunus	TUNINDEX	Türkiye	BİST ULUSAL 100
Filipinler	PHILIPPINE SE I	Çin	SHANGHAI SE A SHARE
Brezilya	BOVESPA		

Çalışmada kullanılan değişkenlerden biri ortalama getiridir ve ortalama getiri Formül 1 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\bar{r} = \frac{\sum_{i=1}^n r_i}{n} \quad (1)$$

Formülde  $r_i$ ,  $i$  gününe ilişkin borsa getirisini,  $n$  ise toplam seans sayısını temsil etmektedir. Borsanın getirisi ( $r_i$ ) ise Formül 2 ile hesaplanmıştır.

$$\bar{r} = \log \left( \frac{P_{t+1}}{P_t} \right) \quad (2)$$

Formülde  $p_t$ ,  $t$  gününe ilişkin kapanış fiyatını temsil etmektedir. Çalışmada kullanılan bir diğer değişken ise borsa fiyatlarının risk değeridir ve risk getirideki standart sapma ile aşağıdaki formül yardımıyla ölçülmüştür.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2}{n-1}} \quad (3)$$

Formülde  $r_i$ , ifadesi borsa verisinin  $i$ . gündeki getiriyi,  $\bar{r}$  ise borsanın ortalama getirisini ve  $n$  ifadesi ise hesaplamaya konu olan seans sayısını temsil etmektedir.

### 4.3. Özdüzenleyici Haritalar ile Ülke Borsalarının Kümelendirilmesi

Çalışmada, kümeleme yöntemi olarak yapay sinir ağları tabanlı özdüzenleyici haritalar kullanılmıştır. Özdüzenleyici haritalarda, harita boyutuna deneme yanılma yoluyla karar verilmiştir. Birçok deneme sonucunda 3\*3 boyutlarındaki haritanın çalışmada kullanılabilmesine karar verilmiştir. Çünkü bu çalışmada 19 ülkeye ait veriler kümelendirileceği için eldeki veri sayısı göz önünde bulundurularak çok fazla kümenin olmayacağından hareketle 2\*2, 3\*3, 4\*4 ve 5\*5 boyutlarındaki haritaların denenmesinin yeterli olacağı düşünülmüştür. Çalışmadaki analizi gerçekleştirmek ve şekilleri çizmek için MATLAB yazılımı kullanılmıştır.

Bu çalışmada kümelendirme işlemi yapılırken 2000 ve 2017 yılları arasında bulunan veriler önce genel olarak bir kümelendirme işlemine tabi tutulmuş daha sonra ise global kriz dönemi düşünülerek kriz öncesi, kriz dönemi ve sonrasının etkilerini görmek için bu üç dönem için de ayrı ayrı kümelendirme işlemi yapılmıştır. Yani bu çalışmada dört kez kümelendirme işlemi yapılmış ve her kümelendirme işlemine ait grafikler ve şekiller sunulmuştur.

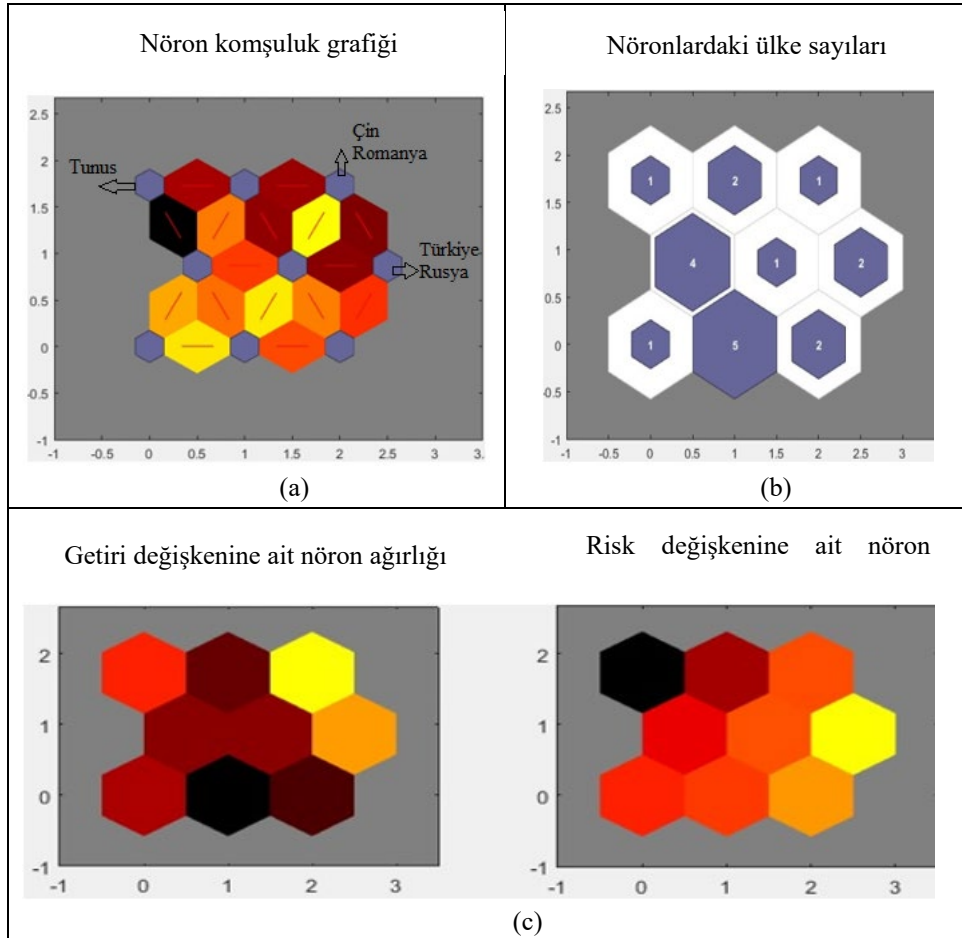
Şekil 4’de, U matris, hit çizelgesi ve girdi panelleri yer almaktadır. U matris kümelerin oluştuğu Kohonen katmanıdır ve gözlemlerin birbirleri arasındaki uzaklığı temsil etmektedir (Şekil 3-a). U matriste koyu renkler daha büyük uzaklığı gösterirken, açık renkler birbirlerine yakın olan gözlemleri içermektedir. Başka bir ifade ile veri setinin kaç adet kümeye ayrıldığı U matrisi ile belirlenmektedir. U matristeki koyu renkli bağlantılar küme sınırlarını göstermektedir. Hit çizelgesinde ise nöronlarda var olan gözlem sayısı yer almaktadır (Şekil 3-b). Bu çizelge sayesinde hangi nöronda hangi hisse senedinin olduğunu belirlemek mümkündür.

Girdi panellerinde ise, her bir değişkenin nöronal ağırlıkları gösterilmektedir (Şekil 3-c). Girdi panellerindeki desenler, değişkenlerin birbirleri ile ilişkilerini ortaya koymaktadır. Simetrik (ters simetrik) desenlerin olması durumunda, değişkenlerin birbirleri ile aynı yönde (zıt yönde) hareket ettiğini söylemek mümkündür.

Nöron komşuluk ilişki grafiğinde, iki nöron arasındaki bağlantı koyu renkli ise, nöronlarda yer alan ülkeler birbirlerinden uzaktırlar (başka bir ifade ile birbirlerine benzememektedir). Bu nedenle koyu renkler küme sınırlarını ifade etmektedir. Söz konusu kümelere ilişkin girdi panelleri verilerin üç farklı kümeye ayrıldığı söylenebilir.

2000 ve 2017 yıllarına ait bu kümelendirme neticesinde bulunan üç kümeden birinde Tunus (TUNINDEX) borsası tek başına bulunmaktadır ve bütün ülkelerden ayrı bir hareket göstermiştir. Bir diğer kümede ise Türkiye (BİST 100) borsası ve Rusya (MOEX) borsası birlikte yer almışlardır. Diğer bütün ülkeler ise diğer kümede yer almışlardır. Bu örneklem grubu dünya borsalarını büyük bir oranda ilişkili olduklarını göstermektedir.

**Şekil 3:** Tüm Verilere Ait Özdüzenleyici Haritalar (a) Nöron Komşuluk Grafiği, (b) Hit Çizelgesi ve (c) Girdi Panelleri

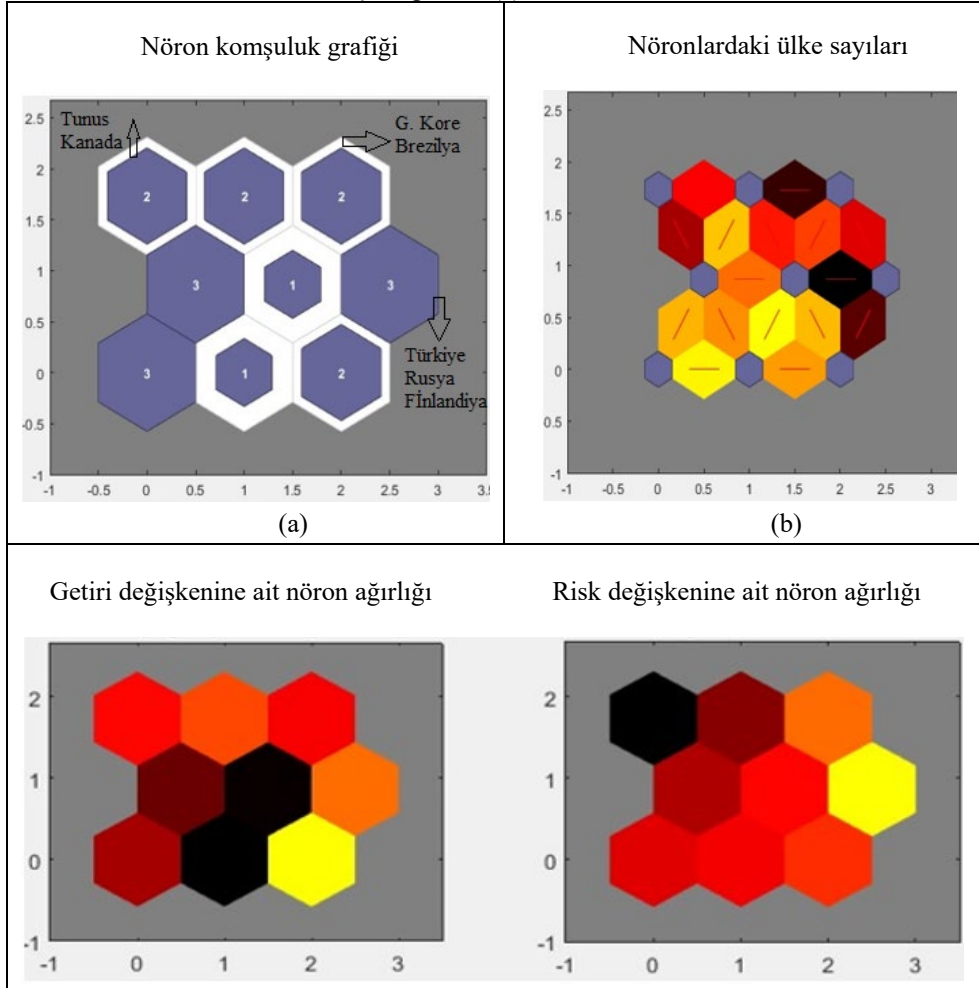




Global kriz dönemi, öncesi ve sonrası içinde kümelendirme işlemi yapılmış ve sonuçlar gösterilmiştir. Öncelikle küresel kriz öncesi döneme ait olan 2000-2006 dönemi kümelendirme işleminin sonuçları verilmiştir (Şekil 4).

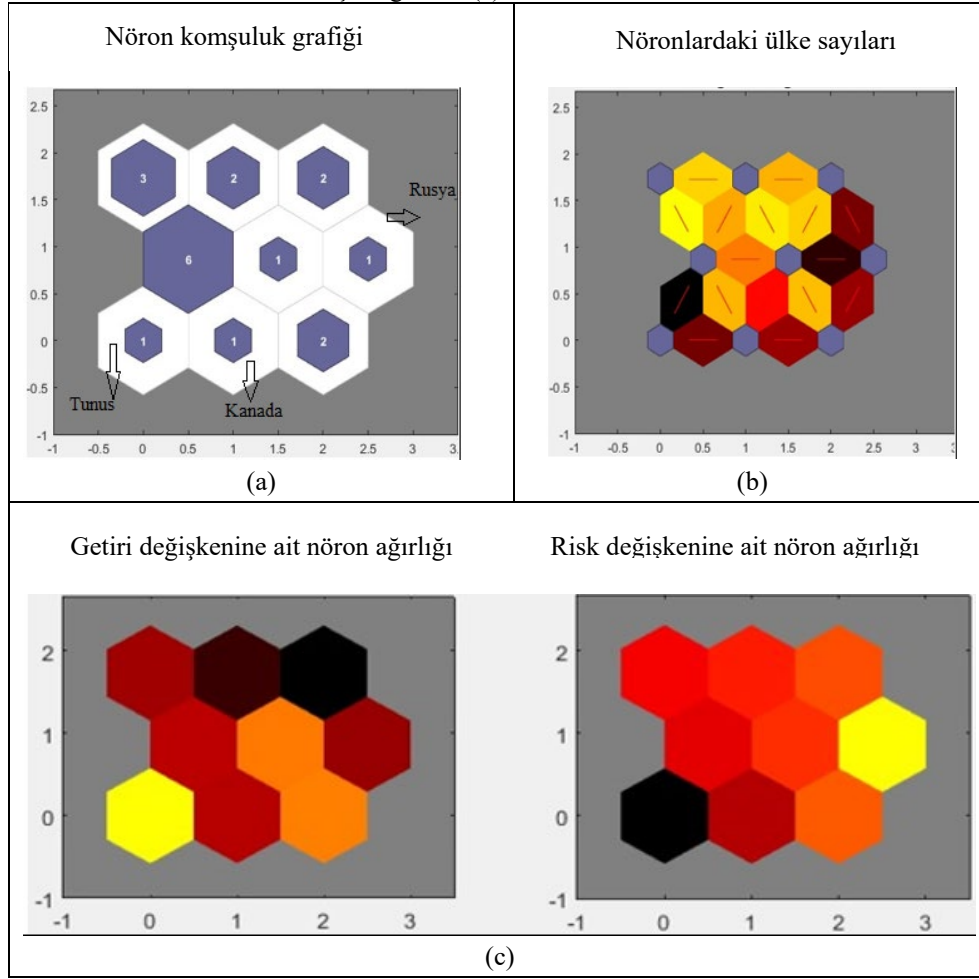
Küresel kriz öncesi dönem açısından bakıldığında, verilerin üç farklı kümeye ayrıldığı söylenebilir. 2000 ve 2006 yıllarına ait bu kümelendirme neticesinde bulunan üç kümeden birinde Avustralya (ASX) borsası ve Tunus (TUNINDEX) borsası tek başına bulunmaktadır. Bir diğer kümede ise Türkiye (BİST), Finlandiya (OMXH) ve Rusya (MOEX) birlikte yer almışlardır. Bir diğer kümede ise Güney Kore (KOSPI) ve Brezilya (BOVESPA) birlikte yer almışlardır. Diğer bütün ülkeler ise diğer kümede yer almışlardır.

Şekil 4: 2000-2006 Kriz Öncesi Dönemine Ait Özdüzenleyici Haritalar (a) Nöron Komşuluk Grafiği, (b) Hit Çizelgesi ve (c) Girdi Panelleri



Global kriz döneminin etkisini görmek için ise 2007 - 2009 yıllarına ait veriler için de ayrı bir kümelendirme işlemi yapılmıştır. Kriz dönemi açısından bakıldığında, verilerin üç farklı kümeye ayrıldığı söylenebilir (Şekil 5). 2007 - 2009 dönemine ait bu kümelendirme neticesinde bulunan üç kümeden birinde yine Tunus (TUNINDEX) tek başına bulunmaktadır. Bir diğer kümede ise Avustralya (ASX) tek başına yer almıştır. Bir diğer kümede ise Rusya(MOEX) yine tek başına yer almıştır. Diğer bütün ülkeler ise diğer kümede yer almışlardır. Yani kriz döneminde borsa getirileri açısından bakıldığında Tunus (TUNINDEX), Avustralya (ASX) ve Rusya(MOEX) diğer ülke borsalarından bağımsız hareket etmişlerdir. Bu sonuçlar kriz döneminde borsaların kısmen kümelerden bağımsız hareket ettiklerini ortaya koymaktadır.

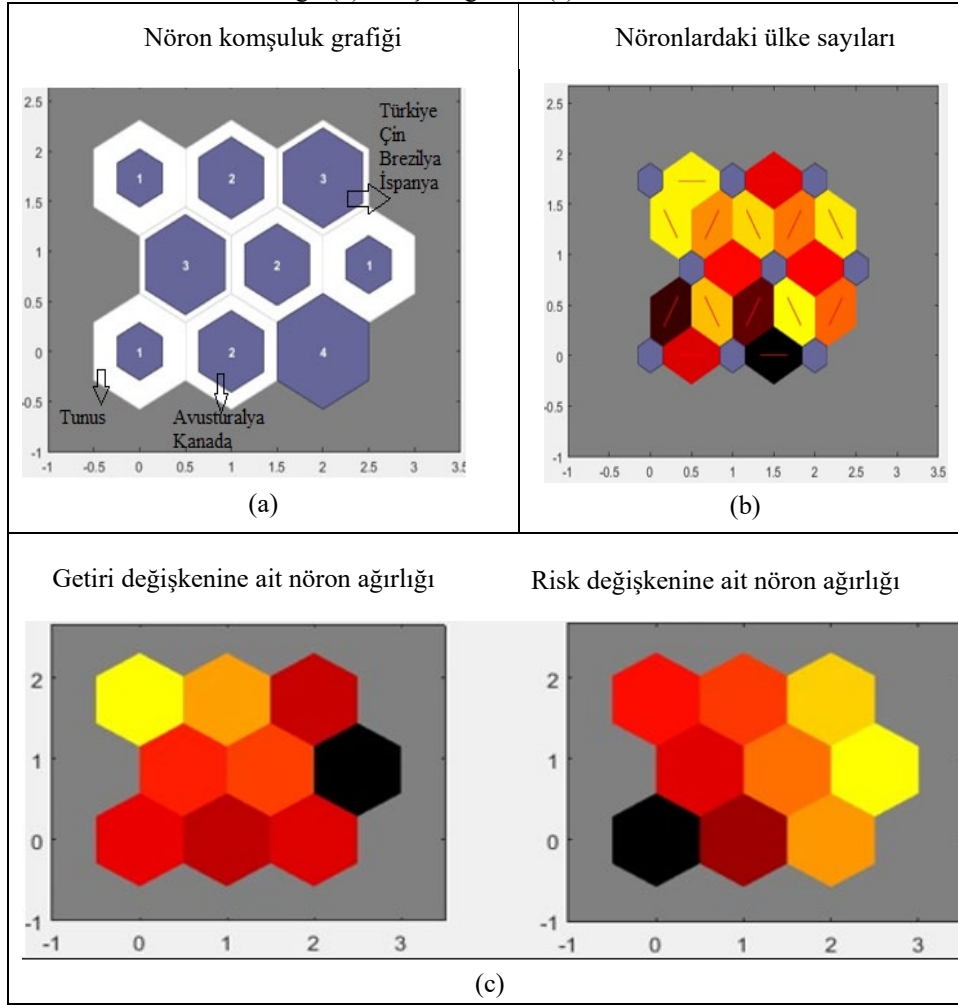
Şekil 5: 2007-2009 Kriz Dönemine Ait Özdüzenleyici Haritalar (a) Nöron Komşuluk Grafiği, (b) Hit Çizelgesi ve (c) Girdi Panelleri



Global kriz dönemi sonrasında etkisini görmek için ise 2010 ile 2017 yılları arasındaki veriler için de ayrı bir kümelendirme işlemi yapıldığında ise, verilerin yine üç farklı kümeye ayrıldığı söylenebilir (Şekil 6). Kümelerin birinde yine Tunus tek başına bulunmaktadır. Bir diğer kümede ise Avustralya (ASX) ve Kanada (S&P TSX) birlikte yer almıştır. Bir diğer kümede ise Türkiye (BİST), Çin (SHANGHAI) ve Brezilya (BOVESPA) birlikte yer alırken bunlara İspanya'nın da (IBEX) uyduğu söylenebilir. Diğer bütün ülkeler ise diğer kümede yer almışlardır.

Bu çalışmayı literatürdeki çalışmalardan kısmen de olsa ayıran özelliği borsalar arası ilişkilerin zamana göre değişip değişmediği ve borsalar arası ilişkilerin küresel kriz öncesi, küresel kriz dönemi ve küresel kriz sonrasında nasıl bir özellik gösterdiğinin belirlenmesidir. Ortaya çıkan kümeler bu dönemde borsalar arası ilişkilerin arttığını, yani borsaların birbirlerine daha fazla entegre olduğunu göstermektedir. Elde edilen bu sonuçlar literatürdeki Bastos ve Caiado (2009), Heaney vd. (2012), Song vd. (2011) ve Al Nasser ve Hajilee (2015) çalışmalarıyla benzerlikler göstermektedir.

**Şekil 6:** 2010-2017 Arası Kriz Sonrası Dönemine Ait Özdüzenleyici Haritalar (a) Nöron Komşuluk Grafiği, (b) Hit Çizelgesi ve (c) Girdi Panelleri



## 5. Sonuç

Küreselleşmenin en fazla görüldüğü alanların başında sermaye piyasaları gelmektedir. Günümüzde yatırımcılar portföy risk ve getiri dengesi çerçevesinde dünyadaki değişik borsalarda işlem yapabilmektedirler. Uluslararası düzeyde çeşitlendirme yaparak risk azaltmak isteyen yatırımcılar için borsaların birbirleriyle ilişkileri, ortalama getirileri, fiyat hareketleri gibi konular önem kazanmaktadır. Bu çalışmada verilerine ulaşılabilen dünyanın değişik borsalarına ait 2000-2017 dönemine ait günlük kapanış endeks verileri yardımıyla kümeleme analizi yapılarak borsalar arası ilişkiler araştırılmıştır.

Çalışmada elde edilen sonuçlar birkaç başlıkta özetlenebilir. Gelişmiş ülke borsalarının genellikle birlikte hareket ettikleri görülmektedir. Gelişmiş ülkelerin küresel alana daha fazla entegre oldukları düşünülürse böyle bir sonucun çıkması doğaldır. Ancak tüm örneklem dönemi için Avustralya (ASX) borsası ve 2010 – 2017 döneminde ise Kanada (TSX) borsası bu genellemenin dışındadır. Avustralya'nın coğrafi olarak diğer ülkelerden uzak olması ve birçok borsalara göre zaman farkının olması bu durumun sebebi olabilir.

2000 – 2017 döneminde Türkiye Borsası (BİST) ve Rusya Borsası (MOEX) aynı kümede görülmektedir. Ticari bakımdan yüksek işbirliğine sahip, komşu denecek kadar birbirine yakın ve gelişmekte olan iki ekonominin aynı kümede bulunması beklenen bir durumdur. Genelde gelişmekte olan ülke borsalarının gelişmiş ülke borsalarından farklı kümelerde olduğu görülmektedir. 2000 – 2017 döneminde Rusya (MOEX) ve Türkiye (BİST), 2000 – 2006 döneminde Güney Kore (KOSPI) ile Brezilya (BOVESPA) ve Türkiye (BİST), Rusya (MOEX) ile Finlandiya (OMXH), 2010 – 2017 döneminde Türkiye (BİST),

Çin (SHANGHAI) ve Brezilya (BOVESPA) aynı kümede oldukları görülmüştür. Bu durum yükselen ekonomiler gerçeğini işaret etmektedir.

Çalışmadaki tek Afrika ülkesi olan Tunus Borsasının (TUNISIA) diğer kümelerden ayrılmış olduğu görülmüştür. Coğrafi bakımdan diğerlerinden ayrı bölgede bulunan Tunus'un ticari ve finansal bakımdan küresel sisteme yeterince entegre olmadığı söylenebilir. Çıkan sonuçlar uluslararası çeşitlendirme yaparak portföy riskinin azaltmak isteyen yatırımcılar, uygun koşullarda finansman imkânı arayan işletmeler, finansal piyasalarını geliştirmek isteyen politika yapıcılar bakımından yol göstericilik niteliği taşımaktadır.

Bu çalışmada kümeleme analizinde yapay sinir ağlarının bir çeşidi olan SOM ağları kullanılmıştır. Genellikle literatürde ülkeler ve bölgeler arası veriler kullanılarak kümeleme analizi yapılmıştır. Bundan sonraki çalışmalarda şirket verileri kullanılarak çalışmalar geliştirilebilir. Şirket verileri ile farklı kümeleme algoritmaları kullanılabilir. Böylece kümeleme yöntemlerinin sonuç üzerinde nasıl etki yarattığı ortaya çıkarılabilir.

### Kaynakça

- Aggarwal, R., Lucey, B., & Muckley, C. (2010). Dynamics of Equity Market Integration in Europe: Impact of Political Economy Events. *JCMS: Journal of Common Market Studies*, 48(3), 641-660.
- Al Nasser, O. M. & Hajilee, M. (2016). Integration of Emerging Stock markets with Global Stock Markets. *Research in International Business and Finance*, 36, 1-12.
- Antoniou, A., Pescetto, G., & Violaris, A. (2003). Modelling International Price Relationships and Interdependencies Between The Stock Index and Stock Index Futures Markets of Three EU Countries: A Multivariate Analysis. *Journal of Business Finance & Accounting*, 30(5-6), 645-667.
- Armanious, A. N. (2007). Globalization Effect on Stock Exchange Integration. *In Meeting of Young Researchers Around the Mediterranean, Tarragona*, 3-4.
- Badran, F., Yacoub, M. & Thiria, S. (2005). Self-Organizing Maps and Unsupervised Classification. In G. Dreyfus (Ed.). *Neural Networks Methodology and Applications* (pp. 379-442). Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag. [http://doi.org/10.1007/3-540-28847-3\\_7](http://doi.org/10.1007/3-540-28847-3_7)
- Bai, S., Cui, W., & Zhang, L. (2019). The Granger Causality Analysis of Stocks Based on Clustering. *Cluster Computing*, 22(6), 14311-14316.
- Bastos, J. A., & Caiado, J. (2009). Clustering Global Equity Markets with Variance Ratio Tests. *CEMAPRE Working Paper 0904*.
- Bhalla, B., & Shetty, A. (2006). Interest Rate Linkages and Capital Market Integration: Evidence from the Americas. *In CRIF Seminar Series*, October 2006, 6.
- Büttner, D & Hayo, B. (2011). Determinants of European Stock Market Integration. *Economic Systems*. 35, 574-585.
- Cabanes, G., & Bennani, Y. (2010). Learning the Number of Clusters in Self Organizing Maps. *Self Organizing Maps*. Matsopoulos, G. (Ed.). InTech Open Access Publisher, India.
- Calvi, R. (2010). Assessing Financial Integration: A Comparison Between Europe and East Asia (No. 423). *Directorate General Economic and Financial Affairs (DG ECFIN)*, European Commission.
- Dorodnykh, E. (2014). Determinants of Stock Exchange Integration: Evidence in Worldwide Perspective. *Journal of Economic Studies*, 41(2), 292-316.
- Folguera, L., Zupan, J., Cicerone, D. & Magallanes, J. F. (2015). Self-Organizing Maps For Imputation of Missing Data in Incomplete Data Matrices. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 143, 146-151. <http://doi.org/10.1016/j.chemolab.2015.03.002>
- Gan, G., Ma, C. & Wu, J. (2007). *Data Clustering Theory, Algorithms, and Applications*. American Statistical Association.

- Hasan, I., Schmiedel, H. & Song, L. (2012). Growth Strategies and Value Creation: What Works Best for Stock Exchanges?. *Financial Review*, 47(3), 469-499.
- Heaney, R., Hooper, V. & Jaugietis, M. (2002). Regional Integration of Stock Markets in Latin America. *Journal of Economic Integration*, 745-760.
- Hooy, C.-W. & Goh, K.-L. (2007). The Determinants of Stock Market Integration: A Panel Data Investigation. <https://www.researchgate.net/publication/228354382> (Erişim Tarihi: 21.07.2018).
- Hu, S., Gu, Z., Wang, Y. & Zhang, X. (2019). An Analysis of the Clustering Effect of a Jump Risk Complex Network in the Chinese Stock Market. *Physica A*. (523), 622-630.
- Kohonen, T. (2001). Self-Organizing Maps. *In Springer Series in Information Sciences*, 30, 501. <http://doi.org/10.1007/978-3-642-56927-2>
- Kohonen, T. (1982). Self-Organized Formation of Topologically Correct Feature Maps. *Biological Cybernetics*, 43(1), 59-69. <http://doi.org/10.1007/BF00337288>
- Lien, D., Lee, G., Yang, L. & Zhang, Y. (2018). Volatility Spillover Among The US and Asian Stock Markets: A Comparison between The Periods of Asian Currency Crissis and Subprime Credit Crisis. *Norh American Journal of Economics and Finance*, 46, 187-201.
- Özçalıcı, M. (2016). Hisse Senetlerinin Özdüzenleyici Haritalarla Kümelendirilmesi: BİST Endeksinde Yer Alan Hisseler Üzerine Bir Uygulama. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*. 45(1), 22-33.
- Özdemir, Z. A. (2009). Linkages Between International Stock Markets: A Multivariate Long-Memory Approach. *Physica A*. 388(12), 2461-2468.
- Schmukler, S. L. & Zoido-Lobaton, P. (2001). Financial Globalization: Opportunities and Challenges for Developing Countries. *World Bank*, Washington, DC.
- Song, D. M., Tumminello, M., Zhou, W. X. & Mantegna, R. N. (2011). Evolution of Worldwide Stock Markets, Correlation Structure, and Correlation-Based Graphs. *Physical Review E*, 84(2), 026108.
- World Federation of Exchanges (WFE) (2018). The World Federation of Exchanges Publishes 2017 Full Year Market Highlights.