

DÜŞÜNCE DÜNYASINDA TÜRKİZ

Ulusal Hakemli Sosyal Bilimler Dergisi

Yıl/Year: 16 • Sayı/No: 1 • Nisan/April 2025

ISSN: 1309-601X

TARLADAN SOFRAYA: “GRAF TEORİSİ” İLE TARIM ÜRÜNLERİ FİYAT DEĞİŞKENLİKLERİNİN ANALİZİ

*From Farm to Table: Analysis of Agricultural Product Price Variations
with Graph Theory*

Sabri ÖZ

Doç. Dr., İstanbul Ticaret Üniversitesi İşletme Fakültesi,
Havacılık Yönetimi Bölümü, İstanbul.

soz@ticaret.edu.tr

ORCID: 0000-0002-6280-726X

Makalenin Türü: Araştırma Makalesi

Gönderim Tarihi: 13.03.2025

Kabul Tarihi: 30.03.2025

DOI: 10.59281/turkiz.1656844

Kaynak göstermek için:

Öz, S., (2025). Tarladan Sofraya: “Graf Teorisi” ile Tarım Ürünleri
Fiyat Değişkenliklerinin Analizi. *Düşünce Dünyasında Türkiz*, 16(1): 119-143.

İletişim / Contact

29 Ekim Caddesi 2654. Sokak No: 1 Gölbaşı-Ankara/Türkiye

Tel: +90 312 460 1779 • Faks: +90 312 460 1789

www.tasav.org • iletisim@tasav.org • turkiz.dergi@tasav.org

TARLADAN SOFRAYA: “GRAF TEORİSİ” İLE TARIM ÜRÜNLERİ FİYAT DEĞİŞKENLİKLERİNİN ANALİZİ

*From Farm to Table: Analysis of Agricultural Product Price
Variations with Graph Theory*

Sabri ÖZ

Doç. Dr., İstanbul Ticaret Üniversitesi İşletme Fakültesi,
Havacılık Yönetimi Bölümü, İstanbul.
soz@ticaret.edu.tr
ORCID: 0000-0002-6280-726X

Özet

Tarım ürünlerinin fiyatları, tarladan sofraya ulaşana kadar birçok faktörün etkisiyle değişkenlik göstermektedir. Üretim maliyetleri, lojistik süreçler, piyasa dinamikleri ve dışsal ekonomik faktörler, bu değişkenlikleri şekillendiren temel unsurlar arasında yer almaktadır. Bu çalışma, graf teorisini kullanarak tarım ürünlerinin tedarik zinciri boyunca fiyat değişimlerini modellemeyi ve analiz etmeyi amaçlamaktadır. Graf teorisi, üretici, aracı, toptancı, perakendeci ve tüketici gibi farklı aktörleri düğümler (nodes) olarak ele alırken, bu aktörler arasındaki fiyat geçişlerini ve etkileşimleri bağlantılar (edges) aracılığıyla incelemektedir. Çalışmada, fiyat geçiş ağı oluşturularak, en kritik bağlantı noktaları, fiyat dalgalanmalarının nedenleri ve piyasa üzerindeki etkileri analiz edilmektedir. Bu sayede, piyasa şeffaflığını artırmaya yönelik öneriler geliştirilerek fiyat dalgalanmalarının minimize edilmesi hedeflenmektedir. Çalışmanın metodolojisi graf teorisinde dijkstra algoritması kullanılarak bir örnek ürün üzerinden yapılan tasarımın değerlendirilmesi şeklinde gerçekleşmiştir. Çalışma tarım

ürünlerine dair fiyatların analizinde graf teorisi kullanımına dair bibliyometrik analiz ile de desteklenmektedir. Bu çalışma, gıda enflasyonu, tarım politikaları ve tedarik zinciri yönetimi açısından önemli çıktılar sunarak, karar vericilere stratejik önerilerde bulunacaktır. Graph teorisi tabanlı bu yaklaşım, tarımsal tedarik zincirlerinde fiyat dinamiklerinin anlaşılması için güçlü bir analitik çerçeve sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Gıda Fiyatları, Fiyat Dalgalanmaları, Lojistik, Dağıtım Kanalları, Graf Teorisi, Enflasyon, Tedarik Zincir Yönetimi, Dijkstra Algoritması.

Abstract

Prices of agricultural products vary under the influence of many factors from the field to the table. Production costs, logistics processes, market dynamics and external economic factors are among the main elements that shape these variations. This study aims to model and analyze price changes throughout the supply chain of agricultural products using graph theory. While graph theory considers different actors such as producers, intermediaries, wholesalers, retailers and consumers as nodes, it examines price transitions and interactions between these actors through edges. In the study, the most critical connection points, causes of price fluctuations and their effects on the market are analyzed by creating a price transition network. In this way, it is aimed to minimize price fluctuations by developing suggestions to increase market transparency. The methodology of the study was carried out in the form of evaluating the design made on a sample product using the Dijkstra algorithm in graph theory. The study is also supported by a bibliometric analysis on the use of graph theory in the analysis of prices of agricultural products. This study will provide strategic recommendations to decision makers by providing important outputs in terms of food inflation, agricultural policies and supply chain management. This graph theory-based approach provides a powerful analytical framework for understanding price dynamics in agricultural supply chains.

Keywords: Food Prices, Price Fluctuations, Logistics, Distribution Channels, Graph Theory, Inflation, Supply Chain Management, Dijkstra Algorithm.

Giriş

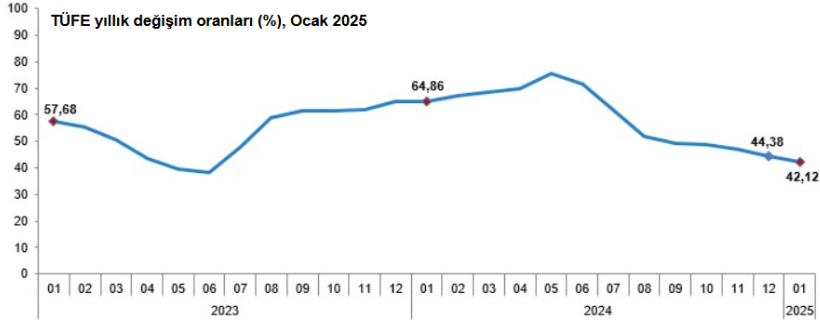
Türkiye ve dünyada, özellikle Covid-19 pandemi sonrası yeni dünya düzeninde enflasyonist bir ortam tüm ekonomilerin en önemli uğraşı alanı olmuştur. Ülkelerde, enflasyon sebepleri ve çeşitleri konusunda pek çok analizler yapılmaktadır. Literatürde bu alanda yazılmış kitaplar ve bilimsel çalışmalar oldukça yoğun bir şekilde alan yazılarına rastlanmaktadır. Bu alanda yapılan çalışmalar enflasyon meselesinin sadece fiyat artışları ve ekonomik etkilere maruz bıraktığı sonuçlar değil aynı zamanda meselenin sosyal, politik, yasal ve teknolojik etkilerinin varlığı da ortaya konulmaktadır. Pandemi sonrası yaşanan özellikle tedarik zincirindeki aksamalar ve kısmen kopukluklar fiyatlar genel seviyesinin belirli ürünler için artışını ortaya koymuş ve ülkelerde ifade edilen faktörlerde etkilenmeleri meydana getirmiştir.

Çalışmanın bu bölümünde, bilhassa fiyatlar genel seviyesinin sürekli artışında (TÜİK Meta Veri, 2024) en önemli sepet kaynaklarından olan tarım ürünlerinin tarladan yani çiftçiden, sofraya yani son tüketiciye gelene kadar fiyat artışlarının nasıl etkilendiği üzerine graf teorisi (graph theory) yaklaşımı ile bir model oluşturmaya yönelik araştırma yapılmaktadır. Graf teorisi ile sosyal bilimlerde model oluşturmaya yönelik yapılan çalışmalar bu çalışmanın da motivasyonu olmuştur (Kim, 1981; Kutnar & Marusic, 2009; Spyropoulos vd., 2021; Thornhill vd., 2018).

Yapılan çalışmada, graf teorisinin süreci nasıl modelleyebileceği üzerine araştırmalar yapılmıştır. Çalışmanın ana sorunsalı yani "*research question*" (Akman, 2021; Bayram vd., 2022) enflasyona neden olan gıda sektöründe fiyat artışlarının graf teorisi ile modellenmesi üzerine odaklanmaktadır (Sapienza, 2004). Bu vesile ile graf teorisi fiyat artışlarını ve dalgalanmalarını nasıl bir model ile analiz edebilir konusuna açıklık getirme gayretinde olacaktır. Bu çerçevede, problemin daha spesifik bir şekilde tanımlanması gerekmektedir.

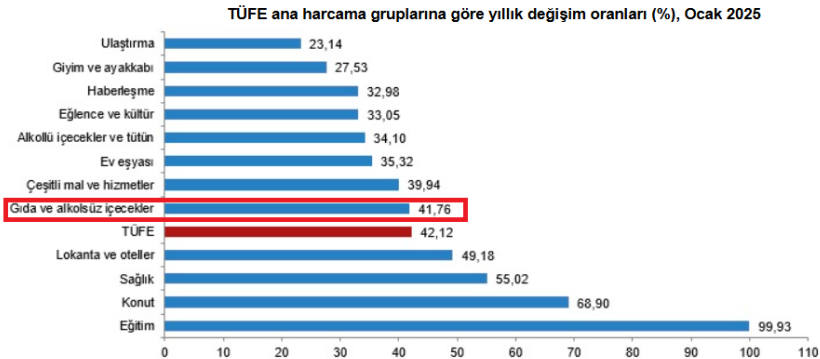
"Fiyatlar genel seviyesinin sürekli artışını sağlayan etkenler, yani enflasyon, kendisini oluşturan sepetin en önemli parçası olan temel

gıdanın, tarlada üretimden çıktığı hâlinin neden birkaç katı misli bir fiyat ile sofralara taşındığını graf teorisi ile analiz edebilir miyiz?” şeklindeki bir sorunsal bu çalışma için en uygun problem tanımı olarak ifade edilebilir. Problematığın neden gıda fiyatlarına odaklandığına gelince, üzerinde düşünülecek ana etkenin enflasyon olduğundan hareket ile, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) standartları gereği temel ihtiyaçlarda oluşan sepetin gıdaya yönelik ağırlığı ve enflasyonun gıdadan kaynaklanan artış ile önemli bir değişime sebep olduğu ifade edilebilir. Şekil 1, TÜİK verilerine dayalı tüketici fiyat endeksinin değişimini zamana bağlı olarak göstermektedir.



Şekil 1: Tüketici Fiyat Endeksi Ocak 2023 – Ocak 2025 aralığı. (TÜİK, 2025)

Şekil 1’de de görüldüğü üzere, enflasyon son iki yıl içinde %40-75 bandında dalgalanmaktadır. 2025 Ocak ayında TÜFE %42 seviyelerinde gerçekleşmiştir. Bu artışın harcama grupları içerisindeki dağılımı Şekil 2’de verilmektedir.



Şekil 2: Harcama Gruplarına Göre Enflasyona Etki, Ocak 2025. (TÜİK, 2025)

Şekil 2’de de ifade edildiği gibi, TÜFE oranlarında gıda ve içecek fiyatlarının artış oranının paralel seyrettiği anlaşılmaktadır.

Çalışmanın önemi enflasyon temel değişkenlerinden olan gıda fiyatlarındaki artış ile açıklanabilir. Ancak, sağlık konut ve eğitimin dışında, en önemli etken (lokanta da dahil edilebilir) gıda fiyatlarındaki artış olarak ifade edilebilir. Şekil 3’de tarladan sofraya gıda fiyat değişimini son altı için veren bir grafik görülmektedir.



Şekil 3: Tarladan Sofraya Tarım Ürünleri Fiyat Analizi Eylül 2024-Şubat 2025 (Akakçe, 2025).

Şekil 3’te görüldüğü üzere, sadece gıda fiyatlarında, son altı aylık dönem içinde fiyatlar 200 ila 290 TL arasında bir yükseliş grafiği çizmektedir. 2018’de yapılan bir çalışmada, tarım ürünleri, gıda fiyatları enflasyonu önemli derecede (gıda fiyatlarında %1’lik bir artış, enflasyonun %0,8 artışına neden olmaktadır) etkilediği görülmektedir (Eştürk & Albayrak, 2018). 2020 yılında yapılan çalışmada ise gıda ürünlerinin enflasyonun hesabında %25’e yakın bir değerde tesirlidir (Ulusoy & Şahingöz, 2020).

Graf teorisi ile bu artışın analiz edilmesi için, öncelikle literatür taraması ile birlikte graf teorisinin de temel kavramları ve yapısı üzerinde durmakta fayda vardır. Literatür taramasının

bibliyometrik analizi ile birlikte yapılacak olması, dünya genelinde konuya ilişkin alan yazınlarda nelerin var olduğunu anlamak adına önemli olacaktır.

1. ÇERÇEVE KAVRAMLAR VE LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde, graf teorisine dayalı temel kavramlar ifade edilecek ve akabinde bibliyometrik analizi ile graf teorisinin kullanım alanları üzerinde durulacaktır.

1.1. Graf Teoreminde Kullanılan Kavramlar

Graf teoreminin en önemli iki aracı uzayda ele alınan nokta ya da noktalar (vertex) ile bu noktaları birbirine bağlayan hatlardan (edge) ibarettir. Bir sistem anlayışı içerisinde, bir “graf” noktalar ve hatlardan oluşur. Nokta tabiri graf teoremi içerisinde köşe ya da düğüm olarak da ifade edilmektedir. Graf çeşitleri hatların noktaları nasıl bir birileri ile bağladığına, yönlü olup olmadıklarına ve ağırlıklandırılmış olup olmadıklarına göre farklı isimler almaktadır. Türkiye’de şehirleri bu şehirler arasında hava yolu hatlarının oluşturduğu bir örnekte, hava yolu işletmelerinin kalkış ve varış noktaları belirtilmiş ise, yönlü; mesafelere dayalı her hatta bir değer verilmesi durumunda (zaman, yakıt, km vs) ağırlıklandırılmış graflar elde edilebilir.

Tarladan, sofraya gelen ürünlerin izledikleri yollar (path) graf teorisi kapsamında farklı türlerde olabilmektedir. Örneğin bir domates, tarladan başladığı serüvene, toptancıya, oradan halciye, oradan marketlere ve nihayet sofraya gelen 5 düğümlü, 4 hatlı, tek yönlü bir graftır. Her bir düğümün ve hatların üzerine katma değer ve kar bilgileri eklendiğinde, ağırlıklandırılmış, yönlü bir graf olacaktır. Domatesin, domates olarak sofraya gelmesi durumunda durum bu iken, salça olarak gelmesinde izlediği yol ve oluşan graf türü farklılık arz eder. Böyle bir durumda, tarladan başlayan serüven, toptancıya, salça üreten tesislere, oradan fiziki dağıtım kanallarında depolara, depolardan da ihracat ve yurt içi tüketime dayalı olarak iki ayrı düğüm noktasına ve pazaryerlerine toptancılara, marketlere ve nihayet son tüketiciye yani doğrudan

sofraya olmasa da dolaylı olarak sofraya gelebilmektedir. Yine yönlü, ağırlıklandırılmış ancak düğüm sayısı ve hat sayısı farklılaşmış, paralel hatlar, döngüler içeren çoklu graf (multi graph) elde edilir.

Çam fıstığı reçeli örneğinde, tarladan çıkan ham (olgunlaşmamış) bir çam fıstığının serüveninde, önce toptancıya, sonra antrepolara, sonra ihracata dayalı verilen kuruma, oradan reçel tesislerine, sonrasında fiziki dağıtım kanallarına derecesine göre düğüm noktalarına ve ardından dünya pazarına veya Türkiye'ye ithalatına, toptancılara, markete ve çiftçi de dâhil olmak üzere sofralara gelebilmektedir. Böyle bir graf, yönlü, ağırlıklandırılmış, paralel hatlar ve döngüler içeren, çok hatlı ve düğümlü karmaşık (complex, 3D) graf elde edilebilir.

Graf teorisinin ne işe yaradığı hususunda da farklı uygulama örnekleri mevcuttur. Basit bir anlayış ile ve temel varsayımlar ile belirli bir algoritmanın çalıştırılması ve sonrasında meselenin daha karmaşık yapılar için de uygulamaya sokulması önemli bir yol haritası olabilir. Yani tek bir ürün, bir yol izleyerek tarladan sofraya ulaşmasında sabit bir yol (path) izlenmesi, ağaç grafiği gibi lineer bir yaklaşım anlayışı ile yola çıkılabilir. Ancak, aynı ürün birden çok kullanıma tabi olduğunda izleyeceği yollar farklılaşacaktır. Daha önce de ifade edilen çam fıstığı reçeli örneğinde olduğu gibi, çam fıstığını çerez olarak tüketmek ile reçel olarak tüketmek arasında yol farklılıkları mevcuttur. Öte yandan ürünün kendisi de pek çok tarladan yola çıkabilecek ve hatların ağırlık değerleri buna göre değişebilecektir. Daha da karmaşığı, tek ürün yerine onlarca hatta yüzlerce ürünün, yüzlerce farklı bölgelerden (düğümlerden) farklı işlemler için farklı yollarla tüketiciye erişimi söz konusudur. 2024 yılı aralık ayında TÜİK tarafından şeffaf olarak yayımlanan bildiride, 407 tüketim malzemesi, 12 ayrı grup altında yayımlanmıştır. Bu maddeler içinde, 01 kodlu ilk grup, gıda ve alkolsüz içecekler olup en büyük grubu oluşturmakta ve 407 kalem içinde 127 adetini barındırmaktadır (TÜİK, 2025).

Graf teorisi ile, yapılan bir benzetim (simulation) çalışmasının gıda fiyatlarında tarladan sofraya gelene dek izlediği yolların analizi sağlanmış olacak ve fiyat artışlarındaki kritik düğümler ortaya konulabilecektir. Tedarik zinciri boyunca fiyat artışına etki eden ana faktörlerin neler olabileceği üzerinde düşünmeye ve çıkarım yapmaya olanak sağlayacaktır. Graf teorisi bu süreci kritik düğümler ile var olan hatların durumuna göre dijkstra algoritması ile bir benzetim deneyimi gerçekleştirmektedir. Bu çerçevede “Problemi Tanımlama” meselesinin ne kadar önemli olduğu da vurgulanmaktadır.

1.2. Literatür Taraması ve Kavramsal Çerçeve

Kısa yol problemleri, optimum yollar, kar maksimizasyonu gibi farklı alanlarda graf teorisi kullanılmaktadır (Lavanya vd., 2024; Spyropoulos vd., 2021; Thornhill vd., 2018).

Tarımsal alanda tedarik zinciri ve fiyat dalgalanmalarını modelleyen çalışmalara rastlanmaktadır. Bu çalışmalarda daha ziyade fiyat artışlarını tedarik zincir yönetimi dahilinde irdelemişlerdir (Gouel, 2016; Reardon vd., 2009). Fiyatlardaki artışlardan ziyade oynaklığın belirlenmesi konusunda da önemli çalışmalara rastlanmaktadır (Yuan vd., 2015; Zhang & Huang, 2022).

Tedarik zinciri içerisinde meydana gelen fiyat dalgalanmalarını inceleyen literatür çalışmaları yazında yer almaktadır. İncelemelerde analiz ve çözümler için graf teorisinin kullanıldıkları görülüyor (Ahuja vd., 1993; Bollobás, 2013). Bu çalışmada Dijkstra metodu ile indirgenmiş bir çalışma olması ayrı bir özellik katmaktadır. Tarım alanında, tedarik zincirinde, graf teorisi ile, fiyat dışı alanlarda da çalışmaların varlığı görülmektedir; fiyatların yanı sıra lojistik ve dağıtım kanalları ve kar üzerine odaklanmış çalışmalara rastlanmaktadır (Nagurney, 2006; Wang & Xu, 2019).

Enflasyon ve gıda fiyatları üzerine yapılan çalışmalar çok yoğunudur. Tedarik zincirindeki bozulmalar ve aksamaların gıda fiyatları üzerine etkilerinin varlığı ifade edilmiştir (Alvarez & Fuentes, 2020). Daha küresel yaklaşımlarla da fiyat dalgalanmaların olabileceği ve küresel etkilerin varlığı da ortaya konulmuştur (FAO, 2021). Tedarik zincirinde, zincir bazlı makro düzeyde fiyat aktarımla-

rının da etkisi olduğu belirtilmektedir (Hernandez vd., 2020; ILO, 2022).

1.3. Bibliyometrik Analiz

Dünya genelinde, sosyal bilimler alanında var olan bilimsel dergileri çatısı altında toplayan iki önemli portal mevcuttur: "Scopus" ve "Web of Science". Öz ve Kalkan tarafından yapılan bir çalışmada hem Scopus hem de Web of Science temelli verilerin bibliyometrik analizinde, paralel sonuçların ortaya çıktığı ve sosyal bilimler alanında bir portalın kullanımının uygun olacağı görüşü ifade edilmiştir (Öz & Kalkan, 2023). Bu nedenle bu çalışmada, Web of Science portalı kullanılmıştır.

Bibliyometrik analiz yapmak için, öncelikle anahtar kelimenin belirlenmesi gerekir. Hangi anahtar kelimenin, aranmakta olan çalışmaların hangi kısmında yer alması arzu ediliyor ise ona göre bir gelişmiş arama (advanced search) menüsü kullanılmaktadır. Bu çalışmada, "graph theory" ve "applications" kelimelerini aranacak çalışmaların başlık kısmında yer almasını istediğimizden I nolu SQL sorgusu kullanılmıştır.

TI = ("Graph Theory") AND TI = ("Applications") I

Bu sorguya dayalı, 355 adet çıktının olduğu görülmüştür. Bilim dünyasının yaptığı çalışmalara dayalı olarak hem web of science hem de vosviewer adlı paket program üzerinden analizler yapmak mümkündür. Şekil 4'te elde edilen 355 adet bulgunun hangi kategorilerde olduğu görülmektedir.



Şekil 4: Web of Science Kategorilerine Göre 355 Çalışmanın Sınıflandırılması (WoS, 2025).

Şekil 4'te de görüldüğü üzere, Graf Teorisinin uygulamalarının daha ziyade sayısal ve fen bilimleri alanında uygulama alanları bulunduğu görülmektedir. Bu durum, bu çalışmanın ne denli özgün olduğuna önemli bir vurgudur. Detaylı inceleme yapıldığında, Graf Teorisinin uygulamalı çalışmaların Sosyal Bilimler (%2.0) ve Çevre Bilimi (%1,7) üzerine toplamda %5'in altında bulunmaktadır.

Öte yandan çalışmaların içerdiği bölge ve ülke analizi yapıldığında ise, Türkiye odaklı yapılan çalışmaların toplam içerisinde %1.5 gibi bir değerde kaldığı görülmektedir. Tablo 1'de ülke gruplarına göre yapılan çalışmaların yüzdeleri görülmektedir.

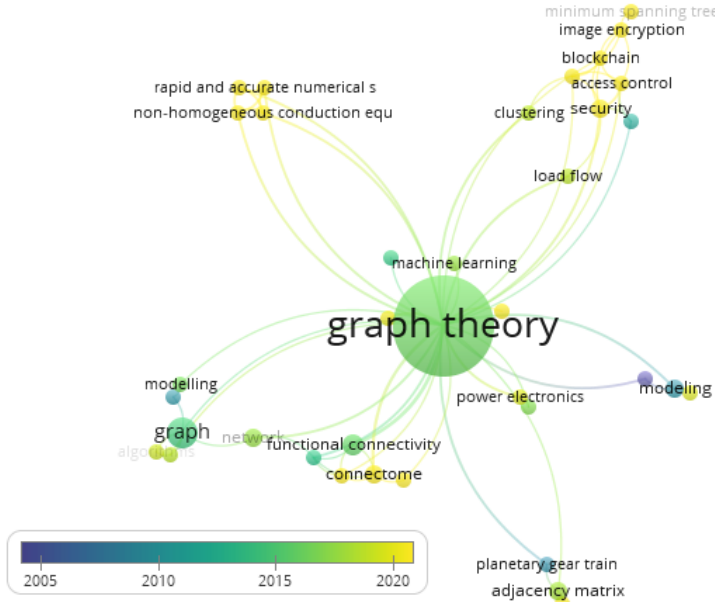
Tablo 1: WoS Bünyesinde Yapılan Çalışmaların Ülke ve Bölge Bazlı Listelenmesi

Ülke/Bölge	Bulunan Doküman Sayısı	Yüzde Oranı
1-ABD	101	28,5
2-Çin	56	15,7
3-Kanada	22	6,2
4-Polonya	15	4,2
.....		
22-Türkiye	5	1,8

Kaynak: (WoS, 2025) kaynağından faydalanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 1'den de anlaşılacağı üzere, en çok çalışmalar Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve Çin tarafından yapılmıştır.

Yazarların, graf teorisi ve uygulamalar kelimelerini çalışma başlıklarında işleyen bilimsel çalışmaları, kullandıkları anahtar kelimeleri analiz edildiğinde Şekil 5'te görülen network grafiği elde edilmektedir.



Şekil 5: Vosviewer Program Çıktısı (Yazar anahtar kelimeleri üzerinden yapılan analiz) (Vosviewer, 2025)

Şekil 5'te de görüldüğü gibi, fiyat değişkenliği ve lojistiği içerir network kelimelerine dayalı modellemeler bir küme olarak (cluster) ifade edilmektedir. Şekil 5, sol alt köşesinde modelleme, graf, network, algoritma, taşımacılık ve lojistiğe dayalı anahtar kelimelerin belirlediği bir grup ilişkisi görülmektedir. Vosviewer programında 48 adet anahtar kelimelerini içeren bu analiz, 13 küme olarak ayrıştırılan anahtar kelimelerinde üçüncü küme üyeleri sol alt köşedeki düğümlerden ibarettir.

Yapılan bibliyometrik analizin anlamı, verilen mesaj, graf teorisinin fiyat dalgalanması ve ekonomik alanlarda lojistik uygulamaları üzerine modellemede kullanıldığı ancak bir bütünün oldukça küçük bir parçası olarak yer aldığı anlaşılmaktadır. Bu nedenle yapılan bu çalışma özgün bir değere sahiptir.

2. Tarladan Sofraya Graf Teorisi Uygulaması

Graf teorisinin uygulama alanlarından olan network analizi ve düğümler, hatlar boyunca işlenen yol sıralamaları ve programlar vesilesi ile yorum yapma olanağımızın arttığı görülmektedir. Bu çalışmada, tarlada üretilen bir gıda ürününün tüketicilerin sofrasına gelene dek hangi düğümlerden (alıcı katma değer verici ve satıcılardan oluşan düğümler) geçtiği ve ne kadar artı değer oluştuğu üzerine graf elde edilecek ve benzetim (simulation) modeli ile dijkstra algoritması ile çözüm aranacaktır.

2.1. Graf Teorisini neden kullanıyoruz?

Teorik ve pratik hayata dair uygulamanın en basit hâli ile ve en temel bir örnek üzerinden modellemenin yapılmasına olanak sağlayan graf teorisi, ağırlıklandırmalar ışığında tarladan sofraya en kısa ulaşım olanağını ve gerektiği haller için zorunlu uğrak noktaları (düğümler) göz önüne alarak çözümler sunabilmektedir. Zorunlu uğrak noktaları ile kastedilen, bir tarla mahsulünün taze hâli ile değil de işlenmiş hâli sofraya gelmesi gerekiyorsa bu işlemeyi yapacak olan tesisler bir örnek olarak verilebilir. Örneğin, ürün zeytin ise, zeytinin ağaçtan toplandığı hâli ile sofraya getirilmesi söz konusu değildir. (Savaştepe’de belirgin bir bölgede yetişen ve rüzgârın, zeytinin acı suyunu ağaçta iken ayırıştırarak ürün değilse).

Ürünlerin bir akış yönü olması gerektiği için, graf, yönlü bir graf olmalıdır. Her iki düğüm arasında, lojistik ve katma değer üretimi olacağından hatların bir değere sahip olması gerekmektedir. Bu nedenle de ağırlıklandırılmış (weighted) bir graf türü üzerinde çalışılmıştır.

2.2. Benzetimli Graf İçin Hazırlık

Matematiksel modelleme ve yöntemi belirlemek için, tedarik zincirinde başlangıç noktasını, çalışmanın da temel konusu olan tarlanın (çiftçinin) seçilmesi doğru olacaktır. Tarlaya gelene dek, ürünün hasılat hâline gelmesine kadar mal oluş maliyeti üzerine ilk

hat değeri toptancıya çizilen hat üzerinde ağırlık olarak ifade edilecektir. Sonrasında olası düğüm kenar ve ağırlıklar için şu temel öğeler belirlenebilir:

Düğümmler (Nodes): Çiftçi, tüccar, lojistik firması, hal, market, tüketici

Kenarlar (Edges): Fiyat değişimlerini gösteren yollar

Ağırlıklar (Weights): Fiyat artış oranları, maliyetler, katma değer artışları

2.3. Alternatif Modeller ve Algoritmalar

Amaç fonksiyonuna bağlı olarak kritik düğüm tespitleri, en kısa yol çalışması, tedarik zincir optimizasyonu için çalışmalar yapılabilir. Graf Teorisi ile fiyat değişimlerinin analizi nasıl yapılabilir diye düşünüldüğünde, aşağıdaki metotlar ile algoritmalar yazılabilir.

Kısa yol (shortest path) algoritmaları → En az maliyetli tedarik zinciri yolları

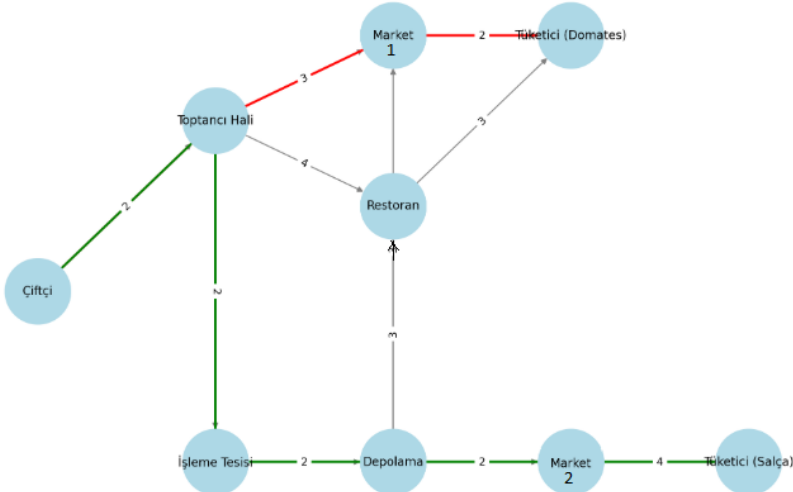
Ağ merkeziliği (centrality) → En çok fiyat artışı olan kritik aşamalar

Minimum kesit (minimum cut) → Pahalı tedarik zinciri noktalarını belirleme

Bu çalışmada, benzetim usulü ile, tarladan domates ürünün iki farklı tüketici grubuna (salça tüketicisi ve taze domates tüketicisi) erişimi göz önüne alınmıştır. Oluşturulan yönlü ve ağırlıklandırılmış graf için dijkstra yöntemi ile simülatif çözüm ortaya konulacak ve daha kompleks yapı için phyton kodu oluşturulacaktır. Karmaşık yapı için sadece ürün sayısında artış değil aynı zamanda her bir ürün için fiyat oynaklıklarının (price volatility) sebebi olarak mevsimsellik, lojistik maliyetlerinde farklılaşma, döviz kuru etkisi, arz zinciri kesintisi ayrı ayrı modeli genişletmek için kullanılabilir.

2.4. Graf Teorisi ile Modelleme

Bir ürünün tarladan çıktığı hâli ile, hasatın toplanmasının ardından, basit bir güzergâh ile sofraya taşınmaya kadar geçen süreci, düğümler ve hatlar üzerinden değerlendirildiğinde Şekil 6'da ve Şekil 7'de görüldüğü gibi yön ve ağırlıklardan arındırıldığında basit, ancak gerçeğe uygun yön ve ağırlıklar verildiğinde yönlü ağırlıklandırılmış bir graf elde edilebilir. Şekil 6, yapay zekâ Gemini ile elde edilen ve çözümü dijkstra (Bardi & Lopez, 2016; Bogdan, 2015; Li & Niu, 2014; Sun vd., 2017) ile gerçekleştirilmiş, tarladan çıkan domates için salçalık ve taze tüketimi için birleştirilmiş bir graf yapısı görülmektedir.



Şekil 6: Tarladan Sofraya Domates Graf Yapısı ve Dijkstra Algoritması ile Yapılanma (Yapay Zekâ Gemini Tarafından Oluşturuldu) (Gemini, 2025)

Şekil 6'da verilen değerler birim olarak +maliyetleri hat ağırlıkları olarak varsayılmıştır. Bu grafa, düğüm sayısı 9 (grafın mertebesi – order of the graph), bölge sayısı 4, hat sayısı ise 11 (grafın boyutu – size of the graph) olarak görülüyor. (Bölge sayısı – Hat Sayısı + Düğüm Sayısı = 2). En yüksek dereceye sahip olan düğüm, Restoran ve 4 adet hatta bağlı olarak görülüyor (Grafın seviyesi – degree of the graph: 4'tür).

Salça ve Taze Domates için ayrı ayrı çözüm ortaya konulmuş olan bu modelde, Dijkstra Algoritması ile Alternatif Düşük Maliyetli Çözüm Rotaları aşağıdaki gibi oluşmaktadır:

◆ **Taze Domates İçin En Düşük Maliyetli Yol**

Rotası: Çiftçi → Toptancı Hali → Market → Tüketici (Domates)

Toplam Maliyet: 7 birim

Öneri: Toptancı halindeki maliyetleri düşürmek için doğrudan satış ve kooperatif modeli teşvik edilmeli.

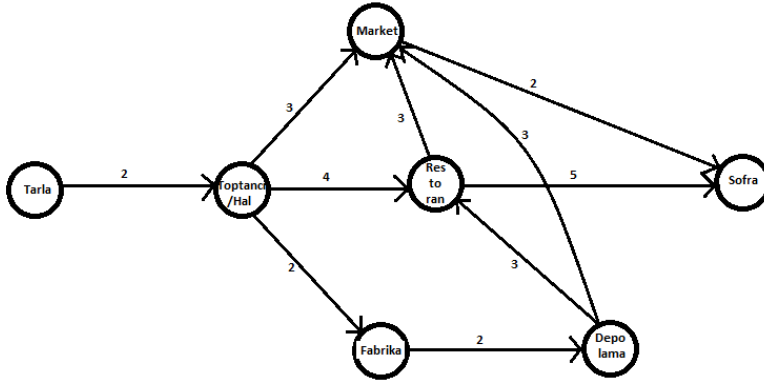
◆ **Salça İçin En Düşük Maliyetli Yol**

Rotası: Çiftçi → Toptancı Hali → İşleme Tesisi → Depolama → Fabrika → Tüketici (Salça)

Toplam Maliyet: 12 birim

Öneri: İşleme ve depolama maliyetlerini düşürmek için enerji verimli üretim sistemleri geliştirilmeli.

Şekil 7'de yazar tarafından oluşturulan graf için çözüm yine dijkstra algoritması ile gerçekleştirilmektedir.



Şekil 7: Tarladan Sofraya Domates Graf Yapısı ve Dijkstra Algoritması ile Yapılanma (Yazar Tarafından Oluşturuldu)

Şekil 7'de de görüldüğü gibi, yapay zekâ programından farklı olarak market ve tüketici tipleri birleştirilmiştir. Oluşturulan yeni ağırlıklandırılmış yönlü grafın bileşenleri şu şekilde özetlenebilir:

Toplam düğüm sayısı 7, toplam hat sayısı: 10 ve bölge sayısı 5 olarak bulunur.

Tarla (T) başlangıç düğümü ve Sofra (S) bitiş düğümü olmak üzere, Toptancı/Hal için (H), Market için (M), Restoran için (R), Fabrika için (F), Depolama için (D) kısaltımları kullanılmaktadır. Dijkstra algoritmasına uygun olarak uygulandığında Tablo 2'deki adımlar oluşturulur (Lavanya vd., 2024).

Tablo 2: Şekil 7 Grafına Dair Dijkstra Algoritmasının Adımları ve Çözüm

Tarla	H	M	R	F	D	Sofra
	2	∞	∞	∞	∞	∞
		2+3=5	2+4=6	2+2=4	∞	∞
				4	2+2+2=6	∞
						∞
		5	6	∞	∞	∞
		5	∞	∞	∞	2+3+2=7

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 2'de fabrikaya uğrama zorunluluğu yok iken, elde edilen rota;

Tarla → Toptancı/Hal → Market → Sofra

olacak şekilde 7 birim olarak bulunmaktadır.

Fabrikaya uğrama zorunluluğu var iken, aynı algoritma ile;

Tarla → Toptancı/Hal → Fabrika → Depo → Market → Sofra

şeklinde toplam 11 birimden oluşan bir yol en kısa yol olarak tespit edilir.

Her iki rotada da kritik olmayan düğüm, Restoran olarak görülmektedir. Her iki tercih için de restoran, ağırlıksız ve yönsüz bir graf için, Euler Yolu aranmadığı takdirde, Restoran graftan elenebilecek bir düğüm olarak görülmektedir. Esasen bu durum, Restoranda gerek domates, gerekse de salça tüketiminin daha da

yoğun bir fiyata maruz kaldığı anlamını da taşır. Bu simülasyon için geçerli ve önemli bir bulgu olarak ifade edilebilir.

Öte yandan, hem taze domates, hem de salça olarak dijkstra çözümüne dair yolların üzerinde oluşan ağırlık miktarları yüzde değerleri ile analiz edildiğinde, tarladan 2 birime çıkan domates, Toptancıdan geçerek Markete 5 birim fiyatına gelmekte, oradan da sofraya 7 brim fiyatına taşınmaktadır. Yüzdelik artış miktarına bakıldığında Toptancı/Hal fiyat artışının en yukarıda seviyede olduğu görülmektedir. O halde, burada çıkartılabilecek bir mesaj olarak denetimin toptancı/hal üzerinden başlanması gerektiğidir. Benzetime uygun olarak salça fiyatları üzerindeki baskının yine Toptancı/Hal düğümünde olduğu görülüyor. Bu yolda, Toptancıya 2 birime gelen ürünün, 4 birim ile fabrikaya ulaştığı, ardından 6 birim fiyata depoya ve oradan da 9 birim fiyata markete, hasılı 11 birim fiyata da sofraya geldiği görülüyor. Yüzde artış konusunda yine en yüksek artışın toptancıdan başladığı, yüzde olarak sonraki artışların daha makul seviyede olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumda, denetleme ister taze domates ister salça oluşumu olarak tarladan sofraya gelecekse de yapılması gereken denetim mekanizmasının toptancı/hal aşamasından itibaren başlaması gerektiğidir.

2.5. Phyton ile Kodlama

Şekil 8’de ele alınan simülasyon için Şekil 6’ya dair önerilebilecek bir kodlama görülmektedir:

```
import networkx as nx
import matplotlib.pyplot as plt
def create_graph():
    G = nx.DiGraph()
    # Düğümler (Tedarik Zinciri Aşamaları)
    nodes = [
        "Çiftçi", "Toptancı Hali", "İşleme Tesisi", "Depolama",
        "Market", "Restoran", "Fabrika", "Tüketici (Domates)", "Tüketici (Salça)"
    ]
    G.add_nodes_from(nodes)
    # Kenarlar ve Ağırlıklar (Maliyetler)
```

```

edges = [
    ("Çiftçi", "Toptancı Hali", 2),
    ("Toptancı Hali", "Market", 3),
    ("Toptancı Hali", "Restoran", 4),
    ("Toptancı Hali", "İşleme Tesisi", 2),
    ("İşleme Tesisi", "Depolama", 2),
    ("Depolama", "Market", 3),
    ("Depolama", "Restoran", 3),
    ("Depolama", "Fabrika", 2),
    ("Fabrika", "Tüketici (Salça)", 4),
    ("Market", "Tüketici (Domates)", 2),
    ("Restoran", "Tüketici (Domates)", 3)
]

G.add_weighted_edges_from(edges)

return G

def draw_graph(G):
    plt.figure(figsize=(10, 6))
    pos = nx.spring_layout(G, seed=42)
    nx.draw(G, pos, with_labels=True, node_color="lightblue", edge_color="gray",
    node_size=3000, font_size=10)
    edge_labels = {(u, v): d for u, v, d in G.edges(data='weight')}
    nx.draw_networkx_edge_labels(G, pos, edge_labels=edge_labels, font_size=9)
    plt.title("Domatesin Tedarik Zinciri Grafiği")
    plt.show()

def find_shortest_path(G, source, target):
    path = nx.shortest_path(G, source=source, target=target, weight='weight')
    cost = nx.shortest_path_length(G, source=source, target=target, weight='weight')
    return path, cost

def analyze_graph(G):
    centrality = nx.betweenness_centrality(G, weight="weight")
    sorted_centrality = sorted(centrality.items(), key=lambda x: x[1], reverse=True)
    return sorted_centrality

# Graf oluşturma ve çizim
graph = create_graph()
draw_graph(graph)

# En kısa yolları bulma
domates_path, domates_cost = find_shortest_path(graph, "Çiftçi", "Tüketici (Domates)")
salca_path, salca_cost = find_shortest_path(graph, "Çiftçi", "Tüketici (Salça)")

# Merkeziyet analizi

```

```
critical_nodes = analyze_graph(graph)
# Sonuçları yazdırma
print(f"En kısa domates yolu: {domates_path}, Toplam maliyet: {domates_cost}")
print(f"En kısa salça yolu: {salca_path}, Toplam maliyet: {salca_cost}")
print("Merkeziyet Analizi (Fiyatlara En Çok Etki Eden Noktalar):")
for node, centrality in critical_nodes:
    print(f"{node}: {centrality:.3f}")
```

Şekil 8: Phyton ile Kodlama Örneği ((Gemini, 2025) tarafından alınan kodlar yazar tarafından uyarlanmıştır)

Sonuç

Model oluşumunda üç katman analizi yapılabilir. Bu model, tedarik zincirindeki kritik maliyet unsurlarını belirleyerek fiyat artışlarının enflasyona etkisini analiz ederek düzenleyici otoritelere çözüm önerileri sunacaktır. Modelin katmanları; tedarik zinciri katmanı, fiyat analizi katmanı ve stratejik politika geliştirme katmanı olarak ifade edilebilir.

Tedarik Zinciri Katmanında, tarladan tüketiciye kadar olan tüm aşamalar, fiyat oluşumundaki maliyet artırıcı faktörler ile incelenir. Graf teorisi ile temsil edilen düğümler ve kenarlar buna uygun olarak ifade edilir.

Fiyat Analizi Katmanında, her aşamada fiyat artışına neden olan faktörler tespit edilir ve ağırlıklı yönlü graf kullanarak hangi aktörlerin en fazla fiyat artışına neden olduğu bulunur.

Politika ve Strateji Katmanında ise, verilere dayanarak kanun koyuculara yönelik çözüm önerileri geliştirilir. Hangi aşamada müdahale edilmesi gerektiği, fiyatların nasıl düşürülebileceği raporlanır.

Modelleme Sürecinde graf teorisine uygun olarak düğüm ve hatlar ağırlıkları ile birlikte tanımlanır. Modeli Graph Teorisi + Dijkstra Algoritması + Merkeziyet Analizi ile kurmak mümkün olabilir. Çalışma bu temelde gerçekleşmiştir. Model sürecini üç adımda tamamlamak mümkün olmuştur:

Adım 1: Tedarik Zincirinde Kritik Noktaları Belirleme

Fiyat değişimini en çok etkileyen düğümleri bulmak için Betweenness Centrality (Ara Düğümler Analizi) kullanılabilir. “Hangi düğümler en kritik rolü oynuyor” ve “en fazla fiyat artışı hangi noktada oluyor?” ise bu düğümlerin işaretlenmesi önemlidir.

Adım 2: Gıdadaki fiyat dalgalanmaları ile birlikte enflasyon artışını tetikleyen faktörleri belirleme ve varsayım genişletme işlemi için aşağıdaki başlıklar dikkate alınmalıdır:

Arz Sorunları - Girdi maliyetleri, su kıtlığı, hava koşulları vb.

Lojistik ve Dağıtım Maliyetleri - Yakıt, nakliye, stok maliyetleri

İşleme ve Depolama Maliyetleri - Soğuk zincir, depolama maliyetleri

Aracı ve Komisyon Problemleri - Toptancı ve perakendecinin fiyat üzerindeki etkisi

Talep Dalgalanmaları - Mevsimsel etkiler, spekülasyon

Adım 3: En Düşük Maliyetli Alternatifleri Önerme

Dijkstra Algoritması ile en düşük maliyetli tedarik zinciri senaryosu çıkarılabilir ve alternatif rotalar ve stratejiler üretilir. Bu çalışmada graf teorisi ile dijkstra temelli bir uygulama ortaya konulmuştur.

Bulgular ve Çözüm Önerileri

Tespit edilen enflasyon faktörlerine karşı uygulanabilecek öneriler şu şekilde sıralanabilir:

Arz Artışı için Çiftçiye Destek

- Girdi maliyetlerini düşürmek için sübvansiyonlar ve teşvikler artırılmalı.
- Tarımsal üretimde sulama altyapısı ve dijital tarım teknolojileri geliştirilmeli.
- Tarlada, çiftçinin verimliliğini artıracak stratejiler üzerine çalışmalar yapılmalıdır.

Nakliye ve Lojistik Maliyetlerinin Azaltılması

- Kooperatif bazlı lojistik sistemleri kurulmalı, çiftçiler doğrudan marketlere ürün gönderebilmeli.
- Demiryolu, tarla-depo ara-raylı sistemler için altyapı oluşturulmalı ve denizyolu lojistiği teşvik edilmeli.

Soğuk Zincir ve Depolama Yatırımları

- Soğuk hava depolarının artırılması ile ürün kayıpları en aza indirilmeli.
- Enerji verimli depolama sistemleri teşvik edilmeli.

Aracı ve Komisyon Sistemlerinin Düzenlenmesi

- Haksız fiyat artışlarına karşı denetimler sıkılaştırılmalı. Bu benzetim örneğinde, denetimler Toptancı/Hal düğümünden başlanmalı, arz/talep olgusu içerisinde Restoranlar uğranabilecek düğüm olabilmesi için yapısal çözümler geliştirilmelidir.
- Yerel üretici pazarları ve doğrudan satış kanalları artırılmalı.

Spekülasyon ve Fiyat Manipülasyonunu Engelleme

- Halde ve toptancılarda anlık fiyat değişimlerini kontrol eden yapay zekâ sistemleri kurulmalı ve kontrollü olarak uygulama yapılmalıdır.
- Üretim-tüketim dengesine göre dinamik fiyat belirleme politikaları geliştirilmeli.

Graf teorisi ve dijstra algoritması ile yapılan benzetim çalışması domatesin tarladan sofraya serüveninde taze domates ve salça olarak tüketimi konu edilmiştir. Kritik düğüm noktalarının fiyat artışının yoğun yaşandığı, ele alınan benzetim dâhilinde, Toptancı/Hal düğümü olduğu görülmüştür. Ancak bu bir benzetim ve ağırlıklı grafin yüzdeli fiyat artışları göz önüne alındığı zaman

elde edilen kritik düğümlerdir. Bu düğümden itibaren fiyat artışlarının denetlenmesi gerektiği en önemli çıkarım olabilir. Toptancı/Hal düğümü sonrası teknolojik etkenler, ara transfer lojistik taşıma modlarının farklılaşması gibi ek tavsiyeler hem reel sektöre hem de kanun koyuculara tavsiye olarak sunulabilir. Gerek salça gerekse de taze domates tüketimi için Restoran düğümünün fiyat artışı münasebeti ile talebin varlığı göz önünde bulundurularak en yoğun denetimi geçirmesi gereken düğüm olarak ifade edilebilir. Zira, dijktstra algoritmasında hem salça hem de taze domates için restoran “pass geçilen” graftan çıkabilecek düğüm olarak görülmektedir.

Meseleye akademik taraftan ne önerilebilir diye bakıldığında, buradaki benzetim yapısında yapay zekâ ya da farklı algoritmalarla enflasyon sepetindeki 127 kalem için çalışma genişletilebilir. Böyle bir durumda, 127 kalem için ayrı ayrı kritik noktalar değerlendirilebilir. Fiyat dalgalanmaları ürün bazlı analiz edilmelidir.

Fiyat dalgalanmalarında elbette enerji, hammadde fiyatları, insan kaynağı ücret ve niteliği, yönetim organizasyon maliyetleri, ülkenin genel ekonomik ve finansal şartları gibi önemli faktörler de etkinliğini korumaktadır. Ancak bu çalışmanın tali konusudur. Çalışmada ele alınan hususlar kritik düğümlerin ve enflasyon konusunda iyileştirmeye gidilebilecek düğümlerin hangileri olduğu yönünde fikir vermiştir.

Kaynakça

- Ahuja, R. K., Magnanti, T. L., & Orlin, J. B. (1993). Network flows: Theory, algorithms, and applications. Prentice Hall.
- Akakçe, E. R. W. S. (2025). Akakçe, Ekonomik Analizler Raporu.
- Akman, K. (2021). Kitap İncelemesi Hukuk Devletinin Sonu Olağanüstü Halden Diktatörlüğe Terörle Mücadele. Hacettepe Hukuk Fakültesi Dergisi, 11(2): 1553-1557.
<https://doi.org/10.32957/hacettepehdf.871113>
- Alvarez, R., & Fuentes, J. R. (2020). The impact of supply chain disruptions on food prices: An empirical study. Journal of Economic Policy, 35(2): 120-138.
- Bardi, M., & Lopez, J. P. M. (2016). A Dijkstra-Type Algorithm for Dynamic Games. Dynamic Games And Applications, 6(3): 263-276.
<https://doi.org/10.1007/s13235-015-0156-0>
- Bayram, S., Öz, S., & Ekmekci, İ. (2022). A Review On Advanced Industrialization And Cyber Security Concepts.
- Bogdan, P. (2015). Dijkstra Algorithm in Parallel- Case Study. İçinde I. Petras, I. Podlubny, J. Kacur, & J. Vasarhelyi (Ed.), 2015 16th International Carpathian Control Conference (ICCC) (ss. 50-53). IEEE.
<https://www.webofscience.com/wos/woscc/summary/f9b7cbbe-d5ee-4189-ae0f-7c494246aeda-014f505211/relevance/1>
- Bollobás, B. (2013). Modern graph theory. Springer Science & Business Media. Springer Science & Business Media.
- Eştürk, Ö., & Albayrak, N. (2018). Tarım Ürünleri-Gıda Fiyat Artışları Ve Enflasyon Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi. <https://doi.org/10.18092/ulikidince.353991>
- FAO. (2021). The state of food security and nutrition in the world. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
<https://www.fao.org/publications>
- Gemini. (2025). [Software]. <https://gemini.google.com/app?hl=tr>
- Gouel, C. (2016). Agricultural price instability: A survey of competing explanations and remedies. Journal of Economic Surveys, 30(1): 142-164.
- Hernandez, M. A., Rashid, S., & Lemma, S. (2020). Price transmission in agricultural supply chains: A review of evidence. Agricultural Economics, 51(4): 523-538.
- ILO. (2022). Supply chain disruptions and food inflation: A global perspective. International Labour Organization Reports.
<https://www.ilo.org/publications>

- Kim, K. (1981). Graph-Theory and Its Applications to Problems of Society—Roberts,fs. *Mathematical Social Sciences*, 1(2): 219-221.
[https://doi.org/10.1016/0165-4896\(81\)90012-3](https://doi.org/10.1016/0165-4896(81)90012-3)
- Kutnar, K., & Marusic, D. (2009). On Certain Graph Theory Applications. İçinde A. K. Naimzada, S. Stefani, & A. Torriero (Ed.), *Networks, Topology And Dynamics:Theory And Applications To Economics And Social Systems* (C. 613, ss. 283-291). NET Conference 2007, Berlin. Springer-Verlag Berlin.
<https://www.webofscience.com/wos/woscc/summary/37116cab-03aa-4be7-8169-a463fe74489a-014a1dd0a9/date-descending/1>
- Lavanya, K., Sravanti, K. S., & Vijayasekhar, J. (2024). Facilitating Easy Navigation within a College Campus using Dijkstra's Algorithm: An Application of Graph Theory. İçinde M. Varkolu, M. P. Mallesh, & K. P. Oruganti (Ed.), *Impending Inquisitions In Humanities And Sciences, ICIHS-2022* (ss. 235-241). CRC Press-Taylor & Francis Group.
<https://doi.org/10.1201/9781003489436-38>
- Li, D., & Niu, K. (2014). Dijkstra's algorithm in AGV. *Proceedings Of The 2014 9th Ieee Conference On Industrial Electronics And Applications (ICIEA)*: 1867-1871.
<https://www.webofscience.com/wos/woscc/summary/f9b7cbbe-d5ee-4189-ae0f-7c494246aeda-014f505211/relevance/1>
- Nagurney, A. (2006). *Supply chain network economics: Dynamics of prices, flows, and profits*. Edward Elgar Publishing Ltd.
- Öz, S., & Kalkan, M. (2023). GIG Ekonomisi ve Emek Piyasaları Bibliyometrik Analizi (GIG Economy and Labour Markets: A Bibliyometric Analysis). İçinde *Türk Emek Piyasasında Güncel Tartışmalar* (Murat Kalkan) (s. 343).
- Reardon, T., Barrett, C. B., Berdegúe, J. A., & Swinnen, J. F. M. (2009). Agrifood industry transformation and small farmers in developing countries. *World Development*, 37(11): 1717-1727.
- Sapienza, A. M. (2004). *Managing Scientists: Leadership strategies in scientific research* (2. bs). John Wiley & Sons.
- Spyropoulos, T. S., Andras, C., & Dimkou, A. (2021). Application of Graph Theory to Entrepreneurship Research: New Findings and a New Methodology Framework. İçinde P. Polychronidou, A. Karasavvoglou, & P. Sklias (Ed.), *Economies Of The Balkan And Eastern European Countries-Volume 2021, EBEEC* (ss. 139-156). Knowledge E.
<https://doi.org/10.18502/kss.v5i9.9891>
- Sun, X.-C., Liu, Y., Yang, B., & Zhang, J. (2017). Application Teaching Case of Dijkstra Algorithm. *3rd Annual International Conference On Modern Education And Social Science (MESS 2017)*, 135: 343-345.

- <https://www.webofscience.com/wos/woscc/summary/f9b7cbbe-d5ee-4189-ae0f-7c494246aeda-014f505211/relevance/1>
- Thornhill, I., Batty, L., Hewitt, M., Friberg, N. R., & Ledger, M. E. (2018). The application of graph theory and percolation analysis for assessing change in the spatial configuration of pond networks. *Urban Ecosystems*, 21(2): 213-225. <https://doi.org/10.1007/s11252-017-0724-8>
- TÜİK, T. İ. K. (2025). TÜİK, TÜFE Değişim Oranları.
- TÜİK Meta Veri, T. İ. K. M. V. (2024). Türkiye İstatistik Kurumu Meta Veri.
- Ulusoy, A., & Şahingöz, B. (2020). Türkiye’de Gıda Ürünleri Fiyatlarının Enflasyon Üzerindeki Etkisi. *Maliye Araştırmaları Dergisi*, 6(2).
- Vosviewer. (2025). Vosviewer [Software].
- Wang, H., & Xu, M. (2019). Application of graph theory in logistics and supply chain management: A systematic review. *Journal of Logistics Research*, 8(1): 45-67.
- WoS. (2025). Web of Science [Software].
<https://www.webofscience.com/wos/woscc/analyze-results/501e4081-3118-44b9-a4f6-124052ed4a19-014a125b4a>
- Yuan, X. M., Zhao, W. Y., Lu, X. S., & Yuan, C. W. (2015). Forecasting Stock Index Volatility with GARCH: Case of Chinese Aerospace and Defence Industry. *International Conference On Advances In Management Engineering And Information Technology (AMEIT 2015)*, 35-41.
<https://www.webofscience.com/wos/woscc/summary/4990e4d3-4116-44ea-ab1d-dde9a64c7a8c-ab17bb94/relevance/1>
- Zhang, X., & Huang, J. (2022). Analyzing price volatility in perishable food supply chains. *Food Policy*, 108, 102257.