



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



İkili kümeleme ile işbirlikçi planlama

Collaborative planning with biclustering

Yazar(lar) (Author(s)): Alptekin DEMİRAY¹, Fatma ATEŞ², Sena AYDOĞAN³, Diyar AKAY⁴

ORCID¹: 0009-0000-7667-7796

ORCID²: 0000-0001-6512-0685

ORCID³: 0000-0003-1267-1779

ORCID⁴: 0000-0002-3215-0236

ERKEN GÖRÜNÜM

To cite to this article: Demiray A., Ateş F., Aydoğan S. ve Akay D., “İkili kümeleme ile işbirlikçi planlama”, *Journal of Polytechnic*, *(*) : *, (*).

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz: Demiray A., Ateş F., Aydoğan S. ve Akay D., “İkili kümeleme ile işbirlikçi planlama”, *Politeknik Dergisi*, *(*) : *, (*).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.1461222

İkili Kümeleme ile İş Birlikçi Planlama

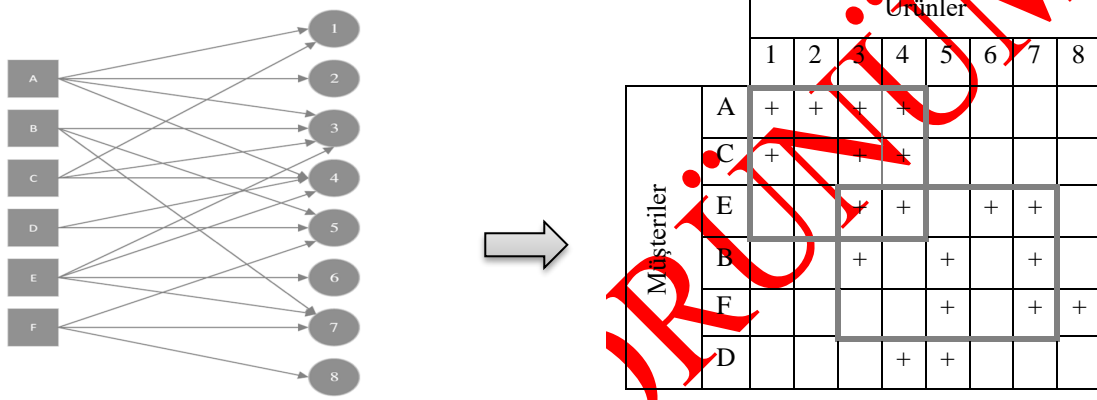
Collaborative Planning with Biclustering

Önemli noktalar (Highlights)

- ❖ Birden fazla müşteri ile tek bir iş birliği / A single collaboration with multiple clients
- ❖ Firmaların tedarik zincirlerinde verimliliği artırmak / Increasing efficiency in companies' supply chains
- ❖ İkili kümeleme ve iş birlikçi planlamanın birlikteliği / Combining biclustering and collaborative planning
- ❖ İş birliği girişimlerinde iş analitiği yöntemleri / Business analytics methods in collaboration initiatives

Grafik Özet (Graphical Abstract)

İkili kümeleme stratejisi kullanılarak birden fazla müşteriyle tek bir iş birliği gerçekleştirilmiştir./A single collaboration with multiple customers was achieved using a biclustering strategy.



Şekil. İlişkiler ve ikili kümeleme / Figure. Relationships and biclustering

Amaç (Aim)

İkili kümeleme stratejisini kullanarak birden fazla müşteriyle tek bir iş birliği gerçekleştirilmesi / A single collaboration with multiple customers using the biclustering strategy.

Tasarım ve Yöntem (Design & Methodology)

Otomotiv sektöründeki bir firmanın ürün ve müşterileri girdi verilerini oluşturmuş, ikili kümeleme yöntemini kullanarak müşteri-ürün benzerlikleri ortaya koyulmuştur./ The products and customers of a company in the automotive industry created input data, and customer-product similarities were revealed by using the biclustering method.

Özgünlük (Originality)

İkili kümeleme yöntemi müşteri-ürün ilişkisini belirlemek için kullanılmıştır./ The biclustering method was used to determine the customer-product relationship.

Bulgular (Findings)

Bulgular, bir firmanın ikili kümelemenin potansiyel faydalarını ortaya koymuştur. / The findings highlight the potential benefits of biclustering.

Sonuç (Conclusion)

Önerilen yöntem aynı anda birden fazla müşteri/tedarikçi ile yararlı iş birlikleri yapabilmeyi mümkün olduğu gösterilmiştir./It has been shown that it is possible to make beneficial collaborations with more than one customer/supplier at the same time.

Etik Standartların Beyanı (Declaration of Ethical Standards)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler. / The author(s) of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission.

İkili Kümeleme ile İş Birlikçi Planlama

Araştırma Makalesi / Research Article

Alptekin DEMİRAY¹, Fatma ATEŞ^{2*}, Sena AYDOĞAN³, Diyar AKAY⁴

¹ Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Türkiye

² Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Türkiye

³ Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Türkiye

⁴ Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Hacettepe Üniversitesi, Türkiye

(Geliş/Received : 29.03.2024 ; Kabul/Accepted : 27.05.2024 ; Erken Görünüm/Early View : 27.06.2024)

ÖZ

Firmalar için yer aldıkları tedarik zincirlerini geliştirmek ve daha etkili kılmak, küresel rekabet ortamında hayatta kalmak adına önemlidir. İş birlikçi Planlama, Tahmin ve İkmal (İPTİ) tedarik zinciri katılımcıları arasında iş birliğini teşvik eden ve taraflar arasında ortak fayda sağlamayı amaçlayan bir süreç yönetim stratejisidir. İPTİ ile üreticiler ile tedarikçileri ve müşterileri arasında etkin iş birlikleri mümkündür. Bir firmanın tedarik zincirinde çok sayıda müşteri ve tedarikçi yer alıyorsa her bir iş birliği için ayrı çaba sarf etmek yerine bir iş analitiği yöntemi olan ikili kümeleme kullanılarak iş birliği kurma süreci daha hızlı ve daha düşük maliyetle gerçekleştirilebilir. İkili kümeleme, çok sayıda iş birliği kurma ihtiyacını tedarik zincirindeki müşterilerin ortak özelliklerine göre gruplandırarak azaltabilir. Bu nedenle, ikili kümeleme ve İPTİ, tedarik zincirinde verimliliği artırmak için beraber kullanılacak değerli araçlardır. Bu tekniklerin birleştirilmesi, rekabet avantajının artırılmasına ve tedarik zinciri operasyonlarının daha başarılı bir şekilde yönetilmesine yardımcı olabilir. Bu çalışmada otomotiv yan sanayi sektöründe faaliyet gösteren bir firma, ikili kümeleme stratejisini kullanarak birden fazla müşteriyle tek bir iş birliği gerçekleştirmiştir. Bulgular, firmanın birden fazla müşterisiyle beraber çalışmasına olanak tanıyan ikili kümelemenin potansiyel faydalarını ortaya koymuştur. Bu stratejinin işletmelere müşteri odaklı girişimler oluşturma, envanter kontrolünü kolaylaştırma ve tedarik zinciri etkinliğini artırma gibi faydalar sağlayabileceği açıktır.

Anahtar Kelimeler: İş birlikçi planlama, ikili kümeleme, tedarik zinciri.

Collaborative Planning with Biclustering

ABSTRACT

For companies, improving and streamlining their supply chains is crucial for survival in the global competitive environment. Collaborative Planning, Forecasting, and Replenishment (CPFR) is a process management strategy that promotes collaboration among supply chain participants and aims to achieve mutual benefits between parties. CPFR enables effective collaboration between manufacturers, suppliers, and customers. If there are many customers and suppliers in a company's supply chain, the process of establishing collaboration can be achieved faster and at a lower cost by using biclustering, a business analytics method. Biclustering can reduce the need for multiple collaborations by grouping customers in the supply chain according to their common characteristics. Therefore, biclustering and CPFR are valuable tools that can be used together to improve efficiency in the supply chain. Combining these techniques can help increasing competitive advantage and managing supply chain operations more successfully. In this study, a company operating in the automotive supply industry used a biclustering strategy to collaborate with multiple customers. The findings revealed the potential benefits of biclustering, which enables the company to work with multiple customers simultaneously. It is evident that this strategy can benefit businesses in various ways, such as facilitating inventory control and increasing supply chain effectiveness.

Keywords: Collaborative planning, biclustering, supply chain.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Küresel ticaretin gelişmesi, iletişimin hızlanması, nakliyenin kolaylaşması ve ucuzlaması ile rekabet ortamı firmalar için daha çetin hale gelmiş, ayakta kalmaya ve işlerini sürdürmeye çalışan firmalar iş modellerinde değişikliğe gitmek zorunda kalmışlardır. Firmaların büyük çoğunluğunun -eğer tekel değillerse ve piyasada arz-talep dengesi mevcutsa- sattıkları ürünün satış fiyatını istediği gibi artırma imkânı yoktur çünkü fiyat piyasada belirlenir. Ancak ürün maliyeti konusunda firmalar bu kadar çaresiz değildir, her zaman daha iyisi olasıdır ve maliyet düşürerek firmaların rekabet avantajı

elde etmeleri mümkündür. Bu motivasyonla firmalar uzun yıllardır operasyonel maliyetlerini düşürme amacıyla çalışmalar yapmışlar ve operasyonel maliyetlerinde mümkün olan iyileşmeyi büyük oranda sağlamışlardır, bu nedenle sıra tedarik zinciri maliyetlerine odaklanmaya gelmiştir [1-7].

Bir ürün veya hizmetin üretimi ve teslimi için ardışık halde düzenlenmiş tesislerden oluşan bir organizasyon bütününe tedarik zinciri adı verilmektedir. Tedarik zincirinde süreç hammadde tedarikçisinden başlar ve son kullanıcı müşteriye kadar uzanır. Fabrikalar, depolar, dağıtım merkezleri tesisleri oluşturmaktadır. Tesisler arasında üretim-dağıtım, satın alma, çizelgeleme, tahmin, stok yönetimi ve müşteri hizmetleri gibi fonksiyonlar söz konusudur. Tedarik zincirlerinde ürün akışı, para akışı ve bilgi akışı olmak üzere üç çeşit akış olabilir. Bunlardan

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta : fgurses@erbakan.edu.tr

ürün akışı ileri yönlü, para akışı geri yönlü ve bilgi akışı hem ileri hem geri yönlüdür.

Ürün akışı ile bilgi akışını en iyileyen tedarik zinciri stratejisini belirlemek yoğun iletişim ve koordinasyon becerisi gerektirir. Organizasyonlar; birden fazla firma birlikte çalışarak, yani iş birliği kurarak tek başlarına elde edecekleri başarıdan daha fazlasını ortaya koyma potansiyeli yakalarlar [8]. Bir tedarik zincirinin yüksek performans ortaya çıkarması için kesintisiz ve senkronize çalışması gerektiği kabul edilmektedir [9]. Küresel olarak rekabetçi olduğu bilinen HP, IBM, Dell gibi firmalar da tedarikçileri ile uzun süreli iş birliği içindedir. İş birliği sayesinde risk paylaşımı, maliyet azaltma, üretkenliği artırma ve rekabet avantajı elde etme mümkün olmaktadır [10].

Tedarik zincirinde yer alan firmaların zincir performansını arttırmak amacıyla planlama süreçlerini birlikte yönettikleri ve bilgi paylaşımı yaptıkları süreç olan İPTİ yönteminin adımları Çizelge 1’de yer almaktadır. İş birliği planlaması 1. ve 2. adımdan oluşan planlama fazında gerçekleştirilmektedir. Mevcut satış verileri ile satış tahmininin oluşturulması ve mevsimsellik gösteren ürünler gibi istisnai ürünlerin tahmin düzeltmeleri 3. Adımdan 8. adıma kadar olan tahmin fazında gerçekleştirilmektedir. İş birliğinde bulunan firmalar arası son tahminler üzerinde anlaşma sağlanır. Tahmin doğrultusunda siparişin oluşturulması ise ikmal fazında gerçekleştirilmektedir.

Yaklaşık 30 yıldır kullanılan ve iyi bilinen bir yöntem olan İPTİ’nin uygulamaya döküldüğü çalışma sayısız oldukça azdır. Mevcut araştırmalarda işbirlikçi ortaklığın faydaları ile performans artışı ele alınmaktadır [11-31]. Panahifar ve ark. [29], İPTİ’nin başarılı bir şekilde uygulanması için dört ana yapı tanımlanmıştır: İPTİ kolaylaştırıcıları, İPTİ engelleri, ticari ortak seçimi ve teşvik uyumu. Tedarik zinciri performansı açısından iş ortağı seçimi kilit rol oynamaktadır. Bu konu ile ilgili olarak “tedarik zinciri ortaklığı” ismi altında nasıl bir iş birlikçi ilişki kurulabileceği Boddy ve ark. [22] tarafından incelenmiştir.

Çizelge 1. İPTİ yöntemi genel iş akışı (IPTI method general workflow)

Planlama Fazı	1. İş Birliği Anlaşması Geliştirme 2. Ortak İş Planı Hazırlama
Tahmin Fazı	3. Satış Tahmini 4. Satış Tahmini İstisna Tespiti 5. Satış Tahmini İstisnai Ürünler Üzerinde Mutabakat 6. Sipariş Tahmini 7. Sipariş Tahmini İstisna Tespiti 8. Sipariş Tahmini İstisnai Ürünler Üzerinde Mutabakat
İkmal Fazı	9. Sipariş Oluşturma ve Teslimat

Ramanathan ve Gunasekaran [21] iş birlikçi planlama, iş birlikçi karar verme ve iş birlikçi çalışmanın tedarik

zinciri performansı üstündeki etkisini ortaya koymuşlardır. Kulp ve ark. [13] üreticilerin karlılıkları üzerinde bilgi paylaşımı ve işbirliği girişimleri etmenlerinin etkilerini karşılaştırmışlardır. Bilhassa pazar payı ortalamasının üzerinde olan firmalarda karlılığın bilgi paylaşımından ziyade iş birliklerinden kaynaklandığını ortaya koymuşlardır. Petersen ve ark. [14] ise etkili bir iş birliğinin şirketler arası güven ve paylaşılan bilginin kalitesine bağlı olduğunu göstermişlerdir. Nyaga ve ark. [19] bilgi paylaşımı ve iş birliği girişimlerinin hem tedarikçi hem de müşteri açısından tatmin seviyelerini artırdığını ifade etmişlerdir. İş birlikçi tedarik zinciri kavramı içerisinde performans artışının gözlenmesi dışında ilişki yönetimi, bilgi paylaşımı ve stok yönetimi ve temin süresi kısaltma, iş birlikçi tahmin konularında da araştırmalar yapılmıştır. Bailey ve Francis [32] talep değişkenliğinin negatif etkilerini azaltarak işbirlikçi girişimleri incelemişlerdir. Bu çalışma ile bilgi paylaşımı ne kadar kaliteli ve iş birliği girişimleri ne kadar etkili olursa olsun başarının garanti olmadığı, firmalar arasındaki güven ve firmaların vizyon eksikliği gibi sosyo-tekniik faktörlerin de dikkate alınması gerekliliği ortaya koyulmuştur. Firmalar arasındaki bilgi şeffaflığını ölçmek için Cachon ve Fisher [33] tedarik zinciri maliyetlerini geleneksel bilgi paylaşımı ve tüm bilginin paylaşımı durumlarında karşılaştırmış, tüm bilginin paylaşımı durumunda maliyetlerin daha az olacağını ortaya koymuşlardır. Aviv [34] iş birlikçi talep tahmininin etkisini ortaya koymak için iki aşamalı bir tedarik zincirinin performansı üzerinden farklı talep tahmini yaklaşımlarını karşılaştırmıştır. Byrne ve Heavey [35] bir benzetim modeli ile bilgi paylaşımı ve talep tahmininin kapasite kısıtlı tedarik zinciri performansına etkisini göstermiştir. Pan ve Yang [36] işbirlikçi firmalar arasında entegre stok yönetimi kurulması sayesinde temin süresini kısaltarak ve paylaşılan faydayı arttırarak maliyetlerde düşüş sağlanabileceğini göstermişlerdir. Yao ve ark. [37] iş birliği için önerdikleri tedarikçi yönetimli stok modeline dayalı yöntemde sipariş verme maliyeti ve stokta tutma maliyeti gibi tedarik zinciri parametrelerinin etkileşimini dikkate almışlardır.

İPTİ araştırmalarının çoğunluğunda İPTİ’nin performans artışı, maliyet azaltma ve daha doğru talep tahmini gibi olumlu etkileri üzerine durulmuş, hem tedarikçiler hem de müşteriler açısından tatmin seviyelerini artırarak daha kaliteli iş ortaklıkları kurulmasına katkı sağladığı ortaya koyulmuştur. İPTİ yönteminin uygulanması, tedarikçilerle daha yakın ilişkiler kurmayı ve müşterilere daha iyi hizmet sunmayı mümkün kılan işbirliği anlaşmasının geliştirilmesi adımıyla başlamaktadır. Geniş ürün yelpazesine sahip, birden fazla tedarikçisi ve aynı zamanda çok sayıda müşterisi olan firmalar için ortak iş birliği anlaşmalarının geliştirilmesi iş stratejisi açısından kritik öneme sahiptir. Yüzlerce müşteri ve binlerce üründen oluşan bir sistemde her bir müşteri ile ayrı ayrı iş birliği yapmak uzun ofis zamanları isteyen oldukça zor bir süreçtir. Ancak müşterileri ve aldıkları ürünleri dikkate alarak kümeler oluşturmak ve her bir

küme için tek iş birliği kurmak, iş birliği kurma sürecini daha düşük maliyetle ve daha etkili yapma fırsatını sunmaktadır. Bu çalışmada iş ortağı ve ürün grupları seçimi için ikili kümeleme yöntemi kullanılacaktır. Klasik kümeleme ile tek boyuta göre kümeleme yapılabilmektedir. Yani tüm satırları dikkate alarak sütunları veya tüm sütunları dikkate alarak satırları gruplamaya çalışan yöntemlerdir [38]. Sadece ürünler ya da sadece iş ortakları gruplanmak istenseydi klasik kümeleme yöntemlerinden faydalanılabildi. Ancak iş ortaklarını ve ürünleri beraber kümelemek gerektiğinde (hangi iş ortakları hangi ürünler açısından benzer vb.) ikili kümeleme yöntemlerine başvurmak gerekmektedir. İkili kümeleme ile eş zamanlı olarak sütun ve satırları birlikte kümelemeye çalışan yöntemlerdir. Literatürde ikili kümeleme algoritmaları çoğunlukla metin madenciliğinde, biyoinformatikte mikro-dizi verilerinin (gen-koşul verileri vb.) analizinde, öneri sistemlerinde ve pazarlama alanında kullanılmaktadır [39]. Ek olarak üretim ve hizmet sistemleri ana başlığında hücresele imalat sistemi tasarımında kullanıldığı görülmüştür. Boutsinas [40] parça-makine gruplaması probleminin çözümünde ikili kümeleme yöntemini kullanmıştır. Bu problem, benzer işleme gereksinimlerine veya benzer tasarım özelliklerine sahip parçaları parça aileleri halinde gruplamayı ve makineleri bu ailelerle ilişkili hücreler halinde gruplamayı amaçlamaktadır. Pinheiro ve ark. [41] hücre oluşumu problemini başka bir ikili kümeleme problemine (ikili kümeleme grafik düzenleme problemi) indirgemiş ve gruplama etkililiği hedefi için iyi hesaplama sonuçları sağlayan kesin bir yöntem ve doğrusal bir programlama modeli önermiştir. Batsyn ve ark. [42] grup etkinliği hedefi ile ikili kümeleme grafik düzenleme problemi için verimli mevcut algoritmaları hücresele imalat sistemlerine uyarlamışlardır. Başka bir çalışmada Panteli ve ark. [43] talep noktaları ile tesisler arasındaki toplam mesafeyi en aza indirecek şekilde p tesisin yerini belirleyen p-medyan problemlerinin bir genişlemesi olan, bir talep noktasının birden fazla arz noktası tarafından kapsanmasını hedefleyen çoklu p-medyan problemlerini ikili kümeleme buluşsal yöntemi kullanarak çözmüştür.

Bu çalışma kapsamında, ikinci bölümde iş zekâsı, iş analitiği, ikili kümeleme yaklaşımı anlatılmıştır. Üçüncü bölümde, büyük bir otomotiv yan sanayi firmasında (OYS) ikili küme yaklaşımı uygulanarak birden fazla müşteri ile tek iş birliği kurabilmesi önerilmiştir. Dördüncü bölümde çalışmanın sonuçları irdelenmiştir.

2. BİRDEN FAZLA MÜŞTERİ İLE TEK İŞ BİRLİĞİ (SINGLE COLLABORATION with MULTIPLE CUSTOMERS)

2.1. İş Zekâsı (Business Intelligence)

Farklı veri kaynaklarından verileri analiz ederek karar vericilere faydalı bilgiler sunan yöntemler bütünü iş zekâsı olarak adlandırılmaktadır [44]. Teknolojik ilerlemeler ile birlikte sahip olunan verinin büyüklüğü günden güne artmaktadır. Rekabet ortamının

gelişmesiyle dağınık organizasyon yapılarında dikkate alınan faktörler arttığından karar almak zorlaşmaktadır. Teknolojik hız ve iletişimdeki hız uyum sağlamaya çalışan organizasyonların değişim hızını arttırmaları zorunluluk haline gelmiştir. Aynı zamanda teknolojik ilerlemeler organizasyonları hızlandırmaktadır. Tüm bu büyük veri, zor kararlar, hızlı refleksler ve teknolojik ilerleme faktörleri iş zekâsının önemini arttırmaktadır.

2.2. İş Analitiği (Business Analytics)

İş zekâsının temel bileşenlerinden biri iş analitiğidir. Büyük veri tabanlarında yer alan verinin ortaya çıkarılması, dönüştürülmesi ve analiz edilmesini içeren araçlar bütünü iş analitiği olarak isimlendirilmektedir [45]. İş analitiği ve veri madenciliği kavramları bazı kaynaklarda birbiri yerine kullanılabilir [44].

Bu kısımda çalışmanın kapsamıyla uyumlu olarak iş analitiğinin üretim ve tedarik zinciri alanlarına uygulamaları incelenmiştir. İlk olarak Trkman vd. [46] iş analitiğinin tedarik zinciri performansı üzerine etkilerini araştırmak için tedarik zincirlerinde iş analitiğinin çeşitli uygulamalarını inceleyerek araştırma sonucunda tedarik zincirlerinde tedarikçi seçimi, pazar eğilimlerinin tespiti, üretim ve lojistik kararlar alınması gibi çeşitli problemlerde iş analitiğine başvurulduğu ve tedarik zinciri performansına doğrudan etki ettiği görülmüştür. Oliveira vd. [47] ise benzer bir çalışmada firmaların olgunluk düzeylerine göre iş analitiği tekniklerinin tedarik zinciri performansı üzerine etkisini incelemişlerdir. Araştırma sonucuna göre olgunluk düzeyine bağlı olarak iş analitiği tekniklerinin performansa etkisi de yükselmektedir. Ayrıca firmalar tedarik zinciri görülebilirliği, fiyat eniyileme ve iş gücü planlamasında sıklıkla iş analitiği tekniklerine başvurmaktadır. Bu uygulamalar sayesinde doğru satış tahminleri, doğru stok seviyeleri, doğru üretim planlama gerçekleştirilebilmektedir [48]. Son olarak Chae vd. [49] iş analitiği tekniklerinin başta malzeme ihtiyaç planlaması, ana üretim çizelgesi hazırlanması, kapasite planlama gibi önemli üretim süreçlerinin takip edilmesi ve olası problemlerin çözülmesi için kullanıldığını ortaya koymuşlardır.

2.3. İkili Kümeleme Yöntemi (Biclustering Method)

Klasik kümeleme algoritmaları iki şekilde çalışır: nesnelere dikkate alınarak öznitelikler gruplandırılabilir veya öznitelikler dikkate alınarak nesnelere gruplandırılabilir. İkili kümeleme yönteminde ise eş zamanlı olarak hem nesnelere hem de özniteliklerin gruplandırılması söz konusudur. Bu sayede hem nesnelere hem de öznitelikler küme elemanı olarak belirlenmiş olurlar. Nesnelere öznitelikler açısından benzerliğine göre alt kümeler oluşturulmaktadır. Klasik kümeleme ile ikili kümeleme yöntemi arasında temelde kümelenele elemanlar açısından farklılık bulunmaktadır. Klasik kümeleme ile nesnelere özniteliklerine göre kümelenele aynı kümede yer alan nesnelere hangi öznitelikler

açısından benzer olduğu bilinmemektedir. Benzer şekilde klasik kümeleme ile öznitelikler kümelenirken hangi nesnelere açısından benzer olduğu bilinmemektedir. Klasik kümelemenin aksine ikili kümelemede nesnelere ve özniteliklerin benzerliği bilinebilmektedir ve kümede hem nesnelere hem de özniteliklere yer almaktadır. Böylece özniteliklerin nesnelere açısından veya nesnelere öznitelikler açısından alt kümeler oluşturması mümkün olabilmektedir.

Literatürde ikili kümeleme yaklaşımları tipine göre Şekil 1'deki gibi sınıflandırılmaktadır [50]. Sabit değer tipine sahip ikili kümede matristeki tüm elemanlar sabit bir c sayısı ile gösterilmektedir. Sabit değer satırda yaklaşımına göre kümede yer alan elemanlar α satır düzeltme katsayısı ile toplamsal ($c + \alpha_i$) veya çarpımsal ($c\alpha_i$) ilişkiyi sağlar ve satır boyunca elemanlar sabittir. Sabit değer sütunda yaklaşımına göre kümede yer alan elemanlar β sütun düzeltme katsayısı ile toplamsal ($c + \beta_j$) veya çarpımsal ($c\beta_j$) ilişkiyi sağlar ve sütun boyunca elemanlar sabittir. Uyumlu değer yaklaşımına göre küme içindeki elemanlar α satır düzeltme katsayısı ve β sütun düzeltme katsayısı ile ($c + \alpha_i + \beta_j$) ilişkisini sağlar. Uyumlu değişen durumunda kümede yer alan elemanlar sembolik değerler alır. Kümede yer alan elemanlar arasında bir sıralama ilişkisi söz konusudur.

İkili kümeleme algoritmaları yapısına göre Şekil 2'deki gibi dokuz ana grupta sınıflandırılmaktadır [50]. Bu yapılar tek ikili küme, ayrıklı ikili kümeler, örtüşmeyen ikili kümeler, düzensiz konumlanan ikili kümeler, ağaç yapısında ikili kümeler gibi farklı alternatiflerde oluşmaktadır. İkili kümeleme algoritmaları yaklaşımına göre beş başlıkta sınıflandırılabilir: (i) tekrarlı satır ve sütun birleştirme, (ii) cimri tekrarlayan arama, (iii) böl ve kazan, (iv) dağılım parametresinin belirlenmesi, (v) kapsamlı ikili kümelerin sıralanması.

Ele alınan probleme göre ikili kümeleme algoritmalarının yapısı ve yaklaşımı belirlenir [51-59]. Birden fazla müşteri ile tek iş birliği problemi dikkate alındığında, aranan çözüm tip olarak sabit değer ve yapı olarak

sütunda ayrıklı ikili kümeler sınıflarına girmektedir. Problem hesaplama karmaşıklığına göre arama uzayı boyutunun n ve m 'de üssel olmasından dolayı polinom olmayan sınıftadır ve hesaplama karmaşıklığı $O(nmb)$ 'dir. Burada n satır sayısı, m sütun sayısı ve b is $Enxm$ bitişiklik matrisinde yer alan tüm dahil-maksimal ikili kümelerin sayısıdır. Bu nedenle sayımsal yaklaşım yerine böl ve kazan yaklaşımı tercih edilmektedir. İkili Kapsama-Maksimum İkili Kümeleme Algoritması (BIMAX: Binary Inclusion-Maximal Biclustering Algorithm) yukarıda sayılan özelliklere sahip bir algoritmadır [60]. Çizelge 2 ile BIMAX algoritmasının adımları verilmektedir.

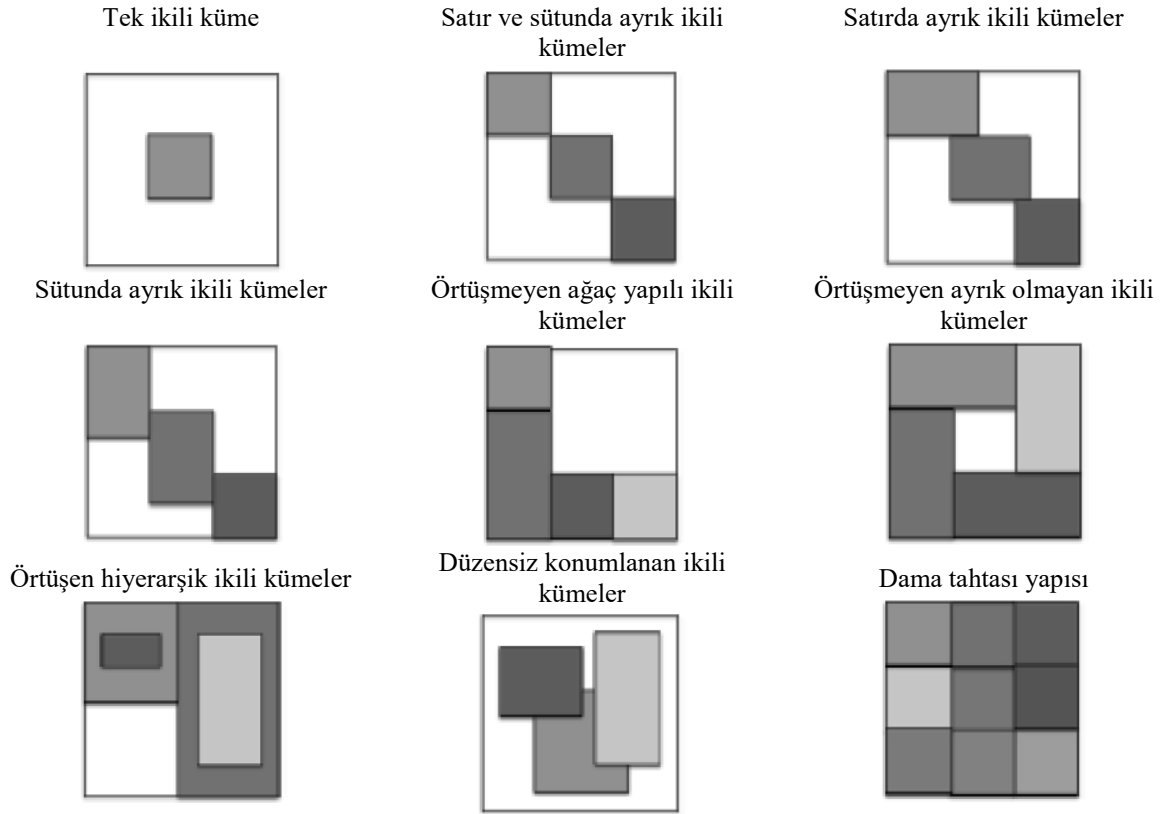
3. SÜREÇ VE BULGULAR (PROCESS AND RESULTS)

Türkiye'de faaliyet gösteren ve küresel otomotiv firmalarına parça üreten OYS'de uygulama gerçekleştirilmiştir. Otomotiv endüstrisinin yanı sıra beyaz eşya, elektrik motoru ve diğer endüstriler de OYS'nin müşterileri arasında yer almaktadır. OYS'nin tedarik zinciri yapısı Şekil 3'te gösterilmiştir, OYS tedarik zincirinde üretici rolündedir.

OYS'nin tedarikçileri de müşterileri de uluslararası firmalardan oluşmaktadır. OYS'nin müşterileri iki grupta ele alınmaktadır: (i) OEÜ (orijinal ekipman üreticisi), ve (ii) piyasa müşterileri. OEÜ müşterileri uzun vadeli üretim programlarını tedarikçileri ile paylaşan ana sanayi firmalarıdır, böyle tedarikçiler üretim planlama ve stok yönetimi yaparken OEÜ'lerden gelen programları kullanabilmektedir. Piyasa müşterileri ise küçük üretim firmaları, bayiler, toptancılar gibi birden fazla tip müşteri grubunun genel adıdır. Piyasa müşterileri genellikle uzun vadeli programlar vermemektedir. Şekil 3'de görülebileceği gibi nihai kullanıcılar OYS'nin doğrudan müşterisi olmayıp, tedarik zincirinde müşterilerin müşterileri konumundadırlar.

Sabit değer				Sabit değer satırda				Sabit değer sütunda			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4
1	1	1	1	2	2	2	2	1	2	3	4
1	1	1	1	3	3	3	3	1	2	3	4
1	1	1	1	4	4	4	4	1	2	3	4
Uyumlu değer toplam				Uyumlu değer çarpım							
1	2	5	0	1	2	0.5	1.5				
2	3	6	1	2	4	1	3				
4	5	8	3	4	8	2	6				
5	6	9	4	3	6	1.5	4.5				
Uyumlu değişen				Uyumlu değişen satırda				Uyumlu değişen sütunda			
S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S2	S3	S4
S1	S1	S1	S1	S2	S2	S2	S2	S1	S2	S3	S4
S1	S1	S1	S1	S3	S3	S3	S3	S1	S2	S3	S4
S1	S1	S1	S1	S4	S4	S4	S4	S1	S2	S3	S4

Şekil 1. İkili kümeleme yaklaşımlarının tipine göre sınıflandırılması (Classification of biclustering approaches)

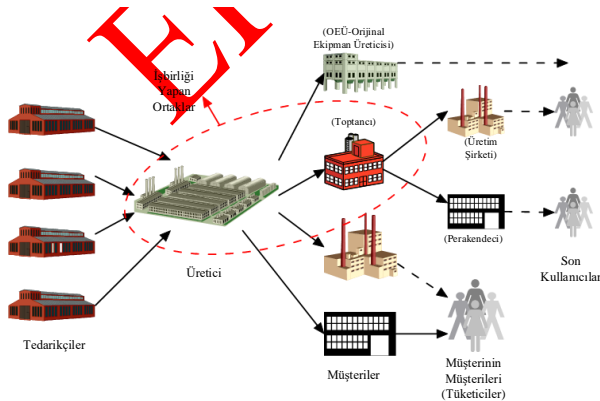


Şekil 2. İkili küme yapıları (Bicluster structures)

Çizelge 2. BIMAX algoritması adımları (BIMAX algorithm steps)

1. Bütün değerleri sıfır olan satır ve sütunlar matristen çıkarılır.
2. Belirlenmiş minimum sayıda 1 değeri içeren rassal 0-1 satır matrisine eklenir. Sütunlar 1 değerlerini içeren sütunlardan oluşan CU matrisi ve 0 değerlerini içeren sütunlardan oluşan CV matrisine bölünür.
3. Satırlar, CV matrisinde tamamı sıfırdan oluşan RU matrisine, CU matrisinde tamamı sıfırdan oluşan RV matrisine, geriye kalan tüm satırlar RUV matrisine bölünür.
4. $U = [\text{satırlar} = RU + RUV, \text{sütunlar} = CU]$ ve $V [\text{satırlar} = RV + RUV, \text{tüm sütunlar}]$ oluşturulur, $W [RU, CV]$ matrisi silinir.
5. 1-4 adımları minimum ikili kümeleme büyüklüğüne ininceye ($m * n$, m : satır sayısı, n : sütun sayısı) ve elde edilen matrislerin tamamı 1 değerinden oluşuncaya kadar tekrar edilir.
6. Beşinci adım sonrasında bir ikili kümeye ulaşıldığında, nesnelar arasında örtüşme istenmediği için ikili kümede yer alan nesnelar matristen çıkarılarak kalan matrisle 1-5 arası adımlar tekrar edilir.

CU : 1 değerini içeren sütunlar matrisi, CV : 0 değerini içeren sütunlar matrisi, RU : tamamı 0'dan oluşan satırlar matrisi, RV : tamamı 1'den oluşan satırlar matrisi, RUV : RU ve RV dışında kalan satırlar matrisi

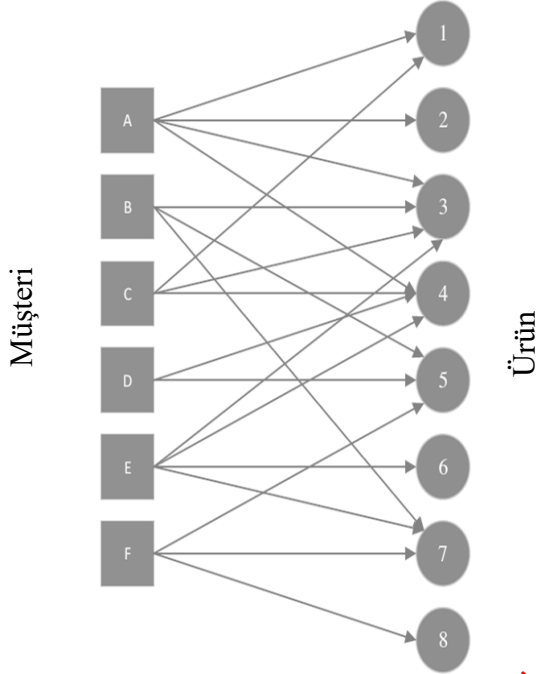


Şekil 3. Üretici firmanın tedarik zinciri yapısı (Supply chain structure of the manufacturer company)

Üretici firmanın yüzlerce farklı ürünü ve müşterisi arasındaki ilişki Şekil 4 ile özetlenebilir. Herhangi bir müşteri sadece birkaç ürünü satın almaktadır. Benzer şekilde herhangi bir ürün tüm müşterilere satılmamaktadır. Özetle ele alınması gereken problem, ürünler ile müşterilerin nasıl ilişkilendirileceğinin belirlenmesidir.

Şekil 4'de görüldüğü gibi B müşterisi 3-5-7 numaralı ürünlerden satın alırken, E müşterisi 3-4-6-7 numaralı ürünlerden satın almaktadır. B ve E müşterileri 3-7 numaralı ürünleri satın alma davranışı olarak benzerlik göstermektedir ve aynı grupta kümelenebilirler. Ancak diğer taraftan A ve F müşterilerinin satın alma davranışlarında ortak ürün yer almamaktadır ve aynı grupta kümelenebilirler doğru değildir. Örneklerden

anlaşılacağı üzere İPTİ yönteminin eş zamanlı olarak birçok müşteri için uygulamak için, aldıkları ürünlerle göre müşterilerin ve aldıkları ürünlerin tek seferde gruplandırılması gereklidir. Şekil 4'deki örnek ilişki diyagramı kullanılarak Çizelge 3'deki gibi içerisinde hem müşterilerin hem de ürünlerin yer aldığı gruplar elde edilebilir.



Şekil 4. Müşteriler ve ürünler arası ilişki diyagramı (Relationship diagram between customers and products)

Çizelge 3. Müşteri ve ürünlerinin eş zamanlı gruplandırılması (Simultaneous grouping of customers and their products)

		Ürünler							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Müşteriler	A	+	+	+	+				
	C	+		+	+				
	E			+	+		+	+	
	B			+		+		+	
	F					+		+	+
	D				+	+			

Tedarik zinciri performansı açısından iş ortağı seçimi kilit rol oynamaktadır ve iş ortağı seçiminde firmadan firmaya öncelikler değişiklik gösterebilmektedir [61, 62]. Doğru iş ortakları seçildikten sonra doğru iş birliği uygulamaları ile başarı artırılmaktadır. Uygulama kapsamında üretici firma OYS, ikili kümeleme kullanarak müşterileri ile oluşturduğu iş birlikleri sayesinde rekabet avantajı elde ederken, iş birliğine dâhil olmayan firmalardan kaynaklı dalgalanmaların iş birliğine dâhil olan müşterilere negatif etkisini azaltmayı da amaçlamaktadır. OYS'nin amaçlarını

gerçekleştirmesinin önündeki ana problem müşterilerin ve ürünlerin doğru bir şekilde gruplandırılmasıdır. Nitelikli ürün ve müşteri gruplarının oluşturulması için ikili kümeleme algoritması kullanılacaktır. İkili kümelerin belirlenmesinde Şekil 5'de yer alan adımlar izlenmektedir.

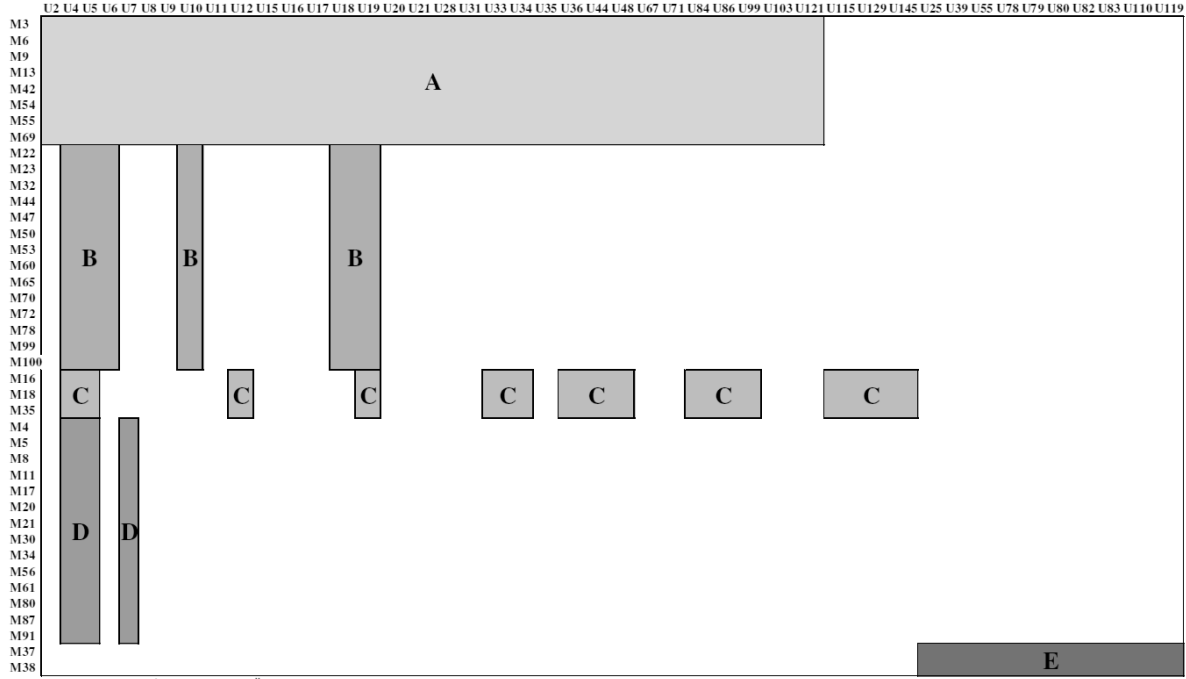


Şekil 5. İkili kümelerin belirlenmesi (Identifying biclusters)

Veri matrisinin hazırlanması aşamasında son 24 ayın verisi dikkate alınmıştır ($a=24$). 255 müşteri ve 520 üründen oluşan 24 aylık satış verisi ile 255×520 (müşteri \times ürün) boyutunda bir matris elde edilmiştir. Devam eden adımda en çok satış yapılan müşteri sayısı 100 olarak seçilmiştir ($b=100$). Müşteri sayısının azaltılmasının nedeni bazı müşterilerin çok az miktarda alım yapması, bazılarının ise (nadiren alım yapanlar, dönemsel alım yapanlar vb.) iş birliği yapmaya uygun nitelikte olmamalarıdır. Pareto mantığıyla yaklaşıldığında; 255 müşteriye yapılan toplam satışın %97'si seçilen 100 firmaya yapılmış olup, seçilen 100 müşteriye yapılan satışlar tüm müşterileri temsil edecek yoğunluktadır. Üçüncü adımda satış hacmi 10000 olarak belirlenmiştir ($c=10000$). Bazı ürünler bazı müşterilere başka ürünün yerine (muadil ürün) satılabilmektedir veya müşteriler istisnai nedenlerle hiç almadıkları bir ürünü alabilmektedir. Satış hacminin 10000 adet olarak belirlenmesi sayesinde istisnai satışlar ve muadil satışlar büyük oranda veriden temizlenmiş ve yanlış iş birliği önerilerinin oluşması engellenmiştir. En çok satış yapılan 100 müşteri ve satış hacmi 10000 üzerinde olan ürün matriste bırakılarak diğer müşteri ve ürünler matristen çıkarılmıştır. Sonuç olarak 100 müşteri ve 167 üründen oluşan satış matrisi Çizelge 4'deki gibi elde edilmiştir.

Çizelge 4. İşbirliğine dâhil olan ürünlere ait satış matrisi (Sales matrix of the products included in the collaboration)

M/U	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	...	...	...	...	U164	U165	U166	U167
M1	5086655	15202750	0	0	0	0	0	...	...	...	...	0	0	0	0
M2	14426760	0	0	40	0	0	0	...	...	...	...	0	0	0	0
M3	0	573612	0	548534	340234	271306	140860	...	...	...	...	0	0	0	1238
M4	0	208320	0	848640	1802250	461680	475	...	...	...	...	0	0	0	0
M5	0	598903	0	1435182	756742	142313	715702	...	...	...	...	0	0	0	0
M6	0	229820	0	324698	217890	327950	72538	...	...	...	...	2700	0	0	9427
M7	0	0	3510020	0	0	0	0	...	...	...	...	0	0	0	0
M8	0	0	0	1234320	147888	460800	1050336	...	...	...	...	0	0	0	0
M9	0	114240	0	130218	190785	139985	36426	...	...	...	...	1995	0	0	9144
M10	0	0	0	0	0	0	0	...	...	...	...	0	0	0	0
M11	0	8	0	1298	1092	0	2352	...	...	...	...	16280	0	0	0
M12	0	0	2597400	0	0	0	0	...	...	...	...	0	0	0	0
M13	0	69123	0	93406	104938	114519	41505	...	...	...	...	0	0	0	6
M14	0	0	1884870	0	0	0	0	...	...	...	...	0	0	0	0
M15	0	0	0	0	0	0	0	...	...	...	...	0	0	0	0
M16	0	77504	0	514261	329445	372768	452	...	...	...	...	0	0	0	0
M17	0	0	0	54	2590	140	45	...	...	...	...	0	0	0	0
M18	0	0	0	269740	239940	278657	0	...	...	...	...	0	0	0	0
M19	288752	777728	0	0	0	0	0	...	...	...	...	0	0	0	0
M20	0	0	0	30	453960	0	740880	...	...	...	...	0	0	0	0
...
...
...
...
M97	0	0	0	1736	0	20105	0	...	...	...	...	0	0	0	0
M98	0	0	0	0	0	0	0	...	...	...	...	0	0	0	0
M99	0	336	0	6320	1100	560	3060	...	...	...	...	0	0	0	0
M100	0	1720	0	1600	1500	1600	364	...	...	...	...	0	0	0	12



* A-E işbirliği kümelerini, MI i. Müşteriyi, UJ j. Ürünü simgelemektedir.

Şekil 6. Bimax algoritması ile elde edilen iş birliği kümeleri (Collaboration clusters obtained with the Bimax algorithm)

İkili kümeleme uygulaması aşamasında ilk olarak Çizelge 4'deki veri seti 0-1 matrisine dönüştürülmüştür. Minimum ikili küme büyüklüğü 20 olarak belirlenmiştir ($m \times n = 20$). Çizelge 2'de adımları verilen Bimax algoritması uygulanmıştır. Elde edilen ikili kümeler Şekil 6'da gösterilmiştir. Elde edilen en büyük ikili küme A kümesidir ve 8 müşteri ile 32 üründen oluşmaktadır. A kümesinde yer alan 8 müşteri veri setinden çıkarılarak 92×167 boyutlu veri setinde Bimax algoritması tekrarlanmıştır. Elde edilen en büyük ikili küme B

kümesidir ve 14 müşteri ile 6 üründen oluşmaktadır. Benzer şekilde 14 müşteri veri setinden çıkarılarak Bimax algoritması tekrarlanmıştır. Takip eden iterasyonlar ile 3 müşteri ve 15 üründen oluşan C kümesi, 14 müşteri ve 3 üründen oluşan D kümesi ve 2 müşteri 10 üründen oluşan E kümeleri elde edilmiştir. E kümesi ile minimum küme büyüklüğü olan 20 değerine ulaşılmıştır. Algoritma altıncı kez tekrar çalıştırıldığında ikili küme büyüklüğü 14 olarak elde edilmiştir. Ancak bu değer önceden belirlenen minimum küme

büyükliğünden daha küçük olduğundan yeni bir küme olarak belirlenmemiştir ve algoritma sonlandırılmıştır.

İkili kümelerin teorik olarak anlamlı olduğu gibi uygulayıcılar için de anlamlı olup olmadığı incelenmiştir. A kümesinde yer alan müşteriler büyük iş hacmine sahiptir, üretici firmadan aldıkları ürün çeşidi yüksektir ve piyasaya hitap etmektedirler. A kümesinde yer alan müşterilerin sektörel benzerliği ayrıca A kümesinin anlamlı bir küme olduğunu doğrulamaktadır. B kümesi incelendiğinde, müşterilerin ortak özelliği motor üreticisi olmalarıdır. Bu nedenle müşterisi oldukları ürünler büyük ölçüde benzerlik göstermektedir. B kümesinde de sektörel benzerlik olması B kümesinin anlamlı bir küme olduğunu doğrulamaktadır. C kümesi incelendiğinde, yine motor üreticisi firmalardan oluştuğu görülmektedir. Ancak C kümesinde yer alan müşterilerin aldıkları ürünler B kümesinde yer alan firmalardan farklılık göstermektedir. B kümesinin tersine ürün sayısı yüksek müşteri sayısı düşüktür. A ve B kümelerine benzer şekilde C kümesinde de sektörel benzerlik bulunması bu kümeyi uygulayıcılar açısından anlamlı kılmaktadır. D kümesi incelendiğinde, beyaz eşya üreticisi müşterilerden oluştuğu ve ürün çeşitliliğinin düşük olduğu görülmektedir. D kümesinde de sektörel benzerlik ön plana çıkmaktadır; bu da D kümesinin anlamlı olduğunu göstermektedir. E kümesi incelendiğinde 2 müşteri ve 10 üründen oluştuğu görülmektedir. İki müşteri aynı firmanın yurt dışında bulunan iki ayrı fabrikasıdır. Bu nedenle aynı ürünleri tercih etmektedir. Sonuç olarak müşteriler aldıkları ürünler açısından benzerliğine göre gruplanabilmiş, ikili kümeleme yöntemi sayesinde aynı grupta olan müşterilerin hangi ürünleri ortak aldığı da tespit edilebilmiştir. Bu müşterilerin her biri ile ayrı ayrı iş birliği kurmak yerine her bir ikili küme için tek bir iş birliği kurmak tedarik zinciri yönetiminde etkili, hızlı ve düşük maliyetli bir iyileştirme yöntemi olarak kendine yer bulmuştur.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Bu çalışmada, ele alınan firmanın ikili kümeleme yöntemini kullanarak birden fazla müşteri ile tek bir iş birliği kurması hedeflenmiştir. Çalışmanın amacı, firmaların tedarik zincirlerinde verimliliği artırmak için kullanabilecekleri değerli araçlar olan İPTİ'nin birlikte nasıl kullanılabileceğini göstermektir.

Bu çalışma ile iş İPTİ yönteminin uygulamasına bir iş analitiği yöntemi eklenerek elde edilen bileşik yöntemin etkinliği bir firmada test edilmiştir. Önerilen bileşik yöntem aynı anda birden fazla müşteri/tedarikçi ile yararlı iş birlikleri yapabilmeyi mümkün hale getirmiştir. Yüzlerce müşteri ve binlerce üründen oluşan bir sistemde her bir müşteri ile ayrı ayrı iş birliği yapmak oldukça zorludur. Ancak müşterileri ve aldıkları ürünleri dikkate alarak kümeler oluşturmak ve her bir küme için tek bir iş birliği kurmak, iş birliği kurma sürecini daha düşük maliyetle ve daha etkili yapma fırsatını sunmaktadır.

Örneğin; çalışma kapsamında yapılan uygulamada, 100 müşteri ile ayrı ayrı iş birliği yapmak yerine 5 müşteri kümesi ile iş birliği yapmak büyük oranda yeterli olmuştur ve yöntem başarısını kanıtlamıştır.

Çalışma kapsamında sunulan, şirketlerin iş birliği girişimlerinde iş analitiği yöntemlerinden yararlanabildiği fiilen uygulanarak gösterilmiştir. Ancak, bu çalışmada sunulan Bimax algoritması ile ikili kümeler oluşturma yönteminin farklı sektörlerde ve farklı senaryolarda kullanılması, yöntemin başarısına ve uygulanabilirliğine olan inancın pekişmesi açısından faydalı olacaktır.

Çalışma kapsamında ikili kümeleme algoritmalarından Bimax algoritması kullanılmıştır. Ancak, farklı ikili kümeleme algoritmaları da benzer problemlerde deneyerek işlevsel olup olmadıklarına bakılması yararlı olacaktır. Böylece, iş birliği için kümeler oluşturulurken Bimax algoritmasından daha başarılı bir algoritma var ise, firmalar açısından elde edilecek faydayı artırmak mümkün olabilecektir.

ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

Alptekin DEMİRAY: Makaleyi yazmış, deneysel sonuçları üretip saha uygulamasını gerçekleştirmiştir. / Wrote the article, produced the experimental results and carried out the field application.

Fatma ATEŞ: Literatür araştırmasına katkı sağlamış, makaleyi yazmıştır. / Contributed to the literature research and wrote the article.

Sena AYDOĞAN: Gerekli analizleri gerçekleştirmiş, makaleyi yazmıştır. / Conducted the necessary analysis and wrote the article.

Diyar AKAY: Sonuçları analiz etmiş, makale yazım sürecini yönetmiştir. / Analyzed the results and managed the article writing process.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur. / There is no conflict of interest in this study.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Ireland, R. K. and Crum, C., "Supply chain collaboration: How to implement CPFR and other best collaborative practices." U.S.A.: **J. Ross Publishing**, (2005).

- [2] Seifert, D., "Collaborative planning, forecasting, and replenishment: How to create a supply chain advantage," 1 ed. U.S.A.: *Amacom*, (2003).
- [3] Christopher, M. and Jüttner, U., "Developing strategic partnerships in the supply chain: A practitioner perspective," *European Journal of Purchasing and Supply Management*, 6, 117-127, (2000).
- [4] Danese, P., Romano, P., and Vinelli, A., "Managing business processes across supply networks: the role of coordination mechanisms," *Journal of Purchasing and Supply Management*, 10,165-177, (2004).
- [5] Arsawan, W. E., Koval, V., Suhartanto, D., Babachenko, L., Kapranova, L., and Suryantini, N. P. S., "Invigorating supply chain performance in small medium enterprises: exploring knowledge sharing as moderator," *Business, Management and Economics Engineering*, 21,1-18, (2023).
- [6] Torgul, B. and Paksoy, T., "Multi-level competitive closed loop supply chain network design," *Journal of Polytechnic-Politeknik Dergisi*, 27, (2024).
- [7] Gürdere, A., İlbaş, A., and Boran, F. E., "Türk Silahlı Kuvvetleri ve Özel Sektör Lojistiğinin Entegrasyonu İçin SWOT ve Bulanık Terah İlişkileri Analizi," *Politeknik Dergisi*, 27, 653-664, (2024).
- [8] Daugherty, P. J., Richey, R. G., Roath, A. S., Min, S., Chen, H., Arndt, A. D., and Genchev, S. E., "Is collaboration paying off for firms?," *Business Horizons*, 49, 61-70, (2006).
- [9] Holweg, M., Disney, S., Holmström, J., and Småros, J., "Supply chain collaboration: Making sense of the strategy continuum," *European Management Journal*, 23, 170-181, (2005).
- [10] Cao, M. and Zhang, Q., "Supply chain collaboration: Impact on collaborative advantage and firm performance," *Journal of Operations Management*, 29, 163-180, (2011).
- [11] Vickery, S. K., Jayaram, J., Droge, C., and Calantone, R., "The effects of an integrative supply chain strategy on customer service and financial performance: an analysis of direct versus indirect relationships," *Journal of Operations Management*, 21, 523-539, (2003).
- [12] Raghunathan, S., "Interorganizational collaborative forecasting and replenishment systems and supply chain implications," *Decision Sciences*, 30, 1053-1071, (1999).
- [13] Kulp, S. C., Lee, H. L., and Ofek, E., "Manufacturer Benefits from Information Integration with Retail Customers," *Management Science*, 50, 431-444, (2004).
- [14] Petersen, K. J., Ragatz, G. L., and Monczka, R. M., "An examination of collaborative planning effectiveness and supply chain performance," *Journal of Supply Chain Management*, 41, 14-25, (2005).
- [15] Chung, W. W. C. and Leung, S. W. F., "Collaborative planning, forecasting and replenishment: a case study in copper clad laminate industry," *Production Planning & Control*, 16, 563-574, (2005).
- [16] Kim, D., "Process chain: A new paradigm of collaborative commerce and synchronized supply chain," *Business Horizons*, 49, 359-367, (2006).
- [17] Rivera, L., Wan, H.-d., Chen, F. F., and Lee, W. M., "Beyond partnerships: The power of lean supply chains," in *Trends in supply chain design and management: Technologies and methodologies*, 1 ed. London: *Springer*, 241-268, (2007).
- [18] Sari, K., "On the benefits of CPFR and VMI: A comparative simulation study," *International Journal of Production Economics*, vol. 113, pp. 575-586, (2008).
- [19] Nyaga, G. N., Whipple, J. M., and Lynch, D. F., "Examining supply chain relationships: do buyer and supplier perspectives on collaborative relationships differ?," *Journal of operations management*, 28, 101-114, (2010).
- [20] Kamalapurkar, D., "Benefits of CPFR and VMI collaboration strategies in a variable demand environment," *Doctor of Philosophy Doctoral dissertation*, Department of Industrial and Manufacturing Engineering, Western Michigan University, Michigan, (2011).
- [21] Ramanathan, U. and Gunasekaran, A., "Supply chain collaboration: Impact of success in long-term partnerships," *International Journal of Production Economics*, 147, 252-259, (2012).
- [22] Boddy, D., Macbeth, D., and Wagner, B., "Implementing collaboration between organizations: An empirical study of supply chain partnering," *Journal of Management Studies*, 37, 1003-1017, (2000).
- [23] Hendijani, R. and Norouzi, M., "Supply chain integration and firm performance in the COVID-19 era: the mediating role of resilience and robustness," *Journal of Global Operations and Strategic Sourcing*, 16, 337-367, (2023).
- [24] Kotzab, H., Bäuml, I., and Gerken, P., "The big picture on supply chain integration – insights from a bibliometric analysis," *Supply Chain Management*, 28, 25-54, (2023).
- [25] Xu, X., Choi, T.-M., Chung, S.-H., and Guo, S., "Collaborative-commerce in supply chains: A review and classification of analytical models," *International Journal of Production Economics*, 263, 108922, 2023/09/01/ (2023).
- [26] Daghar, A., Alinaghian, L., and Turner, N., "The role of collaborative interorganizational relationships in supply chain risks: a systematic

- review using a social capital perspective," *Supply Chain Management*, 26, 279-296, (2021).
- [27] Zhang, X. and Song, H., "An integrative framework for collaborative forecasting in tourism supply chains," *International Journal of Tourism Research*, 20, 158-171, (2018).
- [28] Ryu, C. S., "Simulation study of two supply chain collaboration programs: Consignment and VMI," *Journal of Distribution Science*, 14, 21-31, (2016).
- [29] Panahifar, F., Heavey, C., Byrne, P. J., and Fazlollahtabar, H., "A framework for Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment (CPFR): State of the Art," *Journal of Enterprise Information Management*, 28, 838-871, (2015).
- [30] Hollmann, R. L., Scavarda, L. F., and Thomé, A. M. T., "Collaborative planning, forecasting and replenishment: a literature review," *International Journal of Productivity and Performance Management*, 64, 971-993, (2015).
- [31] J.S, N., Chilkapure, A., and Pillai, V. M., "Literature review on supply chain collaboration: comparison of various collaborative techniques," *Journal of Advances in Management Research*, 16, 537-562, (2019).
- [32] Bailey, K. and Francis, M., "Managing information flows for improved value chain performance," *International Journal of Production Economics*, 111, 2-12, (2008).
- [33] Cachon, G. P. and Fisher, M., "Supply chain inventory management and the value of shared information," *Management science*, 46, 1032-1048, (2000).
- [34] Aviv, Y., "The effect of collaborative forecasting on supply chain performance," *Management science*, 47, 1326-1343, (2001).
- [35] Byrne, P. and Heavey, C., "The impact of information sharing and forecasting in capacitated industrial supply chains: A case study," *International Journal of Production Economics*, 103, 420-437, (2006).
- [36] Pan, J. C.-H. and Yang, J.-S., "A study of an integrated inventory with controllable lead time," *International Journal of Production Research*, 40, 1263-1273, (2002).
- [37] Yao, Y., Evers, P. T., and Dresner, M. E., "Supply chain integration in vendor-managed inventory," *Decision support systems*, 43, 663-674, (2007).
- [38] Tekerek, A. and Dörterler, M., "The Adaptation of Gray Wolf Optimizer to Data Clustering," *Journal of Polytechnic-Politeknik Dergisi*, 25, 1761-1767, (2022).
- [39] Busygin, S., Prokopyev, O., and Pardalos, P. M., "Biclustering in data mining," *Computers and Operations Research*, 35, 2964-2987, (2008).
- [40] Boutsinas, B., "Machine-part cell formation using biclustering," *European Journal of Operational Research*, 230, 563-572, (2013).
- [41] Pinheiro, R. G. S., Martins, I. C., Protti, F., Ochi, L. S., Simonetti, L. G., and Subramanian, A., "On solving manufacturing cell formation via Bicluster Editing," *European Journal of Operational Research*, 254, 769-779, (2016).
- [42] Batsyn, M. V., Batsyna, E. K., and Bychkov, I. S., "NP-completeness of cell formation problem with grouping efficacy objective," *International Journal of Production Research*, 58, 6159-6169, (2020).
- [43] Panteli, A., Boutsinas, B., and Giannikos, I., "On solving the multiple p-median problem based on biclustering," *Operational Research*, 21, 775-799, (2021).
- [44] Sabherwal, R. and Becerra-Fernandez, I., "Business Intelligence: Practices, Technologies, and Management," *Wiley*, (2010).
- [45] Turban, E., Sharda, R., Delen, D., King, D., and Aronson, J. E., "Business Intelligence: A Managerial Approach," *Prentice Hall*, (2010).
- [46] Trkman, P., McCormack, K., de Oliveira, M. P. V., and Ladeira, M. B., "The impact of business analytics on supply chain performance," *Decision Support Systems*, 49, 318-327, (2010).
- [47] Oliveira, M. P. V. d., McCormack, K., and Trkman, P., "Business analytics in supply chains – The contingent effect of business process maturity," *Expert Systems with Applications*, 39, 5488-5498, (2012).
- [48] Kohavi, R., Rothleder, N. J., and Simoudis, E., "Emerging trends in business analytics," *Communications of the ACM*, 45, 45-48, (2002).
- [49] Chae, B. K., Olson, D., and Sheu, C., "The impact of supply chain analytics on operational performance: A resource-based view," *International Journal of Production Research*, 52, 4695-4710, (2014).
- [50] Madeira, S. C. and Oliveira, A. L., "Biclustering algorithms for biological data analysis: A survey," *IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics*, 1, 24-45, (2004).
- [51] Hartigan, J. A., "Direct Clustering of a Data Matrix," *Journal of the American Statistical Association*, 67, 123-129, 1972/03/01 (1972).
- [52] Cheng, Y. and Church, G. M., "Biclustering of expression data," in *Ismb*, 93-103, (2000).
- [53] Getz, G., Levine, E., and Domany, E., "Coupled two-way clustering analysis of gene microarray data," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97, 12079-12084, (2000).

- [54] Califano, A., Stolovitzky, G., and Tu, Y., "Analysis of gene expression microarrays for phenotype classification," in *Ismb*, 75-85, (2000).
- [55] Lazzeroni, L. and Owen, A., "Plaid models for gene expression data," *Statistica sinica*, 61-86, (2002).
- [56] Segal, E., Taskar, B., Gasch, A., Friedman, N., and Koller, D., "Rich probabilistic models for gene expression," *Bioinformatics-Oxford-*, 17, S243-S252, (2001).
- [57] Tang, C., Zhang, L., Zhang, A., and Ramanathan, M., "Interrelated two-way clustering: an unsupervised approach for gene expression data analysis," in *Proceedings 2nd Annual IEEE International Symposium on Bioinformatics and Bioengineering (BIBE 2001)*, 41-48, (2001).
- [58] Tanay, A., Sharan, R., and Shamir, R., "Discovering statistically significant biclusters in gene expression data," *Bioinformatics-Oxford-*, 18, S136-S144, (2002).
- [59] Yang, J., Wang, H., Wang, W., and Yu, P., "Enhanced biclustering on expression data," in *Third IEEE Symposium on Bioinformatics and Bioengineering, 2003. Proceedings.*, 321-327, (2003).
- [60] Prelić, A., Bleuler, S., Zimmermann, P., Wille, A., Bühlmann, P., Gruissem, W., Hennig, L., *et al.*, "A systematic comparison and evaluation of biclustering methods for gene expression data," *Bioinformatics*, 22, 1122-1129, (2006).
- [61] Wu, C. and Barnes, D., "A literature review of decision-making models and approaches for partner selection in agile supply chains," *Journal of Purchasing and Supply Management*, 17, 256-274, (2011).
- [62] Hitt, M. A., Dacin, M. T., Levitas, E., Arregle, J.-L., and Borza, A., "Partner selection in emerging and developed market contexts: Resource-based and organizational learning perspectives," *Academy of Management journal*, 43, 449-467, (2000).