



TÜRKİYE’DE AŞI TAŞIMA SİSTEMİNDE AHP VE TOPSIS YÖNTEMLERİ İLE TAŞIMA TÜRÜ SEÇİMİ

TRANSPORTATION TYPE SELECTION WITH AHP AND TOPSIS METHODS IN VACCINE TRANSPORTATION SYSTEM IN TURKEY

Tuğba DANIŞAN¹, Gülşen GÜMÜŞ², Zeynep ERCAN³, Emel GÜVEN⁴, Tamer EREN⁵

1. Bağımsız Araştırmacı,
tuğbadanisan@gmail.com,
<https://orcid.org/0000-0003-1998-6810>
2. Bağımsız Araştırmacı,
gulsen2784@gmail.com,
<https://orcid.org/0000-0002-2234-8556>
3. Bağımsız Araştırmacı,
zeynepercan2000@gmail.com,
<https://orcid.org/0000-0003-2775-9116>
4. Bağımsız Araştırmacı,
emel-gvn@hotmail.com,
<https://orcid.org/0000-0001-6106-9720>
5. Prof. Dr., Kırıkkale Üniversitesi,
tamereren@gmail.com,
<https://orcid.org/0000-0001-5282-3138>

Makale Türü Araştırma Makalesi
Article Type Research Article

Başvuru Tarihi/Application Date
11.05.2022

Yayına Kabul Tarihi/Acceptance Date
09.08.2022

DOI
10.20875/makusobed.1114144

Öz

Türkiye’de aşı uygulaması son dönemlerde artma eğiliminde olan bir faaliyet olmaya başlamıştır. Bu durum aşı taşıma problemlerini de gündeme getirmektedir. Aşı taşımada en önemli uygulama soğuk zincir uygulamasıdır. Soğuk zincir, üretim aşamasından başlayıp uygulama aşamasına kadar ürünün düşük sıcaklıkta saklanması olarak tanımlanabilir. Aşı için gerekli olan sıcaklığı korumak için, kullanılan taşıma ekipmanları oldukça fazla öneme sahiptir. Bu kapsamda gerçekleştirilen çalışmada Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri kullanılarak en uygun aşı taşıma alternatifi seçilmiştir. Çalışmada ÇKKV yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve İdeal Çözüme Benzerlik Bakımından Sıralama Performansı Tekniği (TOPSIS-Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution) yöntemleri kullanılmıştır. AHP yöntemi ile aşı soğuk zincirinde kullanılan ekipmanların seçilme kriterleri ağırlıklandırılmıştır. TOPSIS yöntemi ile de belirlenen alternatifler değerlendirilerek sıralanmıştır. Sonuç olarak en uygun alternatifin aşilar için özel hazırlanmış buzdolabı olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Aşı, Soğuk Zincir, Aşı Taşıma, ÇKKV, AHP, TOPSIS.

Abstract

Vaccination application in Turkey has started to be an activity that tends to increase in recent years. This situation also raises the problems of vaccine transport. The most important application in vaccine transport is the cold chain application. Cold chain can be defined as the low temperature storage of the product from the production stage to the application stage. The transport equipment used is of great importance to maintain the temperature required for the vaccine. In this study, the most suitable vaccine transportation alternative was selected by using Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods. In the study, Analytical Hierarchy Process (AHP) and Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution (TOPSIS) methods were used. The selection criteria of the equipment used in the vaccine cold chain were weighted with the AHP method. The alternatives determined by the TOPSIS method were evaluated and ranked. As a result, it has been determined that the most suitable alternative is a refrigerator specially prepared for vaccines.

Keywords: Vaccine, Cold Chain, Vaccine Transport, MCDM, AHP, TOPSIS.

Bu makaleye atf yapmak için:

Danişan, T., Gümüş, G., Ercan, Z., Güven, E. ve Eren, T. (2022). Türkiye’de aşı taşıma sisteminde AHP ve TOPSIS yöntemleri ile taşıma türü seçimi. *MAKU SOBED*, (36), 47-58. <https://doi.org/10.20875/makusobed.1114144>

EXTENDED SUMMARY

Purpose of the Study

The aim of this study is to determine the most suitable transportation type among the transportation types used in vaccine transportation in Turkey by AHP and TOPSIS methods.

Research Questions

What are the vaccine transport equipment used in Turkey? What are the important criteria in vaccine transport equipment? What is the cold chain and what is its importance in vaccine distribution?

Literature Search

When the literature on the subject of the study was examined, no study was found on the choice of vaccine transport type. However, there are many health and pharmaceutical sector studies. Studies have shown that MCDM methods are not used frequently. However, Erdal and Korucuk (2019) used the DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) method in a study examining logistics applications in the pharmaceutical industry. In the study, the importance levels of performance criteria in drug logistics were determined with DEMATEL. In their study, Küçükürkmen and Bozkır (2018) discussed the cold chain issue in the study named drugs that require special storage conditions or that require cold chain application and evaluations in terms of their applications.

Method

The study was evaluated in terms of Analytical Hierarchy Process (AHP) and Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution (TOPSIS), which are among the Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods. In this study, in which the selection of the most appropriate vaccine delivery type was investigated, criteria were determined for the selection of the appropriate alternative for the selection of the vaccine carrier type. These criteria were obtained as a result of literature research and expert opinion. Then, criterion weights were determined by the AHP method. The degree of importance of each criterion relative to the other was calculated. In the study, a step-by-step solution was reached with the TOPSIS method, one of the MCDM methods.

Conclusion and Evaluation

The vaccine is sent to consumers more intensively as a result of many processes. At this shipping level, it is not enough on its own that the product comes out of its production. The active material, which is sensitive to temperature, must be transported and distributed in the cold chain application without affecting its properties and without deteriorating its formula. The imbalance of these materials, which are sent from the production center to the drug stores, from the warehouses to the health units and pharmacies, mostly manifests itself during transportation. The most important issue is that the drugs that require special protection or in a cold environment are accepted to the pharmacy in accordance with the storage conditions, stored and presented to the sick people in a similar way. The necessary information and training should be given to the people who will work during this time by using mobile transport materials that can monitor the ambient temperature in the shipment of this type of drugs that need to be preserved in a cold environment. If countries want approved vaccines to play an important role in controlling and ending the epidemic as targeted, appropriate logistics programs should be planned for the transportation and storage of materials such as these drugs and vaccines. It should select the various materials, tools, equipment and equipment that are worked during this cold chain in accordance with the stable and reliable conclusion of the cold chain vaccination program. A total of 9 criteria were presented in the study. These criteria were determined as temperature, storage time, single or reusable use, price, ease of use, accessibility, capacity, mode of transportation and transportation route, respectively. The criteria weights were calculated with the AHP method of the determined criteria. The most important criterion among the criteria was determined as temperature and the weight of the temperature criterion was found to be 0.2507. The 5 identified alternatives are cold box, vaccine transport container, refrigerator, cooler vehicle and ultra-cold freezer, respectively. When the result is reached by following the method steps of the study, the equipment that can maintain the temperature of the vaccine in the most appropriate way has been determined as a refrigerator. Among the alternatives, the most important alternative is the refrigerator. The result calculated by the TOPSIS method of the refrigerator equipment was found to be 0.590.

1. GİRİŞ

Aşı, bağışıklık sistemini uyaran ve birçok hastalığa karşı vücudu koruma altına alan biyolojik bir üründür. Aşı, başta insanlar olmak üzere hayvanlar da dâhil hastalık yapıcı etkilere sahip her türlü zararlı bakteri ve virüslerin oluşturduğu toksin etkisini kaybetmesini sağlaması amacıyla geliştirilmiş olan maddelerdir. Aşının uygulanacağı kişiler ya sağlıklı ya da risk altında olmalıdır. İnsan vücudu uygulanan aşının etkisiyle zararlı olmayan virüs ve bakterilere karşı bir savunma mekanizması geliştirerek kendini koruma altına alır. Geliştirilmiş olan bu savunma mekanizması ile vücut karşılaştığı toksin maddelere karşı hazırlıklı olur. Bu sayede artık vücut hastalığa karşı bağışıklık kazanmış ve ileride karşılaşılabilecek toksin maddeyi etkisiz hale getirebilme kabiliyeti elde etmiş olur.

Aşı taşımacılığı; soğuk zincir ve aşı tedarik zincirinden, insan, malzeme ve ekipman kullanılarak yürütülmesine kadar gerçekleştirilen tüm faaliyetlerin, malzemelerin kalitesine saygı gösterilmesi, bakım, onarım ve ekipman temini ve eğitimlerinin toplamıdır. Bu faaliyetler temel olarak üç ana başlık altında toplanmaktadır. Birincisi planlama ve tedarik, ikincisi depolama ve dağıtım, sonuncusu ise soğuk zincir yönetimi ve izlenmesidir. Çalışmada dikkat çekilen nokta soğuk zincir uygulamasıdır (DSÖ,1998). Aşı üretildiği zamandan uygulanacağı zamana kadar belli bir ısı ve koşulda saklanmalı ve taşınmalıdır. İstenilen ısı ve sıcaklık koşullarını muhafaza etmek için soğuk zincir uygulaması kullanılmaktadır.

“Soğuk zincir” kavramı istenilen miktardaki aşının ihtiyacı olan insanlara uygun sıcaklıkta ulaşmasını sağlayan, insanlar ve malzemelerden oluşan sistemdir. Aşılar nakledilmesi ve depolanması oldukça zor olan, her türlü sıcaklığa karşı hassas maddelerdir. Aşılar dış etmenlere duyarlı biyolojik temelli olduğundan dolayı donmaya, sıcaklık artışına veya sıcaklık azalışına karşı hassastır. Aşının kalitesi optimal olmayan ısı şartları altında azalabilmektedir ve kaybedilen bu etki tekrar kazanılamamaktadır. Aşıların kalitesi ve stabilitesi ancak soğuk zincir uygulaması ile mümkün olmaktadır (DSÖ,1998).

Soğuk zincir; her türlü ısı değişimine duyarlı bir tıbbi ürünün hammaddeden paketlenmiş nihai ürüne dönüşüp tüketiciye ulaşıncaya kadar geçmiş olan sürede onaylı sıcaklık aralığında tutulmasını sağlayan, depolama, taşıma ve dağıtımda uygulanan özel bir saklama koşuludur. Protein yapıları sıcaklık, karıştırma süresi ve hızı, formülasyona katılan bileşenlerin eklenme sırası, pH ayarlaması ve kontrolü, filtre ve kapların yüzeyleriyle değme süresi gibi dış faktörlere ve imalat şartlarına karşı oldukça duyarlıdır. Tüm bunların sonunda ürünün üretilmesi, paketlenmesi ve depolanması özen gerektirir ve ürün kullanılan tüm alanlarda aynı yapıda kalmalıdır (Akers, 2006). Soğuk zincir, belirli biyolojik/biyoteknolojik ürünleri ve aşıları korumak için kullanılan sıcaklık koşullarından oluşan bir yöntemdir. Ürünleri üretildiği yerden uygulama yerine kadar önerilmiş olan ısı aralığında korumak için tasarlanmış birçok çeşitli uygulamayı kapsayan bir sistemdir.

Aşıların belirli sıcaklıklarını koruyarak taşınması için bazı aşı taşıma ekipmanları kullanılmaktadır. Bunlar başlıca soğuk kutular, aşı taşıyıcılar/nakil kapları, buzdolabı, soğutmalı araçlar ve ultra soğuk donduruculardır. Soğuk kutunun ana malzemesi ısı yalıtımlı maddelerdir. Ayrıca soğuk kutu kapaklı bir taşıma kutusudur. Kutu içindeki sıcaklık, soğuk buz paketleri ile korunmaktadır. Soğuk kutunun kullanım amaçları 0-8°C arasındaki sıcaklıklarda, büyük miktarda bulunan aşının toplanmasında, nakledilmesinde ve aşıların saklandığı alanların, ekipmanların vs. onarım veya temizlik anında aşıların bir süre muhafaza edilmesi için kullanılır. Aşı taşıyıcılar gün içinde kullanılacak küçük miktarlardaki aşılarda taşınması için kullanılmaktadır. Aşı taşıyıcı kaplar soğuk kutuya göre boyutları hem daha küçük taşınması da daha kolaydır. Aşı taşıyıcı, içerisinde yer alan donmuş buz paketleri sayesinde aşılarda +43°C’de 50 saate kadar muhafaza edebilirken aynı işlem soğuk su paketlerinde 18 saattir. Soğuk kutularda olduğu gibi soğuk zincir ekipmanının arızalanması, elektrik kesintisi gibi durumlarda az miktarda aşının korunması veya nakledilmesi için kullanılmaktadır. Buz kaplı buzdolapları aşının uygun sıcaklık değerinde kalması için tasarlanmıştır. Tasarımı ev tipi buzdolaplarından daha farklıdır. En belirgin fark olarak kapağı üstten açılmaktadır. Bunun sebebi soğuk havayı buzdolabı içerisinde daha uzun süre ve daha iyi muhafaza etmektir. Soğutmalı araçlarda ise özellikle korona virüs aşılarının saklanması ve nakledilmesi için -70°C ve altındaki sıcaklıklarda 200 saate kadar soğuk havayı muhafaza edebilen aşı nakliye konteynirleri ile aşı kutuları üretmekte ve kullanılmaktadır.

Çalışma için belirlenen tüm alternatifler yapılan literatür araştırmaları ve uzman görüşü sonucu elde edilmiştir. Yapılan bu çalışmada aşı taşınması için kullanılan ekipmanların değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu değerlendirmede sonuca ÇKKV yöntemlerinden AHP ve TOPSIS yöntemleriyle ulaşılmıştır. Uygun olan ekipman seçimi değerlendirilip sonuçları çalışmada verilmiştir. Literatürde taşıma ekipmanları ile ilgili

birçok değerlendirme mevcuttur fakat aşı taşımayla ilgili ekipmanların değerlendirilmesi bilindiği kadarıyla yapılan ilk çalışmadır. Yapılan bu çalışmada aşı taşınmasında ekipman seçimi ile ilgili literatüre katkı sağlanması amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatürde tedarik zinciri, tedarik zinciri yönetimi ve ilaç sektörü konuları sıklıkla ele alınmaktadır. Bunun yanı sıra ilaç sektörü ile ilgilide birçok çalışma bulmak mümkündür. Lurquin (1996), ilaç tedarik zincirinde başarılı olunabilmesi için tedarik zincirinde yer alan dar boğaz sorunlarının ortadan kaldırılarak tedarik zincirini kolaylaştırmayı amaçlamıştır. Yiğit (2002), ilaç firması örneği kullanarak tedarik zinciri uygulamalarını değerlendirmeye almıştır. Chandra ve Kachhal (2004), sağlık hizmetlerinde dağıtım ağı ile ilgili sorunları göz önüne almış ve dağıtım kanalı ve stok kontrolü gibi konuları incelemiştir. Shah (2004), ilaç sektöründe tedarik zinciri ile ilgili optimizasyon tekniklerini ele almıştır. Boğ (2005), ilaç dağıtım kanalları hakkında çalışmalar yaparak dış kaynak kullanımı ile ilgili yeni yöntemleri değerlendirmiştir. Arslan (2007), ilaç sektöründeki lojistik faaliyetleri incelemiştir. Uslu ve Akçadağ (2012), ilaç lojistiğinin ana konularından olan tersine lojistik konusunu ele almışlardır. Yazarlar, çalışanlara uyguladıkları bazı anketler sonucu ilaç firmalarının çoğunun tersine lojistik uygulamasında iyi düzeyde olduğu sonucuna ulaşmıştır. Nagurney vd. (2013), ilaç tedarik zincirini inceleyerek üretimdeki ve dağıtımdaki süreçlerin en uygun akışını sağlayarak toplam maliyeti nasıl en aza indirebileceklerini tartışmışlardır. Çalışmayı yaparken oyun teorisi bakış açısı kullanılmıştır. Lydon vd. (2015), gelişmekte olan ülkelerin aşılama çalışmalarında lojistik faaliyetlerine yönelik çabalarının yetersiz kaldığı durumlarda kamu ve özel sektör iş birliğinin sonuçlarını incelemişlerdir. Bayram (2018), ilaç tedarik zincirlerini lojistik, üretim, dağıtım ve depolama adı altında değerlendirmeye almıştır. Küçüktürkmen ve Bozkır (2018), özel saklama koşulu gerektiren veya soğuk zincire tabi ilaçlar ve uygulamaları açısından değerlendirmeler isimli derleme niteliği taşıyan çalışmada soğuk zincirini incelemişlerdir. Erdal ve Korucuk (2019), ilaç sektöründeki lojistik uygulamalarını incelemişlerdir. Çalışmalarında ÇKKV yöntemi olan DEMATEL kullanarak ilaç lojistiğindeki performans kriterlerinin önem derecesini belirlemişlerdir. Rashid (2020), yapmış olduğu doktora tezinde aşı tedarik zincirindeki kısıtların belirlenmesi üzerine çalışmıştır. Naik vd. (2020), gerçekleştirdikleri çalışmada COVID-19'a yönelik olarak Hindistan'da aşı dağıtım stratejisi geliştirilmesi ele almışlardır. Oral vd. (2021), çalışmalarında sağlık ürünlerini kapsayan ilaç deposu ve aşı dağıtım merkezi için yer seçimi problemini ÇKKV yöntemlerini kullanarak belirlemeye çalışmışlardır.

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde tedarik zinciri, ilaç tedarik zinciri, ilaç sektöründe lojistik, ÇKKV yöntemleri, soğuk zincir ve aşı tedarik zinciri üzerine yapılan çalışmalara rastlanılmaktadır. Aşı taşıma ekipmanları seçimiyle ilgili çalışmalara literatürde pek yer verilmediği görülmüştür. Yapılan bu çalışmada özellikle COVID-19 döneminde aşılarda taşınması ile ilgili problemler ortaya çıktığı için hangi ekipmanların kullanılması gerektiğiyle ilgili problem ele alınarak uygun alternatifin seçimi yapılmak istenmiştir.

3. KULLANILAN YÖNTEMLER

ÇKKV yöntemleri çoğunlukla karmaşık problemlerin çözümlerinde kullanılan bir yöntemdir. Zor problemler çözümlenirken belirlenen fazla sayıda kriter ve alternatifleri ele alarak en uygun sonuca ulaşılır. Aşı taşıma sisteminde taşıma türü seçimi probleminde de kriterler temelinde yapılacak değerlendirme ile alternatiflerin sıralanması yapılmak istenmektedir. Bu doğrultuda problem ÇKKV yöntemlerinden olan AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak çözülmüştür. Kriterlerin ağırlıklandırılmasında AHP yöntemi kullanılırken, alternatiflerin sıralaması bu alanda kabul gören TOPSIS yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.

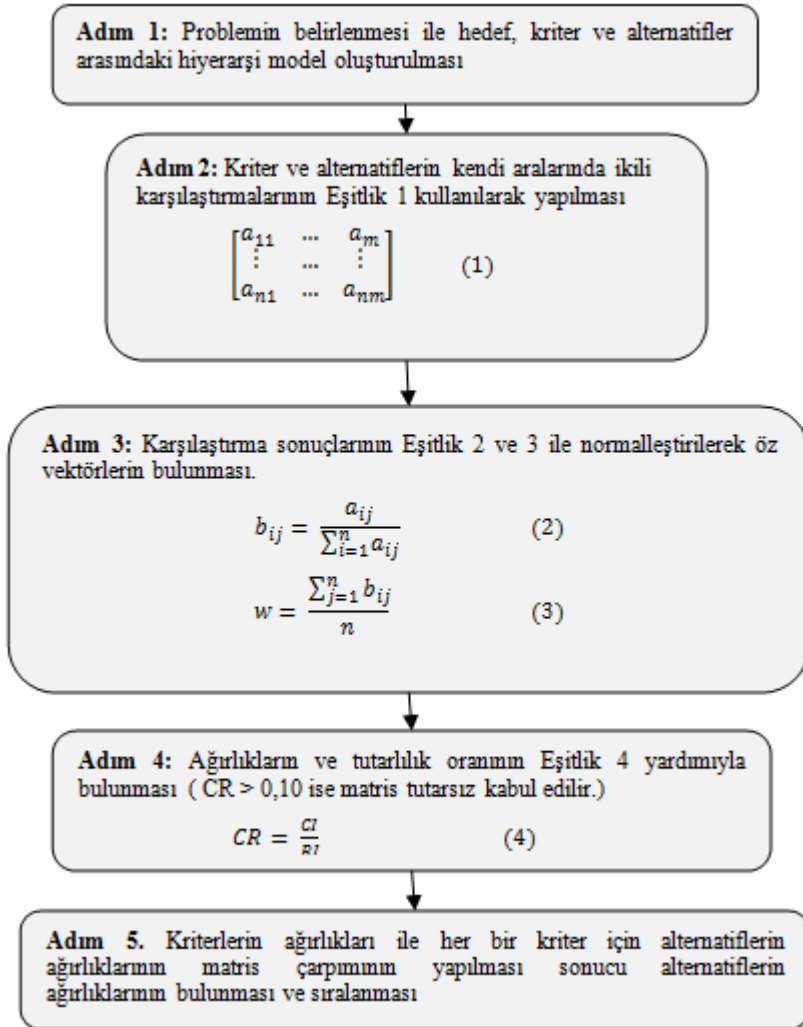
Bu çalışma, deneklerden elde edilmiş veriler söz konusu olmadığından etik kurul izni gerektirmemektedir.

3.1. AHP Yöntemi

AHP 1970'lerin ortalarında Pennsylvania Üniversitesi'nden Thomas L. Saaty tarafından ölçme ve karar vermede kullanılmak için geliştirilen matematiksel teoridir (Saaty ve Niemira, 2006). AHP literatürde son yirmi yılda ÇKKV ile ilgili hemen bütün uygulamalarda kullanılmıştır (Ho, W. 2008). Bunun nedeni, karar vericiler tarafından kolay anlaşılabilir olmasıdır. Ayrıca AHP yöntemi sadece nitel ve nicel faktörleri değerlendirmez aynı zamanda kişilerin tecrübelerini, bilgilerini, yargılarını, sezgilerini ve düşüncelerini de karar sürecine dâhil eder (Özbek ve Eren, 2013).

AHP yöntemi uygulanırken belirlenmiş olan kriterler ve alternatifler arasında hiyerarşik bir yapı modeller. Hiyerarşik yapının başında ulaşılmak istenen hedefe karar verilir. Daha sonra kriterler ve alternatifler eklenerek yapı oluşturulur. İkili kriter karşılaştırmaları 1-9 önem skalası yardımıyla gerçekleştirilerek karar matrisi elde edilir. Ardından elde edilen matris Şekil 1'de verilen b_{ij} ve w değerleri bulunarak normalize edilir. Normalize işleminden sonra tutarlılık kontrolü yapılır. Eğer CR değeri 0,10'dan küçükse tutarlı, büyükse tutarsız olarak kabul edilir. AHP yönteminin işlem adımları Şekil 1'de verilmiştir (Taş vd., 2017).

Şekil 1. AHP Yöntemi Akış Şeması



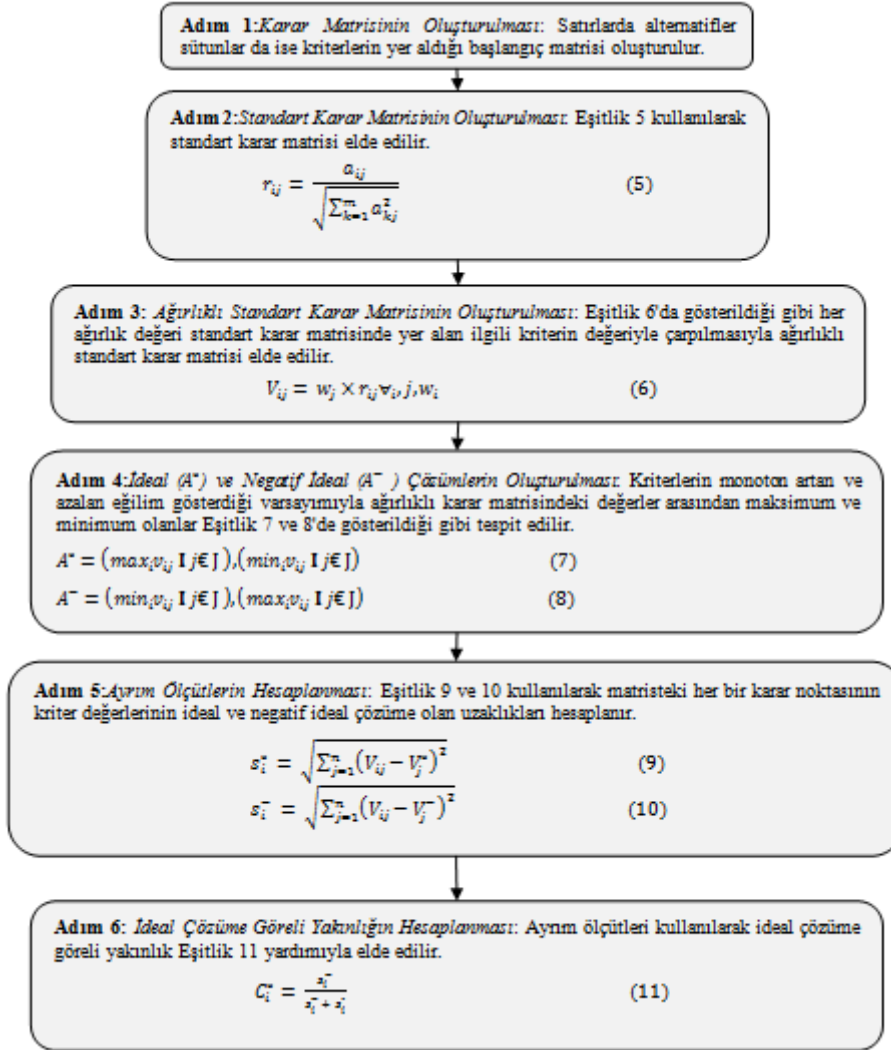
Kaynak: (Taş vd., 2017)

3.2. TOPSIS Yöntemi

TOPSIS yöntemi ÇKKV yöntemlerinin en sık kullanılanlardan biridir. Hwang ve Yoon (1981) tarafından ÇKKV tekniği olarak geliştirilmiştir (Shyjith vd., 2008). Bu yöntemi temel olarak negatif ideal çözüm ve pozitif ideal çözüm oluşturmaktadır. TOPSIS yönteminde, çözüm elde edebilmek için gerçekleştirilen analizlerle negatif ideal çözüm ve pozitif ideal çözüme göre alternatifler seçilmektedir (Özcan vd., 2017). Şekil 2'de TOPSIS yöntem adımları verilmiştir (Erol vd., 2021).

TOPSIS yöntemi karar verme problemlerinde çözüme ulaşırken yapılan analizler ile pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme göre alternatiflerin seçilmesine dayanmaktadır. TOPSIS yöntemi 6 adımdan oluşmaktadır:

Şekil 2. TOPSIS Yöntemi Akış Şeması



Kaynak: (Erol vd., 2021)

4. UYGULAMA

Bu çalışmada aşı taşıma türü seçimi için uygun alternatif belirlenmek istenmiştir. Bu kapsamda aşı taşıma türlerinden 5 alternatif, 9 kriter temelinde değerlendirilerek en uygun alternatifin seçilmesi amaçlanmıştır. Alternatif ve kriterler belirlenirken literatür çalışmalarına ek olarak uzman görüşüne yer verilmiştir. Uzman görüşü olarak aile sağlık merkezinde görev yapan bir hekim desteği alınmıştır. Kriterlerin ağırlandırılması AHP yöntemi ile yapılarak en uygun alternatifin seçimi için TOPSIS yöntemi uygulanmıştır. Uygulamanın tüm süreci Şekil 3'te verilmiştir.

Şekil 3. Uygulama Akış Şeması



4.1. Problemin tanımlanması

Son zamanlarda yaşanan salgınlar nedeniyle önemi giderek artmakta olan aşı, taşıması en zor tıbbi ürünlerden biridir. Aşı ulaştırılacağı depo, eczane veya sağlık kuruluşlarına herhangi bir zarara uğramadan ulaştırılmalıdır. Aşının güvenli bir şekilde taşınması ancak güvenli bir soğuk zincir sistemiyle mümkün olmaktadır. Soğuk zincir uygulamasını neredeyse her aşı çeşidi zorunlu kılmaktadır. Aşı taşıma türü seçimi

hakkında yapılan bu çalışma bilimsel ve matematiksel yöntemler ile en uygun aşı taşıma türü seçimi problemini ele almıştır.

4.2. Kriterler

Kriterler belirlenirken literatür çalışması ve uzman görüşü alınmıştır. Yapılan araştırmalara göre aşı taşımada etkili olan 9 adet kriter belirlenmiştir. Bu 9 adet kriter sıcaklık, muhafaza süresi, tek veya çok kullanımlık, fiyat, kullanım kolaylığı, erişilebilirlik, kapasite, taşıma şekli ve nakliye şekli olarak seçilmiştir (Çevik, 2021). Kriter ve açıklamaları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kriterler

KRİTERLER	AÇIKLAMA
Sıcaklık	Aşının olması gereken sıcaklığı gösteren kriterdir.
Muhafaza süresi	Ürünün mevcut sıcaklığını ne kadar koruduğunu gösteren kriterdir.
Tek veya çok kullanımlık	Ürünün tek veya çok kullanımlık olduğunu ifade eden kriterdir.
Fiyat (tl)	Ürünün satış fiyatını yansıtan kriterdir.
Kullanım kolaylığı	Ürünün kullanımı sırasındaki kolaylık derecesini belirten kriterdir.
Erişilebilirlik	Ürünün erişilme durumunu belirten kriterdir.
Kapasite (lt)	Ürünün maksimum aşı taşıma kapasitesinin belirten kriterdir.
Taşıma şekli	Ürünün istenilen yere nasıl ulaştırıldığını gösteren kriterdir.
Nakliye şekli (Hava, Kara, Deniz)	Aşının hangi yollarla taşınabileceğini gösteren kriterdir.

Kaynak: (Çevik, 2021)

4.3. Alternatifler

Alternatiflerin belirlenmesinde uzman görüşü ve literatür çalışmaları etkili olmuştur. Araştırmalara göre aşı taşımada etkili olan 5 adet alternatif belirlenmiştir. Aşı taşıma yolları için belirlenen alternatifler soğuk kutu, aşı nakil kabı, buzdolabı, soğutmalı araçlar ve ultra soğuk dondurucular olarak belirlenmiştir (Gültekin ve Karadağ, 2021).

4.3.1. Soğuk Kutu

İçerisindeki sıcaklığı buz paketleri yardımı ile koruyan aşı taşıma ekipmanları soğuk kutu olarak tanımlanır.

4.3.2. Aşı Nakil Kabı

Aşı nakil kapları soğuk kutular ile karşılaştırıldığında boyutları daha küçük ve taşınması daha kolay olan ekipmanlardır.

4.3.3. Buzdolabı

Aşı taşımada kullanılan buzdolapları normal ev tipi buzdolaplarından farklı olarak kapağı üstten açılan tiptedir (DSÖ, 1998).

4.3.4. Soğutmalı Araçlar

Aşı taşıma ekipmanları arasında bulunan soğutmalı araçlar 200 saate kadar soğuk havayı muhafaza etmektedir (DSÖ, 1998).

4.3.5. Ultra Soğuk Dondurucu

Ultra soğuk dondurucular ile -60°C ile -80°C aralığında 6 aya kadar aşılı muhafaza etmek mümkün olmaktadır. Bu sebeple alternatif olarak seçilmiştir (Minnesota Sağlık Bakanlığı, 2020).

Tablo 2'de alternatiflerin belirlenen kriterler doğrultusunda elde edilen bilgileri verilmiştir (Gültekin ve Karadağ, 2021).

Tablo 2. Kriter-Alternatif Tablosu

Alternatif / Kriter	Sıcaklık Aralığı (C1)	Muhafaza Süresi (C2)	Tek Veya Çok Kullanımlık (C3)	Fiyat (C4)	Kullanım Kolaylığı (Kolay-Zor) (C5)	Erişilebilirlik (C6)	Kapasite (lt) (C7)	Taşıma Şekli (C8)	Taşıma Yolu (C9)
Soğuk Kutu (A1)	0 - +8°C	1 gün	Ç	2,000	K	K	260	El	H,K,D
Aşı Nakil Kabı (A2)	0 - +8°C	1 gün	Ç	1,722	K	K	56	El	H,K,D
Buzdolabı (A3)	+2 - +8°C	1095 gün	Ç	12,950	K	K	275	Konteynır	H,K,D
Soğutmalı Araçlar (A4)	-70°C ve altı	8 gün	Ç	200,000	Z	Z	25.000	Araç	K
Ultra Soğuk Dondurucu (A5)	-60°C - -80°C	183 gün	Ç	7,070	K	K	158	Konteynır	H,K,D

Kaynak: (Gültekin ve Karadağ, 2021)

4.4. Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Çalışmanın bu bölümünde AHP yöntemi kullanılarak kriter ağırlıkları belirlenmiştir. Nitel ve nicel olan kriterler uzman bir hekim tarafından Tablo 3'te verilen Saaty'nin 1-9 önem derecesi tablosunu kullanarak değerlendirilmiştir (Asoğlu ve Eren, 2018). Kriterlerin kendi içlerinde önem derecelerinin belirlenmesi için kriterler ikili olarak karşılaştırılmıştır. Önem dereceleri için Tablo 3'te yer alan değerler kullanılmış olup matrisin köşegen çizgisinin altında kalan değerler 1/köşegen üstündeki değer olarak yazılmıştır. Bu işlemler sonucunda Tablo 4'te yer alan ikili karşılaştırma matrisi elde edilmiştir.

Tablo 3. Önem Derecesi Tablosu

Önem Derecesi	Tanımı
1	Eşit derecede önemli
3	Orta derecede önemli
5	Güçlü derecede önemli
7	Çok Güçlü derecede önemli
9	Son derecede önemli
2,4,6,8	Ara Değerler

Kaynak: (Asoğlu ve Eren, 2018)

Tablo 4. İkili Karşılaştırma Matrisi

İkili Karşılaştırma Matrisi	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1	1	7	5	7	5	3	3	3
C2	1	1	7	3	3	5	1	1	3
C3	0,14	0,14	1	1	1	1	0,20	0,14	0,14
C4	0,20	0,33	1	1	3	3	0,33	0,14	0,14
C5	0,14	0,33	1	0,33	1	1	0,20	0,33	0,33
C6	0,20	0,20	1	0,33	1	1	0,14	0,33	0,33
C7	0,33	1	5	3	5	7	1	3	3
C8	0,33	1	7	7	3	3	0,33	1	3
C9	0,33	0,33	7	7	3	3	0,33	0,33	1
Toplam	3,69	5,34	37,00	27,67	27,00	29,00	6,54	9,29	13,95

Tablo 4'te elde edilen karar matrisi normalize edildikten sonra AHP işlem adımları uygulanmıştır. Yöntem sonucunda tutarlılık oranı hesaplanırken Şekil 1'de yer alan Eşitlik 4 kullanılmıştır. Eşitlik içerisinde yer alan RI değerini belirlemek için kullanılan rassal indeksler Tablo 5'te verilmiştir (Turgut, vd., 2021). Gerçekleştirilen işlemler sonucu 0,085 olarak elde edilmiştir. Bu değer 0,10'dan küçük olduğu için uygulama sonucunun tutarlı olduğu gözlemlenmiştir. Yöntem sonucunda elde edilen kriter ağırlıkları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 5. RI Değerleri

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51

Kaynak: (Turgut vd., 2021)

Tablo 6. Kriter ağırlıkları

Kriterler	Kriter Ağırlıkları	Sıralama
C1	0,2507	1
C7	0,1821	2
C2	0,1684	3
C8	0,1453	4
C9	0,1076	5
C4	0,0523	6
C5	0,0336	7
C6	0,0315	8
C3	0,0285	9

4.5. TOPSIS Yöntem Çözümü

Bu bölümde problem TOPSIS yöntemi ile çözülerek karar matrisi oluşturulur. Karar matrisinin satırları alternatifleri, sütunları ise kriterleri göstermek üzere Tablo 7'de gösterildiği gibi bir karar matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 7. Karar matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
A1	8	1	2	95	5	5	260	5	5
A2	8	1	2	100	5	5	56	5	5
A3	8	1095	2	65	4	4	275	4	5
A4	-70	8	2	10	2	2	25000	2	2
A5	-60	183	2	80	4	3	158	4	5

Tablo 6'da verilen karar matrisinde nitel kriterler uzman bir hekim tarafından değerlendirme yapılarak sayısallaştırılmıştır. C1 kriteri için aşı sıcaklıklarının üst sınırları ele alınmıştır. C3 kriterinde tek kullanımlıklar 1, çok kullanımlıklar 2 olarak kabul edilmiş ve tüm seçenekler çok kullanımlık olduğu için hepsine eşit olarak 2 değeri verilmiştir. C4 değerinde yer alan kriter maliyet kriteri olduğu için bir dönüşüm gerçekleştirilmiştir. En düşük maliyetli olan alternatifin en çok faydayı sağladığı düşünülerek 100 puan verilmiş ve diğer alternatif fiyatlar bu alternatif temelinde puanlandırılmıştır. C5, C6, C8 ve C9 için ise 1-5 'lik bir değerlendirme skalası (1- Çok Zor, 2-Zor, 3- Orta, 4- Kolay, 5- Çok Kolay) kullanılmıştır. Karar matrisinin elde edilmesinin ardından TOPSIS işlem adımları kullanılarak alternatifler sıralanmıştır. Alternatiflerin sıralanması Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. Alternatif sonuç matrisi

Alternatifler	Sonuçlar	Sıralama
A3	0,599	1
A1	0,470	2
A2	0,469	3
A4	0,400	4
A5	0,157	5

4.6. AHP-TOPSIS Yöntem Sonuçlarının Değerlendirilmesi

AHP yöntemi ile elde edilen kriter değerlendirilmeleri sonucunda öncelikli olarak sıcaklık kriteri çıkmıştır. Bunun nedeni ise aşuların uygun olmayan sıcaklıkta bozulabilir ürünler olmasından kaynaklıdır. Ardından kapasite ikinci sırada yer almıştır. Taşıma yapılması sırasında kapasiteye göre taşıma yapıldığı için bu kriterin de önemi yüksek çıkmıştır. Kriterler ağırlıklarıyla süre, taşınma şekli, taşınma yolu, fiyat, kolaylık, erişilebilirlik ve aşının tek veya çok kullanımlık olması şeklinde sıralanmıştır. Aşının tek ya da çok kullanımlık olması taşıma alternatifini seçerken en az etkiye sahip kriter olmuştur.

TOPSIS yöntemi ile elde edilen alternatifler sıralanmıştır. Alternatif sıralamasına göre A3 (Buzdolabı) seçeneği en uygun alternatif olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışma genel olarak kullanılan aşulari kapsamaktadır. Dünya Sağlık Örgütüne göre tedarik zinciri boyunca aşuların neredeyse tamamının +2 ile +8 derece arasında tutulması gerekmektedir (DSÖ, 2015). Bu noktada A3 seçeneğinin ilk sırada çıkması elde edilen çözümün gerçek hayat ile tutarlı olduğunu göstermektedir. Diğer alternatifler ise sırasıyla A1, A2, A4 ve A5 şeklindedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Aşı, birçok işlem neticesinde tüketicilere daha yoğun bir biçimde gönderilmektedir. Bu gönderim seviyesinde ürünün imalinden sabit bir şekilde çıkması kendi başına yeterli gelmemektedir. Sıcaklığa hassas olan etkin malzemeyi özelliğini etkilemeden, kararlı bir şekilde formülünü bozmadan, soğuk saklama zinciri içinde taşınması ve dağıtılması gereklidir. İmal merkezinden ilaç depolarına, depolardan sağlık birimlerine ve eczanelere sevk edilen bu malzemelerin denge bozulmaları çoğunlukla nakliye esnasında kendini göstermektedir. Kendine mahsus koruma özelliği gereken veya soğuk ortam içinde ilaçların muhafaza şartlarına uygun bir şekilde eczaneye kabul edilmesi, muhafaza edilmesi ve benzer biçimde uygun olarak hasta kişilere ulaştırılması en önemli konudur. Soğuk ortamda korunması gereken bu tip ilaçların sevkinde ortam ısısı takibi yapılabilen seyyar taşıma malzemeleri kullanılarak, bu zaman zarfında çalışacak kişilere gereken bilgi ve eğitimin verilmesi gerekir. Eğer ülkeler onaylanan aşuların hedeflendiği gibi salgını kontrol etmesini ve sona erdirilmesinde önemli rol oynamasını istiyorlar ise bu ilaç ve aşı gibi malzemelerin nakliyesi ve muhafaza edilmesi için uygun lojistik programlarının planlamaları yapmalıdır.

Çalışmada en yaygın kullanılan ÇKKV yöntemleri olan AHP ve TOPSIS yöntemleri ile çözüme ulaşılmıştır. Aşı taşınmasında önemli olan 9 adet kriter belirlenmiş ve 5 adet alternatif bu kriterlere göre kıyaslanmıştır. Belirlenen bu 9 adet kriter sıcaklık, muhafaza süresi, tek veya çok kullanımlık, fiyat, kullanım kolaylığı, erişilebilirlik, kapasite, nakliye şekli ve taşıma yolu olup ÇKKV yöntemi olan AHP yöntemi ile ağırlıkları belirlenmiştir. Kriter ağırlıkları belirlendikten sonra önem derecesi en yüksek kriter sıcaklık olarak bulunmuştur. Çalışmanın ilerleyen safhalarında belirlenen kriterlere göre en uygun alternatif seçimi yapılmıştır. Çıkan sonuçlara göre en uygun alternatif buzdolabı olarak belirlenmiştir. Buzdolabını sırasıyla soğuk kutu, aşı nakil kabı, soğutmalı araçlar ve ultra soğuk dondurucular takip etmektedir.

Aşı, ilaç ve taşıma konusunda pek çok çalışma bulunsa da, literatürde aşı taşıma ile ilgili fazla çalışma bulunmamaktadır. Aşı taşıma ekipmanlarının seçimi problemi AHP ve TOPSIS yöntemleriyle sonuç karşılaştırması sağlaması yönünden literatüre katkı sağlamaktadır.

Bu çalışma ve benzer çalışmalardan yola çıkılarak aşının üretimi, dağıtımı, taşınması, depolanması gibi alanlarda sıcaklığının korunması üzerine araştırmalar ve çalışmalar yapılabilir. Gerekli literatür araştırmaları yapıp, gereken bilgiler ışığında aşı koruma çalışmaları veya sevkiyatta ortaya çıkan problemler ele alınarak çözüm önerileri sunulabilir.



Bu çalışma, etik kurul izni gerektirmemektedir.

Makale ile ilgili notlar

Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırmanın tüm süreçlerinde araştırmanın yazarları eşit derecede katkı sağlamıştır.

KAYNAKÇA

- Akers, MJ. (2006). Special challenges in production of biopharmaceutical dosage forms. *Bioprocess International*, 4(11), 36-43.
- Arslan, A. (2007). *İlaç ve tıbbi malzeme lojistiği ve bir uygulama* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Asoğlu, İ. ve Eren, T. (2018). AHP, TOPSIS, PROMETHEE yöntemleri ile bir işletme için kargo şirketi seçimi. *Yalova Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(16), 102-122.
- Bayram, F. (2018). *İlaç sektöründe lojistik süreçlerin incelenmesi: Bir İşletme Uygulaması*. <https://www.slideshare.net/FurkanOrkanBayram/ila-sektrnde-lojistik-srelerin-ncelenmesi-bir-letme-uygulamas>
- Boğ, M. (2005). *İlaç sektöründe lojistik uygulamalar*. [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Chandra, C. ve Kachhal, S. K. (2004). Managing health care supply chain: Trends, issues, and solutions from a logistics perspective. In *Proceedings of the sixteenth annual society of health systems management engineering forum*, February, 20-21.
- Çevik, V. A. (2021). Tarihin en kapsamlı soğuk zincir uygulaması: Koronavirüs (Covid-19) aşısının lojistiğinde karşılaşılan zorluklar. *Üsküdar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (12), 155-204. <http://doi.org/10.32739/uskudarsbd.7.12.88>
- DSÖ. (1998). *Safe vaccine handling, cold chain and immunizations: A manual for the newly independent states*. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/64776>
- DSÖ. (2015). *Immunization in practice, A Practical Guide For Health Staff*. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/193412>
- Erol, E., Özcan, E. ve Eren, T. (2021). Elektrik üretim santrallerinde iş güvenliği uzmanı seçiminde hibrit bir karar modeli. *Journal of Turkish Operations Management*, 5(1), 615-629.
- Erdal, H. ve Korucuk, S. (2019). İlaç lojistiği kapsamında lojistik kriterlerin DEMATEL yöntemi ile belirlenmesi: Erzurum ili örneği. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(1), 155-166.
- Gültekin, Y. ve Karadağ, M. (2021). Aşı soğuk zinciri: Covid-19 salgını kapsamında Türkiye'nin aşı lojistiği alt yapısının incelenmesi. *Parion Akademik Bakış Dergisi*, 1(1), 19-42.
- Ho, W. (2008). Integrated analytic hierarchy process and its applications-A literature review. *European Journal of Operational Research*, 186(1), 211-228. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.01.004>
- Küçüktürkmen, B. ve Bozkır, A. (2018). Özel saklama koşulu gerektiren veya soğuk zincire tabi ilaçlar ve uygulamalar açısından değerlendirmeler. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 75(3), 305-322. <https://doi.org/10.5505/TurkHijyen.2018.67674>
- Lurquin, M. G. (1996). Streamlining the supply chain in the pharmaceuticals industry. *Logistics Information Management*, 9(6), 6-10. <https://doi.org/10.1108/09576059610148432>
- Lydon, P., Raubenheimer, T., Arnot-Krüger, M. ve Zaffran, M. (2015). Outsourcing vaccine logistics to the private sector: The Evidence and lessons learned from the Western cape province in South-Africa. *Vaccine*, 33(29), 3429-3434. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2015.03.042>
- Minnesota Sağlık Bakanlığı. (2020). *Interim COVID-19 vaccine provider guide information to plan for and administer Covid-19 Vaccine. Appendix A: COVID19 ultra-cold temperature vaccines*. Erişim Adresi: <https://www.health.state.mn.us/diseases/coronavirus/vaccine/provider.html>
- Nagurney, A., Li, D. ve Nagurney, L. S. (2013). Pharmaceutical supply chain networks with outsourcing under price and quality competition. *International Transactions in Operational Research*, 20(6), 859-888. <https://doi.org/10.1111/itor.12031>

- Naik, S., Paleja, A., Mahajan, M., Ramachandran, N., Dixit, S., Matthan, R., Pai, N. ve Kotasthane, P. (2020). A COVID-19 vaccine deployment strategy for India. *Indian Public Policy Review*, 1(2), 42-58. <https://doi.org/10.55763/ippr.2020.01.02.004>
- Nursena, O., Yapıcı, S., Yumuşak, R. ve Eren, T. (2021). Pandemi sürecinde sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi için ilaç deposu ve aşı dağıtım merkezi yeri seçimi. *Politeknik Dergisi*, 1(1). <https://doi.org/10.2339/politeknik.884835>
- Özbek, A. ve Eren, T. (2013). Çok ölçütlü karar verme teknikleri ile hizmet sağlayıcı seçimi. *Akademik Bakış Dergisi*, (36), 1-22.
- Özcan, E.C., Ünlüsoy, S. ve Eren, T. (2017). ANP ve TOPSIS yöntemleriyle Türkiye'de yenilenebilir enerji yatırım alternatiflerinin değerlendirilmesi. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(2), 204-219. <https://doi.org/10.15317/Scitech.2017.82>
- Rashid, M.M. (2020). *Identifying constraints in vaccine supply chain: A case study of finnish redcross*. [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Hanken School of Economics.
- Saaty, T.L. ve Niemira, M.P. (2006). A framework for making a better decision. *Research Review*, 13(1), 1-4.
- Shah, N. (2004). Pharmaceutical supply chains: Key issues and strategies for optimisation. *Computers & Chemical Engineering*, 28(6-7), 929-941. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2003.09.022>
- Shyjith, K., Ilangkumaran, M. ve Kumanan, S. (2008). Multi-criteria decision-making approach to evaluate optimum maintenance strategy in textile industry. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 14(4), 375-386. <https://doi.org/10.1108/13552510810909975>
- Taş, M., Özlemiş, Ş. N., Hamurcu, M. ve Eren, T. (2017). Ankara'da AHP ve PROMETHEE yaklaşımıyla monoray hat tipinin belirlenmesi. *Ekonomi İşletme Siyaset ve Uluslararası İlişkiler Dergisi*, 3(1), 65-89.
- Turgut, Z.N., Danişan, T. ve Eren, E. (2021). Spor ve moda dünyasında giyilebilir teknolojilerin ÇKKV yöntemleriyle değerlendirilmesi ve seçimi. *Herkes için Spor ve Rekreasyon Dergisi*, 3(1), 1-11.
- Uslu, Ş. ve Akçadağ, M. (2012). İlaç sektöründe tersine lojistik ve dağıtımın rolü: Bir uygulama. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(1), 149- 158.
- Yiğit, F. (2002). *Tedarik zinciri yönetimi ve ilaç sektörü uygulaması* [Yayımlanmamış Doktora Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi.