

## Afet Durumları ve Tesis Kurma Oyunları

Medine DEMİR<sup>1\*</sup>, Pınar USTA<sup>2</sup>, Sırma Zeynep ALPARSLAN GÖK<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye; ORCID: [0000-0002-9543-0753](https://orcid.org/0000-0002-9543-0753)

<sup>2</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Türkiye; ORCID: [0000-0001-9809-3855](https://orcid.org/0000-0001-9809-3855)

<sup>3</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye; ORCID: [0000-0001-9435-0527](https://orcid.org/0000-0001-9435-0527)

\* Corresponding Author: [medinemugla@hotmail.com](mailto:medinemugla@hotmail.com)

Received: 21 November 2022; Accepted: 23 December 2022

**Reference/Atıf:** M. Demir, P. Usta, S. Z. Alparslan Gök, “Afet Durumları ve Tesis Kurma Oyunları”, Researcher, vol.3, no.1, pp.1-12, July 2023, doi: 10.55185/researcher.1204631

### Özet



Tarih boyunca, Türkiye'nin bulunduğu coğrafyada birçok doğal afet meydana gelmiştir. Bu doğal afetlerden Türkiye için en önemli olanların başında depremler gelmektedir. Bu depremlerde çok sayıda bina şiddetli deprem nedeniyle zarar görmüş hatta birçok ev yıkılarak yeniden kullanılamaz hale gelmiştir. Bu süreçte evlerini kaybeden depremzedelerin barınma ihtiyaçlarının çözülmesinde geçici konutlar kullanılmaktadır. Söz konusu konutlar geçici yapılar olmasına rağmen, acil durumlarda üretilmesi, yeniden yapılanmaya katkı sağlaması ve kolay kaldırılması nedeniyle afet durumlarında kullanılan önemli ve etkin çözüm faktörlerinden biridir. Bu makalede, kooperatif oyun teorisi tesis kurma oyunlarının geçici konut sorununun desteklenmesinde ve kuruluşlar arasında adil bir maliyet payı oluşturulmasında yardımcı olabileceğini göstermek amaçlanmıştır. Bu makale çalışmasında 2011 yılında Van'da meydana gelmiş bir deprem ele alınmıştır. Bu deprem sonrasında Van (Merkez) ve Van (Erciş)'te bir dizi çadır inşa edilmiştir. Çadırları iki bölge arasında adil bir şekilde dağıtmak için iki şirket seçilmiştir. Kooperatif oyun teorisinin amacı, oyuncular arasında olası bir iş birliği sonucu elde edilecek maliyetin veya yararın uygun dağıtımlarını bulmak ve oyuncuları koalisyon yapmaya teşvik etmenin yollarını araştırmaktır. Bu amaçla tesis kurma durumlarını kullanarak geçici konut sorununu desteklemek ve kuruluşlar arasında adil bir maliyet dağılımı tanımlamak için kooperatif oyun teorisi kullanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** kooperatif oyun teorisi, tesis kurma durumları, yöneylem araştırması, artanların eşit dağıtım kuralları, Shapley değeri

### Abstract

Throughout history, many natural disasters have occurred in the geography where Turkey is located. Earthquakes are among the most important natural disasters for Turkey. In these earthquakes, many buildings are damaged due to the severe earthquake, and many houses are destroyed and become unusable again. Temporary residences are used to meet the shelter needs of earthquake victims who lost their homes in this process. Although the mentioned houses are temporary structures, they are one of the important and effective solution factors used in disaster situations because they are produced in emergencies, contribute to reconstruction and are easily removed. In this article, it is aimed to show that cooperative game theory facility location games can be helpful in supporting the temporary housing problem and establishing a fair cost share among organizations. In this article, an earthquake that occurred in Van in 2011 is discussed. After this earthquake, a series of tents are built in Van (Center) and Van (Erciş). Two companies are chosen to distribute the tents fairly between the two regions. The purpose of cooperative game theory is to find appropriate distributions of the cost or benefit that would result from possible cooperation between players and to explore ways to encourage players to form coalitions. For this purpose, cooperative game theory is used to support the temporary housing problem by using facility location situations and to define a fair cost distribution among organizations.

**Keywords:** cooperative game theory, facility location situations, Operations Research, equal surplus sharing solutions, Shapley value

## 1. Giriş

Türkiye sahip olduğu jeolojik ve topolojik karakteri sebebiyle özellikle doğal afetlere karşı savunmasız ülkeler arasında yer almakta ve sık sık doğal afetlerle karşılaşmaktadır. Tarih boyunca, Türkiye'nin bulunduğu coğrafyada birçok doğal afet meydana gelmiştir. Bu afetlerden Türkiye'de en etkili olanlar depremler, heyelanlar, seller ve yangınlar olmakla birlikte, bu afetler içerisinde Türkiye için en yıkıcı ve en korkutucu olanının deprem olduğu söylenebilir [1]–[2].

Çok sayıda bina, şiddetli depremlerin ardından zarar görmekte hatta yıkılmaktadır ve birçok depremzede evsiz kalmaktadır ve bu durum barınma sorununu depremzedelerin en önemli sorun ve ihtiyaçlarından biri haline getirmektedir. Geçici konutlarda bu süreçte barınma ihtiyacını çözmek için kullanılmaktadır. Şiddetli ve yıkıcı depremlerden sonra oluşturulan geçici konutlar, afetzedelerin normal yaşam aktivitelerini yeniden kurmalarına, rutin hayatlarına dönmeye yardımcı olduğundan konut ihtiyaçları hızlı bir şekilde yanıtlanmalıdır [3]–[4].

Sel ve deprem gibi büyük ölçekli doğal afetlerin ardından acil durum yönetim kurumları, afetzedelere kalıcı konut sağlanıncaya kadar hane halkının günlük faaliyetlerine yeniden dönmelerini sağlamak için yaşadığı konutları kaybetmiş ailelere geçici konut çözümlerinin sağlanması için baskı yaparlar [5]–[6].

Depremler sonrasında insanlar ihtiyaç ve yaşam tarzlarına bağlı olarak barınma ihtiyaçlarını farklı şekillerde gidermektedir. Fakat deprem sonrasında artçı depremler olması ve hasar görmüş evlerinde yeniden yıkılma risk ve ihtimaline karşı konut alanları bir süre kullanılamamaktadır. Dolayısıyla afet sonrasında ortaya çok sayıda hasarlı veya yıkılmış bina çıkmakta ve bu durum afetzedeler için acilen çözülmesi gereken büyük bir konut sorununa yol açmaktadır [7]. Bu nedenle kalıcı konutlar için uygun koşullar beklenmeden geçici konutlarla barınma ihtiyacının acilen giderilmesi gerekmektedir [8].

Nitekim son yıllarda ülkemizde yaşanan doğal felaket sayısının dramatik bir şekilde artmasına bağlı olarak sıklıkla yaşanmaya başlayan felaketler ve sonrasında yaşananlar konut sorunun önemini ortaya koymuştur [3]–[4].

Bu çalışmada afet sonrası geçici konut acil yardım sorununu hızlı ve ekonomik olarak ortadan kaldırmak için tesis kurma durumları, kooperatif oyun teorisi ile modellenip çözüm teknikleri geliştirilmiştir.

Tesis kurma durumları yöneylem araştırması problemlerinden olup, gerçek yaşam problemlerinde kullanılan birçok uygulamaya sahiptir. Bu tip problemlerde bir tesisin inşası için verilen bir toplam maliyet vardır. Bu maliyet, hem her bir kuruluşun tesise uzaklığından hem de her bir tesisin inşasından meydana gelmektedir. Burada amaç toplam maliyeti minimize etmektir.

Kooperatif oyun teorisinin amacı, oyuncular arasındaki iş birliği sonucunda oluşan maliyetin veya faydanın adil bir biçimde dağıtılmasının yollarını araştırmaktır. Bu çalışmada ana amaç tesis kurma durumlarını kooperatif oyun teorisi ile modellemeye ve elde edilen maliyeti adil bir şekilde paylaşımaya dayanmaktadır [9]–[10].

Çalışmada tesis durumlarından olan ve kooperatif oyun teorisi ile modellenebilen acil yardım problemleri için bir karar destek çerçevesinin geliştirilmesine yönelik bir başlangıç yaklaşımı sunulmaktadır. Bu çalışma kooperatif oyun teorisinin kuruluşlar arasında adil bir maliyet dağılımının belirlenmesinde yardımcı olabileceğini göstermektedir.

Genel veya yerel yönetimler yangın, sel ve deprem felaketleri sonucu oluşan acil durumlara müdahale etmekle sorumludur. Son zamanlarda afet sonrası projelerin planlanmasında devlet kurumlarının yanısıra özel kuruluşlar da yer almaktadır [11].

Bu çalışmada afet sonrasında acil ihtiyaç duyulan çadır kentlerin seçimi ve geliştirilmesi konusunda acil yardım problemlerinde karar vericileri hızlı ve ekonomik olarak desteklemek ve yönlendirmek için bir yaklaşım önerilmektedir. Farklı yanıt veren kuruluşlar arasındaki iş birliği, etkili müdahale operasyonlarının önemli bir bileşenidir [12].

Çalışmanın kapsamı göz önüne alındığında, kurulacak tesislerin toplam maliyetini en aza indirmek ve müşterilere mal veya hizmet ulaştırılması için bazı tesislerin sürekli veya ayrı bir alana yerleştirilmesi konusunda tesis kurma durumlarının kooperatif oyun teorisi ile modellenmesi uygundur [13]–[14].

Bu çalışmada, deprem sonrasında acil ihtiyaç duyulan çadır kentlerin ihtiyaç sahiplerine ulaştırılmasında çadırların temini, dağıtımı ve kurulumu süreçlerindeki maliyetin belirlenmesinde kooperatif oyun teorisi modellerinin potansiyel varlığı araştırılmıştır. Çalışma, tesis kurma oyunlarının çeşitli kuruluşlar arasında adil bir maliyet dağılımı sağlayacağını göstermektedir.

## 2. Literatür Özetleri

Kooperatif oyun teorisinin özellikleri ve temel kavramları 1944 yılında Von Neumann ve Morgenstern tarafından geliştirilmiştir [10]. Von Neumann ve Morgenstern'nin "Theory of Games and Economic Behavior" isimli kitabında, çok kompleks stratejik davranış modellerini daha basit modellere indirgemeyi denemiş, bunu başarmak için de karakteristik fonksiyon modelini çıkarmışlardır.

Shapley, 1953 yılında Shapley değerini bularak bilime önemli katkıda bulunmuştur. Daha sonra Shapley değeri ile ilgili çeşitli karakterizasyonlar yapılmıştır.

Kooperatif oyun teorisinde kullanılan çözüm kavramlarından biri de Banzhaf değeridir. Banzhaf değerine, [15] ilk olarak Banzhaf tarafından oylama oyunlarında bahsedilmiştir.

Banzhaf değeri her oyuncunun herhangi bir koalisyona eşit olasılıkla girmesini dikkate alırken, Shapley değeri her oyuncunun aynı boyuttaki herhangi bir koalisyona ve aynı boyuttaki tüm koalisyonlara eşit olasılıkla girmesini dikkate almaktadır.

Kooperatif oyunlar için CIS-değeri (kısıt kümesinin ağırlık merkezi çözümü), ENSC-değeri (eşitlikçi bölünemeyen katkı değeri), ED-değeri (eşit bölme değeri) çözümleri 1991 yılında Driessen ve Funaki tarafından tanımlanmıştır [16]–[17].

Müşterilere hizmet sağlamak için kullanılan tesis kurma oyunları yöneylem araştırması son zamanlarda literatürde sıklıkla çalışılan bir problemdir [18-24]. Tesis kurma durumlarında, bir tesis açmanın ve müşteriyi söz konusu tesise bağlamanın önceden tanımlanmış bir maliyeti vardır[13]. Burada hedeflenen temel amaç, müşterilere dağıtılabilecek toplam maliyeti adil bir şekilde minimize etmektir.

## 3. Kooperatif Oyun Teorisi

Kooperatif oyun teorisi ile ilgili temel kavramlardan bu bölümde bahsedilecektir [25, 27]–[10] referanslarında kooperatif oyun teorisi ile ilgili olarak detaylı bilgiler yer almaktadır.

Bu modelde oyuncu kümesi ve oyuncuların kazanç ya da maliyetlerini belirten bir karakteristik fonksiyon söz konusudur. Oyuncular arasında iş birliği yapılmaktadır ve oyun kurulduktan sonra elde edilen kazancın/maliyetin nasıl adil dağıtılacağına bakılmaktadır.

**Tanım 3.1** n-kişilik bir kooperatif oyun  $\langle N, c \rangle$  ikilisinden oluşur. Burada  $N = \{1, \dots, n\}$  oyuncu kümesi  $c: 2N \rightarrow \mathbb{R}$  karakteristik fonksiyondur. Karakteristik fonksiyon  $\forall S \subseteq N$  koalisyonunu bir reel sayıya götürür yani  $\forall S \in 2N$  için  $c(S)$  koalisyonunun değerini belirtir ve  $c(\emptyset) = 0$  olarak tanımlıdır.

**Örnek 3.1 (Eldiven Oyunu)** Oyuncuların kümesi  $N = \{1, 2, 3\}$  olmak üzere  $L = \{1\}$  ve  $R = \{2, 3\}$  olsun. L kümesinin elemanlarının sol el eldiven imal ettiği R kümesinin elemanlarının ise sağ el eldiven imal ettiği bilinmektedir. Tek el eldiven imal etmenin maliyeti sıfır iken, çift eldiven imalatının bedeli ise 10 TL olduğu bilindiği üzere  $\langle N, c \rangle$  oyunu

S	$\emptyset$	{1}	{2}	{3}	{1,2}	{1,3}	{2,3}	{1,2,3}
c(S)	0	0	0	0	10	10	0	10

şeklinde modellenir [10].

Kooperatif oyun teorisindeki en temel problemlerden biri de tüm koalisyonlar oluşturulmasını takiben, elde edilen kazancın veya maliyetin nasıl paylaşılacağıdır. Bu çözüm kavramlarına; von Neumann (1928) tarafından bulunan "von Neumann çözümü" [28], von Neumann (1944) tarafından bulunan "kararlı kümeler" [29], Shapley(1953) tarafından bulunan "Shapley değeri" [25] örnek olarak

gösterilebilir. Bu şekilde kooperatif oyun teorisindeki bir çözüm kavramı, asgari olarak bir  $x$  ödeme vektörüne karşılık gelir. Kooperatif oyun teorisinde çözüm kavramından bahsetmek için aşağıdaki tanımlara değinilmelidir.

Shapley değeri için önce marjinal katkı vektörünün tanımı verilmelidir.

**Tanım 3.2 (Marjinal Katkı)**  $c \in G^N$  ve  $\sigma \in \pi(N)$  olsun.  $m^\sigma(c) \in \mathbb{R}^N$  marjinal katkı vektörü,  $\forall i \in N$  için,

$$m_i^\sigma(c) := c(P^\sigma(i) \cup \{i\}) - c(P^\sigma(i)) \quad (1)$$

ile gösterilir.

**Tanım 3.3 (Shapley değeri)**  $c \in G^N$  oyununun Shapley değeri olan  $\Phi(c)$ , bir oyunun marjinal vektörlerinin ortalamasıdır. Yani,  $\Phi(c) = \frac{1}{n!} \sum_{\sigma \in \pi(N)} m^\sigma(c)$  dir.

$$\Phi(c) = \frac{1}{n!} \sum_{\sigma \in \pi(N)} m^\sigma(c) \quad (2)$$

Bu denkleme bakarak, Shapley değerinin olasılık yorumunu yapabilir.  $\pi(N)$ 'nin elemanlarının içinde olduğu bir torbadan bir permütasyonu  $\frac{1}{n!}$  olasılıkla çekebilir. O zaman, oyuncular odaya  $\sigma$  permütasyonu sırasında bir bir girer ve her oyuncu odaya marjinal katkısını verir. Shapley değeri

$$\Phi(c) = \frac{1}{n!} \sum_{\sigma \in \pi(N)} (c(P^\sigma(i) \cup \{i\}) - c(P^\sigma(i))) \quad (3)$$

formülü ile de ifade edilir.

**Örnek 3.2** Üç kişilik  $\langle N, c \rangle$  oyunu ve oyunun. Karakteristik fonksiyonları aşağıda gösterildiği gibi olsun.

$S$	$\emptyset$	$\{1\}$	$\{2\}$	$\{3\}$	$\{1,2\}$	$\{1,3\}$	$\{2,3\}$	$\{1,2,3\}$
$c(S)$	0	0	0	0	2	6	1	6

Bu durumda Shapley değeri hesabı için önce marjinal katkı vektörleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1: Marjinal vektörler

$\sigma$	$m_1^\sigma(c)$	$m_2^\sigma(c)$	$m_3^\sigma(c)$
$\sigma_1=(1,2,3)$	0	4	16
$\sigma_2=(1,3,2)$	0	13	7
$\sigma_3=(2,1,3)$	4	0	16
$\sigma_4=(2,3,1)$	5	0	15
$\sigma_5=(3,1,2)$	7	13	0
$\sigma_6=(3,2,1)$	5	15	0

$$\Phi(c) = \frac{1}{3!} \sum_{\sigma \in \pi(3)} m^\sigma(c) = \frac{1}{6} (21, 45, 54) \text{ olarak bulunur.}$$

**Tanım 3.4 (Banzhaf değeri)** 1965 yılında Banzhaf tarafından bulunmuştur.  $\beta(c)$  ile gösterilir.  $\forall i \in N$  ve  $c \in G^N$  için  $\beta: G^N \rightarrow I(\mathbb{R}^N)$  olmak üzere

$$\beta_i(c) = \frac{1}{2^{|N|-1}} \sum_{i \in S} c(S) - c(S \setminus \{i\}) \quad (4)$$

ile tanımlanır.

**Uyarı:** Bundan sonraki kısımlarda kolaylık açısından  $c(\{i,j\})$  notasyonu yerine  $c(ij)$  notasyonu kullanılacaktır.

**Örnek 3.3** Oyuncuların kümesi  $N = \{1,2,3\}$ ,  $c \in G^N$  olmak üzere koalisyon değerleri de

$S$	$\emptyset$	$\{1\}$	$\{2\}$	$\{3\}$	$\{1,2\}$	$\{1,3\}$	$\{2,3\}$	$\{1,2,3\}$
$c(S)$	0	7	0	0	17	7	0	29

olarak verilsin. Buna göre bu oyunun  $\beta(c)$  değeri;

$$\beta_i(c) = \frac{1}{2^{|N|-1}} \sum_{i \in S} (c(S) - c(S \setminus \{i\}))$$

$$\begin{aligned} \beta_1(c) &= \frac{1}{2^2} \sum_{1 \in S} (c(S) - c(S \setminus \{1\})) \\ &= \frac{1}{2^2} (c(1) + c(12) - c(2) + c(13) - c(3) + c(123) - c(23)) \\ &= 15 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_2(c) &= \frac{1}{2^2} \sum_{2 \in S} (c(S) - c(S \setminus \{2\})) \\ &= \frac{1}{2^2} (c(2) + c(12) - c(1) + c(23) - c(3) + c(123) - c(13)) \\ &= 8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_3(c) &= \frac{1}{2^2} \sum_{3 \in S} (c(S) - c(S \setminus \{3\})) \\ &= \frac{1}{2^2} (c(3) + c(13) - c(1) + c(23) - c(2) + c(123) - c(12)) \\ &= 3 \end{aligned}$$

$\beta(c) = (15, 8, 3)$  olarak bulunur.

**Tanım 3.5 (Kısıt kümesinin ağırlık merkezi çözümü)** CIS değeri 1991 yılında Driessen ve Funaki tarafından bulunmuştur.

$\forall c \in G^N, \forall i \in N$  için  $CIS : G^N \rightarrow I(\mathbb{R}^N)$  olmak üzere

$$CIS_i(c) = c(\{i\}) + \frac{1}{|N|} (c(N) - \sum_{j \in N} c(\{j\})) \quad (5)$$

olarak tanımlanır.

**Örnek 3.4** Oyuncuların kümesi  $N = \{1,2,3\}$ ,  $c \in G^N$  olmak üzere koalisyon değerleri de

$S$	$\emptyset$	$\{1\}$	$\{2\}$	$\{3\}$	$\{1,2\}$	$\{1,3\}$	$\{2,3\}$	$\{1,2,3\}$
$c(S)$	0	1	1	0	4	1	3	5

olarak verilsin. Bu oyunun  $CIS(c)$  değeri;

$$CIS_i(c) = c(\{i\}) + \frac{1}{|N|} (c(N) - \sum_{j \in N} c(\{j\}))$$

$$\begin{aligned} CIS_1(c) &= c(1) + \frac{1}{3} (c(123) - (c(1) + c(2) + c(3))) \\ &= 2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CIS_2(c) &= c(2) + \frac{1}{3} (c(123) - (c(1) + c(2) + c(3))) \\ &= 2 \end{aligned}$$

$$CIS_3(c) = c(3) + \frac{1}{3} (c(123) - (c(1) + c(2) + c(3)))$$

=1

$CIS(c)=(2,2,1)$  olarak bulunur.

**Tanım 3.6 (Eşitlikçi Bölünemeyen katkı değeri)**  $ENSC$ -değeri 1991 yılında Driessen ve Funaki tarafından bulunmuştur. Bu değer  $CIS$ -değerinin duali olarak tanımlanır. Yani  $\forall c, c^* \in G^N$  ve  $c^*, c$  nin dual oyunu olsun.

$$ENSC(c) = CIS(c^*) \quad (6)$$

olur.

$c^*, c$  nin duali olsun. Bu durumda  $c, c^* \in G^N$  ve  $\forall S \in 2^N$  için,

$$c^*(S) = c(S) - c(N \setminus S) \quad (7)$$

olur.

**Önerme:**  $\forall S \in 2^N$  için  $ENSC: G^N \rightarrow I(\mathbb{R}^N)$  olup  $\forall i \in N$  için,

$$ENSC_i(c) = -c(N \setminus \{i\}) + \frac{1}{|N|} (c(N) + \sum_{j \in N} c(N \setminus \{j\})) \quad (8)$$

olur.

**Örnek 3.5** Oyuncuların kümesi  $N = \{1,2,3\}$ ,  $c \in G^N$  ve koalisyon değerleri de

$S$	$\emptyset$	$\{1\}$	$\{2\}$	$\{3\}$	$\{1,2\}$	$\{1,3\}$	$\{2,3\}$	$\{1,2,3\}$
$c(S)$	0	2	2	0	7	4	5	9

olarak verilsin.

Buna göre  $ENSC(c)$  değeri;

$$ENSC_i(c) = -c(N \setminus \{i\}) + \frac{1}{|N|} (c(N) + \sum_{j \in N} c(N \setminus \{j\}))$$

$$\begin{aligned} ENSC_1(c) &= -c(23) + \frac{1}{3} (c(123) + c(12) + c(13) + c(23)) \\ &= \frac{10}{3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ENSC_2(c) &= -c(13) + \frac{1}{3} (c(123) + c(12) + c(13) + c(23)) \\ &= \frac{13}{3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ENSC_3(c) &= -c(12) + \frac{1}{3} (c(123) + c(12) + c(13) + c(23)) \\ &= \frac{4}{3} \end{aligned}$$

$ENSC(c) = (\frac{10}{3}, \frac{13}{3}, \frac{4}{3})$  olarak bulunur.

**Örnek 3.6** Oyuncuların kümesi  $N = \{1,2,3\}$  ve koalisyon değerleri de

$S$	$\emptyset$	$\{1\}$	$\{2\}$	$\{3\}$	$\{1,2\}$	$\{1,3\}$	$\{2,3\}$	$\{1,2,3\}$
$c(S)$	0	2	2	0	7	4	5	9

olsun. Bu oyunun  $ED$  -değeri

$$ED_i(c) = \frac{1}{|N|} c(N)$$

$$ED_1(c) = \frac{1}{3} c(\{1,2,3\}) = 3$$

$$ED_2(c) = \frac{1}{3} c(\{1,2,3\}) = 3$$

$$ED_3(c) = \frac{1}{3} c(\{1,2,3\}) = 3 \text{ olup}$$

$ED(c) = (3,3,3)$  olarak bulunur.

#### 4. Tesis Kurma Oyunu

Tesis kurma durumlarında, bir tesis inşa etmek için gereken bir maliyet vardır. Tesis kurma durumlarında biri kamu tesisleri (hastaneler, itfaiye istasyonları vb.), diğeri özel tesisler (dağıtım merkezleri, bazı istasyonlar vb.) olmak üzere iki durum bulunmaktadır.

Her tesis, mevcut konumdaki oyuncuları memnun etmek için inşa edilmiştir. Burada amaç maliyeti minimize etmektir. Minimize edilmek istenilen maliyet oyuncunun tesise olan mesafesinden ve tesisin yapımından oluşmaktadır.

Bir tesis kurma oyununda,  $A$  şirketlerin kümesi, tesislerin kümesi  $F$ , bir tesisin açma maliyeti  $f_i$ , her tesis için  $i \in F$  ve bir mesafe  $d_{ij}$  her çift nokta arasında  $(i, j)$ ,  $j$ 'yi  $i$ 'ye bağlamanın maliyetini gösteren  $A \cup F$  verilir. Mesafelerin bir metrik uzaydan geldiği varsayılır (simetrikler ve üçgen eşitsizliğine uyarlar).

Bir  $S \subset A$  şirketler kümesi için, bu kümenin maliyeti, bir dizi tesis açmanın ve  $S$ 'deki her aracıyı açık bir tesise bağlamanın minimum maliyeti olarak tanımlanır. Maliyet fonksiyonu  $c$  ile tanımlanır [14].

$$c(S) = \min\{ \sum_{i \in F^*} f_i + \sum_{j \in S} \min_{i \in F^*} d_{ij} \}$$

Tesis kurma oyununa Van depremi örnek verilirse; 23 Ekim 2011 tarihinde 7,2 büyüklüğünde Van'ın merkeze bağlı Tabanlı Köyü'nde ve 9 Kasım 2011 tarihinde 5,6 büyüklüğünde Van'ın Edremit İlçesi'nde olmak üzere iki adet büyük deprem meydana gelmiştir. Van'da meydana gelen ikinci depremin ardından 644 kişi yaşamını yitirmiş, 650.000 kişi ise doğrudan veya dolaylı olarak depremden etkilenmiştir. Deprem sonrasında şehirde Merkez'de 31, Erciş'te 4 olmak üzere toplam 35 konteynerkent kurulmuştur. Şubat 2012 tarihinde çadır kentler kapatılarak depremzedeler geçici konutlara yerleştirilmiştir. Van depremi sonrası konteyner kent bilgileri Tablo 2 de verilmiştir [30].

Tablo 2: Van depremi sonrası kurulan geçici konut bilgileri

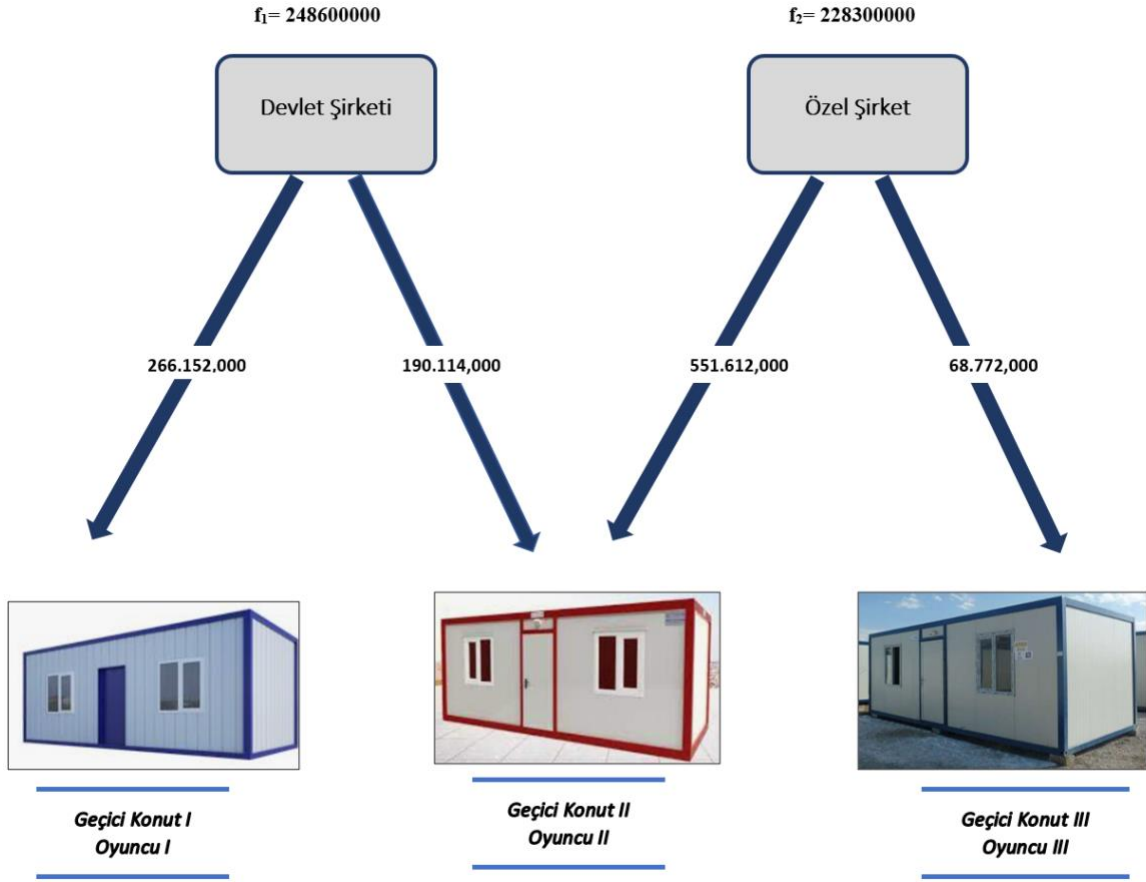
İl	Konteynerkent	Konteyner (adet)	Nüfus
Van (Merkez)	31	24.014	147.319
Van (Erciş)	4	5.472	27.71
<b>Toplam</b>	<b>35</b>	<b>29.486</b>	<b>175.070</b>

Bu çalışmada gerçek verilerden yararlanılarak Van depremi sonrasında kurulan geçici konteyner kent için Tesis durumu ele alınmıştır. Van merkez ve Erciş'te kullanılmak üzere toplamda 29.486 adet geçici konut dağıtımı yapılmıştır. Bu dağıtım Devlet ve özel olmak üzere iki ana kaynak üzerinden yapılmıştır. Tablo 3'te geçici konutların sayısı ve maliyet durumu verilmiştir.

Tablo 3: Van depremi geçici konutların sayısı ve maliyet durumu

Temporary House No, Name	Ev sayısı	Her bir ev için devlete bağlı şirketin maliyeti	Her bir ev için özel şirketin maliyeti	Devlet şirketinin toplam maliyeti	Özel şirketin toplam maliyeti
1, Van Merkez	14.008	19.000 TL	22.000 TL	266152000 TL	-
2, Van Merkez	10.006	19.000 TL	22.000 TL	190114000 TL	551612000 TL
3, Van Erciş	5.472	-	22.000 TL	-	68772000 TL

Tesis kurma durumuna ait kooperatif oyun modeli Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1: Tesis kurma durumuna ait kooperatif oyun modeli

Bu modelin koalisyon değerleri,

$c(1) = 514752000$ ;  $c(2) = 438714000$ ;  $c(3) = 297072000$ ;  $c(12) = 704866000$ ;  $c(23) = 848684000$ ;  $c(13) = 811824000$ ;  $c(123) = 1001938000$  şeklindedir.

İlgili oyuna ait marjinal vektörler Tablo 4’te gösterilmiştir.



Tablo 4: Marjinal vektörler

$\sigma$	$m_1^\sigma(c)$	$m_2^\sigma(c)$	$m_3^\sigma(c)$
$\sigma_1=(1,2,3)$	514752000	190114000	297072000
$\sigma_2=(1,3,2)$	514752000	190114000	297072000
$\sigma_3=(2,1,3)$	266152000	438714000	297072000
$\sigma_4=(2,3,1)$	153254000	438714000	409970000
$\sigma_5=(3,1,2)$	514752000	190114000	297072000
$\sigma_6=(3,2,1)$	153254000	551612000	297072000

Yukarıdaki oyuna ait sırasıyla Shapley değeri, Banzhaf değeri, CIS değeri, ENSC değeri ve ED çözümünü bulalım.

Shapley değeri:

$$\begin{aligned}\Phi(c) &= \frac{1}{3!} \sum_{\sigma \in \pi(3)} m^\sigma(c) \\ &= \frac{1}{3} (1058458000, 999691000, 947665000) \text{ olarak bulunur.}\end{aligned}$$

Banzhaf değeri:

$$\beta_i(c) = \frac{1}{2^{|N|-1}} \sum_{i \in S} (c(S) - c(S \setminus \{i\}))$$

$$\begin{aligned}\beta_1(c) &= \frac{1}{2^2} \sum_{1 \in S} (c(S) - c(S \setminus \{1\})) \\ &= \frac{1}{2^2} (c(1) + c(12) - c(2) + c(13) - c(3) + c(123) - c(23)) \\ &= 362227500\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\beta_2(c) &= \frac{1}{2^2} \sum_{2 \in S} (c(S) - c(S \setminus \{2\})) \\ &= \frac{1}{2^2} (c(2) + c(12) - c(1) + c(23) - c(3) + c(123) - c(13)) \\ &= 342638500\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\beta_3(c) &= \frac{1}{2^2} \sum_{3 \in S} (c(S) - c(S \setminus \{3\})) \\ &= \frac{1}{2^2} (c(3) + c(13) - c(1) + c(23) - c(2) + c(123) - c(12)) \\ &= 399564500\end{aligned}$$

$\beta(c) = (362227500, 342638500, 399564500)$  olarak bulunur.

CIS değeri:

$$CIS_i(c) = c(\{i\}) + \frac{1}{|N|} (c(N) - \sum_{j \in N} c(\{j\}))$$

$$\begin{aligned}CIS_1(c) &= c(\{1\}) + \frac{1}{3} (c(\{123\}) - (c(\{1\}) + c(\{2\}) + c(\{3\}))) \\ &= \frac{780904000}{3}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}CIS_2(c) &= c(\{2\}) + \frac{1}{3} (c(\{123\}) - (c(\{1\}) + c(\{2\}) + c(\{3\}))) \\ &= \frac{552790000}{3}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CIS_3(c) &= c(\{3\}) + \frac{1}{3} (c(\{123\}) - (c(\{1\}) + c(\{2\}) + c(\{3\}))) \\ &= \frac{127864000}{3} \end{aligned}$$

$$CIS(c) = \left( \frac{780904000}{3}, \frac{552790000}{3}, \frac{127864000}{3} \right) \text{ olarak bulunur.}$$

ENSC değerini hesaplayalım:

$$ENSC_i(c) = -c(N \setminus \{i\}) + \frac{1}{|N|} (c(N) + \sum_{j \in N} c(N \setminus \{j\}))$$

$$\begin{aligned} ENSC_1(c) &= -c(\{23\}) + \frac{1}{3} (c(\{123\}) + c(\{12\}) + c(\{13\}) + c(\{23\})) \\ &= \frac{821260000}{3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ENSC_2(c) &= -c(\{13\}) + \frac{1}{3} (c(\{123\}) + c(\{12\}) + c(\{13\}) + c(\{23\})) \\ &= \frac{931840000}{3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ENSC_3(c) &= -c(\{12\}) + \frac{1}{3} (c(\{123\}) + c(\{12\}) + c(\{13\}) + c(\{23\})) \\ &= \frac{1252714000}{3} \end{aligned}$$

$$ENSC(c) = \left( \frac{821260000}{3}, \frac{931840000}{3}, \frac{1252714000}{3} \right) \text{ olarak bulunur.}$$

ED çözümü;

$$ED_i(c) = \frac{1}{|N|} c(N)$$

$$ED_1(c) = \frac{1}{3} c(\{1,2,3\}) = \frac{1001938000}{3}$$

$$ED_2(c) = \frac{1}{3} c(\{1,2,3\}) = \frac{1001938000}{3}$$

$$ED_3(c) = \frac{1}{3} c(\{1,2,3\}) = \frac{1001938000}{3} \text{ bulunur.}$$

$$ED(c) = \left( \frac{1001938000}{3}, \frac{1001938000}{3}, \frac{1001938000}{3} \right) \text{ olarak bulunur.}$$

Tesis kurma durumuna ait kooperatif oyun modeli tüm çözümlere ait değerler Tablo 5'te verilmiştir.

Çözümler	Tablo 5: Tesis kurma durumuna ait kooperatif oyun modeli çözüm sonuçları			Vektörel Gösterim
	Van Merkez 1	Van Merkez 2	Van Erciş	
Shapley değeri	$\frac{105845000}{3}$	$\frac{999691000}{3}$	$\frac{947665000}{3}$	(352819333,333230333,315888333)
Banzhaf değeri	362227500	342638500	399564500	(362227500,342638500,399564500)
CIS-değeri	$\frac{780904000}{3}$	$\frac{552790000}{3}$	$\frac{127864000}{3}$	(260301333,184263333,426213333)
ENSC-değeri	$\frac{821260000}{3}$	$\frac{931840000}{3}$	$\frac{1252714000}{3}$	(273753333,310613333,417571333)
ED-çözümü	$\frac{1001938000}{3}$	$\frac{1001938000}{3}$	$\frac{1001938000}{3}$	(333979333,333979333,333979333)

## 5. Sonuç

Şiddetli depremlerden etkilenen birçok ülkede, öncelikli ve en önemli sorun deprem sonrası konut sorununun hızlı ve etkili olarak çözülmesi, depremzedelerin hayatlarını normale döndürmek ve barınmaları için gerekli geçici konutların sağlanmasıdır. Bu nedenle afetlerden sonra ortaya çıkan barınma ile ilgili sorunlar bilimsel alanda hala geniş bir araştırma ve tartışmaya sahiptir.

Gerekli tasarım ve yönetmeliklere uygun olarak yapılmamış binaların birçoğu deprem yükleri etkisinde büyük hasar almaktadırlar. Dolayısıyla özellikle kötü yapı stoğuna sahip şehirlerde yaşanan şiddetli depremlerde binalar kendilerinden beklenen performansı sergileyememekte ve yıkılmaktadırlar. Bu durumda geçici konutların deprem bölgelerine temini öncelikli ihtiyaç olarak karşımıza çıkmaktadır. Burada temel amaç geçici konutların en kısa sürede sahiplerine ulaştırılmasıdır.

Bu çalışmada depremden etkilenen bölgelerin geçici konut sorununa yanıt verecek bir tesis yerleşim planlaması sunulmuş ve Van ilinde deprem sonrasında ortaya çıkan geçici konut sorunu ele alınmıştır. Geçici konutların inşa edildiği üç yer arasında kooperatif tesis kurma oyunu kurulmuş ve kooperatif oyun teorisi kullanılarak çözümler elde edilmiştir.

Çalışmamız sonucu elde ettiğimiz Tablo 5'i değerlendirirsek Shapley değeri, Banzhaf değeri, CIS-değeri, ENSC- değeri ve ED-çözümüne ait sonuçlar birbirine yakındır. Shapley değeri'nin, Banzhaf değeri'nin, CIS-değeri'nin, ENSC- değeri'nin ve ED-çözümü'nün 1. ve 2. bileşeni maliyet olarak alınabilir fakat 3. bileşeni alınamaz. Çünkü 3. bileşenlerin değeri yüksektir. Genel anlamda çözüm sonuçlarının hepsi kullanılabilir ve hepsi iyi sonuç verir diyebiliriz.

Verimlilik, koalisyonel bağımsızlık ve bireysel bağımsızlık açısından bakarsak, Shapley değeri verimliliği sağlar fakat koalisyonel bağımsızlığı ve bireysel bağımsızlığı sağlamaz. Banzhaf değeri verimliliği, koalisyonel bağımsızlığı ve bireysel bağımsızlığı sağlamaz. CIS-değeri de verimliliği, koalisyonel bağımsızlığı ve bireysel bağımsızlığı sağlamaz, ENSC- değeri verimliliği sağlar fakat koalisyonel bağımsızlığı ve bireysel bağımsızlığı sağlamaz. ED-çözümü de verimliliği sağlar fakat koalisyonel bağımsızlığı ve bireysel bağımsızlığı sağlamaz. Dolayısıyla Shapley değeri, ENSC- değeri ve ED-çözümü çözüm sonuçları daha iyi sonuç verir.

Tesis kurma durumlarında amaç maliyeti minimize etmektir. Dolayısıyla minimize edilmek istenilen maliyet oyuncunun tesise olan mesafesinden ve tesisin yapımından oluşmaktadır. Beş çözüm sonucu birbirine yakın olduğu için beşi de kullanılabilir ve güzel sonuçlar verir. Eğer verimlilik, koalisyonel bağımsızlık ve bireysel bağımsızlık açısından bakarsak da, Shapley değeri, ENSC- değeri ve ED-çözümü çözüm sonuçlarını kullanmak daha faydalıdır.

## Contribution of Researchers

All researchers have contributed equally to writing this paper.

## Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

## Kaynaklar

- [1] Limoncu, S., Celebioğlu, B., "Post-Disaster sustainable housing system in Turkey," *In Proceedings of the I-Rec 2006 International Conference on Post-Disaster Reconstruction: Meeting Stakeholder Interests*, 2006.
- [2] Güneş, O., "Turkey's grand challenge: Disaster-proof building inventory within 20 years," *Case Studies in Construction Materials*, vol. 2, pp. 18-34, 2015.
- [3] Johnson, C., "Impacts of prefabricated temporary housing after disasters: 1999 earthquakes in Turkey," *Habitat International*, vol. 31, no. 1, pp. 36-52, 2007.
- [4] Félix, D., Branco, J.M., Feio, A., "Temporary housing after disasters: A state of the art survey," *Habitat International*, vol. 40, pp. 136-141, 2013.
- [5] Arslan, H., Cosgun, N., "Reuse and recycle potentials of the temporary houses after occupancy: Example of

- Duzce, Turkey," *Building and Environment*, vol. 43, no. 5, pp. 702-709, 2008.
- [6] El-Anwar, O., El-Rayes, K., Elnashai, "An automated system for optimizing post-disaster temporary housing allocation", *Automation in Construction*, vol. 18, no.7, pp. 983-993, 2009.
- [7] Limoncu, S., Bayülgen, C., "Housing Issues After Disaster in Turkey", *Megaron*, vol.3, no.1, 2008.
- [8] Özata, Ş., Limoncu, S., "Analysing Post-Earthquake Housing Practices in İstanbul and Its Surroundings Between 16th and 20th Centuries," *Megaron*, vol. 9, no. 3, pp. 217-227, 2014.
- [9] Puerto, J., Tamir, A., Perea, F., "Cooperative location games based on the minimum diameter spanning Steiner subgraph problem," *Discrete Applied Mathematics*, vol.160, no. 7, pp. 970-979, 2012.
- [10] Tijs, S. H., "Introduction to game theory," *India: SIAM Hindustan Book Agency*, 2003.
- [11] Coles, J., Zhuang, J., "Decisions in disaster recovery operations: A game theoretic perspective on organization cooperation," *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, vol.8, no.1, 2011.
- [12] Mu, L., Ma, J., "Game theory analysis of price decision in real estate industry," *International Journal of Nonlinear Science*, vol.3, no. 2, pp.155-160, 2007.
- [13] Goemans, M. X., Skutella, M., "Cooperative facility location games," *Journal of Algorithms*, vol.50, no.2, pp. 194-214, 2004.
- [14] Mallozzi, L., "Cooperative games in facility location situations with regional fixed costs", *Optimization Letters*, vol. 5, no.1, pp. 173-181, 2011.
- [15] Banzhaf, J.F., "Weighted Voting Doesn't Work: A Mathematical Analysis," *Rutgers University Law Review*, vol. 19, pp. 317-343, 1965.
- [16] Driessen, T.S.H., Funaki, Y., "Coincidence of and collinearity between game-theoretic solutions," *OR Spectrum*, vol.13, no.1, pp.15-30, 1991.
- [17] van den Brink R., Funaki Y., "Axiomatizations of a Class of Equal Surplus Sharing Solutions for TU-Games," *Theory and Decision*, Vol. 67, no.3, pp. 303-340, 2009.
- [18] Aardal, K., van den Berg, P. L., Gijswijt, D., and Li, S., "Approximation algorithms for hard capacitated k-facility location problems," *European Journal of Operational Research*, vol. 242 no.2, pp. 358-368, 2015.
- [19] Kulturel-Konak, S., and Konak, A., "A large-scale hybrid simulated annealing algorithm for cyclic facility layout problems," *Engineering Optimization*, vol. 47, no.7, pp. 963-978, 2015.
- [20] Akgün, İ., Gümüşbuğa, F., and Tansel, B., "Risk based facility location by using fault tree analysis in disaster management," *Omega*, vol. 52, pp. 168-179, 2015.
- [21] Current, J., Min, H., Schilling, D., "Multiobjective analysis of facility location decisions," *European Journal of Operational Research*, vol. 49, no. 3, pp. 295-307, 1990.
- [21] Johnson, L. A., Montgomery, D. C., "Operations research in production planning, scheduling, and inventory control," vol.6, New York: Wiley, 1974.
- [23] Luss, H., "Operations research and capacity expansion problems: A survey," *Operations Research*, vol.30, no.5, pp. 907-947, 1982.
- [24] Francis, R. L., McGinnis, L. F., and White, J. A., "Facility layout and location: an analytical approach," *Pearson College Division*, 1982.
- [25] Shapley, L.S., "A value for n-person games," *Annals of Mathematics Studies*, vol. 28, pp. 307-317, 1953.
- [26] Curiel, I., "Cooperative Game Theory and Applications," *Springer-Verlag*, 194p, USA, 1997.
- [27] Branzei, R., Dimitrov, D., Tijs, S., "Models in Cooperative Game Theory," *Springer-Verlag*, 204p, Berlin, 2008.
- [28] von Neumann, J., "Zur theorie der gesellschaftsspiele," *Mathematische Annalen*, vol.100, no.1, pp. 295-320, 1928.
- [29] von Neumann, J., Morgenstern, O., "Theory of Games and Economic Behavior," *Princeton University Press*, 776p, Princeton, 1944.
- [30] Çınar, A. K., Akgün, Y., and Maral, H., "Afet sonrası acil toplanma ve geçici barınma alanlarının planlanmasındaki faktörlerin incelenmesi: İzmir-Karşıyaka örneği," *Planlama*, vol. 28, no.2, pp. 179-200, 2018.
- [31] Palanci, O., Alparslan Gok, S.Z., "Facility Location Situations and Related Games in Cooperation Spatial Interaction Models Volume 118 of the series," *Springer Optimization and Its Applications*, pp. 247-260, 2017.
- [32] Usta, P., Ergun, S., and Alparslan Gok, S.Z., "A cooperative game theory approach to post disaster housing problem," *Handbook of Research on Emergent Applications of Optimization Algorithms Chapter 14 IGI Global*, pp. 314-325, USA, 2018
- [33] Tüzün S., "Oyun Teorisindeki Eşit Dağıtım Kuralları Üzerine," Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, 2021.
- [34] Qasim, E., Alparslan Gok, S.Z., Palanci, O., "An Application of Cooperative Grey Games to Post-Disaster Housing Problem," *International Journal of Supply and Operations Management (IJSOM)*, Vol. 6, no.1, pp. 57-66, 2019.