

AKILLI ADAPTE OLABİLEN ve TERÖR AMAÇLI SALDIRILAR
DÜZENLEYEN DÜŞMANA KARŞI GÜVENLİĞİ SAĞLAMAK İÇİN
KAYNAKLARIN OPTİMAL KULLANIMININ OYUN KURAMI
EKSENİNDE İNCELENMESİ

Hasan Tugay BİRİHAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

TOBB EKONOMİ ve TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ARALIK 2012

ANKARA

Fen Bilimleri Enstitü onayı

Professor Dr. Ünver KAYNAK
Müdür

Bu tezin Yüksek Lisans derecesinin tüm gereksinimlerini sağladığımı onaylarım.

Professor Dr. Ömer SAATÇIOĞLU
Anabilim Dalı Başkanı

Hasan Tugay BİRİHAN tarafından hazırlanan *AKILLI ADAPTE OLABİLEN ve TERÖR AMAÇLI SALDIRILAR DÜZENLEYEN DÜŞMANA KARŞI GÜVENLİĞİ SAĞLAMAK İÇİN KAYNAKLARIN OPTİMAL KULLANIMININ OYUN KURAMI EKSENİNDE İNCELENMESİ* adlı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd Doç Dr. Niyazi Onur BAKIR
Tez Danışmanı

Tez Juri Üyeleri :

Başkan: Yrd. Doç.Dr. Salih TEKİN

Üye: Yrd. Doç. Dr. Niyazi Onur BAKIR

Üye: Yrd. Doç. Dr. Ayça ÖZDOĞAN

Tez Bildirimi

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Hasan Tugay BİRİHAN

Üniversitesi : TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi
Enstitü : Fen Bilimleri
Ana Bilim Dalı : Endüstri Mühendisliği
Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Niyazi Onur BAKIR
Tez Türü ve Tarihi : Yüksek Lisans - Aralık 2012

Hasan Tugay BİRİHAN

AKILLI ADAPTE OLABİLEN ve TERÖR AMAÇLI SALDIRILAR DÜZENLEYEN
DÜŞMANA KARŞI GÜVENLİĞİ SAĞLAMAK İÇİN KAYNAKLARIN OPTİMAL
KULLANIMININ OYUN KURAMI EKSENİNDE İNCELENMESİ

ÖZET

Terörizm son dönemlerde uluslararası boyuta ulaşmış, terörist örgütler küresel boyuttaki siyasi emellerine ulaşmak için birden fazla ülkeyi hedef almaya başlamışlardır. Tehdit altındaki ülkeler kendi toprakları dahilindeki hedefleri hem ekonomik çıkarları, hem de toplumsal psikolojinin yüksek tutulması açısından korumak zorundadır. Biz bu çalışmada ekonomik kıstaslar üzerinden bu hedeflerin korunması problemini ele aldık. Bu hedeflerin korunması oldukça maliyetli bir iştir; bu koruma maliyetleri ve riskin azaltılması için analitik bir yaklaşım gerekmektedir. Hedefleri doğrultusunda adapte olabilen düşman için oyun teorisi yaklaşımı kullanılan en etkili yöntemlerden biridir. Teröristin düzenleyeceği eylemlerde en fazla zararı vermek istemektedir. Devletin amacı ya teröristin kendi topraklarında saldırısını önlemek ya da gerçekleştirilen saldırıda en az kaybı yaşamaktır. Biz bu devlet-terörist oyununda, savunmacı ve saldırganın eş zamanlı hareket etmediği varsayımı yapmaktayız. Devlet öncelikle korunacak hedeflere kaynak atamalarını yapmaktadır. Terörist, devleti gözlemlemekte ve saldırılarını gerçekleştirmektedir.

Bu çalışmada iki oyuncunun olduğu, devletin sınırları içerisinde potansiyel iki hedefin olduğu ve bu hedeflere saldırı düzenleme olasılıkları inceleyen bir oyun kuramı modeli kurulmuştur. Saldırganın kazançları üzerinde Bayesyen yaklaşımdan yararlanılmış ve savunmacının kayıp fonksiyonu tanımlanmıştır. Bu model kullanılarak istihbaratın değeri ve verilen kararlar üzerindeki etkisinin incelenmesi hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler : Oyun Teorisi, Stackelberg Oyunları, Bayesyen Oyunlar, Kaynak Atama, Terör Saldırısı

University : TOBB University of Economics and Technology
Institute : Institute of Natural and Applied Sciences
Science Programme : Industrial Engineering
Supervisor : Yrd.Doç.Dr. Niyazi Onur BAKIR
Degree Awarded and Date : Yüksek Lisans - Aralık 2012

Hasan Tugay BİRİHAN

SMART ADAPTIVE and AGAINST TO THE ENEMY THAT ORGANIZED
ATTACK TERROR PURPOSE, OPTIMAL USE OF AVAILABLE RESOURCES
AT THE ASPECT of GAME THEORY ANALYSIS

ABSTRACT

Terrorism has recently reached the international extents, terrorist organizations have started to target more countries to achieve their political aims in global scale. Threatened countries are obliged to defend the targets within their territory for their economic interests and societal psychology. In this study, we examined the problem of defending these targets within the framework of economic measures. Defending these targets is so costly that for decreasing the cost of defending and the risk, analytical approach is required. Game-Theory is one the most effective approach used for the enemies adapting in accordance to their targets. Government's aim is prevent terrorist attacks within their territory or minimizing the loss in the terrorist attack. In this government-terrorist game, we assume that attacker and the defender do not move simultaneously. The State primarily allocates security resources to targets that to be protected. On the other side, the terrorist observes the state and carries out terrorist attacks.

In this study a model with two players, two potential targets in the government's territory and analyzing the possibility of attack on this targets was established. Bayesian approach was used on the gain of the attacker and loss function of defender was defined. By using this model, it is aimed to investigate the worth of intelligence and its effect on decisions to be made.

Keywords : Game Theory, Stackelberg Games, Bayesian Games, Resource Allocation, Terror Attack

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca önemli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren çok değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Niyazi Onur BAKIR'a teşekkürümü bir borç bilirim.

Maddi ve manevi desteğini esirgemeyen sevgili aileme, çalışmalarım boyunca bana motivasyon sağlayan ve zor günlerimde yanımda olan değerli dostlarım Buğra ERSÜ, Cihat ÖZTÜRK ve Hasan ERBAY'a, üstün ekonomi bilgisinden faydalandığım değerli dostum AB. Uzman Yardımcısı Enver ÖZMEN'e, Z-86 ve 170 ofisleri başta olmak üzere tüm asistan arkadaşlarıma, yüksek lisans süresince maddi destek sağlayan TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesine, kıymetli tecrübelerimden faydalandığım Endüstri Mühendisliği öğretim üyelerine ve tüm dostlarıma teşekkür ederim.

İçindekiler

Tez Bildirimi	iii
Özet	iv
Abstract	v
Teşekkür	vi
Şekil Listesi	viii
Tablo Listesi	ix
1 Giriş	1
2 Oyun Kuramı ve Oyun Türleri	3
2.1 Nash Dengesi	3
2.2 Stackelberg Oyunları	4
2.3 Bayesyen Oyunlar	6
2.4 Terörizm ve Oyun Kuramı	9
3 Literatür Araştırması	15
4 Problemin Tanımı ve Modeli	22
4.1 Formülasyon	24
4.2 Bilginin Olmadığı Durumda Amaç Fonksiyonu	25
4.2.1 Durum 1	25
4.2.2 Durum 2	26
4.2.3 Durum 3	26
4.2.4 Durum 4	27
4.2.5 Durum 5	28
4.2.6 Durum 6	30
4.3 İstihbarat Elde Edildiğinde Amaç Fonksiyonları	32
4.3.1 İstihbarat Durum 1	32
4.3.2 İstihbarat Durum 2	33

4.3.3	İstihbarat Durum 3	34
4.3.4	İstihbarat Durum 4	34
4.3.5	İstihbarat Durum 5	41
4.3.6	İstihbarat Durum 6	56
5	Nümerik Çalışma	68
6	Sonuç ve Değerlendirme	78
	Kaynaklar	81
	EKLER	84
A	Eşik Değeri Parametresi İçin Analiz Sonuçları	85
B	İstihbarat Parametresi İçin Analiz Sonuçları	86
C	1. Bölgedeki Değişiklikler İçin Analiz Sonuçları	87
D	2. Bölgedeki Değişiklikler İçin Analiz Sonuçları	88
E	Teknoloji Parametreleri İçin Analiz Sonuçları	89
F	Form 1 Ekranı	90
G	Form 2 Ekranı	91
	ÖZGEÇMİŞ	92

Şekil Listesi

1	Bayesyen Oyun Örneği	8
2	İstihbarat parametresi için B.D. grafiği	71
3	Teknoloji parametresi için B.D. grafiği	71
4	İkinci bölgedeki değişiklikler için B.D. grafiği	73
5	Birinci bölgedeki değişiklikler için B.D. grafiği	74
6	Eşik değeri için K.F. grafiği	77
7	1. bölgenin değeri ve istihbarat değerindeki değişim	77
8	İstihbarat değerleri ve 1. bölgedeki teknoloji parametresinde değişim . .	78
9	İstihbarat değerleri ve 2. bölgedeki teknoloji parametresinde değişim . .	79
10	Form 1 Ekranı	90
11	Form 2 Ekranı	91

Tablo Listesi

1	Nash ve Stackelberg Oyunu Arasındaki Fark	5
2	Test parametreleri	68
3	İstihbarat parametresi için Bilginin Değeri	72
4	Teknoloji parametresi için Bilginin Değeri	73
5	İkinci bölgenin parametreleri için B.D.	74
6	Birinci bölgenin parametreleri için B.D.	75
7	Eşik değerindeki değişiklikler için B.D.	76
8	Eşik Değerinin Değişik Parametreleri İçin Sonuçlar	85
9	İstihbarat Parametresindeki Değişiklikler İçin Analiz Sonuçları	86
10	1. Bölgedeki Değişiklikler İçin Analiz Sonuçları	87
11	2. Bölgedeki Değişiklikler İçin Analiz Sonuçları	88
12	Teknoloji Parametresindeki Değişiklikler İçin Analiz Sonuçları	89

1 Giriş

Oyun Kuramı, birden çok ajanın bulunduğu ve her ajanın ödülünün diğer ajanların eylemlerine bağlı olduğu ortamlarda karar verme işlemine yardımcı olacak araçlar geliştirmektedir. Oyun teorisinde bir ajan kendi eylemini belirlerken diğer ajanın kendi eylemi üzerinde etkisini de bilmek istemektedir. Bir oyuncunun stratejisi böylelikle mevcut durumda bulunduğu konuma ve diğer ajanın seçimlerine bağlı olarak şekillenir. Oyun teorisi çıkarları çelişen en az 2 oyuncunun stratejik karar almasına yardımcı olan, her oyuncunun belirli kurallara göre hareket ettiği matematiksel bir yaklaşımdır. Her karar vericinin, kendisi için iyi durumu sağlayan stratejiyi belirlerken sergilediği davranışlar bir oyun oluşturur. Oyun teorisi esas olarak oyuncunun çıkarlarını sağlayacak bir denge noktası bulmayı amaçlamaktadır.

Emile Borel 1921 yılında stratejik oyunlar üzerine yaptığı çalışmalarda iki kişilik 3 veya 5 stratejili oyunlar için minimaks çözümün bulunmasını ve karma stratejilerin formülasyonunu ortaya koymuştur. 1928 yılında matematikçi John von Neumann, tarafından iki oyunculu sıfır toplamlı oyunlar adlı bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma günümüzdeki oyun teorisinin temelidir [1]. 1944 yılında von Neumann'ın "Oyun Teorisi ve Ekonomik Davranış" isimli eseri oyun teorisini bağımsız bir teori olarak formüle edilmesini sağlamıştır.

John Forbes Nash 1950-53 yılları arasında makaleler yayınlayarak oyun teorisinin gelişmesine katkıda bulunmuştur. Nash yayınladığı makalelerle hem rekabetçi hem de işbirlikçi oyun teorisi kavramının gelişmesi sağlamıştır. Sıfır toplamlı olmayan oyunlarda nasıl dengeye ulaşılabileceğini göstermiştir [2].

Oyun teorisinin gelişmesinde önemli bir başka aşama, 1967-1968 yılları arasında John Harsanyi tarafından yapılan, oyun içinde oyuncuların diğer oyuncuların tercihleri

ve seçimleri konusunda eksik bilgiye sahip oldukları durumlardaki genelleştirmez. John Harsanyi eksik bilginin olduğu durumlara oyun teorisinin nasıl uygulanacağını göstermiştir. Harsanyi, Bayesyen düşünce yapısını vurgulamış ve bilginin tam olmadığı oyunların da bilginin tam olduğu oyunlardan farklı olmadığını savunmuştur. 1973 yılındaki “Ödülün Rassal Olarak Dağılmış Olduğu Oyunlar” adlı makalesinde, Harsanyi, oyunda hiç kimsenin rastgele seçim yapıp karar vermediğini tartışmıştır. Rassallığın ortaya çıkmasının nedenini, oyuncuların hepsinin oyunun sonunda elde edecek oldukları ödülleri bilmiyor olmalarına bağlamıştır. Kendi ödülünü tam olarak bilen her oyuncunun, diğer oyuncuların eylemine ilişkin kendi tahminine dayanan, rakiplerine karşı yapabileceği optimal bir hareketi olduğunu göstermiştir [3].

Belirli kuralları olan, oyuncuların bu kurallardan haberdar olduğu ve bu kurallara göre strateji belirledikleri aktivitelere oyun denilmektedir. Bir oyuncu için herhangi bir strateji kural olup, seçenekler oyunun seçimini belirler. Bir oyunda amaçlarını en iyilemeye çalışan karar alıcılara oyuncu denilmektedir. Oyunda en az iki oyuncu bulunur ve akılcı hareket ettikleri gibi, kazanmak için en iyisini yaptıkları varsayılır. Her oyuncunun sahip seçim yapabileceği eylemlere strateji denilmektedir. Oyuncular stratejilerini oyunun türüne göre belirlerler. Eğer oyuncu tek bir strateji seçiyorsa bu tür stratejilere tam (pür) strateji denilir. Eğer oyuncu belirli olasılıklarla strateji seçiyorsa bu tür stratejilere karma strateji denilir. Oyun sonunda oyuncuların ulaştıkları noktaya denge noktası denilmektedir. Bazı oyunlarda tek bir denge noktası varken bazı oyunlarda birden fazla denge noktası olabilmektedir.

Bir oyuncunun edineceği fayda sadece kendi stratejisine değil, aynı zamanda diğer oyuncuların oynadıkları stratejilere de bağlıdır. Ayrıca her oyuncu kendi faydasını en iyilemek ister. Bir oyuncu, yalnızca kendi beklenen değerini en iyilemeye çalışıyorsa rasyoneldir. Normal biçimde, her oyuncunun olası stratejileri ile oyuncuların farklı stratejilerinin kesişiminde elde edilecek ödül veya kayıpları gösteren bir formdadır.

Normal form ödemeler matrisi üzerinde oluşturulmaktadır.

Oyun ağacı formunda bir oyunun oluşturulması, işbiriksiz oyunların gösteriminde kullanılmaktadır. Oyun ağacı, oyuncuların seçebilecekleri hareketlerin zamanlanması ve onların bu seçimi yaparken, sahip oldukları bilgileri ön plana çıkarmaktadır. Oyun ağacı, herhangi bir süre zarfında oyuncuların oyunu oynaması aşamasında, stratejilerinin ne olacağını gösteren biçimli oyunlardır. Bu tür oyunların normal formdan en büyük farkı, kurulan modellerin zamana bağımlı olmasıdır. Bu tür oyunlara ayrıca sıralı olarak oynanan oyunlar ya da kapsamlı biçim oyunlar da denilmektedir. Yayılan biçim, kimin ne zaman oynayacağını her bir oyuncunun ne bildiğini, her bir oyuncuya hangi hamlelerin mevcut bulunduğunu ve her hamlenin oyunu nereye yönlendirdiğini tanımlayarak bir oyun hakkındaki tüm verileri içermektedir.

Bir oyun; oyuncular kümesini, oyun ağacını, son noktalar hariç ağacın her noktasının bir oyuncuya dağılımını, oyunun bilgi yapısını ve tüm son noktalarda her oyuncunun kazancını içerir. Oyuncular kümesi oyunda rol alan ajanları içermektedir. Ancak, bir çok oyun şans unsuru da içermektedir. Şans faktörünün belirsizlik olan durumlarda düşünülmesi gerekmektedir. Şans faktörünün olasılıklarını temsil etmesi için oyuna doğa adında kurgusal bir oyuncu dahil edilmektedir. Doğa son noktalarda bir kazançta sahip olmamaktadır ve ne zaman Doğa'ya bir nokta verilse, o noktayı takip eden dallar üzerine bir olasılık dağılımı ile gösterilmelidir.

2 Oyun Kuramı ve Oyun Türleri

2.1 Nash Dengesi

Nash dengesi kavramının temelinde, en iyi cevap yaklaşımı yer almaktadır. Nash'e göre, iki kişilik bir oyunun çözümüne aday olan strateji çiftini oluşturan oyuncuların

stratejilerinin her birinin, rakip oyuncu tarafından oynanacağı tahmin edilen diğer stratejiye en iyi cevap olma niteliğini sağlaması gerekmektedir. Nash dengesi; rakibinin stratejileri veri iken, her oyuncunun yapabileceğinin en iyisini yaptığına ilişkin bir strateji kümesidir. Denge durumunda, oyuncuların, rakiplerinin strateji seçimleri hakkındaki inançları, bu beklentilerin yerine getirilmiş olması anlamında rasyonel olmalıdır. Diğer oyuncuların strateji seçimleri belirliken, hiçbir oyuncu seçimini değiştirmek için bir neden görmüyorsa, bu stratejiler Nash dengesidir.

Nash dengesi statik bir kavramdır, dinamikler eklendikten sonra sistemin Nash dengesine gideceğinin genelde garantisi yoktur. Nash dengesi eş zamanlı oynanan ya da oyuncuların birbirinden habersiz olduğu oyunlarda anlam bulmaktadır. Nash çözümlemesi, birden fazla dengenin olduğu durumlarda, hangi denge noktasının tercih edileceğine ilişkin olarak yol göstermez. Birden fazla Nash dengesinin olması veya hiç Nash dengesinin olmaması, denge analizinin zayıf noktasıdır [2].

2.2 Stackelberg Oyunları

Stackelberg 1934 yılında dinamik bir düopol model tanımlanmıştır. Bu modele göre baskın olan firma ilk hareket eder, bu firmaya lider firma denilmektedir. Daha sonra takipçi firma birinci firmanın hareketini gözlemleyerek kendi eylem tarzını belirlemektedir. Stackelberg yaklaşımına göre lider firma bazı avantajlara sahip olmalıdır, dolayısıyla firmaların aynı anda hareket ettikleri modellerden ayrılmaktadır. Stackelberg oyunlarında bir zaman ekseni vardır ve bu ekseninde ikinci firma birinci firmayı gözlemlemektedir.

Stackelberg çözümünde işletmeler kendi tepki fonksiyonlarını bilmekte ve aynı zamanda işletmelerden birisi diğer işletmecinin tepki fonksiyonundan haberdar olmaktadır [4]. Stackelberg düopol modeli dinamik bir oyun olduğundan yayılan biçimde de

gösterilmektedir. Stackelberg modeli eş zamanlı oynanan oyunlara karşı olarak sıralı oynanan oyunları belirtmesi bakımından önemlidir. Stackelberg modeli genellikle iki oyunculudur. Lider-Firma takipçi olduğu sistemlere uygulanmaktadır.

Stackelberg oyunlarında karar alınırken lider oyunda öncelik avantajına, takipçi ise lideri gözlemleme ve kararını bu gözleme göre verme avantajına sahiptir. Lider ilk olarak oyun stratejisini seçmekte ve bu stratejiyi açıklamaktadır. Takipçi ise; lider firma seçimini ve açıklamasını yaptıktan sonra seçim yapmaktadır. Yani Stackelberg oyunlarında adımsallık söz konusudur. Lider oyuncu ilk olarak oyunu oynamakta, lideri gözlemleyen takip oyuncusu oyuna daha sonraki adımda müdahil olmakta ve kendi stratejisini oynamaktadır. Böylelikle Nash dengesinden daha farklı olarak oyunu liderin faydasına olacak noktaya götürmektedir. Bu yönüyle Nash dengesinden farklılaşmaktadır.

Stackelberg oyunlarını bir örnek üzerinden inceleyecek olursak;

	<i>L</i>	<i>R</i>
<i>A</i>	2, 2	5, 1
<i>B</i>	6, 1	8, 2
	<i>Nash</i>	

Tablo 1: Nash ve Stackelberg Oyunu Arasındaki Fark

Tablo 1’de Nash ve Stackelberg oyunları gösterilmiştir. Oyunun Nash dengesi bulunurken *A* eylemi için en iyi tepki *L* eyleminde, *B* eylemi için en iyi tepki *R* eyleminde gerçekleşmektedir. Oyunun karma strateji çözümünde faydanın lider oyuncu lehine olacağı varsayımıyla; satır oyuncusu 0,49 olasılıkla *A* stratejisini 0,51 olasılıkla da *B* karma stratejisini belirlemiş olsun. Karma strateji bir oyuncu için kendi stratejileri üzerine yaptığı olasılık dağılımını ifade etmektedir. Bu durumda birinci

oyuncunun kazancı $2x0,49 + 0,51x8 = 5,06$ olacaktır. İkinci oyuncunun kazancı ise $2x0,49 + 2x0,51 = 2$ olacaktır. Stackelberg oyunlarında ise lider oyuncu hangi stratejiyi oynayacağını önceden açıklamaktadır, takipçi oyuncu ise bu açıklamaları bilerek eylemine karar vermektedir. Örnek için lider oyuncunun B stratejisinin açıkladığını varsayalım; bu durumda takipçien iyi tepkiyi R stratejisini oynayarak vermektedir. Kazançlar $(8,2)$ olmaktadır.

2.3 Bayesyen Oyunlar

Bir oyuncunun, sahip olduğu stratejilerden birini tercih ettikten sonra diğer oyuncunun bu kararı bilmeksizin elindeki stratejilerden birini seçmesi durumunda ortaya çıkan yapı, tam bilgiye sahip olmayan dinamik oyun olarak isimlendirilmektedir.

Bayesyen oyunlar oyun teorisinde eksik bilgili oyunlara denilmektedir. Eksik bilgi oyuncularından en az birinin her hangi bilgi sahibi olmadığı ya da bazı oyuncuların oyun başlamadan önce sahip olduğu özel bilgiyi vurgulamaktadır. Özel bilgiler oyun teorisinde “tip” olarak adlandırılmaktadır. Bayes oyunlarında oyunun denge noktası kurulurken karşı taraftaki oyuncu için oyunun geçmişinden faydalanılmaktadır. Örneğin tip bir teröristin kullanacağı özel saldırı aracı olabilir. Bu noktada terörist kendi saldırı aracını bilirken devlet sadece ve sadece saldırı aracına ait tahminde bulunabilmektedir. Ya da tip Devlet’in kullandığı teknolojinin etkinliği olabilir. Devlet kendine ait teknoloji ne kadar etkin olduğunu bilirken terörist teknolojinin etkinliği hakkında yalnızca bir inanca sahiptir.

Bayesyen oyunlarda oyuncuların kümesi i , tüm eylemlerin kümesi A_i , tip kümesi Θ_i , olasılık fonksiyonu p_i , ödeme fonksiyonu u_i olarak gösterilmektedir. Olasılık değerlerini bir tip biliniyorken diğer tip hakkında inanç güncellemek için kullanılmaktadır.

Gerçek hayatta, oyuncular çoğu kez, diğer oyuncular tarafından bilinmeyen bir mik-

tar özel bilgiye sahiptirler. Örneğin; diğer oyuncuların tercihlerini ve inanışlarını kendileri kadar iyi bilmemiz mümkün değildir. Bilgi temelli kaygılar, bu tip stratejik durumlarda oyuncuların karar vermesi sürecinde merkezi bir rol oynar. Bu tip oyunlara tam olmayan bilgili oyunlar ya da asimetrik bilgili oyunlar denir. Bilgi asimetrikleri Doğa'nın eylemleriyle modellenmiştir. Doğa'nın bazı eylemlerini kimi oyuncular ayırt edebilirlerken bazı oyuncular ayırt edemezler. Doğa'nın her bir oyuncunun tipini seçtiği ve oyuncuları özel olarak bilgilendirdiği kusursuz olmayan bilgili oyunlarla modellenmiştir. Bu tip oyunlar eksik bilgili oyunlar ya da Bayesyen oyunlar olarak adlandırılırlar [5].

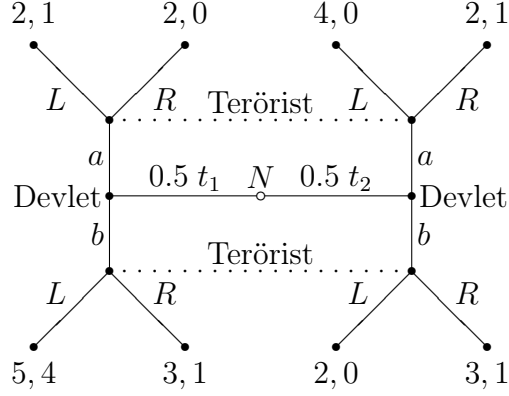
Oyuncu kendi eylemini seçerken kendi tipini bildiğinden, diğer oyuncuların tipleri hakkında ne düşündüğünü günceller, kendi beklenen faydasını güncellediği inanışa göre en iyiler. Oyuncuların inanışlarını Bayes kuralı çerçevesinde güncellediği varsayılmaktadır. Bayes teoremini, fazla matematiksel olmadan, sezgiye dayanarak açıklanır: Eğer B gözlemlenmiş ise, A gözlemi hakkındaki inançların ne şekilde güncelleştirilebileceği ortaya çıkartılmaktadır.

Bayes Kuralı: A ve B iki olay olsunlar, A'nın B'nin olmasına koşullu olasılığı;

$$P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$$

Bu durumda Bayes Nash dengesini tanımlayalım. Bir strateji vektörü s bir n -oyunculu eksik bilgili statik oyunun her i oyuncusu ve tip $t_i \in T_i$ için, oyuncunun eylemi mevcut eylemler arasından oyuncunun faydasını en büyükmekte ise Bayes Nash dengesidir. Bayesyen Nash dengesi her oyuncunun en iyi tepkiyi oynadığı Bayesyen oyunun Nash dengesidir [5].

Şekil 1'de tanımlanmış 2 oyunculu bir oyun görünmektedir. Birinci oyuncu Devlet, ikinci oyuncu ise Terörist'dir. Doğa yada şans oyuncusu olarak tanımlanan N ilk



Şekil 1: Bayesyen Oyunlar İçin Bir Örnek

önce hareket etmektedir. Doğa oyuncusu devlete aynı olasılıkla iki tip sunmaktadır $\Theta_i \in \{t_1, t_2\}$. Tip olarak tanımlanan bu olgunun devletin kendisini korumak için kullanacağı teknoloji olduğu düşünülebilir. Devlet 0.5 olasılıkla t_1 ve 0.5 olasılıkla da t_2 teknolojisinden birini kullanacaktır. Devlet kullandığı tip'in ne olduğunu bilmektedir. Terörist ise kullanılan teknolojiyi tahmin etmek için bir inanç geliştirmelidir. Devlet'in eylemler kümesi $A_1 \in \{a, b\}$, bu eylem kümesi karar verilen tip sonrası a ve b gibi iki şehirden birini korumak için teknolojinin hangi şehire kurulması gerektiğini göstermektedir. Teröristin eylemler kümesi $A_2 \in \{L, R\}$ olarak verilmiştir. Bu eylem kümesi teröristin L ve R gibi iki farklı silahla bu şehirlerden hangisine saldırı yapacağını göstermektedir. Oyuna başlamadan önce devletin tipi Doğa tarafından belirlenir. Daha sonra devlet eylemini seçer. Terörist, Devlet'in hangi tipi seçtiğini bilmemekte fakat hangi eylemi oynadığını gözlemledikten sonra eylemine karar vermektedir. Doğa t_1 'i belirlerse b eylemini oynamak a eylemini oynamayı domine etmektedir. Çünkü b eylemi oynandığında devlet en az 3 birim kazanacaktır. Doğa t_2 'i belirlerse a eylemini oynamak b eylemini oynamayı domine etmektedir. Bu durumda terörist, Devlet'in b eylemini oynadığını görüyorsa, kendisi için en iyi faydayı sağlayan L ile karşılık verecek, Devlet'in a eylemini oynadığını görüyorsa R ile karşılık verecektir. Bu durumda terörist, Devlet'in hangi tipten geldiğine dair bir inanç güncellemesi yapmalıdır. $P(t_1|b)$ Devlet'in b stratejisini oynadığı gözlemlen-

dikten sonra t_1 'e atadığı olasılık olsun;

$$P(t_1|b) = \frac{P(b|t_1)P(t_1)}{P(b)} = \frac{P(b|t_1)P(t_1)}{P(b|t_1)P(t_1) + P(b|t_2)P(t_2)} = 1$$

Burada; $P(t_1) = P(t_2) = 0.5$ olduğu bilinmektedir. Buna göre terörist, Devlet'in b eylemini oynadığı biliyorken t_1 tipini seçmiş olmasına atadığı olasılık 1'dir. Bu durumda b stratejisine verilebilecek en iyi strateji L 'dir ve oyuncuların kazançları $u = (5, 4)$ olarak bulunur. Bu durum kusursuz Bayesyen dengeyi tanımlamaktadır. Benzer şekilde a stratejisi için de bir denge söz konusudur, bu denge a stratejisine karşılık R stratejisinin oynanmasıyla oluşan $u = (2, 1)$ Bayesyen Nash dengesidir. Örnek oyun sinyal oyunları [6] olarak bilinen oyundan esinlenerek oluşturulmuştur.

2.4 Terörizm ve Oyun Kuramı

İnsanları hedef alan ve esas amacı korku salmak olan her türlü faaliyette terörizm denir. Terörde önemli olan, öldürmek değil, eylemler gerçekleştirildiğinde bu olayın toplumda ya da toplumu idare edenlerde yaratacağı endişe, korku ve şüphedir. En geniş çerçevede terör; sebebi, yöntemi, stratejisi, ideolojisi ne olursa olsun hiçbir kuralı olmayan, organize edilmiş, korku veren, yoğun bir şekilde ortaya çıkan ve terörizmin temel kaynağı olan şiddet olayları, kaçırımlar, öldürmeler, eylemler, davranışlar ya da hareketler ile bunların ortaya çıkma şüphesidir. İnsanları yıldırma, sindirme ya da korkutma yoluyla onlara belli düşünce ve davranışları benimsetme, duyurma ya da hissettirmek için zor kullanma ve tehdit etme eylemi, davranışı, hareketi ya da şüphesi de terördür.

Önceleri şüursuz ve korkakça hareket ettikleri varsayılan teröristlerin, zaman içerisinde aslında ne denli mantıklı ve sistemli insanlar oldukları anlaşılmıştır [7]. Teröristler hedeflerini seçerken en ince ayrıntıyı düşünüp stratejik kararlar almaktadırlar. Bununla mücadele için aynı mantık çerçevesinde düşünüp kararlar almak gerekmektedir.

dir. Terörizmde seçilen kurbanlar rastlantısal olsalar da gerçekleştirilen şiddet eylemi mantıksız ve amaçsız değildir. “Bu amacı anlamak için tıpkı bir terörist gibi düşünmek; şiddet eyleminin trajik saçmalığı ardındaki mantığı benimsemek gerekir”[8].

Bütün terörist faaliyetler, iki ana sebepten türerler. Bu sebeplerden; birincisi, yoğun politik problemlerdir. İkincisi ise genel anlamda taraflardan birinin daha güçsüz olmasından kaynaklanan mücadele eksikliğidir. Gücsüz taraf terör saldırılarına başvurarak bir nevi mücadele dengesi sağlamak istemektedir. Terörizm, “gücsüzün silahı” olarak tanımlanmıştır. Terör, amacına ulaşmak için her yolu meşru sayabilmekte, karar verildiği anda terörist örgütü engellemek için çok fazla çaba harcansa da terör faaliyetinin önüne geçilmesi her geçen gün zorlaşmaktadır. Terör ne şekilde yapılırsa yapılsın, sonuçta hesaplı ve planlanmış bir eylemdir. Terör örgütlerinin asıl amacı olabildiğince çok insan öldürmek değil; eylemleri ile bir etki oluşturmayı sağlamaktır. Ayrıca üçüncü dünya olarak adlandırılan ülkelerde, lojistik destek sağlayan devletler de bulunmaktadır. Devlet destekli terörizm, terörizm içerisinde en tehlikeli kategori olarak algılanmaktadır.

Terörizmin tarihi boyunca, iki farklı grup şekillenmiştir. Birincisi, sınırlı ve sabit hedefleri olan terörizm gruplarıdır. Bunlar genelde belli etnik grupların bağımsızlık mücadelesi için savaşan milliyetçi teröristlerdir. Diğer grup ise son 20 yılda meydana çıkan ve sınırları olmadan saldırılar düzenleyen mücadelenin çok daha zor olduğu belirli bir ideoloji için eylemler düzenleyen küresel terör örgütleridir. Günümüzde terörün ve terörizmin en önemli özelliği, uluslararası ilişkilerini oldukça geliştirmiş olmasıdır. Artık, teröristler eskiden olduğu gibi sadece içinde buldukları ülke ile sınırlı kalmayıp, başka ülkelerdeki farklı gruplar ile bağlantılar kurma yönünde karşılıklı destek sağlamaktadırlar. Ayrıca terörizm, çoğu devlet tarafından etkinliklerinden memnun olunmayan devletlere yönelik desteklenen, gizli bir şekilde kullanılan bir strateji olarak literatürde yer edinmiştir [8]. Zira teröristler, uluslararası bağlantılarını

ve modern teknolojiyi de kullanmak suretiyle milletlerarası etki yapan eylemler düzenleyebilmektedirler. Yani terör, hiçbir toplumun dışında kalmadığı küresel aktör olarak yeni kimliğiyle ortaya çıkmıştır.

Terör zaman içerisinde büyük değişiklikler göstermiş, sınırlarını aşmış ve uluslararası düzeyde faaliyetlerde bulunmaya başlamıştır. Terörizm, faaliyet alanlarını genişlettiği düzeyde silahlarını da geliştirmiş, hatta amaçları savaşmayan kişileri hedef almak olduğundan toplu katliama yönelmiş, kimyasal ve biyolojik silahlarla faaliyette bulunmaya başlamıştır. Günümüzde ise internet, telefon ve bilgisayar ağının genişlemesiyle yeni bir terörist akım başlamış, virüsler aracılığıyla bilgisayar ağına girilerek finansal kaynak sağlanmış, bilgiler değiştirilmiş, terör örgütlerinin çıkarlarına uygun olarak ayarlamalar yapılmış ve bu akım “siber terör” olarak adlandırılmıştır.

Terör olaylarında ölen insanların sayısı her geçen gün daha da artmaktadır, terörizm günümüzde savaştan bile daha çok can almaktadır. Öyle ki, 11 Eylül saldırılarında ölen insan sayısı (2996), Normandiya çıkarmasında ölen Amerikan Asker sayısından (1465) daha fazladır [9]. 11 Eylül saldırıları ile 2 milyon kişi işsiz kalmış, büyük ölçüde mal varlığı da yitirilmiştir. 100 milyar dolar faturası olan bu olayların ardından, hava ulaşımı da büyük ölçüde durmuştur [10].

Caydırıcılık politikaları maalesef teröristlerle mücadelede pek etkili olmamaktadır. Teröristleri bu politikalar ile korkutmak mümkün değildir. Teröristler için hiçbir şekilde belli bir sığınakları yoktur. Terörün sınırları çok geniştir ve bu politikalar mücadele için yetersiz kalmaktadır. “Kabul edilemeyecek derecede büyük bir ceza vermek” olarak adlandırabileceğimiz caydırıcılık politikasının, aslında kendisini her şekilde feda etmeye hazır olan bireyler üzerinde etkili olmayacağı açıktır. Bir intihar komandosunu ölüm tehdidi ile caydırmak mümkün değildir. Bu yüzden geriye sadece belli ölçülerde alınacak önlemler, istihbarat ve askeri operasyonlar kalmaktadır.

Bazı güçsüz ülkeler, terörizm ve kitle imha silahlarının sağlayacağı caydırıcılıktan faydalanma yoluna gitmekte; güçlü ülkeler ise diğer ülkelerdeki ayrılıkçı hareketlerin desteklenmesi, bilgi hareketinin kullanılması ve ekonomik saldırı gibi asimetrik stratejileri ön plana çıkarmaktadır.

Terörizme karşı belki de bir güvenlik ağı kurulabilir. Potansiyel hedeflerin bir listesi çıkarılıp hepsi koruma altına alınabilir. Ancak bu ne kadar mantıklıdır? Maalesef hiçbir ülkenin kaynağı, bütün hastaneleri, okulları, evleri koruyacak kadar yeterli değildir. Ülkeler bütçelerinin belirli bir kısmını savunmaya harcamaktadırlar. Bu sınırlı bütçe ile ülke içerisinde her yeri korumak mümkün olmadığından, akıllı stratejiler geliştirilerek terörist eylemlere karşı önlemler alınmalıdır. Öte yandan küreselleşmenin varlığı da terörizme karşı savunmayı olanaksız kılmaktadır. Eğer ülkeye giren her kargo teker teker aranmaya başlanırsa, sınır kapılarında öyle uzun kuyruklar oluşacaktır ki, ticaret aksayacak, büyüme engellenecektir.

Kimyasal silahlar da günümüzde teröristlerin aracı olarak kullanılmaktadır. Japonya metrosuna yapılan sarin gazı saldırısı, şarbonlu mektuplar gibi kimyasal madde kullanılarak da terör saldırıları düzenlenmiştir. Özellikle de anthrax nedeniyle biyolojik kitle imha silahları insanları korkutmaktadır.

Nükleer terör ve siber terör, terörizmin yayılmasının iki önemli yoludur. Siber terörün sınırlarının içine bilişim suçları, virüs oluşturma ve siber casusluk girmektedir. Günümüzde bilişim ağları son derece yaygın olarak kullanıldığı için, suç sadece işlendiği ülkeyi değil diğer ülkeleri de etkilemektedir.

Terör faaliyetlerinin her birinin ardından önlemler alınmakta ve farklı mücadele yolları belirlenmektedir. Mücadele zaman içerisinde artıyor olsa bile teröristlerin seçtikleri hedefler, ileri teknoloji silahları, örgütlenme ve hedefe ilerleme alanlarındaki

becerileri, aralarında geliştirdikleri işbirliği ve koordinasyon terörün, azalmak yerine, gittikçe ilerlemesini sağlamaktadır. Terör her zaman bir adım önde ve bir kat daha hızlı ilerlemekte, terörün durdurulması her geçen gün zorlaşmaktadır. Terör örgütleri farklı yerlerde, farklı şekillerde faaliyette bulunsalar da bazı özellikler vardır ki, bunlar örgütlerde mutlaka bulunmaktadır.

Yeni dünya düzeninde, devlet merkezli çatışmaların yerini devleti tehdit eden başka devlet dışı aktörlerin almaya başlaması, uluslararası sistemde çoğul aktörlerin belirleyiciliğinin artması, coğrafi sınırların öneminin azalması, özellikle ekonomik, sosyal veya teknik anlamda fonksiyonel sınırların önem kazanması ve bu süreçte ulusdevletin egemenliğinin zayıflaması uluslararası güvenliği yakından ilgilendiren konuların basında gelmektedir. Ayrıca belirtmekte yarar vardır ki, 11 Eylül 2001 tarihinde ABD'ye yapılan saldırılar ile de kendisini gösteren ve organize özellik taşıyan yeni tehdit anlayışı karşısında önlem almak, zannedildiğinin aksine somut anlamda güçleşmiştir.

Günümüzde tehdit biçimleri yeni ivmeler kazanmış ve tehdit kavramı, yeni haliyle karmaşık ve algılanması güç bir yapıya dönüşmüştür. Başta nereden, ne zaman, ne şiddette ve nasıl geręeklereceęi tahmin edilemeyen kitlesel terörist saldırılar olmak üzere, bu karmaşık ortamın doğurduğu yeni tehditleri bertaraf etmek isteyen devletler, tek başlarına yahut kimine göre de diğerleriyle birlikte yeni önlemler almaya yönelmişlerdir.

Terörle beraber asimetrik tehdit de ortaya çıkmıştır. Asimetrik tehditler, geleneksel anlamdaki tehdit anlayışının dışında, akla hayale gelmeyen metotları kullanan saldırılara endekslidirler. Bu yeni algılama, geleneksel savunma mekanizmalarını da aciz bırakmakla yetinmeyip korku ve endişe içinde bekleyen toplumlar oluşturmayı başarmıştır.

Asimetrik savaş, farklı kuvvetler arasındaki çatışmadır. Asimetrik savaş, en genel ve temel şekliyle, bir tarafın nispeten avantajlı ve üstün olduğu yönünü, diğer tarafın daha zayıf olan yönüne odaklamasıdır. Genel olarak düşmanına karşı benzeri silahlarla mücadele etmek anlamını taşıyan geleneksel/klasik savaş kapsamında; rakibine karşı ya imkânları ya da gücü dolayısıyla savaşamayan bir tarafın varlığı, asimetrik tehdit algılamasına da temel teşkil etmektedir. Bu algılama nedeniyle, zayıf olan taraf asimetrik bir yaklaşım sergilemektedir. Bu tür bir tehdidin başarısı ya da başarısızlığı, herhangi bir aktörün gücüyle ters orantılı bir sonuca ulaşmasıdır.

Küreselleşmenin yarattığı dinamik ortam içinde ulusal güvenliğe yönelik tehditleri farklılaştıran, güvenlik algılamalarını da her yönüyle değiştiren ve yeni tehdit parametreleri olarak vücuda gelen terörizm, ayrılıkçı hareketler, etnik ve dini çatışmalar, kitle imha silahlarının kontrolsüz yayılması, uluslararası organize suçlar ve siber terörizm gibi hareketler sebebiyle asimetrik tehditler kapsamında ele alınmalıdır. Çok küçük çıkar gruplarının bile, kitle imha silahlarına kolayca ulaşabilmeleri ve bilişim teknolojilerinin de yardımıyla, ölçülmeyecek kadar büyük tahribata yol açan saldırılar gerçekleştirebilmeleri olasılığı, gelişmiş ülkelerin önlem kapasitelerinin işlerliğini güçleştirmektedir. İşte bu aşamada terörizmle savaşın, terörist yaklaşımı ve terörizm tehdidini kontrol altına alabilmeyi bilen, mücadele esnasında oluşabilecek olumsuz durumları en aza indirebilecek uzmanlaşmış kişilerce yapılması gereği ortaya çıkmaktadır.

Terör saldırılarının 3'te 2'si tesislere ve yapılara düzenlenmektedir. Bu yüzden, ulaşım tesisleri ve kamu binaları en çok saldırıya maruz kalan hedeflerdir. Tırlar, kamyonlar, otobüsler gibi ulaşım araçları ve ulaşım yapıları yaklaşık olarak saldırıların %27'sine maruz kalmıştır. Buna karşın ortak yaşam alanları, pazarlar, dini yapılar, okullar, kamu binaları ve evler saldırıların yaklaşık %21'ine maruz kalmışlardır. Dünyada, 127

ülkede bilinen en az 350 terörist organizasyonun varlığı gerçeğinden hareket edecek olursak çoğu zaman bir ülkede, en az bir terörist organizasyonun varlığının olma ihtimali oldukça yüksektir. 2011 yılında 70 ülkede 45.000 kişiyi etkileyen 10.000 üzerinde terör saldırısı meydana gelmiştir. Aynı yıl içerisinde 12.500 insan terör saldırıları yüzünden ölmüştür. Bir önceki yıla göre toplam saldırı sayısı yaklaşık %12 azalsa da ölen insan sayısı hala fazladır. Öte yandan 2011 senesi son 5 yılın en az terör saldırısının gerçekleştiği yıl olmuştur. Bunun gerçekleşmesinde ülkelerin teröre karşı aldığı önlemlerin etkin olduğu söylenebilir. Orta Doğu ve Güney Asya ülkelerine düzenlenen terör saldırıları 2011 yılındaki saldırıların %75'inden fazlasını oluşturmaktadır. Hassas bölgeler olmasından dolayı bu bölgede bulunan ülkeler savunmalarına daha fazla yatırım yapmak, kendilerini güvenceye almak zorundadırlar. Türkiye'de 2011 yılında 51 saldırı meydana gelmiştir. Bir önceki yıla göre (91 saldırı) ciddi bir azalma gözlemlenmiştir fakat hala saldırı sayısı çok fazladır. Türkiye ve Rusya 2011 yılında Avrupa ve Avrasya bölgesinde gerçekleşen terör saldırılarının %70'ine maruz kalmıştır. 2011 yılında en fazla saldırı düzenleyen terör örgütleri FARC (377 saldırı), CPI-Maoist (351 saldırı), NPA-CPP (102 saldırı) ve PKK(48 saldırı)'dır. Silahlı saldırılar ve bombalama eylemleri terör saldırılarının yaklaşık %80'ini meydana getirmiştir. İntihar saldırıları tüm terör eylemleri içerisindeki payı %2.7'iken ölümcül olayların %21'ni meydana getirmektedir [11].

3 Literatür Araştırması

Ülkeler ekonomilerine her yıl milyonlarca dolarlık yatırım yapmaktadır. Bu yatırımlar için terörizm büyük bir risk unsurudur. Bu yatırımları korumak oldukça maliyetli olabilmektedir. Koruma maliyetlerinin ve riskin azaltılması için matematiksel bir yaklaşım gerekmektedir. Oyun teorisi sayesinde bu maliyetler ve riskler azaltılabilmektedir. Adapte olabilen düşman için oyun teorisi yaklaşımı kullanılan en etkili

yöntemdir. Terörist düzenleyeceği eylemlerde en fazla zararı vermek istemektedir. Terörist eylemlerini gerçekleştirirken tercihleri, bütçe ve saldırı yapılacak bölgenin nasıl korunduğuna dair bazı kısıtlara göre hareket etmektedir. Devletin amacı ise gerçekleştirilen saldırıda mümkün olan en az kaybı yaşamaktır. Devlet amacını gerçekleştirmek için atanacak kaynakların belirli bir bütçeyi geçmemesi gerekmektedir. Devlet, teröristlerin nereye saldıracağına dair bazı inançlara göre hareket etmektedir. Devlet savunma kaynaklarını belirlemenin yanı sıra hangi kaynakların, ne miktarda, hangi bölgelere atanacağına karar vermelidir. Devlet-Terörist oyunlarında, savunmacı ve saldırganın eş zamanlı hareket etmediği varsayımı yapılmaktadır. Devlet öncelikle kaynak atamalarını yapmaktadır. Terörist devletin nereleri korumaya aldığı gözlemlenmektedir. Oysaki devlet, teröristin elindeki saldırı kaynaklarından, teröristlerin nereye saldırı yapacağından haberdar değildir. Devlet ilk olarak hareket ettiğinden dolayı bir avantaja sahiptir. Beklentilerine göre korumak istediği yerlere yeterli miktarda kaynak ataması yapabilmektedir. Böylelikle korunması gereken yerler güvenceye alınır. Terörist ise eylemlerini devletin eyleminden sonra yapmasından dolayı bir avantaja sahiptir. Terörist devleti gözlemler ve gözlem sonuçlarına göre eylemini seçer.

Oyun teorisi teröristin bellibir hedefe yönelik stratejik davranışlarının modellenmesinde kullanılan bir yaklaşımdır. Bir oyuncunun eylemi çoğu zaman düşmanın cevap olarak verdiği eyleme bağlıdır. Hem teröristler hem de hedef ajanlar stratejilerini belirlerken diğer tarafın seçimlerine nasıl tepki vereceğini tahmin etmek zorundadırlar. Lapan [12] vd. çalışmalarında, eksik bilgi ortamında terörist grup ve hedef (hükümet) arasındaki etkileşimi incelemiştirlerdir. Bu çalışmada bilgi asimetriktir. Terörist grup hükümetin aldığı tüm önlemlerden haberdardır fakat hükümet terörist grubun yetenekleri ve saldırı kapasitesi hakkında bir bilgiye sahip değildir. Oyun teorisi yaklaşımında asıl amaç terör riskinin ne olacağını belirlemek değildir. Amaç belli tahminler altında terörist ve savunmacı arasındaki oyunun çıktılarının ne olacağını

belirlemektir [12].

Literatürde bilinen en önemli kaynaklardan biri Paruchuri vd. [13] tarafından liderin optimal stratejisini bulan DOBSS (Decomposed Optimal Bayesian Stackelberg Solver) adındaki kesin algoritmadır. DOBSS algoritması normal forma dönüştürülmeden ifade edilebilmektedir. Nash-Bayes dengesinde daha yüksek sonuçlar vermektedir. Doğrusal program kümesinden ziyade yalnızca bir tane karma tamsayılı doğrusal program çözmektedir. Bu algoritmanın çalışması için öncelikle sezgisel formda karma tamsayılı kuadratik program modeli oluşturulmaktadır. Daha sonra bu kuadratik modelde ayrıştırma değişikliğine gidilerek model doğrusallaştırılmaktadır. Doğrusallaştırılan model, doğrusal programlama çözümleri ile çözümlenerek oyunun dengesi bulunmaktadır. Uluslararası Los Angeles hava Alanında (LAX), ARMOR yazılımı kullanılmaktadır. Bu yazılım Pita vd. [14] tarafından geliştirilmiştir. ARMOR yazılımı DOBSS algoritmasını kullanmaktadır ve Bayesian-Stackelberg oyununa uygun bir çizelge oluşturmaktadır. Toplu ulaştırmanın yapıldığı yerlerde düşmanın türünün tam olarak bilinemeyeceği ve düşmanın hava alanında uygulanan güvenliği gözlemleyebileceği düşünülerek buna önlem alınması amaçlanmıştır. Bu yüzden döngüye giren bir güvenlik çizelgesi yerine rassallaştırılmış bir çizelge kullanılacak şekilde tasarlanmıştır. Böylece düşmanın alınan önlemleri izlemesi engellenmeye çalışılmaktadır.

Rassallaştırılmış bir çizelge kullanmanın ek maliyetlere yol açacağı ve bir düzensizlik yaratacağı açıktır. Ayrıca rassallık bazı durumlarda düşman kapasitesini doğru tahmin etmeyi de zorlaştırabilmektedir. Rassallaştırmanın getirmiş olduğu bu olumsuzlukları önlemek için Paruchuri vd. [15] polinom zamanlı çalışan ve ajanın kurallarını rassallaştıran üç sezgisel algoritma önermişlerdir. Bu algoritmalarından biri doğrusal olmayan programlama temelli iken diğer iki algoritma doğrusaldır. Rassallaştırma beklenen ödülü azaltabilmektedir. Fakat rassallaştırma sonucu güvenlik güçleri kendileri için belirli bir miktar ödülü garanti etmektedirler. Bu çalışmada çok ajanlı

sistemde kural rassallaştırmanın getirdiği avantajlar ve dezavantajlar belirtilmiştir.

İletişim bilgilerini gözlemleyebilmek oldukça zordur. Bu iletişim güçlüğünü dikkate alan ve ajan takımları için kural üretimini mümkün kılan bir algoritma Paruchuri vd. [16] tarafından geliştirilmiştir. Bu algoritma doğrusal olmayan programlama temelli ve konveks olmayan kısıtlara sahip Çok Ajanlı Markov Karar Problemleri'nin bir uzantısıdır.

Terör saldırıları hem maddi hem de manevi olarak çok büyük kayıplar yaşatmaktadır. Saldırıların maddi boyutu onarılabılır iken, özellikle insan hayatı gibi maddi olarak hesaplanamayacak kayıplara da neden olmaktadır. Bu yüzden ki bulunan Nash-Bayes dengesi bazen istenilen önlemleri almaya yetmeyebilir. Paruchuri vd. [17] Bayes-Nash dengesinden daha fazla ödülü araştıran sezgisel bir algoritma geliştirmişlerdir. Algoritma Bayes-Nash dengesinden daha ziyade direkt olarak optimal stratejiyi aramakta ve optimale yakın sonuçlar vermektedir. Liderin optimal stratejisini bulmak NP-Zor [17] olduğundan geliştirilen sezgisel algoritma oldukça önemlidir.

Stackelberg oyunları terörizm problemlerinin modellenmesinde oldukça sık kullanılmaktadır. Oyun kuramının güvenlik alanında uygulamalarından biri de konteyner taşımacılığıdır. Konteyner taşımacılığında çeşitli yasadışı kaçakçılık faaliyetleri meydana gelmektedir. Silah kaçakçılığında insan kaçakçılığına kadar geniş yelpazedeki suçlar konteyner sayılarının oldukça fazla olmasından ötürü denetlenememektedir. Bakır [18] adapte olabilen düşmana karşı güvenliğini sağlamak için kargo konteyner taşımacılığında kaynak atama stratejisini Stackelberg oyun kuramı modeli olarak sunmuştur. Bu makalede saldırganın konteyner içerisine nükleer silah yerleştirme olasılığı ve bu silahların ABD limanına ulaşma olasılığı araştırılmıştır. Saldırganın amacı hedefe ulaşan silahların olasılığını en üst seviyeye çekmek iken, savunmacının amacı savunma için ayrılan kaynakların en aza indirgenmesidir. Bu model öncelikle

tek rota (bir iç limandan direkt olarak ABD limanına) olarak modellenmiş daha sonra çok rotalı model olarak geliştirilmiştir. Savunma sistemi için aktarılabilecek kaynakların her biri ek bir maliyete neden olacağından dolayı savunmacının maliyetini en aza indirecek bir model geliştirilmiştir. Bu modelde inceleme maliyeti, sensör kontrol maliyeti gibi maliyetler teknolojik maliyeti olarak tanımlanmıştır. Saldırının başarılı olması durumunda meydana gelecek maliyet ise savunmacının beklenen saldırı maliyeti olarak tanımlanmıştır. Daha sonra saldırgan için model kurularak denge noktası karakterize edilmiştir. Bu oyun kademeli bir oyun olarak tanımlanmıştır.

Karmaşık ulaştırma sistemleri adapte olabilen terör saldırılarına karşı oldukça hassastırlar. Hava korsanlığı, feribot kaçırma eylemleri sık sık medyada da yer almaktadır. 11 Eylül saldırılarından sonra tüm yolcuların güvenliğini sağlamak için Ulaştırma Güvenlik İdaresi (TSA-Transportation Security Administration) kurulmuştur. Bu idare çeşitli programlarla yolcuların güvenliğini sağlamakta güvenlik için bazı programlar uygulamaktadır. Zhuang vd. [19] ulaştırma sisteminin güvenliğini sağlamak evrimsel oyun teorisi üzerine teorik bir çalışma sunmuşlardır. Bu makalede, adapte olabilen düşman sistemin zayıflıklarını ve gizli özelliklerini izlemeye çalışmaktadır. Yolcular sistemin güvenilirliğini tahmin ederek hangi tür yolculuk (kara, deniz ya da hava yolculuğu) yapacaklarına karar vermektedir. Ulaştırmacılar saldırganın kendini izlediğini bilmekte ve buna göre bir misilleme mekanizması geliştirmektedir. Oyuncular her oyun için belirlenen kurala göre ödül sahibi olmaktadır. Eğer oyun sayısı baştan belirlenen periyoda ulaşmışsa oyun sona ermektedir. Ulaşmamışsa oyun bir sonraki periyoda aktarılır ve son periyoda kadar devam etmektedir. Saldırgan için ödül fonksiyonu saldırı çabası ve başarılı saldırıdan beklenen değeri içerirken savunmacı için bir önceki periyotta ve geçerli periyotta yapılan savunmayı ve bu savunma için yeni teknoloji araştırma ve geliştirme maliyetlerini içermektedir.

Berman vd. [20] lider-takipçi oyunu üzerine çalışmışlardır. Bu çalışmada, devlet te-

sislerine destek amaçlı kaynaklar yüklemektedir. Terörist ataklar metropol alanlarına teröristlerin amaçlarını en büyükleyecek şekilde gerçekleşmektedir. Devlet lider olarak oyunda yer almakta ve saldırı olacak metropol alanlar için faydasızlığı en aza indirmeye (kayıplarını minimize etmeye) çalışmaktadır. Bu problem, bir tesis için matematiksel programlama yaklaşımıyla çözülmüş daha sonra çok sayıda tesis için genelleştirilmiştir. ABD’de 20 ülke için durum çalışması yapılmıştır.

Bier vd. [21] savunmacının kaynaklarını lokasyonların tamamına atamak zorunda olduğu ve saldırganın saldırı için bir seçim yapmak zorunda olduğu stratejik bir model geliştirilmişlerdir. Geliştirilen modelde saldırgana tek bir saldırı fırsatı tanınmıştır. Geliştirilen model negatif dışsallığı (kaynak ataması yapmamanın bölgeyi saldırı bakımından cazip hale getirmesi) dikkate almaktadır.

Zhuang vd. [23] savunma yatırımlarının artmasının, saldırganın eylemlerini azaltıcı veya arttırıcı etkiye sahip olabileceğini göstermişlerdir. Bu tür bir etki bilinirse, savunma yatırımlarını etki seviyesine göre azaltılabilmekte veya artırılabilir. Bu makale yalnızca saldırganın hedef seçimini değil, aynı zamanda savunma yatırımlarına olası saldırgan cevabının da dikkate alınması gerektiğini vurgulamaktadır.

Wein vd. [24] limanlarda ve gemilerde alınacak güvenlik önlemlerini oyun teorisi kapsamında incelemişlerdir. Konteynırlara kaçak yollarla sokulan nükleer silahların incelenmesi için bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu modelde liman yoğunluğu ve bütçe kısıtları dikkate alınmıştır. Ayrıca güvenlik önlemleri katmanlandırılmıştır.

Gkonis vd. [25] gemi ticareti güvenliği ile ilgilenmişleridir. Terörizm tehditlerini ve bunun etkileşimini yok etmek için oyun teorisi çerçevesinde bir model önerilmiştir. Bu makalede liman güvenliğini sağlayacak oyun teorisi modeli geliştirilmiştir. Lite-

ratürde oyun teorisi için bilinen modeller gemi ticaret güvenliğine uygulanmıştır.

Bier vd. [26] sistem güvenliği için kasıtlı tehditlere karşı optimal savunmayı belirlemek için oyun teorisi ve güvenilirlik analizini uygulamışlardır. Savunmanın, kusursuz saldırgan bilgili ve kısıtlanmış savunma bütçesi ile tek saldırı yaptığı veya saldırgan bilgisinin olmadığı ve sınırlandırılmamış savunmacı bütçesi ile tek saldırı olması durumu gibi senaryolar dikkate almışlardır.

Sanal sistemlerdeki saldırı ve savunma mekanizması üzerine Beckery vd.[27] tarafından oyun teorisi modeli geliştirilmiştir. Bu oyunda bir saldırgan bir de savunmacı vardır. Her ikisi de diğerinin daha önce gerçekleştirdiği hareketler hakkında bilgi sahibi değildir. Ağ üzerindeki düğümlere ağırlık verilerek saldırgan bu düğümlere gerçekleştireceği başarılı saldırıya karşı ödül almaktadır.

4 Problemin Tanımı ve Modeli

Geliştirilen senaryo iki oyuncunun olduğu bir oyundur. Oyunculardan birincisi devlet, ikinci oyuncu ise teröristtir. Devletin korumaya çalıştığı bölgedeki kaybı teröristin saldırdığı bölgedeki kazancına eşittir. Model kurulurken saldırıya açık üç bölgenin olduğu varsayılmıştır. Bu üç bölgeden ikisi devletin sınırları içerisinde yer alan ve korumaya çalıştığı bölgelerdir. Üçüncü bölge ise devletin kaynaklarını atadığı bölgelerde her hangi bir saldırı gerçekleşmediği zaman teröristin saldırı için yöneldiği bölge olarak tanımlanmıştır. Teröristin bu iki bölgeden sadece bir tanesine saldırı yapacağı varsayılmıştır. Devletin esas amacı saldırganı kendi ülkesinde uzak tutarak üçüncü bölgeye yönlendirmektir. Bu amaçla geliştirilen oyunda devlet ilk önce koruyacağı bölgelere kaynak ataması yapar. Saldırgan devletin eylemini gözlemledikten sonra kendi çıkarlarını hesaplayarak hangi bölgeye saldıracağına karar verir. Geliştirilen model Bayesyen Stackelberg oyunudur.

Savunmacının (devlet) kazançları 1. ve 2. bölge için sırasıyla d_1 ve d_2 olarak belirlenmiştir. Savunmacının kazancı her iki oyuncunun da bildiği kazançlardır, dolayısıyla bu bilgi ortak bilgidir. Saldırganın (terörist) kazançları saldıracağı bölge için sırasıyla a_1 ve a_2 olarak belirlenmiştir. Saldırganın kazancını saldırgan biliyorken devlet bu kazanç hakkında her hangi bir bilgiye sahip değildir. Saldırganın kazançları üzerinde eksik bilgi söz konusu olduğundan savunmacı kendi kayıp fonksiyonunu güncellerken bu eksik bilgi hakkında inanç güncellemesi yapmak zorundadır. Bu inanç güncellemesini Bayes kuralı ile yapmaktadır.

Saldırı için eşik değeri D ve i . bölgeye yapılacak saldırının başarılı olma olasılığı p_i $i \in \{1, 2\}$ şeklinde gösterilmiştir. Eşik değeri saldırganın saldırısını üçüncü bölgeye yönlendirmesine sebep olmaktadır. Başarılı saldırı olasılığı ile saldırganın kazancının çarpımı eşik değerinin altında kaldığı durum ya da durumlarda saldırganın üçüncü

bölgeye yöneldiği varsayımı yapılmıştır. Eşik değerini savunmacın koruyacağı bölgedeki yatırımları, bu bölgeye ayırdığı kaynak miktarı, bu bölgeye her hangi bir saldırı sonucu meydana gelecek kayıp, bölgenin stratejik bir öneme sahip olup olmaması, bölgenin saldırı için ne kadar cazip olduğu gibi unsurlar belirlemektedir. Bir bölgeye düzenlenecek saldırı kararı terörist tarafından hangi bölgenin daha cazip olduğuna göre verilecektir. Eğer $p_1 a_1 > p_2 a_2$ ise birinci bölge ikinci bölgeye göre saldırı için daha caziptir, bu durumun tersi de geçerlidir.

Herhangi bir i hedefindeki fiziksel güvenliği artırmak için Bakır'ın [18] tanımlamış olduğu teknoloji yatırımlarını gösteren maliyet fonksiyonu $c(i) = \frac{1}{p_i^{\alpha_i}} - 1$ kullanılacaktır. Burada α_i , i bölgesinde kullanılacak teknoloji parametresi olarak tanımlanmıştır. Maliyet fonksiyonu bölgeye her hangi bir yatırım yapılmazsa, 0 değerini alacaktır; bu da o bölgeye başarılı saldırı olasılığının 1 olacağını göstermektedir. Eğer sonsuz maliyetli yatırım yapılırsa bu durumda başarılı saldırı olasılığı 0 olacaktır. Model kurulurken maliyet fonksiyonunda sabit parametre olan -1 göz ardı edilmiştir.

Savunmacı, saldırgan kazancı (a_1, a_2) hakkından bir inanca sahip olmalıdır. $f_i(a_i)$ bu inancı temsil eden dağılım fonksiyonu olsun. Dağılım fonksiyonları f_i birbirinden bağımsızdır. Başlangıç noktası olarak a_1 ve a_2 değerlerinin uniform dağılıma uygun olarak $a_1 \sim U(0, A_1)$ ve $a_2 \sim U(0, A_2)$ olduğu varsayılmıştır.

Oyun iki aşamalı olarak kurgulanmıştır. Birinci aşamada savunmacı her hangi bir bilgiye sahip değilken saldırıdan meydana gelecek kaybı tahmin etmeye çalışmaktadır. İkinci aşamada ise savunmacı 1. bölgeye yapılacak saldırı hakkında bir istihbarat elde etmektedir. Elde ettiği istihbarat değerinin c_1 olarak tanımlanan istihbarat parametresinden büyük ya da küçük olduğuna bakmaktadır. Elde edilen istihbarat değerine göre savunmacı inaçlarını güncellemektedir. İstihbarat değerinden elde edilen bilgi ile tahmin edilen kayıp fonksiyonu, istihbarat olmadığı durumda meydana gelen kayıp

fonskiyonu değeri arasındaki fark bize bilginin değerini (B.D.) vermektedir.

4.1 Formülasyon

Maliyet fonksiyonu ve hangi bölgenin saldırı için daha cazip olduğunu gösteren kayıp fonksiyonları tanımlanmıştır. Bu tanımlamaya göre i . bölgenin daha cazip olduğu biliniyorken, i . bölge için gerçekleşecek saldırının başarılı olma olasılığı ve saldırıanın bu bölgedeki kazancının çarpımının eşik değerinden yüksek olma olasılıkları hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda L kayıp fonksiyonunu göstermektedir.

$$\begin{aligned}
L &= \frac{1}{p_1^{\alpha_1}} + \frac{1}{p_2^{\alpha_2}} + P(1. Bölge Daha Cazip) \cdot d_1 \cdot P(D \leq p_1 a_1 \mid 1. Bölge Daha Cazip) \\
&\quad + P(2. Bölge Daha Cazip) \cdot d_2 \cdot P(D \leq p_2 a_2 \mid 2. Bölge Daha Cazip) \\
&= \frac{1}{p_1^{\alpha_1}} + \frac{1}{p_2^{\alpha_2}} + P(p_1 a_1 > p_2 a_2) \cdot \left\{ (P(p_1 a_1 \geq D \mid p_1 a_1 \geq p_2 a_2) \cdot d_1) \right\} \\
&\quad + P(p_2 a_2 \geq p_1 a_1) \cdot \left\{ (P(p_2 a_2 \geq D \mid p_2 a_2 \geq p_1 a_1) \cdot d_2) \right\} \\
&= \frac{1}{p_1^{\alpha_1}} + \frac{1}{p_2^{\alpha_2}} + d_1 \cdot P(D \leq p_1 a_1 \cap 1. Bölge Daha Cazip) \\
&\quad + d_2 \cdot P(D \leq p_2 a_2 \cap 2. Bölge Daha Cazip) \\
L &= \frac{1}{p_1^{\alpha_1}} + \frac{1}{p_2^{\alpha_2}} + d_1 \cdot P(D \leq p_1 a_1 \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2) + d_2 \cdot P(D \leq p_2 a_2 \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1)
\end{aligned}$$

L değerini türetirken 6 durum dikkate alınmalıdır.

$$1. p_2A_2 \leq p_1A_1 \leq D$$

$$2. p_1A_1 \leq p_2A_2 \leq D$$

$$3. p_1A_1 \leq D \leq p_2A_2$$

$$4. p_2A_2 \leq D \leq p_1A_1$$

$$5. D \leq p_2A_2 \leq p_1A_1$$

$$6. D \leq p_1A_1 \leq p_2A_2$$

4.2 Bilginin Olmadığı Durumda Amaç Fonksiyonu

Bu bölümde terör saldırılarına ait her hangi bir istihbarat elde edilmediğinde bulunan amaç fonksiyonları hesaplanmıştır.

4.2.1 Durum 1

Durum 1-i

Durum 1 için $\{p_1a_1 \geq D\}$ asla olmayacağından ;

$$p_2A_2 \leq p_1A_1 \leq D \implies P(D \leq p_1a_1 \cap p_1a_1 \geq p_2a_2) = 0$$

Durum 1-ii

Durum 1 için $\{p_2a_2 \geq D\}$ asla olmayacağından ;

$$p_2A_2 \leq p_1A_1 \leq D \implies P(D \leq p_2a_2 \cap p_2a_2 \geq p_1a_1) = 0$$

Durum 1 Kayıp Fonksiyonu : Denklem 1'deki gibi bulunur.

$$L = \frac{1}{p_1^{\alpha_1}} + \frac{1}{p_2^{\alpha_2}} \quad (1)$$

4.2.2 Durum 2

Durum 2-i

Durum 2 için $\{p_1 a_1 \geq D\}$ asla olmayacağından;

$$p_1 A_1 \leq p_2 A_2 \leq D \implies P(D \leq p_1 a_1 \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2) = 0$$

Durum 2-ii

Durum 2 için $\{p_2 a_2 \geq D\}$ asla olmayacağından ;

$$p_1 A_1 \leq p_2 A_2 \leq D \implies P(D \leq p_2 a_2 \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1) = 0$$

Durum 2 Kayıp Fonksiyonu: Denklem 2'deki gibi bulunur.

$$L = \frac{1}{p_1^{\alpha_1}} + \frac{1}{p_2^{\alpha_2}} \quad (2)$$

4.2.3 Durum 3

Durum 3-i

Durum 3 için $\{p_1 a_1 \geq D\}$ asla olmayacağından ;

$$p_1 A_1 \leq D \leq p_2 A_2 \implies P(D \leq p_1 a_1 \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2) = 0$$

Durum 3-ii

Durum 3 için $\{D \leq p_2 a_2\}$ olayı gerçekleşeceğinden ;

$$p_1 A_1 \leq D \leq p_2 A_2 \implies P(D \leq p_2 a_2 \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1)$$

$$P(D \leq p_2 a_2) = P(a_2 \geq \frac{D}{p_2}) = \int_0^{A_2} P(D \leq p_2 a_2) da_2 = \int_{\frac{D}{p_2}}^{A_2} P(a_2 \geq \frac{D}{p_2}) da_2 = \left(1 - \frac{D}{p_2 A_2}\right)$$

Durum 3 Kayıp Fonksiyonu: Denklem 3'deki gibi bulunur.

$$L = \frac{1}{p_1^{\alpha_1}} + \frac{1}{p_2^{\alpha_2}} + d_2 \cdot \left(1 - \frac{D}{p_2 A_2}\right) \quad (3)$$

4.2.4 Durum 4

Durum 4-i

Durum 4 için $\{D \leq p_1 a_1\}$ olayı gerçekleşeceğinden ;

$$p_2 A_2 \leq D \leq p_1 A_1 \implies P(D \leq p_1 a_1 \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2)$$

$$P(D \leq p_1 a_1) = P(a_1 \geq \frac{D}{p_1}) = \int_0^{A_1} P(D \leq p_1 a_1) da_1 = \int_{\frac{D}{p_1}}^{A_1} P(a_1 \geq \frac{D}{p_1}) da_1 = \left(1 - \frac{D}{p_1 A_1}\right)$$

Durum 4-ii

Durum 4 için $\{p_2 a_2 \geq D\}$ asla olmayacağından ;

$$p_2 A_2 \leq D \leq p_1 A_1 \implies P(D \leq p_2 a_2 \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1) = 0$$

Durum 4 Kayıp Fonksiyonu : Denklem 4'deki gibi bulunur.

$$L = \frac{1}{p_1^{\alpha_1}} + \frac{1}{p_2^{\alpha_2}} + d_1 \cdot \left(1 - \frac{D}{p_1 A_1}\right) \quad (4)$$

4.2.5 Durum 5

Durum 5-i

Durum 5 için $\{D \leq p_1 a_1 \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2\}$ olayı gerçekleşebileceğinden, a_2 sabitleyerek;

$$\begin{aligned} D \leq p_2 A_2 \leq p_1 A_1 &\implies P(D \leq p_1 a_1 \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2) \\ &= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap a_2) da_2 \\ &= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \mid a_2) f(a_2) da_2 \\ &= \int_0^{\frac{D}{p_2}} P(D \leq p_1 a_1) \frac{1}{A_2} da_2 + \int_{\frac{D}{p_2}}^{A_2} P(p_1 a_1 \geq p_2 a_2) \frac{1}{A_2} da_2 \\ &= \int_0^{\frac{D}{p_2}} \left[1 - \frac{D}{p_1 A_1}\right] \frac{1}{A_2} da_2 + \int_{\frac{D}{p_2}}^{A_2} P(p_1 a_1 \geq p_2 a_2) \frac{1}{A_2} da_2 \\ &= \left[1 - \frac{D}{p_1 A_1}\right] \frac{1}{A_2} \frac{D}{p_2} + \int_{\frac{D}{p_2}}^{A_2} \left(1 - \frac{p_2 a_2}{p_1 A_1}\right) \frac{1}{A_2} da_2 \\ &= \left[1 - \frac{D}{p_1 A_1}\right] \frac{1}{A_2} \frac{D}{p_2} + \int_{\frac{D}{p_2}}^{A_2} \frac{1}{A_2} da_2 - \int_{\frac{D}{p_2}}^{A_2} \frac{p_2}{p_1 A_1} \frac{1}{A_2} a_2 da_2 \end{aligned}$$

$$= \left[1 - \frac{D}{p_1 A_1}\right] \frac{1}{A_2} \frac{D}{p_2} + \frac{1}{A_2} \left[A_2 - \frac{D}{p_2}\right] - \frac{p_2}{p_1 A_1} \frac{1}{A_2} \left[\frac{A_2^2}{2} - \frac{D^2}{2p_2^2}\right]$$

Durum 5-ii

Durum 5 için $\{D \leq p_2 a_2 \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1\}$ olayı gerçekleşebileceğinden, a_1 sabitleyerek;

$$D \leq p_2 A_2 \leq p_1 A_1 \implies P(D \leq p_2 a_2 \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1)$$

$$\begin{aligned} &= \int_0^{A_1} P(D \leq p_2 a_2 \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \mid a_1) da_1 \\ &= \int_0^{A_1} P(D \leq p_2 a_2 \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \mid a_1) f(a_1) da_1 \\ &= \int_0^{\frac{D}{p_1}} P(D \leq p_2 a_2) \frac{1}{A_1} da_1 + \int_{\frac{D}{p_1}}^{\frac{p_2 A_2}{p_1}} P(p_2 a_2 \geq p_1 a_1) \frac{1}{A_1} da_1 \\ &= \int_0^{\frac{D}{p_1}} \left[1 - \frac{D}{p_2 A_2}\right] \frac{1}{A_1} da_1 + \int_{\frac{D}{p_1}}^{\frac{p_2 A_2}{p_1}} \left(1 - \frac{p_1 a_1}{p_2 A_2}\right) \frac{1}{A_1} da_1 \\ &= \left[1 - \frac{D}{p_2 A_2}\right] \frac{1}{A_1} \frac{D}{p_1} + \int_{\frac{D}{p_1}}^{\frac{p_2 A_2}{p_1}} \left(1 - \frac{p_1 a_1}{p_2 A_2}\right) \frac{1}{A_1} da_1 \\ &= \left[1 - \frac{D}{p_2 A_2}\right] \frac{1}{A_1} \frac{D}{p_1} + \int_{\frac{D}{p_1}}^{\frac{p_2 A_2}{p_1}} \frac{1}{A_1} da_1 - \int_{\frac{D}{p_1}}^{\frac{p_2 A_2}{p_1}} \frac{p_1 a_1}{p_2 A_2} \frac{1}{A_1} da_1 \\ &= \left[1 - \frac{D}{p_2 A_2}\right] \frac{1}{A_1} \frac{D}{p_1} + \frac{1}{A_1} \left[\frac{p_2 A_2}{p_1} - \frac{D}{p_1}\right] - \frac{p_1}{p_2 A_2} \frac{1}{A_1} \left[\frac{p_2^2 A_2^2}{2p_1^2} - \frac{D^2}{2p_1^2}\right] \end{aligned}$$

Durum 5 Kayıp Fonksiyonu: Denklem 5'deki gibi bulunur.

$$\begin{aligned}
L = & \frac{1}{p_1^{\alpha_1}} + \frac{1}{p_2^{\alpha_2}} + d_1 \left(\left[1 - \frac{D}{p_1 A_1} \right] \frac{1}{A_2} \frac{D}{p_2} + \frac{1}{A_2} \left[A_2 - \frac{D}{p_2} \right] - \frac{p_2}{p_1 A_1} \frac{1}{A_2} \left[\frac{A_2^2}{2} - \frac{D^2}{2p_2^2} \right] \right) \\
& + d_2 \left(\left[1 - \frac{D}{p_2 A_2} \right] \frac{1}{A_1} \frac{D}{p_1} + \frac{1}{A_1} \left[\frac{p_2 A_2}{p_1} - \frac{D}{p_1} \right] - \frac{p_1}{p_2 A_2} \frac{1}{A_1} \left[\frac{p_2^2 A_2^2}{2p_1^2} - \frac{D^2}{2p_1^2} \right] \right) \quad (5)
\end{aligned}$$

4.2.6 Durum 6

Durum 6-i

Durum 6 için $\{D \leq p_1 a_1 \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2\}$ olayı gerçekleşebileceğinden, a_2 sabitleyerek;

$$\begin{aligned}
D \leq p_1 A_1 \leq p_2 A_2 & \implies P(D \leq p_1 a_1 \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2) \\
& = \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap a_2) da_2 \\
& = \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \mid a_2) f(a_2) da_2 \\
& = \int_0^{\frac{D}{p_2}} P(D \leq p_1 a_1) \frac{1}{A_2} da_2 + \int_{\frac{D}{p_2}}^{\frac{p_1 A_1}{p_2}} P(p_1 a_1 \geq p_2 a_2) \frac{1}{A_2} da_2 \\
& = \int_0^{\frac{D}{p_2}} \left[1 - \frac{D}{p_1 A_1} \right] \frac{1}{A_2} da_2 + \int_{\frac{D}{p_2}}^{\frac{p_1 A_1}{p_2}} \left(1 - \frac{p_2 a_2}{p_1 A_1} \right) \frac{1}{A_2} da_2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \left[1 - \frac{D}{p_1 A_1}\right] \frac{1}{A_2} \frac{D}{p_2} + \int_{\frac{D}{p_2}}^{\frac{p_1 A_1}{p_2}} \frac{1}{A_2} da_2 - \int_{\frac{D}{p_2}}^{\frac{p_1 A_1}{p_2}} \frac{p_2}{p_1 A_1} \frac{1}{A_2} a_2 da_2 \\
&= \left[1 - \frac{D}{p_1 A_1}\right] \frac{1}{A_2} \frac{D}{p_2} + \frac{1}{A_2} \left[\frac{p_1 A_1}{p_2} - \frac{D}{p_2}\right] - \frac{p_2}{p_1 A_1} \frac{1}{A_2} \left[\frac{p_1^2 A_1^2}{2p_2^2} - \frac{D^2}{2p_2^2}\right]
\end{aligned}$$

Durum 6- ii

Durum 6 için $\{D \leq p_2 a_2 \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1\}$ olayı gerçekleşebileceğinden, a_1 sabitleyerek;

$$\begin{aligned}
&D \leq p_1 A_1 \leq p_2 A_2 \implies P(D \leq p_2 a_2 \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1) \\
&= \int_0^{A_1} P(D \leq p_2 a_2 \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \cap a_1) da_1 \\
&= \int_0^{A_1} P(D \leq p_2 a_2 \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \mid a_1) f(a_1) da_1 \\
&= \int_0^{\frac{D}{p_1}} P(D \leq p_2 a_2) \frac{1}{A_1} da_1 + \int_{\frac{D}{p_1}}^{A_1} P(p_2 a_2 \geq p_1 a_1) \frac{1}{A_1} da_1 \\
&= \int_0^{\frac{D}{p_1}} \left[1 - \frac{D}{p_2 A_2}\right] \frac{1}{A_1} da_1 + \int_{\frac{D}{p_1}}^{A_1} \left(1 - \frac{p_1 a_1}{p_2 a_2}\right) \frac{1}{A_1} da_1 \\
&= \left[1 - \frac{D}{p_2 A_2}\right] \frac{1}{A_1} \frac{D}{p_1} + \int_{\frac{D}{p_1}}^{A_1} \frac{1}{A_1} - \int_{\frac{D}{p_1}}^{A_1} \frac{p_1}{p_2 A_2} \frac{1}{A_1} a_1 da_1 \\
&= \left[1 - \frac{D}{p_2 A_2}\right] \frac{1}{A_1} \frac{D}{p_1} + \frac{1}{A_1} \left[A_1 - \frac{D}{p_1}\right] - \int_{\frac{D}{p_1}}^{A_1} \frac{p_1}{p_2 A_2} \frac{1}{A_1} a_1 da_1 \\
&= \left[1 - \frac{D}{p_2 A_2}\right] \frac{1}{A_1} \frac{D}{p_1} + \frac{1}{A_1} \left[A_1 - \frac{D}{p_1}\right] - \frac{p_1}{p_2 A_2} \frac{1}{A_1} \left[\frac{A_1^2}{2} - \frac{D^2}{2p_1^2}\right]
\end{aligned}$$

Durum 6 Kayıp Fonksiyonu: Denklem 6'daki gibi bulunur.

$$\begin{aligned}
L = & \frac{1}{p_1^{\alpha_1}} + \frac{1}{p_2^{\alpha_2}} + d_1 \left(\left[1 - \frac{D}{p_1 A_1} \right] \frac{1}{A_2} \frac{D}{p_2} + \frac{1}{A_2} \left[\frac{p_1 A_1}{p_2} - \frac{D}{p_2} \right] - \frac{p_2}{p_1 A_1 A_2} \left[\frac{p_1^2 A_1^2}{2 p_2^2} - \frac{D^2}{2 p_2^2} \right] \right) \\
& + d_2 \left(\left[1 - \frac{D}{p_2 A_2} \right] \frac{1}{A_1} \frac{D}{p_1} + \frac{1}{A_1} \left[A_1 - \frac{D}{p_1} \right] - \frac{p_1}{p_2 A_2 A_1} \left[\frac{A_1^2}{2} - \frac{D^2}{2 p_1^2} \right] \right) \quad (6)
\end{aligned}$$

4.3 İstihbarat Elde Edildiğinde Amaç Fonksiyonları

Bu bölümde karar verici terör saldırılarına karşı bir bilgi elde ettiği durumdaki amaç fonksiyonları hesaplanmıştır. Karar verici istihbarat parametresi c_1 ' i , $P(a_1 > c_1)$ veya $P(a_1 \leq c_1)$ olasılıklarının gerçekleşip gerçekleşmediğini dikkate alarak değerlendirmektedir. Karar verici 1. bölgeye teröristin atadığı değer hakkında bir istihbarata sahiptir ve elde ettiği bu istihbarat hakkında bilginin değerini (B.D.) ölçmek istemektedir. Bilginin değerini; bilginin olmadığı durumda gerçekleşecek kayıp ve bilginin olduğu durumda gerçekleşecek kayıp arasındaki farka bakarak ölçmektedir.

4.3.1 İstihbarat Durum 1

Durum 1-i

Durum 1 için $\{ p_1 a_1 \geq D \}$ asla gerçekleşmeyeceğinden ;

$$p_2 A_2 \leq p_1 A_1 \leq D \implies P(D \leq p_1 a_1 \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2) = 0$$

Durum 1-ii

Durum 1 için $\{p_2 a_2 \geq D\}$ asla gerçekleşmeyeceğinden ;

$$p_2 A_2 \leq p_1 A_1 \leq D \implies P(D \leq p_2 a_2 \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1) = 0$$

Durum 1 Kayıp Fonksiyonu : Denklem 7'deki gibi bulunur.

$$L = \frac{1}{p_1^{\alpha_1}} + \frac{1}{p_2^{\alpha_2}} \quad (7)$$

İstihbarat olduğu durumla bilginin olmadığı durum aynı amaç fonksiyonuna sahip olduğu için $B.D. = 0$ 'dır

4.3.2 İstihbarat Durum 2

Durum 2-i

Durum 2 için $\{p_1 a_1 \geq D\}$ asla gerçekleşmeyeceğinden ;

$$p_1 A_1 \leq p_2 A_2 \leq D \implies P(D \leq p_1 a_1 \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2) = 0$$

Durum 2-ii

Durum 2 için $\{p_2 a_2 \geq D\}$ asla gerçekleşmeyeceğinden ;

$$p_1 A_1 \leq p_2 A_2 \leq D \implies P(D \leq p_2 a_2 \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1) = 0$$

Durum 2 Kayıp Fonksiyonu : Denklem 8'deki gibi bulunur.

$$L = \frac{1}{p_1^{\alpha_1}} + \frac{1}{p_2^{\alpha_2}} \quad (8)$$

İstihbarat olduğu durumla bilginin olmadığı durum aynı amaç fonksiyonuna sahip olduğu için $B.D. = 0$ 'dır

4.3.3 İstihbarat Durum 3

Durum 3-i

Durum 3 için $\{p_1 a_1 \geq D\}$ asla gerçekleşmeyeceğinden ;

$$p_1 A_1 \leq D \leq p_2 A_2 \implies P(D \leq p_1 a_1 \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2) = 0$$

Durum 3-ii

Durum 3 için $\{D \leq p_2 a_2\}$ olayı olabileceğinden ;

$$p_1 A_1 \leq D \leq p_2 A_2 \implies P(D \leq p_2 a_2 \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1)$$

$$P(D \leq p_2 a_2) = P(a_2 \geq \frac{D}{p_2}) = \int_0^{A_2} P(D \leq p_2 a_2) da_2 = \int_{\frac{D}{p_2}}^{A_2} P(a_2 \geq \frac{D}{p_2}) da_2 = \left(1 - \frac{D}{p_2 A_2}\right)$$

Durum 3 Kayıp Fonksiyonu : Denklem 9'daki gibi bulunur.

$$L = \frac{1}{p_1^{\alpha_1}} + \frac{1}{p_2^{\alpha_2}} + d_2 \cdot \left(1 - \frac{D}{p_2 A_2}\right) \quad (9)$$

İstihbarat olduğu durumla bilginin olmadığı durum aynı amaç fonksiyonuna sahip olduğu için $B.D. = 0$ 'dır.

4.3.4 İstihbarat Durum 4

$p_2 A_2 \leq D \leq p_1 A_1$ sağlanıyorsa 4 ayrı amaç fonksiyonu meydana gelebilir.

Durum 4-i ($c_1 < \frac{D}{p_1}$) koşulunda $\{a_1 > c_1\}$ olayı meydana geliyorsa ;

Durum 4-i için,

1. Kısım Hesaplamaları ;

$$\begin{aligned} p_2 A_2 \leq D \leq p_1 A_1 &\implies P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2) \\ &= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap a_2) da_2 \\ &= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \mid a_2) f(a_2) da_2 \\ &= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) f(a_2) da_2 + \int_0^{A_2} P(p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) f(a_2) da_2 \end{aligned}$$

Öncelikle integrallerin içerisindeki olasılıklar hesaplanırsa;

$$\begin{aligned} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) &= \int_{\frac{D}{p_1}}^{A_1} \frac{1}{A_1 - c_1} da_1 = \frac{A_1 - \frac{D}{p_1}}{A_1 - c_1} \\ P(p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) &= 0 \end{aligned}$$

Bulduğumuz olasılık değerlerini integrallerin içerisinde yerlerine yazılırsa;

$$= \int_0^{A_2} \left[\frac{A_1 - \frac{D}{p_1}}{A_1 - c_1} \right] \frac{1}{A_2} da_2 + \int_0^{A_2} 0 \frac{1}{A_2} da_2 = \left[\frac{A_1 - \frac{D}{p_1}}{A_1 - c_1} \right]$$

2. Kısım Hesaplamaları ;

Durum 4-i için $\{p_2a_2 \geq D\}$ asla meydana gelemeyeceğinden ;

$$p_2A_2 \leq D \leq p_1A_1 \implies P(D \leq p_2a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1} \cap p_2a_2 \geq p_1a_1) = 0$$

Durum 4-i Kayıp Fonksiyonu

Bulunan değerler yerine yazıldığında ve $P(a_1 > c_1) = (1 - \frac{c_1}{A_1})$ olasılığı ile çarpıldığında kayıp fonksiyonu değeri 10'daki gibi bulunur:

$$L = \left[1 - \frac{c_1}{A_1}\right] \left[\frac{1}{p_1^{\alpha_1}} + \frac{1}{p_2^{\alpha_2}}\right] + d_1 \left[1 - \frac{c_1}{A_1}\right] \left[\frac{A_1 - \frac{D}{p_1}}{A_1 - c_1}\right] \quad (10)$$

Durum 4-ii ($c_1 < \frac{D}{p_1}$) koşulunda $\{a_1 \leq c_1\}$ olayı meydana geliyorsa;

Durum 4-ii için,

1. Kısım Hesaplamaları ;

$$\begin{aligned} p_2A_2 \leq D \leq p_1A_1 &\implies P(D \leq p_1a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1} \cap p_1a_1 \geq p_2a_2) \\ &= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1} \cap p_1a_1 \geq p_2a_2 \cap a_2) da_2 \\ &= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1} \cap p_1a_1 \geq p_2a_2 \mid a_2) f(a_2) da_2 \\ &= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) f(a_2) da_2 + \int_0^{A_2} P(p_1a_1 \geq p_2a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) f(a_2) da_2 \end{aligned}$$

Öncelikle integrallerin içerisindeki olasılıklar hesaplanırsa;

$$P\left(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}\right) = \int_{\frac{D}{p_1}}^{A_1} \frac{1}{A_1 - c_1} da_1 = 0$$

$$P\left(p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}\right) = 0$$

Bulduğumuz olasılık değerlerini integrallerin içerisinde yerlerine yazılırsa;

$$= \int_0^{A_2} 0 \frac{1}{A_2} da_2 + \int_0^{A_2} 0 \frac{1}{A_2} da_2 = 0$$

2. Kısım Hesaplamaları ;

Durum 4-ii için $\{p_2 a_2 \geq D\}$ asla olamayacağından ;

$$p_2 A_2 \leq D \leq p_1 A_1 \implies P\left(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1} \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1\right) = 0$$

Durum 4-ii Kayıp Fonksiyonu :

Bulunan değerler yerine yazıldığında ve $P(a_1 > c_1) = \frac{c_1}{A_1}$ olasılığı ile çarpıldığında kayıp fonksiyonu değeri 11'deki gibi bulunur:

$$L = \frac{c_1}{A_1} \left[\frac{1}{p_1^{\alpha_1}} + \frac{1}{p_2^{\alpha_2}} \right] \quad (11)$$

Durum 4-iii ($c_1 > \frac{D}{p_1}$) koşulunda $\{a_1 > c_1\}$ olayı meydana geliyorsa;

Durum 4-iii için,

1. Kısım Hesaplamaları ;

$$\begin{aligned} p_2 A_2 \leq D \leq p_1 A_1 &\implies P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2) \\ &= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap a_2) da_2 \\ &= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \mid a_2) f(a_2) da_2 \\ &= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}) f(a_2) da_2 + \int_0^{A_2} P(p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}) f(a_2) da_2 \end{aligned}$$

Öncelikle integrallerin içerisindeki olasılıklar hesaplanırsa;

$$\begin{aligned} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}) &= \int_0^{A_1} \frac{1}{A_1} da_1 = 1 \\ P(p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) &= 0 \end{aligned}$$

Bulduğumuz olasılık değerlerini integrallerin içerisinde yerlerine yazılırsa;

$$= \int_0^{A_2} 1 \frac{1}{A_2} da_2 + \int_0^{A_2} 0 \frac{1}{A_2} da_2 = 1$$

2. Kısım Hesaplamaları ;

Durum 4-iii için $\{p_2a_2 \geq D\}$ olayı asla gerçekleşmeyeceğinden ;

$$p_2A_2 \leq D \leq p_1A_1 \implies P\left(D \leq p_2a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_2a_2 \geq p_1a_1\right) = 0$$

Durum 4-iii Kayıp Fonksiyonu :

Bulunan değerler yerine yazıldığında ve $P(a_1 > c_1) = \left(1 - \frac{c_1}{A_1}\right)$ olasılığı ile çarpıldığında kayıp fonksiyonu değeri 12'deki gibi bulunur:

$$L = \left[1 - \frac{c_1}{A_1}\right] \left[\frac{1}{p_1^{\alpha_1}} + \frac{1}{p_2^{\alpha_2}}\right] + d_1 \left[1 - \frac{c_1}{A_1}\right] \quad (12)$$

Durum 4-iv ($c_1 > \frac{D}{p_1}$) koşulunda $\{a_1 \leq c_1\}$ olayı meydana geliyorsa;

Durum 4-iv için,

1. Kısım Hesaplamaları ;

$$\begin{aligned} p_2A_2 \leq D \leq p_1A_1 &\implies P\left(D \leq p_1a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_1a_1 \geq p_2a_2\right) \\ &= \int_0^{A_2} P\left(D \leq p_1a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_1a_1 \geq p_2a_2 \cap a_2\right) da_2 \\ &= \int_0^{A_2} P\left(D \leq p_1a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_1a_1 \geq p_2a_2 \mid a_2\right) f(a_2) da_2 \\ &= \int_0^{A_2} P\left(D \leq p_1a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}\right) f(a_2) da_2 + \int_0^{A_2} P\left(p_1a_1 \geq p_2a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}\right) f(a_2) da_2 \end{aligned}$$

Öncelikle integrallerin içerisindeki olasılıklar hesaplanırsa;

$$P\left(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}\right) = \int_{\frac{D}{p_1}}^{c_1} \frac{1}{c_1} da_1 = 1 - \frac{D}{p_1 c_1}$$

$$P\left(p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}\right) = 0$$

Bulduğumuz olasılık değerlerini integrallerin içerisinde yerlerine yazılırsa;

$$= \int_0^{A_2} \left[1 - \frac{D}{p_1 c_1}\right] \frac{1}{A_2} da_2 + \int_0^0 0 \frac{1}{A_2} da_2 = \left[1 - \frac{D}{p_1 c_1}\right]$$

2. Kısım Hesaplamaları ;

Durum 4-iii için $\{p_2 a_2 \geq D\}$ olayı asla meydana gelemeyeceğinden ;

$$p_2 A_2 \leq D \leq p_1 A_1 \implies P\left(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1\right) = 0$$

Durum 4-iv Kayıp Fonksiyonu :

Bulunan değerler yerine yazıldığında ve $P(a_1 \leq c_1) = \frac{c_1}{A_1}$ olasılığı ile çarpıldığında kayıp fonksiyonu değeri 13'deki gibi bulunur:

$$L = \frac{c_1}{A_1} \left[\frac{1}{p_1^{\alpha_1}} + \frac{1}{p_2^{\alpha_2}} \right] + d_1 \frac{c_1}{A_1} \left[1 - \frac{D}{p_1 c_1} \right] \quad (13)$$

4.3.5 İstihbarat Durum 5

Durum 5 için $(D \leq p_1 a_1)$ ve $(p_1 a_1 \geq p_2 a_2)$ şartı sağlanıyorsa 4 ayrı amaç fonksiyonu meydana gelebilir.

Durum 5-i

$(c_1 < \frac{D}{p_1})$ koşulunda $\{a_1 > c_1\}$ olayı meydana geliyorsa; Durum 5-i için,

1. Kısım Hesaplamaları ;

$$\begin{aligned} D \leq p_2 A_2 \leq p_1 A_1 &\implies P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2) \\ &= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap a_2) da_2 \\ &= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \mid a_2) f(a_2) da_2 \\ &= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) \frac{1}{A_2} da_2 + \int_0^{A_2} P(p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) \frac{1}{A_2} da_2 \end{aligned}$$

Öncelikle integrallerin içerisindeki olasılıklar hesaplanırsa;

$$\begin{aligned} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) &= \int_{\frac{D}{p_1}}^{A_1} \frac{1}{A_1 - c_1} da_1 = \frac{A_1 - \frac{D}{p_1}}{A_1 - c_1} \\ P(p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) &= \int_{\frac{p_2 a_2}{p_1}}^{A_1} \frac{1}{A_1 - c_1} da_1 = \frac{A_1}{A_1 - c_1} - \frac{p_2 a_2}{p_1 [A_1 - c_1]} \end{aligned}$$

Bulunan olasılık değerleri integrallerin içerisinde yerlerine yazılırsa;

$$\begin{aligned}
&= \int_0^{\frac{D}{p_2}} \left[\frac{A_1 - \frac{D}{p_1}}{A_1 - c_1} \right] \frac{1}{A_2} da_2 + \int_{\frac{D}{p_2}}^{A_2} \left[\frac{A_1}{A_1 - c_1} - \frac{p_2 a_2}{p_1 [A_1 - c_1]} \right] \frac{1}{A_2} da_2 \\
&= \left[\frac{A_1 - \frac{D}{p_1}}{A_1 - c_1} \right] \frac{1}{A_2} \frac{D}{p_2} + \int_{\frac{D}{p_2}}^{A_2} \left[\frac{A_1}{A_1 - c_1} - \frac{p_2 a_2}{p_1 [A_1 - c_1]} \right] \frac{1}{A_2} da_2 \\
&= \left[\frac{A_1 - \frac{D}{p_1}}{A_1 - c_1} \right] \frac{1}{A_2} \frac{D}{p_2} + \int_{\frac{D}{p_2}}^{A_2} \frac{A_1}{A_1 - c_1} \frac{1}{A_2} da_2 - \int_{\frac{D}{p_2}}^{A_2} \frac{p_2}{p_1 [A_1 - c_1]} \frac{1}{A_2} a_2 da_2 \\
&= \left[\frac{A_1 - \frac{D}{p_1}}{A_1 - c_1} \right] \frac{1}{A_2} \frac{D}{p_2} + \frac{A_1}{A_1 - c_1} \frac{1}{A_2} \left[A_2 - \frac{D}{p_2} \right] - \frac{p_2}{p_1 [A_1 - c_1]} \frac{1}{A_2} \left[\frac{A_2^2}{2} - \frac{D^2}{2p_2^2} \right]
\end{aligned}$$

Durum 5-i için,

2. Kısım Hesaplamaları ;

$$\begin{aligned}
&D \leq p_2 A_2 \leq p_1 A_1 \implies P(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1} \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1) \\
&= \int_0^{A_1} P(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1} \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \cap a_1) da_1 \\
&= \int_0^{A_1} P(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1} \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \mid a_1) f(a_1) da_1 \\
&= \int_0^{A_1} P(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) \frac{1}{A_1 - c_1} da_1 + \int_0^{A_1} P(p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) \frac{1}{A_1 - c_1} da_1
\end{aligned}$$

Öncelikle integrallerin içerisindeki olasılıklar hesaplanırsa;

$$P\left(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}\right) = \int_{\frac{D}{p_2}}^{A_2} \frac{1}{A_2} da_2 = 1 - \frac{D}{p_2 A_2}$$

$$P\left(p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}\right) = \int_{\frac{p_1 a_1}{p_2}}^{A_2} \frac{1}{A_2} da_2 = 1 - \frac{p_1 a_1}{p_2 A_2}$$

Bulunan olasılık değerleri integrallerin içerisinde yerlerine yazılırsa;

$$\begin{aligned} &= \int_{c_1}^{\frac{D}{p_1}} \left[1 - \frac{D}{p_2 A_2}\right] \frac{1}{A_1 - c_1} da_1 + \int_{\frac{D}{p_1}}^{\frac{p_2 A_2}{p_1}} \left[1 - \frac{p_1 a_1}{p_2 A_2}\right] \frac{1}{A_1 - c_1} da_1 \\ &= \left[1 - \frac{D}{p_2 A_2}\right] \frac{1}{A_1 - c_1} \left[\frac{D}{p_1} - c_1\right] + \int_{\frac{D}{p_1}}^{\frac{p_2 A_2}{p_1}} \frac{1}{A_1 - c_1} da_1 - \int_{\frac{D}{p_1}}^{\frac{p_2 A_2}{p_1}} \frac{p_1 a_1}{p_2 A_2} \frac{1}{A_1 - c_1} da_1 \\ &= \left[1 - \frac{D}{p_2 A_2}\right] \frac{1}{A_1 - c_1} \left[\frac{D}{p_1} - c_1\right] + \frac{1}{A_1 - c_1} \left[\frac{p_2 A_2}{p_1} - \frac{D}{p_1}\right] - \frac{1}{A_1 - c_1} \frac{p_1}{p_2 A_2} \left[\frac{p_2^2 A_2^2}{2p_1^2} - \frac{D^2}{2p_1^2}\right] \end{aligned}$$

Durum 5-i Kayıp Fonksiyonu :

Bulunan değerler yerine yazıldığında ve $P(a_1 > c_1) = 1 - \frac{c_1}{A_1}$ olasılığı ile çarpıldığında kayıp fonksiyonu değeri 14 gibi bulunur:

$$\begin{aligned} L &= \left[\frac{1}{p_1^{\alpha_1}} + \frac{1}{p_2^{\alpha_2}}\right] \left[1 - \frac{c_1}{A_1}\right] + d_1 \left[1 - \frac{c_1}{A_1}\right] \left\{ \left[\frac{A_1 - \frac{D}{p_1}}{A_1 - c_1}\right] \frac{1}{A_2} \frac{D}{p_2} + \frac{A_1}{A_1 - c_1} \frac{1}{A_2} \left[A_2 - \frac{D}{p_2}\right] - \right. \\ &\quad \left. \frac{p_2}{p_1 [A_1 - c_1]} \frac{1}{A_2} \left[\frac{A_2^2}{2} - \frac{D^2}{2p_2^2}\right] \right\} + d_2 \left[1 - \frac{c_1}{A_1}\right] \left\{ \left[1 - \frac{D}{p_2 A_2}\right] \frac{1}{A_1 - c_1} \left[\frac{D}{p_1} - c_1\right] + \right. \\ &\quad \left. \frac{1}{A_1 - c_1} \left[\frac{p_2 A_2}{p_1} - \frac{D}{p_1}\right] - \frac{1}{A_1 - c_1} \frac{p_1}{p_2 A_2} \left[\frac{p_2^2 A_2^2}{2p_1^2} - \frac{D^2}{2p_1^2}\right] \right\} \end{aligned} \quad (14)$$

Durum 5-ii

$(c_1 < \frac{D}{p_1})$ koşulunda $\{a_1 \leq c_1\}$ olasılığı meydana geliyorsa;

Durum 5-ii için,

1. Kısım Hesaplamaları ;

$$\begin{aligned} D \leq p_2 A_2 \leq p_1 A_1 &\implies P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2) \\ &= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap a_2) da_2 \\ &= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \mid a_2) f(a_2) da_2 \\ &= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) \frac{1}{A_2} da_2 + \int_0^{A_2} P(p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) \frac{1}{A_2} da_2 \end{aligned}$$

Öncelikle integrallerin içerisindeki olasılıklar hesaplanırsa;

$$\begin{aligned} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) &= 0 \\ P(p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) &= 0 \end{aligned}$$

Bulunan olasılık değerleri integrallerin içerisinde yerlerine yazılırsa;

$$= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) \frac{1}{A_2} da_2 + \int_0^{A_2} P(p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) \frac{1}{A_2} da_2 = 0$$

Durum 5-ii için,

2. Kısım Hesaplamaları ;

$$\begin{aligned} D \leq p_2 A_2 \leq p_1 A_1 &\implies P(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1} \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1) \\ &= \int_0^{A_1} P(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1} \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \cap a_1) da_1 \\ &= \int_0^{A_1} P(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1} \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \mid a_1) f(a_1) da_1 \\ &= \int_0^{A_1} P(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) \frac{1}{A_1} da_1 + \int_0^{A_1} P(p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) \frac{1}{A_1} da_1 \end{aligned}$$

Öncelikle integrallerin içerisindeki olasılıklar hesaplanırsa;

$$\begin{aligned} P(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) &= 0 \\ P(p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) &= \int_{\frac{D}{p_2}}^{A_2} \frac{1}{A_2} da_2 = 1 - \frac{D}{p_2 A_2} \end{aligned}$$

Bulunan olasılık değerleri integrallerin içerisinde yerlerine yazılırsa;

$$= \int_0^{A_1} \left[1 - \frac{D}{p_2 A_2} \right] \frac{1}{A_1} da_1 = 1 - \frac{D}{p_2 A_2}$$

Durum 5-ii Kayıp Fonksiyonu :

Bulunan değerler yerine yazıldığında ve $P(a_1 \leq c_1) = \frac{c_1}{A_1}$ olasılığı ile çarpıldığında

kayıp fonksiyonu değeri 15'deki gibi bulunur:

$$L = \left[\frac{1}{p_1^{\alpha_1}} + \frac{1}{p_2^{\alpha_2}} \right] \frac{c_1}{A_1} + d_2 \frac{c_1}{A_1} \left[1 - \frac{D}{p_2 A_2} \right] \quad (15)$$

Durum 5-iii

$(c_1 > \frac{D}{p_1})$ koşulunda $\{a_1 > c_1\}$ olayı meydana geliyorsa, fonksiyon $c_1 p_1 < p_2 A_2$ ve $c_1 p_1 > p_2 A_2$ gibi iki şartı sağlayabilir. Bu durumda; Durum 5-iii için,

(1) $c_1 p_1 < p_2 A_2$ şartı sağlanıyorsa;

1. Kısım Hesaplamaları ;

$$\begin{aligned} D \leq p_2 A_2 \leq p_1 A_1 &\implies P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2) \\ &= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap a_2) da_2 \\ &= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \mid a_2) f(a_2) da_2 \\ &= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}) \frac{1}{A_2} da_2 + \int_0^{A_2} P(p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}) \frac{1}{A_2} da_2 \end{aligned}$$

Öncelikle integrallerin içerisindeki olasılıklar hesaplanırsa;

$$\begin{aligned} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}) &= 1 \\ P(p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}) &= \int_{\frac{p_2 a_2}{p_1}}^{A_1} \frac{1}{A_1 - c_1} da_1 = \frac{A_1}{A_1 - c_1} - \frac{p_2 a_2}{p_1 [A_1 - c_1]} \end{aligned}$$

Bulunan olasılık değerleri integrallerin içerisinde yerlerine yazılırsa;

$$\begin{aligned}
&= \int_0^{\frac{p_1 c_1}{p_2}} \frac{1}{A_2} da_2 + \int_{\frac{p_1 c_1}{p_2}}^{A_2} \left[\frac{A_1}{A_1 - c_1} - \frac{p_2 a_2}{p_1 [A_1 - c_1]} \right] \frac{1}{A_2} da_2 \\
&= \frac{p_1 c_1}{p_2 A_2} + \int_{\frac{p_1 c_1}{p_2}}^{A_2} \frac{A_1}{A_1 - c_1} \frac{1}{A_2} da_2 - \int_{\frac{p_1 c_1}{p_2}}^{A_2} \frac{p_2 a_2}{p_1 [A_1 - c_1]} \frac{1}{A_2} da_2 \\
&= \frac{p_1 c_1}{p_2 A_2} + \frac{A_1}{A_1 - c_1} \frac{1}{A_2} \left[A_2 - \frac{p_1 c_1}{p_2} \right] - \frac{p_2}{p_1 [A_1 - c_1]} \frac{1}{A_2} \left[\frac{A_2^2}{2} - \frac{p_1^2 c_1^2}{2p_2^2} \right]
\end{aligned}$$

(1) $c_1 p_1 < p_2 A_2$ şartı sağlanıyorsa;

2. Kısım Hesaplamaları ;

$$\begin{aligned}
D \leq p_2 A_2 \leq p_1 A_1 &\implies P(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1) \\
&= \int_0^{A_1} P(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \cap a_1) da_1 \\
&= \int_0^{A_1} P(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \mid a_1) f(a_1) da_1 \\
&= \int_0^{A_1} P(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}) \frac{1}{A_1 - c_1} da_1 + \int_0^{A_1} P(p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}) \frac{1}{A_1 - c_1} da_1
\end{aligned}$$

Öncelikle integrallerin içerisindeki olasılıklar hesaplanırsa;

$$P\left(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}\right) = 0$$

$$P\left(p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}\right) = \int_{\frac{p_1 a_1}{p_2}}^{A_2} \frac{1}{A_2} da_2 = 1 - \frac{p_1 a_1}{p_2 A_2}$$

Bulunan olasılık değerleri integrallerin içerisinde yerlerine yazılırsa;

$$= \int_0^{A_1} 0 \frac{1}{A_1 - c_1} da_1 + \int_{c_1}^{\frac{p_2 A_2}{p_1}} \left[1 - \frac{p_1 a_1}{p_2 A_2}\right] \frac{1}{A_1 - c_1} da_1$$

$$= \int_{c_1}^{\frac{p_2 A_2}{p_1}} \frac{1}{A_1 - c_1} da_1 - \int_{c_1}^{\frac{p_2 A_2}{p_1}} \frac{p_1 a_1}{p_2 A_2} \frac{1}{A_1 - c_1} da_1$$

$$= \frac{1}{A_1 - c_1} \left[\frac{p_2 A_2}{p_1} - c_1\right] - \frac{1}{A_1 - c_1} \frac{p_1}{p_2 A_2} \left[\frac{p_2^2 A_2^2}{2p_1^2} - \frac{c_1^2}{2}\right]$$

Durum 5-iii Kayıp Fonksiyonu :

(1) $c_1 p_1 < p_2 A_2$ şartı sağlandığında meydana gelen kayıp fonksiyonu;

Bulunan değerler yerine yazıldığında ve $P(a_1 > c_1) = 1 - \frac{c_1}{A_1}$ olasılığı ile çarpıldığında kayıp fonksiyonu değeri 16'deki gibi bulunur:

$$L = \left[\frac{1}{p_1^{\alpha_1}} + \frac{1}{p_2^{\alpha_2}}\right] \left[1 - \frac{c_1}{A_1}\right]$$

$$+ d_1 \left[1 - \frac{c_1}{A_1}\right] \left\{ \frac{p_1 c_1}{p_2 A_2} + \frac{A_1}{A_1 - c_1} \frac{1}{A_2} \left[A_2 - \frac{p_1 c_1}{p_2}\right] - \frac{p_2}{p_1 [A_1 - c_1]} \frac{1}{A_2} \left[\frac{A_2^2}{2} - \frac{p_1^2 c_1^2}{2p_2^2}\right] \right\}$$

$$+ d_2 \left[1 - \frac{c_1}{A_1}\right] \left\{ \frac{1}{A_1 - c_1} \left[\frac{p_2 A_2}{p_1} - c_1\right] - \frac{1}{A_1 - c_1} \frac{p_1}{p_2 A_2} \left[\frac{p_2^2 A_2^2}{2p_1^2} - \frac{c_1^2}{2}\right] \right\} \quad (16)$$

(2) $c_1 p_1 > p_2 A_2$ şartı sağlanıyorsa;

1. Kısım Hesaplamaları ;

$$\begin{aligned} D \leq p_2 A_2 \leq p_1 A_1 &\implies P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2) \\ &= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap a_2) da_2 \\ &= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \mid a_2) f(a_2) da_2 \\ &= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}) \frac{1}{A_2} da_2 + \int_0^{A_2} P(p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}) \frac{1}{A_2} da_2 \end{aligned}$$

Öncelikle integrallerin içerisindeki olasılıklar hesaplanırsa;

$$\begin{aligned} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}) &= 1 \\ P(p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}) &= 0 \end{aligned}$$

Bulunan olasılık değerleri integrallerin içerisinde yerlerine yazılırsa;

$$= \int_0^{A_2} \frac{1}{A_2} da_2 + \int_0^{A_2} 0 \frac{1}{A_2} da_2 = 1$$

(2) $c_1 p_1 > p_2 A_2$ şartı sağlanıyorsa;

2. Kısım Hesaplamaları ;

$$\begin{aligned} D \leq p_2 A_2 \leq p_1 A_1 &\implies P\left(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1\right) \\ &= \int_0^{A_1} P\left(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \cap a_1\right) da_1 \\ &= \int_0^{A_1} P\left(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \mid a_1\right) f(a_1) da_1 \\ &= \int_0^{A_1} P\left(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}\right) f(a_1) da_1 + \int_0^{A_1} P\left(p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}\right) f(a_1) da_1 \end{aligned}$$

Öncelikle integrallerin içerisindeki olasılıklar hesaplanırsa;

$$\begin{aligned} P\left(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}\right) &= 0 \\ P\left(p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}\right) &= 0 \end{aligned}$$

Bulunan olasılık değerleri integrallerin içerisinde yerlerine yazılırsa;

$$= \int_0^{A_1} 0 \frac{1}{A_1 - c_1} da_1 + \int_0^{A_1} 0 \frac{1}{A_1 - c_1} da_1 = 0$$

Durum 5-iii Kayıp Fonksiyonu :

(1) $c_1 p_1 > p_2 A_2$ şartı sağlandığında meydana gelen kayıp fonksiyonu;

Bulunan değerler yerine yazıldığında ve $P(a_1 > c_1) = 1 - \frac{c_1}{A_1}$ olasılığı ile çarpıldığında

kayıp fonksiyonu değeri 17'deki gibi bulunur:

$$L = \left[\frac{1}{p_1^{\alpha_1}} + \frac{1}{p_2^{\alpha_2}} \right] \left[1 - \frac{c_1}{A_1} \right] + d_1 \left[1 - \frac{c_1}{A_1} \right] \quad (17)$$

Durum 5-iv

$(c_1 > \frac{D}{p_1})$ koşulunda $\{a_1 \leq c_1\}$ olayı meydana geliyorsa, fonksiyon $c_1 p_1 < p_2 A_2$ ve $c_1 p_1 > p_2 A_2$ gibi iki şartı sağlayabilir. Bu durumda; Durum 5-iv için,

(1) $c_1 p_1 > p_2 A_2$ şartı sağlanıyorsa;

1. Kısım Hesaplamaları ;

$$\begin{aligned} D \leq p_2 A_2 \leq p_1 A_1 &\implies P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2) \\ &= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap a_2) da_2 \\ &= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \mid a_2) f(a_2) da_2 \\ &= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}) \frac{1}{A_2} da_2 + \int_0^{A_2} P(p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}) \frac{1}{A_2} da_2 \end{aligned}$$

Öncelikle integrallerin içerisindeki olasılıklar hesaplanırsa;

$$\begin{aligned} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}) &= \int_{\frac{D}{p_1}}^{c_1} \frac{1}{c_1} da_1 = \frac{c_1 - \frac{D}{p_1}}{c_1} \\ P(p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}) &= \int_{\frac{p_2 a_2}{p_1}}^{c_1} \frac{1}{c_1} da_1 = 1 - \frac{p_2 a_2}{p_1 c_1} \end{aligned}$$

Bulunan olasılık değerleri integrallerin ierisinde yerlerine yazılırsa;

$$\begin{aligned}
&= \int_0^{\frac{D}{p_2}} \left[\frac{c_1 - \frac{D}{p_1}}{c_1} \right] \frac{1}{A_2} da_2 + \int_{\frac{D}{p_2}}^{A_2} \left[1 - \frac{p_2 a_2}{p_1 c_1} \right] \frac{1}{A_2} da_2 \\
&= \left[\frac{c_1 - \frac{D}{p_1}}{c_1} \right] \frac{1}{A_2} \frac{D}{p_2} + \int_{\frac{D}{p_2}}^{A_2} \frac{1}{A_2} da_2 - \int_{\frac{D}{p_2}}^{A_2} \frac{p_2 a_2}{p_1 c_1} \frac{1}{A_2} da_2 \\
&= \left[\frac{c_1 - \frac{D}{p_1}}{c_1} \right] \frac{1}{A_2} \frac{D}{p_2} + \frac{1}{A_2} \left[A_2 - \frac{D}{p_2} \right] - \frac{p_2}{p_1 c_1} \frac{1}{A_2} \left[\frac{A_2^2}{2} - \frac{D^2}{2p_2^2} \right]
\end{aligned}$$

(1) $c_1 p_1 > p_2 A_2$ şartı sağlanıyorsa;

2. Kısım Hesaplamaları ;

$$\begin{aligned}
D \leq p_2 A_2 \leq p_1 A_1 &\implies P(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1) \\
&= \int_0^{A_1} P(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \cap a_1) da_1 \\
&= \int_0^{A_1} P(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \mid a_1) f(a_1) da_1 \\
&= \int_0^{A_1} P(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}) \frac{1}{c_1} da_1 + \int_0^{A_1} P(p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}) \frac{1}{c_1} da_1
\end{aligned}$$

Öncelikle integrallerin içerisindeki olasılıklar hesaplanırsa;

$$P\left(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}\right) = \int_{\frac{D}{p_2}}^{A_2} \frac{1}{A_2} da_2 = 1 - \frac{D}{p_2 A_2}$$

$$P\left(p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}\right) = \int_{\frac{p_1 a_1}{p_2}}^{A_2} \frac{1}{A_2} da_2 = 1 - \frac{p_1 a_1}{p_2 A_2}$$

Bulunan olasılık değerleri integrallerin içerisinde yerlerine yazılırsa;

$$\begin{aligned} &= \int_0^{\frac{D}{p_1}} \left[1 - \frac{D}{p_2 A_2}\right] \frac{1}{c_1} da_1 + \int_{\frac{D}{p_1}}^{\frac{p_2 A_2}{p_1}} \left[1 - \frac{p_1 a_1}{p_2 A_2}\right] \frac{1}{c_1} da_1 \\ &= \left[1 - \frac{D}{p_2 A_2}\right] \frac{1}{c_1} \frac{D}{p_1} + \int_{\frac{D}{p_1}}^{\frac{p_2 A_2}{p_1}} \frac{1}{c_1} da_1 - \int_{\frac{D}{p_1}}^{\frac{p_2 A_2}{p_1}} \frac{p_1 a_1}{p_2 A_2} \frac{1}{c_1} da_1 \\ &= \left[1 - \frac{D}{p_2 A_2}\right] \frac{1}{c_1} \frac{D}{p_1} + \frac{1}{c_1} \left[\frac{p_2 A_2}{p_1} - \frac{D}{p_1}\right] - \frac{1}{c_1} \frac{p_1}{p_2 A_2} \left[\frac{p_2^2 A_2^2}{2 p_1^2} - \frac{D^2}{2 p_1^2}\right] \end{aligned}$$

Durum 5-iv Kayıp Fonksiyonu

(1) $c_1 p_1 > p_2 A_2$ şartı sağlandığında meydana gelen kayıp fonksiyonu;

Bulunan değerler yerine yazıldığında ve $P(a_1 > c_1) = 1 - \frac{c_1}{A_1}$ olasılığı ile çarpıldığında kayıp fonksiyonu değeri 19'daki gibi bulunur:

$$\begin{aligned} L &= \left[\frac{1}{p_1^{a_1}} + \frac{1}{p_2^{a_2}}\right] \frac{c_1}{A_1} \\ &+ d_1 \frac{c_1}{A_1} \left\{ \left[\frac{c_1 - \frac{D}{p_1}}{c_1}\right] \frac{1}{A_2} \frac{D}{p_2} + \frac{1}{A_2} \left[A_2 - \frac{D}{p_2}\right] - \frac{p_2}{p_1 c_1} \frac{1}{A_2} \left[\frac{A_2^2}{2} - \frac{D^2}{2 p_2^2}\right] \right\} \\ &+ d_2 \frac{c_1}{A_1} \left\{ \left[1 - \frac{D}{p_2 A_2}\right] \frac{1}{c_1} \frac{D}{p_1} + \frac{1}{c_1} \left[\frac{p_2 A_2}{p_1} - \frac{D}{p_1}\right] - \frac{1}{c_1} \frac{p_1}{p_2 A_2} \left[\frac{p_2^2 A_2^2}{2 p_1^2} - \frac{D^2}{2 p_1^2}\right] \right\} \end{aligned} \quad (18)$$

(2) $c_1 p_1 < p_2 A_2$ şartı sağlanıyorsa;

1. Kısım Hesaplamaları ;

$$\begin{aligned}
D \leq p_2 A_2 \leq p_1 A_1 &\implies P\left(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2\right) \\
&= \int_0^{A_2} P\left(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap a_2\right) da_2 \\
&= \int_0^{A_2} P\left(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \mid a_2\right) f(a_2) da_2 \\
&= \int_0^{A_2} P\left(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}\right) \frac{1}{A_2} da_2 + \int_0^{A_2} P\left(p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}\right) \frac{1}{A_2} da_2
\end{aligned}$$

Öncelikle integrallerin içerisindeki olasılıklar hesaplanırsa;

$$\begin{aligned}
P\left(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}\right) &= \int_{\frac{D}{p_1}}^{c_1} \frac{1}{c_1} da_1 = \frac{c_1 - \frac{D}{p_1}}{c_1} \\
P\left(p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}\right) &= \int_{\frac{p_2 a_2}{p_1}}^{c_1} \frac{1}{c_1} da_1 = 1 - \frac{p_2 a_2}{p_1 c_1}
\end{aligned}$$

Bulunan olasılık değerleri integrallerin içerisinde yerlerine yazılırsa;

$$= \int_0^{\frac{D}{p_2}} \left[\frac{c_1 - \frac{D}{p_1}}{c_1} \right] \frac{1}{A_2} da_2 + \int_{\frac{D}{p_2}}^{\frac{p_1 c_1}{p_2}} \left[1 - \frac{p_2 a_2}{p_1 c_1} \right] \frac{1}{A_2} da_2$$

$$\begin{aligned}
&= \left[\frac{c_1 - \frac{D}{p_1}}{c_1} \right] \frac{1}{A_2} \frac{D}{p_2} + \int_{\frac{D}{p_2}}^{\frac{p_1 c_1}{p_2}} \frac{1}{A_2} da_2 - \int_{\frac{D}{p_2}}^{\frac{p_1 c_1}{p_2}} \frac{p_2 a_2}{p_1 c_1} \frac{1}{A_2} da_2 \\
&= \left[\frac{c_1 - \frac{D}{p_1}}{c_1} \right] \frac{1}{A_2} \frac{D}{p_2} + \frac{1}{A_2} \left[\frac{p_1 c_1}{p_2} - \frac{D}{p_2} \right] - \frac{p_2}{p_1 c_1} \frac{1}{A_2} \left[\frac{p_1^2 c_1^2}{2p_2^2} - \frac{D^2}{2p_2^2} \right]
\end{aligned}$$

(2) $c_1 p_1 < p_2 A_2$ şartı sağlanıyorsa;

2. Kısım Hesaplamaları ;

$$\begin{aligned}
D \leq p_2 A_2 \leq p_1 A_1 &\implies P(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1) \\
&= \int_0^{A_1} P(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \cap a_1) da_1 \\
&= \int_0^{A_1} P(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1 | a_1) f(a_1) da_1 \\
&= \int_0^{A_1} P(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}) \frac{1}{c_1} da_1 + \int_0^{A_1} P(p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}) \frac{1}{c_1} da_1
\end{aligned}$$

Öncelikle integrallerin içerisindeki olasılıklar hesaplanırsa;

$$\begin{aligned}
P(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}) &= \int_{\frac{D}{p_2}}^{A_2} \frac{1}{A_2} da_2 = 1 - \frac{D}{p_2 A_2} \\
P(p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}) &= \int_{\frac{p_1 a_1}{p_2}}^{A_2} \frac{1}{A_2} da_2 = 1 - \frac{p_1 a_1}{p_2 A_2}
\end{aligned}$$

Bulunan olasılık değerleri integrallerin içerisinde yerlerine yazılırsa;

$$\begin{aligned}
&= \int_0^{\frac{D}{p_1}} \left[1 - \frac{D}{p_2 A_2}\right] \frac{1}{c_1} da_1 + \int_{\frac{D}{p_1}}^{c_1} \left[1 - \frac{p_1 a_1}{p_2 A_2}\right] \frac{1}{c_1} da_1 \\
&= \left[1 - \frac{D}{p_2 A_2}\right] \frac{1}{c_1} \frac{D}{p_1} + \int_{\frac{D}{p_1}}^{c_1} \frac{1}{c_1} da_1 - \int_{\frac{D}{p_1}}^{c_1} \frac{p_1 a_1}{p_2 A_2} \frac{1}{c_1} da_1 \\
&= \left[1 - \frac{D}{p_2 A_2}\right] \frac{1}{c_1} \frac{D}{p_1} + \frac{1}{c_1} \left[c_1 - \frac{D}{p_1}\right] - \frac{p_1}{p_2 A_2} \frac{1}{c_1} \left[\frac{c_1^2}{2} - \frac{D^2}{2p_1^2}\right]
\end{aligned}$$

Durum 5-iv Kayıp Fonksiyonu

(1) $c_1 p_1 < p_2 A_2$ şartı sağlandığında meydana gelen kayıp fonksiyonu;

Bulunan değerler yerine yazıldığında ve $P(a_1 \leq c_1) = \frac{c_1}{A_1}$ olasılığı ile çarpıldığında kayıp fonksiyonu değeri 20'deki gibi bulunur:

$$\begin{aligned}
L &= \left[\frac{1}{p_1^{\alpha_1}} + \frac{1}{p_2^{\alpha_2}}\right] \frac{c_1}{A_1} \\
&+ d_1 \frac{c_1}{A_1} \left\{ \left[\frac{c_1 - \frac{D}{p_1}}{c_1}\right] \frac{1}{A_2} \frac{D}{p_2} + \frac{1}{A_2} \left[\frac{p_1 c_1}{p_2} - \frac{D}{p_2}\right] - \frac{p_2}{p_1 c_1} \frac{1}{A_2} \left[\frac{p_1^2 c_1^2}{2p_2^2} - \frac{D^2}{2p_2^2}\right] \right\} \quad (19) \\
&+ d_2 \frac{c_1}{A_1} \left\{ \left[1 - \frac{D}{p_2 A_2}\right] \frac{1}{c_1} \frac{D}{p_1} + \frac{1}{c_1} \left[c_1 - \frac{D}{p_1}\right] - \frac{p_1}{p_2 A_2} \frac{1}{c_1} \left[\frac{c_1^2}{2} - \frac{D^2}{2p_1^2}\right] \right\}
\end{aligned}$$

4.3.6 İstihbarat Durum 6

Durum 6 için $D < p_1 a_1 < p_2 a_2$ şartı sağlanıyorsa 4 ayrı amaç fonksiyonu meydana gelebilir.

Durum 6-i

$(c_1 < \frac{D}{p_1})$ koşulunda $\{a_1 > c_1\}$ olayı meydana geliyorsa; Durum 6-i için,

1. Kısım Hesaplamaları ;

$$D \leq p_1 A_1 \leq p_2 A_2 \implies P\left(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2\right)$$

$$\begin{aligned}
&= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap a_2) da_2 \\
&= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2 | a_2) f(a_2) da_2 \\
&= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) \frac{1}{A_2} da_2 + \int_0^{A_2} P(p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) \frac{1}{A_2} da_2
\end{aligned}$$

Öncelikle integrallerin içerisindeki olasılıklar hesaplanırsa;

$$\begin{aligned}
P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) &= \int_{\frac{D}{p_1}}^{A_1} \frac{1}{A_1 - c_1} da_1 = \frac{A_1 - \frac{D}{p_1}}{A_1 - c_1} \\
P(p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) &= \int_{\frac{p_2 a_2}{p_1}}^{A_1} \frac{1}{A_1 - c_1} da_1 = \frac{A_1}{A_1 - c_1} - \frac{p_2 a_2}{p_1 [A_1 - c_1]}
\end{aligned}$$

Bulunan olasılık değerleri integrallerin içerisinde yerlerine yazılırsa;

$$\begin{aligned}
&= \int_0^{\frac{D}{p_2}} \left[\frac{A_1 - \frac{D}{p_1}}{A_1 - c_1} \right] \frac{1}{A_2} da_2 + \int_{\frac{D}{p_2}}^{\frac{p_1 A_1}{p_2}} \left[\frac{A_1}{A_1 - c_1} - \frac{p_2 a_2}{p_1 [A_1 - c_1]} \right] \frac{1}{A_2} da_2 \\
&= \left[\frac{A_1 - \frac{D}{p_1}}{A_1 - c_1} \right] \frac{1}{A_2} \frac{D}{p_2} + \int_{\frac{D}{p_2}}^{\frac{p_1 A_1}{p_2}} \left[\frac{A_1}{A_1 - c_1} - \frac{p_2 a_2}{p_1 [A_1 - c_1]} \right] \frac{1}{A_2} da_2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \left[\frac{A_1 - \frac{D}{p_1}}{A_1 - c_1} \right] \frac{1}{A_2} \frac{D}{p_2} + \int_{\frac{D}{p_2}}^{\frac{p_1 A_1}{p_2}} \frac{A_1}{A_1 - c_1} \frac{1}{A_2} da_2 - \int_{\frac{D}{p_2}}^{\frac{p_1 A_1}{p_2}} \frac{p_2}{p_1 [A_1 - c_1]} \frac{1}{A_2} a_2 da_2 \\
&= \left[\frac{A_1 - \frac{D}{p_1}}{A_1 - c_1} \right] \frac{1}{A_2} \frac{D}{p_2} + \frac{A_1}{A_1 - c_1} \frac{1}{A_2} \left[\frac{p_1 A_1}{p_2} - \frac{D}{p_2} \right] - \frac{p_2}{p_1 [A_1 - c_1]} \frac{1}{A_2} \left[\frac{p_1^2 A_1^2}{2 p_2^2} - \frac{D^2}{2 p_2^2} \right]
\end{aligned}$$

Durum 6-i için,

2. Kısım Hesaplamaları ;

$$\begin{aligned}
D \leq p_1 A_1 \leq p_2 A_2 &\implies P(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1} \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1) \\
&= \int_0^{A_1} P(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1} \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \cap a_1) da_1 \\
&= \int_0^{A_1} P(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1} \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1 | a_1) f(a_1) da_1 \\
&= \int_0^{A_1} P(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) \frac{1}{A_1 - c_1} da_1 + \int_0^{A_1} P(p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) \frac{1}{A_1 - c_1} da_1
\end{aligned}$$

Öncelikle integrallerin içerisindeki olasılıklar hesaplanırsa;

$$\begin{aligned}
P(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) &= \int_{\frac{D}{p_2}}^{A_2} \frac{1}{A_2} da_2 = 1 - \frac{D}{p_2 A_2} \\
P(p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) &= \int_{\frac{p_1 a_1}{p_2}}^{A_2} \frac{1}{A_2} da_2 = 1 - \frac{p_1 a_1}{p_2 A_2}
\end{aligned}$$

Bulunan olasılık değerleri integrallerin içerisinde yerlerine yazılırsa;

$$\begin{aligned}
&= \int_{c_1}^{\frac{D}{p_1}} \left[1 - \frac{D}{p_2 A_2}\right] \frac{1}{A_1 - c_1} da_1 + \int_{\frac{D}{p_1}}^{A_1} \left[1 - \frac{p_1 a_1}{p_2 A_2}\right] \frac{1}{A_1 - c_1} da_1 \\
&= \left[1 - \frac{D}{p_2 A_2}\right] \frac{1}{A_1 - c_1} \left[\frac{D}{p_1} - c_1\right] + \int_{\frac{D}{p_1}}^{A_1} \frac{1}{A_1 - c_1} da_1 - \int_{\frac{D}{p_1}}^{A_1} \frac{p_1 a_1}{p_2 A_2} \frac{1}{A_1 - c_1} da_1 \\
&= \left[1 - \frac{D}{p_2 A_2}\right] \frac{1}{A_1 - c_1} \left[\frac{D}{p_1} - c_1\right] + \frac{1}{A_1 - c_1} \left[A_1 - \frac{D}{p_1}\right] - \frac{1}{A_1 - c_1} \frac{p_1}{p_2 A_2} \left[\frac{A_1^2}{2} - \frac{D^2}{2p_1^2}\right]
\end{aligned}$$

Durum 6-i Kayıp Fonksiyonu

Bulunan değerler yerine yazıldığında ve $P(a_1 > c_1) = 1 - \frac{c_1}{A_1}$ olasılığı ile çarpıldığında kayıp fonksiyonu değeri 21'deki gibi bulunur:

$$\begin{aligned}
L &= \left[\frac{1}{p_1^{\alpha_1}} + \frac{1}{p_2^{\alpha_2}}\right] \left[1 - \frac{c_1}{A_1}\right] + d_1 \left[1 - \frac{c_1}{A_1}\right] \left\{ \left[\frac{A_1 - \frac{D}{p_1}}{A_1 - c_1}\right] \frac{1}{A_2} \frac{D}{p_2} + \frac{A_1}{A_1 - c_1} \frac{1}{A_2} \left[\frac{p_1 A_1}{p_2} - \frac{D}{p_2}\right] \right. \\
&\quad \left. - \frac{p_2}{p_1 [A_1 - c_1]} \frac{1}{A_2} \left[\frac{p_1^2 A_1^2}{2p_2^2} - \frac{D^2}{2p_2^2}\right] \right\} + d_2 \left[1 - \frac{c_1}{A_1}\right] \left\{ \left[1 - \frac{D}{p_2 A_2}\right] \frac{1}{A_1 - c_1} \left[\frac{D}{p_1} - c_1\right] \right. \\
&\quad \left. + \frac{1}{A_1 - c_1} \left[A_1 - \frac{D}{p_1}\right] - \frac{1}{A_1 - c_1} \frac{p_1}{p_2 A_2} \left[\frac{A_1^2}{2} - \frac{D^2}{2p_1^2}\right] \right\} \quad (20)
\end{aligned}$$

Durum 6-ii

$(c_1 < \frac{D}{p_1})$ koşulunda $\{a_1 \leq c_1\}$ olayı meydana geliyorsa; Durum 6-ii için,

1. Kısım Hesaplamaları ;

$$D \leq p_1 A_1 \leq p_2 A_2 \implies P\left(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2\right)$$

$$\begin{aligned}
&= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap a_2) da_2 \\
&= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2 | a_2) f(a_2) da_2 \\
&= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) \frac{1}{A_2} da_2 + \int_0^{A_2} P(p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) \frac{1}{A_2} da_2
\end{aligned}$$

Öncelikle integrallerin içerisindeki olasılıklar hesaplanırsa;

$$\begin{aligned}
P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) &= 0 \\
P(p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) &= 0
\end{aligned}$$

Bulunan olasılık değerleri integrallerin içerisinde yerlerine yazılırsa;

$$= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) \frac{1}{A_2} da_2 + \int_0^{A_2} P(p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) \frac{1}{A_2} da_2 = 0$$

Durum 6-ii için,

2. Kısım Hesaplamaları ;

$$\begin{aligned}
D \leq p_1 A_1 \leq p_2 A_2 &\implies P(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1} \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1) \\
&= \int_0^{A_1} P(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1} \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \cap a_1) da_1
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \int_0^{A_1} P(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1} \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1 | a_1) f(a_1) da_1 \\
&= \int_0^{A_1} P(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) \frac{1}{A_1} da_1 + \int_0^{A_1} P(p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) \frac{1}{A_1} da_1
\end{aligned}$$

Öncelikle integrallerin içerisindeki olasılıklar hesaplanırsa;

$$\begin{aligned}
P(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) &= 0 \\
P(p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \cap c_1 < \frac{D}{p_1}) &= \int_{\frac{D}{p_2}}^{A_2} \frac{1}{A_2} da_2 = 1 - \frac{D}{p_2 A_2}
\end{aligned}$$

Bulunan olasılık değerleri integrallerin içerisinde yerlerine yazılırsa;

$$= \int_0^{A_1} \left[1 - \frac{D}{p_2 A_2} \right] \frac{1}{A_1} da_1 = 1 - \frac{D}{p_2 A_2}$$

Durum 6-ii Kayıp Fonksiyonu

Bulunan değerler yerine yazıldığında ve $P(a_1 \leq c_1) = \frac{c_1}{A_1}$ olasılığı ile çarpıldığında kayıp fonksiyonu değeri 21'deki gibi bulunur:

$$L = \left[\frac{1}{p_1^{\alpha_1}} + \frac{1}{p_2^{\alpha_2}} \right] \frac{c_1}{A_1} + d_2 \frac{c_1}{A_1} \left[1 - \frac{D}{p_2 A_2} \right] \quad (21)$$

Durum 6-iii

$(c_1 > \frac{D}{p_1})$ koşulunda $\{a_1 > c_1\}$ olayı meydana geliyorsa ;

Durum 6-iii için,

1. Kısım Hesaplamaları ;

$$\begin{aligned}
D \leq p_1 A_1 \leq p_2 A_2 &\implies P\left(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2\right) \\
&= \int_0^{A_2} P\left(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap a_2\right) da_2 \\
&= \int_0^{A_2} P\left(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \mid a_2\right) f(a_2) da_2 \\
&= \int_0^{A_2} P\left(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}\right) \frac{1}{A_2} da_2 + \int_0^{A_2} P\left(p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}\right) \frac{1}{A_2} da_2
\end{aligned}$$

Öncelikle integrallerin içerisindeki olasılıklar hesaplanırsa;

$$\begin{aligned}
P\left(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}\right) &= 1 \\
P\left(p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}\right) &= \int_{\frac{p_2 a_2}{p_1}}^{A_1} \frac{1}{A_1 - c_1} da_1 = \frac{A_1}{A_1 - c_1} - \frac{p_2 a_2}{p_1 [A_1 - c_1]}
\end{aligned}$$

Bulunan olasılık değerleri integrallerin içerisinde yerlerine yazılırsa;

$$\begin{aligned}
&= \int_0^{\frac{p_1 c_1}{p_2}} \frac{1}{A_2} da_2 + \int_{\frac{p_1 c_1}{p_2}}^{\frac{p_1 A_1}{p_2}} \left[\frac{A_1}{A_1 - c_1} - \frac{p_2 a_2}{p_1 [A_1 - c_1]} \right] \frac{1}{A_2} da_2 \\
&= \frac{p_1 c_1}{p_2 A_2} + \int_{\frac{p_1 c_1}{p_2}}^{\frac{p_1 A_1}{p_2}} \frac{A_1}{A_1 - c_1} \frac{1}{A_2} da_2 - \int_{\frac{p_1 c_1}{p_2}}^{\frac{p_1 A_1}{p_2}} \frac{p_2 a_2}{p_1 [A_1 - c_1]} \frac{1}{A_2} da_2 \\
&= \frac{p_1 c_1}{p_2 A_2} + \frac{A_1}{A_1 - c_1} \frac{1}{A_2} \left[\frac{p_1 A_1}{p_2} - \frac{p_1 c_1}{p_2} \right] - \frac{p_2}{p_1 [A_1 - c_1]} \frac{1}{A_2} \left[\frac{p_1^2 A_1^2}{2p_2^2} - \frac{p_1^2 c_1^2}{2p_2^2} \right]
\end{aligned}$$

Durum 6-iii için,

2. Kısım Hesaplamaları ;

$$\begin{aligned}
D \leq p_1 A_1 \leq p_2 A_2 &\implies P\left(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1\right) \\
&= \int_0^{A_1} P\left(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \cap a_1\right) da_1 \\
&= \int_0^{A_1} P\left(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \mid a_1\right) f(a_1) da_1 \\
&= \int_0^{A_1} P\left(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}\right) \frac{1}{A_1 - c_1} da_1 + \int_0^{A_1} P\left(p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}\right) \frac{1}{A_1 - c_1} da_1
\end{aligned}$$

Öncelikle integrallerin içerisindeki olasılıklar hesaplanırsa;

$$\begin{aligned}
P\left(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}\right) &= 0 \\
P\left(p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}\right) &= \int_{\frac{p_1 a_1}{p_2}}^{A_2} \frac{1}{A_2} da_2 = 1 - \frac{p_1 a_1}{p_2 A_2}
\end{aligned}$$

Bulunan olasılık değerleri integrallerin içerisinde yerlerine yazılırsa;

$$\begin{aligned}
&= \int_0^{A_1} 0 \frac{1}{A_1 - c_1} da_1 + \int_{c_1}^{A_1} \left[1 - \frac{p_1 a_1}{p_2 A_2}\right] \frac{1}{A_1 - c_1} da_1 \\
&= \int_{c_1}^{A_1} \frac{1}{A_1 - c_1} da_1 - \int_{c_1}^{A_1} \frac{p_1 a_1}{p_2 A_2} \frac{1}{A_1 - c_1} da_1 \\
&= 1 - \frac{1}{A_1 - c_1} \frac{p_1}{p_2 A_2} \left[\frac{A_1^2}{2} - \frac{c_1^2}{2}\right]
\end{aligned}$$

Durum 6-iii Kayıp Fonksiyonu

Bulunan değerler yerine yazıldığında ve $P(a_1 > c_1) = 1 - \frac{c_1}{A_1}$ olasılığı ile çarpıldığında kayıp fonksiyonu değeri 22'deki gibi bulunur:

$$\begin{aligned}
L &= \left[\frac{1}{p_1^{\alpha_1}} + \frac{1}{p_2^{\alpha_2}} \right] \left[1 - \frac{c_1}{A_1} \right] \\
&+ d_1 \left[1 - \frac{c_1}{A_1} \right] \left\{ \frac{p_1 c_1}{p_2 A_2} + \frac{A_1}{A_1 - c_1} \frac{1}{A_2} \left[\frac{p_1 A_1}{p_2} - \frac{p_1 c_1}{p_2} \right] - \frac{p_2}{p_1 [A_1 - c_1]} \frac{1}{A_2} \left[\frac{p_1^2 A_1^2}{2 p_2^2} - \frac{p_1^2 c_1^2}{2 p_2^2} \right] \right\} \\
&+ d_2 \left[1 - \frac{c_1}{A_1} \right] \left\{ 1 - \frac{1}{A_1 - c_1} \frac{p_1}{p_2 A_2} \left[\frac{A_1^2}{2} - \frac{c_1^2}{2} \right] \right\} \quad (22)
\end{aligned}$$

Durum 6-iv

$(c_1 > \frac{D}{p_1})$ koşulunda $\{a_1 \leq c_1\}$ olayı meydana geliyorsa;

Durum 6-iv için,

1. Kısım Hesaplamaları ;

$$\begin{aligned}
D \leq p_2 a_2 \leq p_1 A_1 &\implies P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2) \\
&= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap a_2) da_2 \\
&= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_1 a_1 \geq p_2 a_2 | a_2) f(a_2) da_2 \\
&= \int_0^{A_2} P(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}) \frac{1}{A_2} da_2 + \int_0^{A_2} P(p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}) \frac{1}{A_2} da_2
\end{aligned}$$

Öncelikle integrallerin içerisindeki olasılıklar hesaplanırsa;

$$P\left(D \leq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}\right) = \int_{\frac{D}{p_1}}^{c_1} \frac{1}{c_1} da_1 = \frac{c_1 - \frac{D}{p_1}}{c_1}$$

$$P\left(p_1 a_1 \geq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}\right) = \int_{\frac{p_2 a_2}{p_1}}^{c_1} \frac{1}{c_1} da_1 = 1 - \frac{p_2 a_2}{p_1 c_1}$$

Bulunan olasılık değerleri integrallerin içerisinde yerlerine yazılırsa;

$$= \int_0^{\frac{D}{p_2}} \left[\frac{c_1 - \frac{D}{p_1}}{c_1} \right] \frac{1}{A_2} da_2 + \int_{\frac{D}{p_2}}^{\frac{p_1 c_1}{p_2}} \left[1 - \frac{p_2 a_2}{p_1 c_1} \right] \frac{1}{A_2} da_2$$

$$= \left[\frac{c_1 - \frac{D}{p_1}}{c_1} \right] \frac{1}{A_2} \frac{D}{p_2} + \int_{\frac{D}{p_2}}^{\frac{p_1 c_1}{p_2}} \frac{1}{A_2} da_2 - \int_{\frac{D}{p_2}}^{\frac{p_1 c_1}{p_2}} \frac{p_2 a_2}{p_1 c_1} \frac{1}{A_2} da_2$$

$$= \left[\frac{c_1 - \frac{D}{p_1}}{c_1} \right] \frac{1}{A_2} \frac{D}{p_2} + \frac{1}{A_2} \left[\frac{p_1 c_1}{p_2} - \frac{D}{p_2} \right] - \frac{p_2}{p_1 c_1} \frac{1}{A_2} \left[\frac{p_1^2 c_1^2}{2 p_2^2} - \frac{D^2}{2 p_2^2} \right]$$

Durum 6-iv için,

2. Kısım Hesaplamaları ;

$$D \leq p_1 A_1 \leq p_2 A_2 \implies P\left(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1\right)$$

$$\begin{aligned}
&= \int_0^{A_1} P\left(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \cap a_1\right) da_1 \\
&= \int_0^{A_1} P\left(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1} \cap p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \mid a_1\right) f(a_1) da_1 \\
&= \int_0^{A_1} P\left(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}\right) \frac{1}{c_1} da_1 + \int_0^{A_1} P\left(p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}\right) \frac{1}{c_1} da_1
\end{aligned}$$

Öncelikle integrallerin içerisindeki olasılıklar hesaplanırsa;

$$\begin{aligned}
P\left(D \leq p_2 a_2 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}\right) &= \int_{\frac{D}{p_2}}^{A_2} \frac{1}{A_2} da_2 = 1 - \frac{D}{p_2 A_2} \\
P\left(p_2 a_2 \geq p_1 a_1 \cap c_1 > \frac{D}{p_1}\right) &= \int_{\frac{p_1 a_1}{p_2}}^{A_2} \frac{1}{A_2} da_2 = 1 - \frac{p_1 a_1}{p_2 A_2}
\end{aligned}$$

Bulunan olasılık değerleri integrallerin içerisinde yerlerine yazılırsa;

$$\begin{aligned}
&= \int_0^{\frac{D}{p_1}} \left[1 - \frac{D}{p_2 A_2}\right] \frac{1}{c_1} da_1 + \int_{\frac{D}{p_1}}^{A_1} \left[1 - \frac{p_1 a_1}{p_2 A_2}\right] \frac{1}{c_1} da_1 \\
&= \left[1 - \frac{D}{p_2 A_2}\right] \frac{1}{c_1} \frac{D}{p_1} + \int_{\frac{D}{p_1}}^{A_1} \frac{1}{c_1} da_1 - \int_{\frac{D}{p_1}}^{A_1} \frac{p_1 a_1}{p_2 A_2} \frac{1}{c_1} da_1 \\
&= \left[1 - \frac{D}{p_2 A_2}\right] \frac{1}{c_1} \frac{D}{p_1} + \frac{1}{c_1} \left[A_1 - \frac{D}{p_1}\right] - \frac{1}{c_1} \frac{p_1}{p_2 A_2} \left[\frac{A_1^2}{2} - \frac{D^2}{2p_1^2}\right]
\end{aligned}$$

Durum 6-iv Kayıp Fonksiyonu

Bulunan değerler yerine yazıldığında ve $P(a_1 \leq c_1) = \frac{c_1}{A_1}$ olasılığı ile çarpıldığında kayıp fonksiyonu 24'deki gibi bulunur:

$$\begin{aligned}
L = & \left[\frac{1}{p_1^{\alpha_1}} + \frac{1}{p_2^{\alpha_2}} \right] \frac{c_1}{A_1} \\
& + d_1 \frac{c_1}{A_1} \left\{ \left[\frac{c_1 - \frac{D}{p_1}}{c_1} \right] \frac{1}{A_2} \frac{D}{p_2} + \frac{1}{A_2} \left[\frac{p_1 c_1}{p_2} - \frac{D}{p_2} \right] - \frac{p_2}{p_1 c_1} \frac{1}{A_2} \left[\frac{p_1^2 c_1^2}{2p_2^2} - \frac{D^2}{2p_2^2} \right] \right\} \\
& + d_2 \frac{c_1}{A_1} \left\{ \left[1 - \frac{D}{p_2 A_2} \right] \frac{1}{c_1} \frac{D}{p_1} + \frac{1}{c_1} \left[A_1 - \frac{D}{p_1} \right] - \frac{1}{c_1} \frac{p_1}{p_2 A_2} \left[\frac{A_1^2}{2} - \frac{D^2}{2p_1^2} \right] \right\} \quad (23)
\end{aligned}$$

İstihbarat elde edildiğinde yine 6 farklı durum meydana gelmektedir fakat bazı durumlar için alt durumlar söz konusudur. Yalnızca birinci bölge hakkında istihbarat elde ettiğimiz varsayımından dolayı ilk 3 durum aynı amaç fonksiyonu değerlerine sahiptir. 4. durum için 4 alt durum, 5. durum için 6 alt durum, 6. durum için ise 4 alt durum meydana gelmektedir. Bu durumda istihbarat elde edildiğinde meydana 17 farklı amaç fonksiyonu değeri gelebilmektedir. Bu 17 amaç fonksiyonu arasında en küçük değere sahip fonksiyon en iyi çözümü vermektedir.

İstihbaratın olduğu durumla olmadığı durumdaki amaç fonksiyonları değerleri hesaplanmıştır. Her iki durum için 23 amaç fonksiyonu değeri bulunmuştur. İlk 3 amaç fonksiyonu değeri istihbaratın olduğu durum ve olmadığı durum için ortaktır. Bu ortak amaç fonksiyonu değerleri istihbarat bilgisinin sadece 1. bölge üzerinde elde edildiği varsayımından kaynaklanmaktadır. İlk 3 durum için saldırının başarılı olma olasılığı ve 1. bölgeye yapılacak saldırıdan elde edilecek başarı çarpımı eşik değerinin altında kalması amaç fonksiyonu değerlerinin her iki durum için de aynı çıkmasına yol açmıştır.

Hem istihbarat olmadığı durumda hem de istihbaratın olduğu durumda elde edilen amaç fonksiyonu değerleri doğrusal değildir. Ayrıca amaç fonksiyonu değerlerini sınırlayacak, olasılık değerleri dışında, her hangi bir kısıt bulunmamaktadır. Geliştirilen model doğrusal olmayan kısıtsız bir modeldir. Bu modeli çözmek için geliştirilen

algoritmadan ve yöntemden bir sonraki bölümde bahsedilmiştir.

5 Nümerik Çalışma

Kayıp fonksiyonunu hesaplamak için bir algoritma geliştirilmiştir. Geliştirilen algoritma Visual Studio 2010 ortamında C# dili ile kodlanmış ve geliştirilen algoritma için bir ara yüz hazırlanmıştır. Değişik parametre kümeleri için analizler Intel(R) core(TM) i3 2.40 GHz 4GB 64 bit bilgisayarda yapılmıştır. Analiz parametreleri olarak, teknoloji parametreleri α_1 ve α_2 , eşik değeri D , bölgelerdeki saldırgan kazançları A_1 ve A_2 , istihbarat parametresi c_1 kullanılarak B.D. incelenmiştir.

Geliştirilen algoritmanın sonuçlarını incelemek amacıyla önemli parametre kümeleri üzerinde analizler yapılmıştır. Test parametreleri Tablo 2’da gösterilmiştir. Tablo 2’deki değerler seçilirken 1. bölgenin 2. bölgeden daha önemli olduğu durum, 2. bölgenin 1. bölgeden daha değerli olduğu durum ve her iki bölgenin eşit olduğu durum göz önüne alınmıştır. Teknoloji parametreleri bölgeler üzerinde kıyaslama yapacak şekilde belirlenmiştir. Eşik değerleri her duruma uygun çözümler düşecek şekilde belirlenmiştir. İstihbarat parametresi ise küçük bir değer olarak belirlenmiş daha sonra 1. bölgenin en büyük değerine kadar artırılmıştır. Geliştirilen algoritma Bölüm 4’de

	Düşük	Yüksek
A_1	100	4700
A_2	110	2600
D	25	1700
α_1	1	12
α_2	1	12
c_1	2	4700

Tablo 2: Test parametreleri

tanımlanmış 6 farklı durum için 6 farklı amaç fonksiyonun değerini hesaplamaktadır. Amaç Fonksiyonları arasında en küçük çözüm optimal çözümdür. Geliştirilen algoritmanın adımları ;

Algorithm 1 Terör Algoritması

Girdi: $A_1, A_2, \alpha_1, \alpha_2, d_1, d_2, D, c_1, fonksiyon, Durum$

Çıktı: $p_1, p_2, K.F.$

```
1:  $p_1 \leftarrow 1$ 
2:  $p_2 \leftarrow 1$ 
3:  $fonksiyon \leftarrow Big\ M$ 
4:  $i \leftarrow 0$ 
5: if  $Durum$  then
6:   while  $p_1 \geq 0.001$  do
7:     while  $p_2 \geq 0.001$  do
8:       K.F.'i hesapla.
9:       if  $K.F. \leq fonksiyon$  then
10:         $Fonksiyon \leftarrow K.F.$ 
11:         $i \leftarrow 1$ 
12:        print( $p_1, p_2, K.F.$ )
13:       else  $\{i \neq 1\}$ 
14:         print(Çözüm Yok)
15:       end if
16:        $p_2 \leftarrow p_2 - 0.001$ 
17:     end while
18:      $p_1 \leftarrow p_1 - 0.001$ 
19:   end while
20: end if
```

Adım1 : $A_1, A_2, \alpha_1, \alpha_2, D, d_1, d_2$ ve c_1 değerleri için uygun parametreler girdi olarak tanımlanmaktadır.

Adım2 : Fonksiyonların değerlerini hesaplamak için öncelikle çok büyük bir sayı fonksiyon olarak atanmaktadır.

Adım3 : p_1 ve p_2 değeri 1 olarak atanır. p_1 0'dan büyükken p_2 'nin mümkün tüm değerleri için bir arama yapılmaktadır. p_1 0'dan büyük olacak şekilde uygun biçimde azaltılır ve p_2 'nin tüm uygun değerleri için bu prosedür tekrar edilir.

Adım4 : p_1 ve p_2 değerlerinin mevcut durumlardan hangisini sağladığı kontrol edilmektedir.

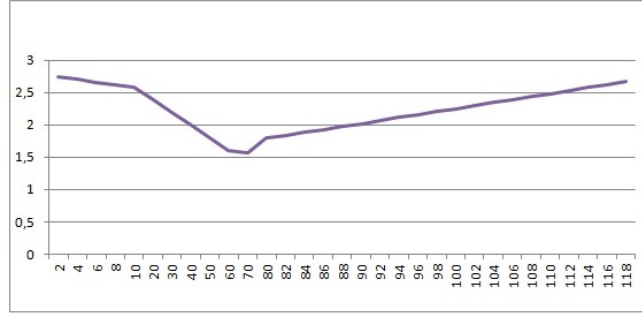
Adım5 : Kayıp fonksiyonu değeri atanmış olan fonksiyon değerinden küçükse kayıp fonksiyonun değeri fonksiyon değeri olarak atanmaktadır. Sonuç olarak en iyi çözüm bulunmuş olmaktadır.

Geliştirilen algoritma için Visual Studio ortamında bir arayüz geliştirilmiştir. Arayüz’de iki form ekranı kullanılarak sonuçlar bu ekranlardan alınmıştır. 1. ekran istihbarat olmadığı durumdaki amaç fonksiyonlarını hesaplamaktadır, Form1 ekranı EK F’de verilmiştir. 2. ekran ise istihbaratın olduğu durumdaki amaç fonksiyonları değerini hesaplamaktadır, Form2 ekranı EK G’de verilmiştir.

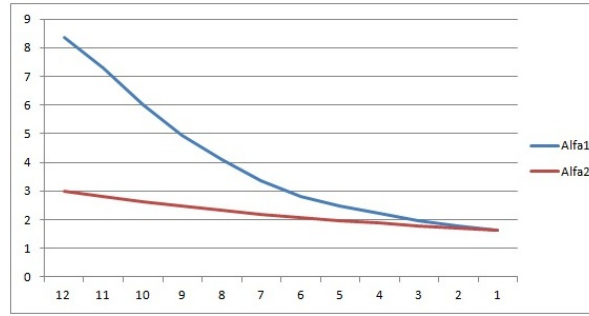
Farklı parametre kümeleri için analizler yapılmıştır. Tablo 3’de istihbarat parametresi için yapılan analiz sonuçları verilmiştir. c_1 istihbarat değeri artıkça B.D. belli bir noktaya kadar azalmaktadır, daha sonra B.D. tekrar artmaya başlamaktadır. Bu artış oyunun simetrik olduğunu göstermektedir. Şekil 2’de B.D. artış görülmektedir. Farklı parametre kümeleri için fonksiyon grafiği benzer şekilde çıkmaktadır. Öncelikle belli bir noktaya kadar azalma daha sonra fonksiyonun ilk değerine kadar bir artış gerçekleşmektedir. İstihbarat değeri c_1 belli bir değerden büyük veya küçük olma durumunu incelediğinden B.D. simetrik olarak hareket etmektedir. Şekil 3’de görülen B.D. uniform dağılımın uç noktalarında en yükseğe ulaşmaktadır. Ortalama değerde en düşük B.D. elde edilmektedir. Uç değerlerin yüksek olmasının sebebi istihbarat değerinin en küçük ve en büyük noktalarının seçilmiş olan dağılımın orta noktasına eşit uzaklıkta bulunmasından kaynaklanmaktadır. Bu analiz sonuçları diğer sürekli dağılımlar üzerinden incelenerek B.D. değerinin neden orta noktada en küçük değerleri aldığı hakkında daha kesin yargılara varılabilir.

Teknoloji parametreleri α_1 ve α_2 için analizler yapılmıştır. Tablo 4’de analizlerin

sonuçları verilmiştir. Yapılan analizlerde α değerlerinden biri sabit tutulup diğeri 12'den 1'e kadar azaltılmıştır. Analiz sonuçları verilen parametreler için α_1 'de daha fazla bir azalış olduğunu göstermektedir. Bu sonuç istihbaratın yalnızca birinci bölge üzerinde olduğu varsayımından kaynaklanmaktadır. Şekil 3'de fonksiyonun değerinin değişimi görülmektedir. Teknoloji parametresi azaldıkça B.D. de azalmaktadır. Teknoloji parametreleri için yapılan analiz sonuçlarında görüldüğü üzere bölgeler arası fark B.D. direkt olarak etki etmektedir.



Şekil 2: İstihbarat parametresi için B.D. grafiği



Şekil 3: Teknoloji parametresi için B.D. grafiği

İkinci bölgenin değeri için analiz yapılmıştır. Tablo 5'de analiz sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlara göre; ikinci bölgenin değeri azalmaktayken bu bölgeye saldırı gerçekleşme olasılığı artmaktadır, birinci bölgeye saldırı olasılığı ise değişmemektedir. Bu durumda terörist stratejisini yeniden hesaplayacak ve kendi amaç fonksiyonunu en iyileyecek bölgeye saldırma kararı verecektir. Şekil 4'de ikinci bölge parametreleri

Parametreler					
A_1	A_2	d_1	d_2	D	$\alpha_1 - \alpha_2$
120	110	80	100	100	2 ve 3
İstihbarat Yokken					
K.F.	Durum	p_1	p_2		
2,777	1 ve 2	0,833	0,908		
İstihbarat Varken					
c_1	K.F.	Durum	p_1	p_2	B.D.
2	0,038857	4-ii	1	0,909	2,7380992
4	0,077713	4-ii	1	0,909	2,6992425
6	0,11657	4-ii	1	0,909	2,6603858
8	0,155427	4-ii	1	0,909	2,6215292
10	0,194283	4-ii	1	0,909	2,5826725
20	0,388567	4-ii	1	0,909	2,3883893
30	0,58285	4-ii	1	0,909	2,194106
40	0,777133	4-ii	1	0,909	1,9998227
50	0,971416	4-ii	1	0,909	1,8055394
60	1,1657	4-ii	1	0,909	1,6112561
70	1,21774	4-i	1	0,91	1,5592161
80	0,986982	4-i	0,834	0,909	1,7899743
82	0,94083	4-i	0,834	0,909	1,8361259
84	0,894678	4-i	0,834	0,909	1,8822775
86	0,848527	4-i	0,834	0,909	1,9284292
88	0,802375	4-i	0,834	0,909	1,9745808
90	0,756223	4-i	0,834	0,909	2,0207324
92	0,710072	4-i	0,834	0,909	2,0668841
94	0,66392	4-i	0,834	0,909	2,1130357
96	0,617768	4-i	0,834	0,909	2,1591873
98	0,571617	4-i	0,834	0,909	2,205339
100	0,525465	4-i	0,834	0,909	2,2514906
102	0,479314	4-i	0,834	0,909	2,2976423
104	0,433162	4-i	0,834	0,909	2,3437939
106	0,38701	4-i	0,834	0,909	2,3899455
108	0,340859	4-i	0,834	0,909	2,4360972
110	0,294707	4-i	0,834	0,909	2,4822488
112	0,248555	4-i	0,834	0,909	2,5284004
114	0,202404	4-i	0,834	0,909	2,5745521
116	0,156252	4-i	0,834	0,909	2,6207037
118	0,1101	4-i	0,834	0,909	2,6668553

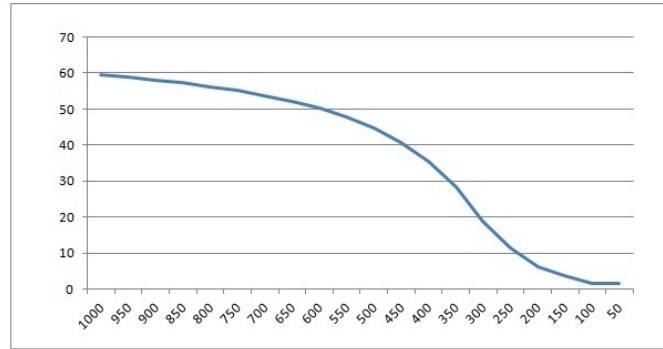
Tablo 3: İstihbarat parametresi için Bilginin Değeri

Parametreler											
		A_1	A_2	d_1	d_2	D	α_1	α_2	c_1		
		120	110	80	100	100	2	3	80		

		İstihbarat Yokken		İstihbarat Varken				İstihbarat Yokken		İstihbarat Varken	
α_1	K.F.	Durum	K.F.	Durum	B.D.	α_2	K.F.	Durum	K.F.	Durum	B.D.
12	9,911004	4	1,554266	4-ii	8,356738	12	4,58335	2	1,590581	4-i	2,992769
11	8,850477	6	1,554266	4-ii	7,296211	11	4,29741	2	1,495267	4-i	2,802142
10	7,552361	1	1,554266	4-ii	5,998095	10	4,03749	2	1,408628	4-i	2,628863
9	6,509792	2	1,554266	4-ii	4,955526	9	3,801224	2	1,329872	4-i	2,471352
8	5,645001	2	1,554266	4-ii	4,090734	8	3,586457	2	1,258283	4-i	2,328174
7	4,924629	2	1,554266	4-ii	3,370363	7	3,391234	2	1,193209	4-i	2,198025
6	4,32456	2	1,498312	4-i	2,826247	6	3,213777	2	1,134057	4-i	2,07972
5	3,824702	2	1,333879	4-i	2,490823	5	3,052468	2	1,080287	4-i	1,972181
4	3,40832	2	1,196741	4-i	2,211579	4	2,905838	2	1,03141	4-i	1,874428
3	3,061475	2	1,082368	4-i	1,979106	3	2,772552	2	0,986982	4-i	1,785571
2	2,772552	2	0,986982	4-i	1,785571	2	2,651395	2	0,946596	4-i	1,704799
1	2,53188	2	0,907429	4-i	1,624451	1	2,541263	2	0,909885	4-i	1,631378

Tablo 4: Teknoloji parametresi için Bilginin Değeri

sonucu B.D.'nin nasıl değiştiği görülmektedir. 2.bölgenin değeri 0'a yaklaştığı zaman elde edilen istihbaratın değeri de 0'a yaklaşmaktadır. Öyle ki bölgenin değeri 0 olduğunda bu bölge hesaplama dışı kalacaktır ve istihbarattan elde edilen bilgi önemini yitirecektir. Birinci bölgenin değeri için de analiz yapılmıştır. Tablo 6 'de analiz



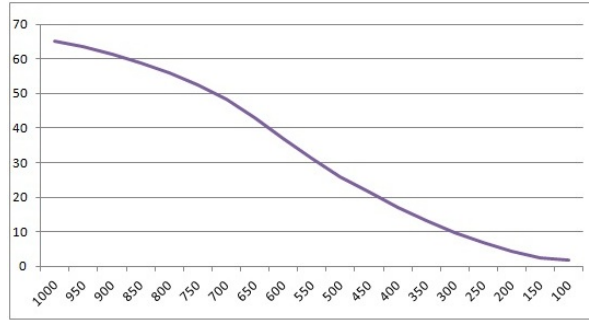
Şekil 4: İkinci bölgedeki değişiklikler için B.D. grafiği

sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlara göre; birinci bölgenin değeri azalmaktayken bu bölgeye saldırı gerçekleşme olasılığı artmaktadır, ikinci bölgeye saldırı olasılığında ise çok fazla değişim olmamaktadır. Bu durumda terörist stratejisini yeniden hesaplayarak ve kendi amaç fonksiyonunu en iyileyerek bölgeye saldırma kararı verecektir.

Parametreler									
	A_1	d_1	d_2	D	α_1	α_2	c_1		
	120	80	100	100	2	3	80		
İstihbarat Yokken					İstihbarat Varken				
A_2	p_1	p_2	K.F.	Durum	p_1	p_2	K.F.	Durum	B.D.
1000	0,833	0,55	89,26985	3	0,834	0,548	29,76703	6-i	59,50282
950	0,833	0,53	88,29713	3	0,834	0,534	29,44348	6-i	58,85365
900	0,833	0,52	87,1856	3	0,834	0,52	29,07438	6-i	58,11122
850	0,833	0,51	85,91168	3	0,834	0,505	28,65022	6-i	57,26146
800	0,833	0,49	84,43081	3	0,834	0,49	28,15876	6-i	56,27205
750	0,833	0,47	82,70414	3	0,834	0,475	27,58406	6-i	55,12008
700	0,833	0,46	80,65894	3	0,834	0,459	26,90494	6-i	53,754
650	0,833	0,44	78,21541	3	0,834	0,442	26,09277	6-i	52,12264
600	0,833	0,419	75,25608	3	0,834	0,4249	25,10797	6-i	50,14811
550	0,833	0,409	71,60462	3	0,834	0,4069	23,8944	6-i	47,71022
500	0,833	0,389	67,01711	3	0,834	0,3879	22,37008	6-i	44,64703
450	0,833	0,369	61,12326	3	0,834	0,3679	20,41096	6-i	40,7123
400	0,833	0,349	53,3362	3	0,834	0,3469	17,8212	6-i	35,515
350	0,833	0,319	42,67302	3	0,834	0,3239	14,27488	6-i	28,39814
300	0,832	0,3329	28,52578	3	0,834	0,3339	9,555797	4-i	18,96998
250	0,832	0,399	17,06615	3	0,834	0,3999	5,751515	4-i	11,31464
200	0,833	0,5	9,441153	2	0,834	0,5	3,209848	4-i	6,231304
150	0,833	0,67	5,263542	2	0,834	0,666	1,671564	4-i	3,591979
100	0,833	1	2,441153	2	0,834	1	0,876515	4-i ve 5-ii	1,564638
50	0,833	1	2,441153	1	0,834	1	0,876515	4-i	1,564638

Tablo 5: İkinci bölgenin parametreleri için B.D.

Şekil 5’de 1. bölge parametreleri sonucu B.D.’nin nasıl değiştiği görülmektedir. B.D. bölgenin değeri azaldıkça azalmaktadır. 1.bölgenin değeri 0’a yaklaştığı zaman elde edilen istihbaratın değeri de 0’a yaklaşmaktadır. 1. bölgenin değeri 0’a eşit olduğu durumda bu bölge hesaplama dışı kalacaktır ve istihbarattan elde edilen bilgi önemini yitirecektir.



Şekil 5: Birinci bölgedeki değişiklikler için B.D. grafiği

Eşik değeri için analizler yapılmıştır. Tablo 7’da analiz sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlara göre eşik değeri azaldıkça saldırının başarılı olma olasılığı bazı durumlarda

Parametreler									
A_2	d_1	d_2	D	α_1	α_2	c_1			
110	80	100	100	2	3	80			
İstihbarat Yokken					İstihbarat Varken				
A_1	p_1	p_2	K.F.	Durum	p_1	p_2	K.F.	Durum	B.D.
1000	0,249	0,909	65,3314	4	1	0,909	0,186512	4-ii	65,14489
950	0,2379	0,909	63,60295	4	1	0,909	0,196328	4-ii	63,40662
900	0,2249	0,909	61,57831	4	1	0,909	0,23314	4-ii	61,34517
850	0,2129	0,909	59,18619	4	1	0,909	0,248683	4-ii	58,93751
800	0,199	0,909	56,3314	4	1	0,909	0,266446	4-ii	56,06495
750	0,1879	0,909	52,88716	4	1	0,909	0,286941	4-ii	52,60021
700	0,1749	0,909	48,67834	4	1	0,909	0,310853	4-ii	48,36748
650	0,1629	0,909	43,46193	4	1	0,909	0,339113	4-ii	43,12282
600	0,1669	0,909	37,34751	4	1	0,909	0,373024	4-ii	36,97449
550	0,1819	0,909	31,60091	4	1	0,909	0,414471	4-ii	31,18644
500	0,199	0,91	26,42692	3	1	0,909	0,46628	4-ii	25,96064
450	0,2219	0,91	21,71748	3	1	0,909	0,414471	4-ii	21,303
400	0,249	0,91	17,42692	3	1	0,909	0,46628	4-ii	16,96064
350	0,2859	0,909	13,63686	4	1	0,909	0,532891	4-ii	13,10396
300	0,3329	0,91	10,44494	3	1	0,909	0,621707	4-ii	9,823236
250	0,399	0,91	7,676915	3	1	0,909	0,746048	4-ii	6,930867
200	0,5	0,91	5,426915	3	1	0,909	0,93256	4-ii	4,494355
150	0,667	0,909	3,619131	4	1	0,909	1,243413	4-ii	2,375718
100	1	0,909	2,331399	4	1	0,91	0,485383	6-i	1,846016

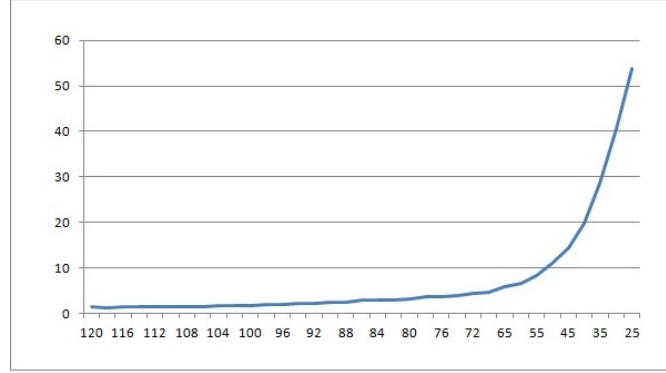
Tablo 6: Birinci bölgenin parametreleri için B.D.

bir bölge için artarken diğer bölge için azalmaktadır. Örneğin eşik değer 120 birimden 90 birime indirildiğinde Tablo 7’da de görüldüğü gibi başarılı saldırı olasılıkları her iki bölge için 1 iken sırasıyla 1. bölge için 0,749’a 2. bölge için de 0,818’e azalmaktadır. Seçilen bu parametre kümesinde her 2 bölge saldırı olasılıkları azalmıştır fakat diğer analiz sonuçlarında bir bölgede azalış diğer bölgede artış olduğu sonuçlar da gözlemlenmiştir. Eşik değerindeki azalma saldırganı bir bölgeye yönlendirmektedir. Öte yandan eşik değeri azaldıkça B.D. her durumda artmaktadır. Teröristi üçüncü bölgeye yönlendirmek için atanmış olan eşik değeri azaldıkça, saldırganın 1. veya 2. bölgeye yönelme ihtimali artmaktadır. Bu durumda devletin korumaya çalıştığı bölgeler saldırgan açısından daha cazip hale gelmektedir. Dolayısıyla B.D. artmaktadır. Savunmacının eşik değerini düşük tutması kayıplarının daha fazla olacağı anlamına gelmektedir. Şekil 6 B.D.’nin eşik değerinde azalma sonucu ne şekilde değiştiği görülmektedir. Eşik değeri azaldıkça kayıp ve B.D. artmaktadır.

Parametreler									
	A_1	A_2	d_1	d_2	α_1	α_2	c_1		
	120	110	80	100	2	3	80		
	İstihbarat Yokken				İstihbarat Varken				
D	p_1	p_2	K.F.	Durum	p_1	p_2	K.F.	Durum	B.D.
120	1	1	2	1 ve 4	1	1	0,666	4-i	1,334
118	0,983	1	2,034887	1 ve 4	0,984	1	0,731795	4-i	1,303092
116	0,966	1	2,071632	2 ve 4	0,967	1	0,717382	4-i	1,35425
114	0,95	1	2,108033	4	0,95	1	0,702677	4-i	1,405356
112	0,916	1	2,191816	2	0,934	1	0,772542	4-i	1,419274
110	0,916	1	2,191816	2 ve 3	0,917	1	0,758819	4-i	1,432997
108	0,9	0,981	2,293804	1	0,901	0,981	0,852478	4-i	1,441326
106	0,933	0,963	2,402313	1	0,884	0,963	0,860136	4-i	1,542177
104	0,866	0,945	2,518374	2	0,862	0,945	0,869191	4-i	1,649183
102	0,85	0,927	2,639421	1	0,851	0,927	0,972761	4-i	1,666661
100	0,833	0,909	2,772552	2	0,834	0,909	0,986981	4-i	1,785571
98	0,816	0,89	2,920328	1	0,817	0,89	1,004858	4-i	1,915471
96	0,8	0,872	3,070671	1	0,801	0,872	1,221325	4-i	1,849346
94	0,782	0,854	3,240818	2	0,784	0,854	1,145523	4-i	2,095296
92	0,766	0,836	3,415803	2	0,767	0,836	1,171888	4-i	2,243915
90	0,749	0,818	3,609535	2	0,751	0,818	1,306542	4-i	2,302992
88	0,733	0,8	3,814321	2	0,734	0,8	1,342412	4-i	2,471909
86	0,7	0,763	4,29208	1	0,717	0,781	1,38531	4-i	2,90677
84	0,683	0,745	4,56209	1	0,701	0,763	1,542877	4-i	3,019214
82	0,682	0,745	4,568381	2	0,684	0,745	1,596582	4-i	2,9718
80	0,666	0,727	4,857043	2	0,667	0,727	1,656743	4-i	3,260461
78	0,649	0,709	5,179993	2	0,651	0,709	1,944697	4-i	3,52325
76	0,633	0,69	5,539758	2	0,634	0,69	1,928086	4-i	3,595061
74	0,616	0,672	5,930631	2	0,617	0,672	2,017252	4-i	4,002545
72	0,599	0,654	6,361984	2	0,601	0,654	2,2476	4-i	4,344732
70	0,583	0,636	6,829263	2	0,584	0,636	2,36439	4-i	4,581664
65	0,541	0,59	8,285736	1	0,542	0,59	2,806914	4-i	5,921347
60	0,5	0,545	10,17747	1	0,501	0,545	3,546853	4-i	6,630615
55	0,458	0,5	12,76726	2	0,459	0,5	4,365032	4-i	8,40223
50	0,4159	0,454	16,4649	2	0,4169	0,454	5,543022	4-i	10,92188
45	0,3749	0,4089	21,72716	1	0,3759	0,4089	7,442562	4-i	14,2846
40	0,3329	0,3629	29,92447	1	0,3339	0,3629	10,11653	4-i	19,80794
35	0,2909	0,3179	42,90603	2	0,2919	0,3179	14,36642	4-i	28,53961
30	0,2489	0,329	61,18185	3	0,2509	0,3329	20,61219	6-i	40,56966
25	0,2079	0,359	81,41606	3	0,916	1	27,49865	6-ii	53,91741
20	0,913	0,996	83,76293	6	1	0,829	27,69951	5-iii-1	56,06342

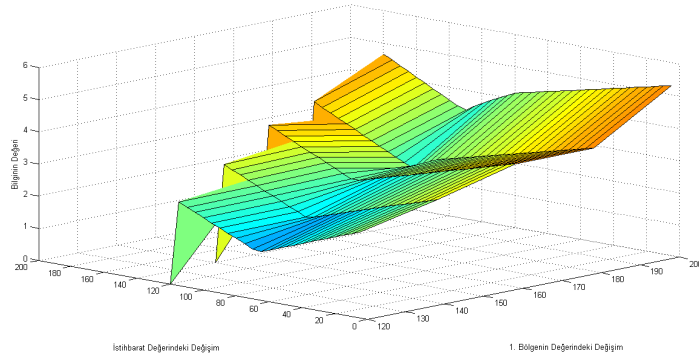
Tablo 7: Eşik değeriindeki değişiklikler için B.D.

Tek boyutta her parametre kümesi için analiz yapıldıktan sonra iki boyutlu analizler yapılmış ve B.D.'deki değişim gözlemlenmiştir. Öncelikle 1. bölgenin üst değeri A_1 ve istihbarat parametresi c_1 eş zamanlı olarak değiştirilerek her iki değişimin B.D. ne ölçüde etki ettiği gözlemlenmiştir. Şekil 7'de bu analiz sonuçları gözlemlenmektedir. 1. bölgenin değeri ve 1. bölgedeki teknoloji parametresi aynı anda değiştirildiğinde bu bölgede B.D. 5.5 birime kadar çıkmakta daha sonra ise azalmaktadır. B.D. uniform dağılımın sınır noktalarında en yüksek değerlere ulaşmaktadır. Orta noktalara gelindikçe B.D. azalmaktadır. Öte yandan kullanılacak yüksek teknoloji elde edilecek bilgiyi daha değerli kıldığı grafik üzerinde açıkça görülmektedir. Bölge ne ölçüde de-



Şekil 6: Eşik değeri için K.F. grafiği

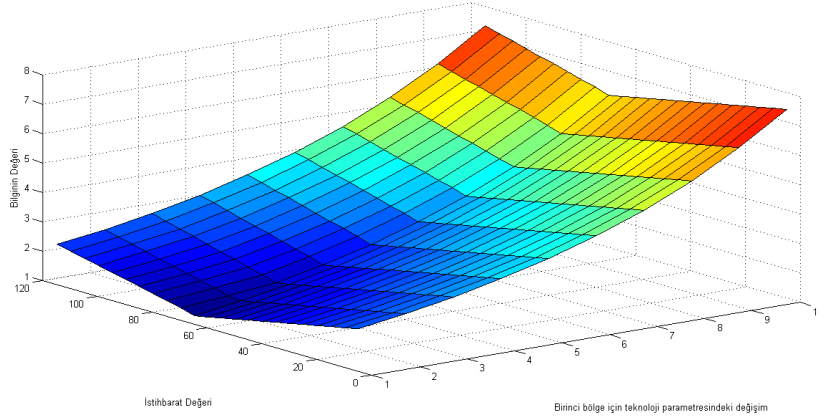
ğerli olursa elde edilecek bilgi de o ölçüde değerli olmaktadır. İstihbarat değeri en fazla bölgenin en büyük değeri kadar elde edilebilmektedir. İstihbarat bölgenin en büyük değerine ulaştığında B.D. 0 olmaktadır. İstihbarat değeri bölgenin değerine ulaştığında ise istihbarat değeri bölge hakkında bir fikir sunmamaktadır.



Şekil 7: 1. bölgenin değeri ve istihbarat değerindeki değişim

1. bölgeye atanacak teknoloji parametresi ve istihbarat parametresi eş zamanlı olarak değiştirilerek elde edilen gözlemler Şekil 8'de verilmiştir. Bu gözlemlere göre; 1. bölgeye yapılacak teknolojik yatırımlar bu bölge için elde edilecek bilgiyi değerli hale getirmektedir. Teknoloji yatırımları arttığında bilginin değeri 7 birime kadar artmaktadır. B.D.'nin en küçük olduğu nokta ise istihbarat değerinin bölgenin değerinin ortalamasında değer aldığı ve teknoloji parametresinin en küçük değeri aldığı noktadır.

Öte yandan Şekil 9'de 2. bölgeye atanacak teknoloji parametresi ve istihbarat değerindeki eş zamanlı değişim gözlemlenmiştir. Bu değişimin sonuçları da 1. bölgede elde edilen sonuçlarla aynıdır. Fakat dikkat edilmesi gereken nokta B.D., 1. bölgede kullanılan teknoloji için 7 birime kadar çıkarken 2. bölgede kullanılan teknoloji parametresi için 4 birime kadar çıkmaktadır. 1. bölgede kullanılan teknoloji 2. bölgede kullanılan teknolojiden daha duyarlı değişimler göstermektedir. Bu duyarlılık; 1. bölgenin 2. bölgeye nazaran daha kıymetli olmasından ve sadece 1. bölge üzerinde istihbarat elde edilmesinden kaynaklanmaktadır.

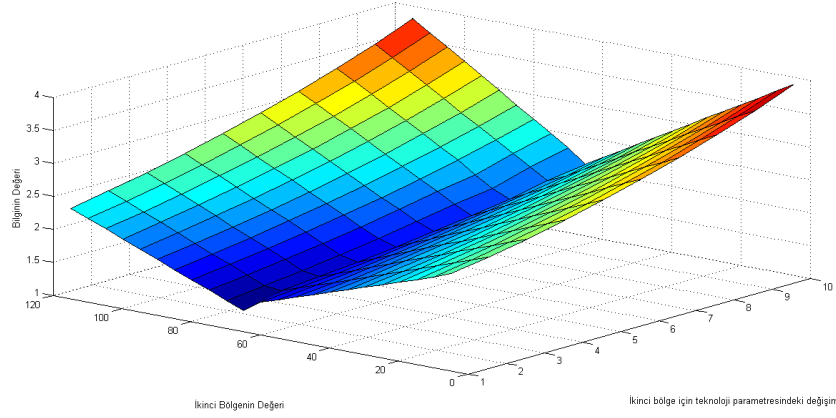


Şekil 8: İstihbarat değeri ve 1. bölgedeki teknoloji parametresinde değişim

Bir parametre kümesi için yapılan analiz sonuçları gösterilmiş ve yorumlanmıştır. Diğer bazı farklı parametre kümeleri için yapılan analiz sonuçları Ekler kısmında verilmiştir.

6 Sonuç ve Değerlendirme

Bu çalışmada saldırgan-savunmacı arasında gerçekleşen oyun kuramı modeli ele alınmıştır. Akıllı ve adapte olabilen saldırgan, savunmacının kaynak atamalarını gözlemledikten sonra saldıracağı bölgeye karar vermektedir. Saldırmanın elindeki saldırı



Şekil 9: İstihbarat değeri ve 2. bölgedeki teknoloji parametresinde değişim

teknolojisi hakkında bir bilgiye sahip olmayan savunmacı ise saldırıya uygun bölgelerde meydana gelecek saldırı olasılıklarını hesaplamakta ve sonuçlara göre kaynak ataması yapmaktadır. Kurulan modelde saldırgan ve savunmacı birbiri ile çelişen iki amaca sahiptirler. Savunmacı saldırı olduğu durumda kaybı en küçükleme isterken, saldırgan savunmacıya en büyük kaybı yaşatmak istemektedir.

Model kurulurken öncelikle savunmacının herhangi bir bilgiye sahip olmadığı durumda bölgelerde meydana gelecek kayıplar hesaplanmıştır. Daha sonra ise savunmacının 1. bölgeye düzenlenecek saldırı hakkında bir istihbarata sahip olduğu durumda meydana gelecek kayıplar hesaplanmıştır. Saldırgan istihbarat elde ettiğinde gerekli kaynak atamasını değiştirmekte ve saldırı kaybını azaltmaktadır. İstihbarat olmadığı durum ve istihbarat olduğu durum arasındaki fark bize istihbarattan elde edilen bilginin değerini vermektedir. Geliştirilen modelde istihbaratın olmadığı durumda 6 farklı amaç fonksiyonu gerçekleştirilebilmektedir. Bu amaç fonksiyonları arasında en küçük değere sahip amaç fonksiyonu en iyi çözümdür.

B.D.'ndeki değişimler gözlemlenerek analiz sonuçları her parametre için ayrı ayrı yorumlanmıştır. 1. bölgenin değerindeki A_1 değişim incelendiğinde bu bölgenin de-

ğeri azaldığında B.D. de azalmaktadır. 2. bölgenin değeri A_2 azaldıkça da bilginin değeri azalmaktadır. 1. bölgede 2. bölgeye nazaran daha çok azalma meydana gelmektedir. Azalışın sebebi elde edilen istihbarat bilgisinin yalnızca 1. bölge üzerinde gerçekleştiği varsayımından kaynaklanmaktadır.

Model kurulurken 1. ve 2. bölgede saldırganın kazancı hakkında eksik bilgi olduğundan bu bölgelerdeki kazançlar sürekli uniform dağılım olarak modellenmiştir. Bu bağlamda kurulan model diğer sürekli dağılımlarla daha ileri boyuta taşınması mümkündür. Bu çalışmanın devamı şeklinde bir çalışma yapmak mümkündür.

Kurulan modellerin çözümünü sağlayan bir algoritma geliştirilmiştir. Çözümler parametrelere bağlı olarak elde edilmiş ve parametreler üzerindeki değişimlerin bilginin değerinin ne şekilde değiştirdiği gözlemlenmiştir. B.D.'nin istihbarattaki artışa bağlı olarak her zaman artmaması modelin ilginç sonuçlarından biridir. Belli bir istihbarata kadar artarken belli bir noktadan sonra B.D. ya azalmakta ya da sabit kalmaktadır. Tanımlanan her parametre için Bölüm 5'de analizler yapılmış ve bu analizlere ait yorumlar verilmiştir. Analiz sonuçları karar alıcılara savunma kaynaklarının hangi bölgelere ne şekilde atayacağına dair bir fikir vermektedir. Devlet kayıplarını en küçüklemek için teknoloji yatırımlarını analizler sonucuna bakarak yorumlamalı ve saldırılara karşı önlem almak için etkin bir savunma mekanizması gerçekleştirmelidir.

Oyun teorisi terörizm konusunda oldukça kapsamlı çözümler sunmaktadır. Ülkeler terörle mücadele için her yıl çok büyük miktarlarda savunma ve güvenlik harcamaları yapmaktadırlar. Gelişmiş ekonomilerden gelişmemiş ekonomilere kadar neredeyse tüm devletler terör saldırılarına açıktır. Teröre önlem olarak geliştirilen modellerin sayısal bir temele oturtulması alınan önlemlerin etkinliğini artıracaktır. Oyun teorisi devletlerin stratejik karar alma mekanizması içerisinde kendine yer bulmalıdır.

Kaynaklar

- [1] Gümüőođlu, Ő., Özdemir, A., “*Rekabet Ortamında Karar Verme Süreçlerinde Oyun ve Fayda Kuramı İlişkileri ve Etkileşimi*”, Review Of Social, Economic&Business Studies, **9** (10): 287-308, 2007.
- [2] Atan, S, D., *Dinamik Oyun Kuramı Üzerine Bir İnceleme ve Türkiye Uygulaması*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- [3] Wilson C., “*A Model of Insurance Markets with Incomplete Information*”, Journal of Economic Theory, **74** , 35-36, 1999.
- [4] Başar, T., Olsder, G, J., “*Dynamic Noncooperative Game Theory*”, SIAM , New York, 1995.
- [5] Yıldız, M., *Game Theory Lecture Notes*, MIT, 15-17.
- [6] Gibbons, R., “*Applied Game Theory of Economists*”, Princeton University Press, New Jersey, 1996.
- [7] Tavlaő, N., “*Terörü Tanımlamak*”, Strateji Dergisi, **2**, 1995.
- [8] Ergil, D., “ *Terörizmin Mantığı ve Hedefi*”, Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi, 170-182, 1981.
- [9] “Vikipedi” Eriőim Adresi: <http://tr.wikipedia.org/wiki/Normandiya>, eriőim tarihi: 27 Kasım 2012.
- [10] “The New York Times” Eriőim Adresi: <http://www.nytimes.com/interactive/2011/09/08/us/sept-11-reckoning/cost-graphic.html>, eriőim tarihi: 26 Kasım 2012.
- [11] “Federation Of American Scientist (Fas) - Annual Report(2011)”, Eriőim Adresi: <http://www.fas.org/irp/threat/nctc2011.pdf7>, Eriőim Tarihi: 29 Kasım 2012.

- [12] Lapan, H. ve T. Sandler , “*Terrorism and signaling*”, European Journal of Political Economy, 9, (1993) 383-397.
- [13] Paruchuri, P., Pearce, J.,Marecki, J., Tambe,M., Ordóñez, F., Kraus, S. *Playing games for security: An efficient exact algorithm for solving Bayesian Stackelberg games.*, AAMAS-2008 conference, Estoril, Portekiz.
- [14] Pita, J., Jain, M.,Marecki, J., Ordóñez, F., Portway, C., Tambe,M., Western, C., Paruchuri, P., Kraus, S. (2008). *Deployed ARMOR protection: The application of a game theoretic model for security at the Los Angeles international airport.*, AAMAS-2008 conference, Estoril, Portekiz.
- [15] Paruchuri, P., Tambe, M., Ordóñez, F., Kraus, S., *Security in multiagent systems by policy randomization.*, AAMAS-2006 conference, Hakodate, Japonya.
- [16] Paruchuri, P., Tambe, M., Ordóñez, F., Kraus, S., *Increasing security through communication and policy randomization in multiagent systems.*, AAMAS-2006 conference, Hakodate, Japonya.
- [17] Paruchuri, P., Pearce, J., Tambe, M., Ordóñez, F., Kraus, S., *An efficient heuristic approach for security against multiple adversaries.*, AAMAS-2007 Conference, Honolulu, Hawaii.
- [18] Bakır, N.O., *A stackelberg game model for resource allocation in cargo container security.*, Annals of Operations Research, **187**, 5–22, 2011.
- [19] Zhuang, J., Newell, E.A., *Tecnology Evolutionary Games in Complex Transportation Systems in the Face of Adaptive Adversaries*, Center for Risk and Economic Analysis of Terrorism Events (CREATE), 3-14, 2011.
- [20] Berman, O., Gavious, A., *Location of terror response facilities: a game between state and terrorist.*, European Journal of Operational Research **177**(2):1113–1133, 2007.

- [21] Bier, V. M., Oliveros, S., Samuelson, L., *Choosing what to protect: Strategic defensive allocation against an unknown attacker.*, Journal of Public Economic Theory, **9**(4), 563–587, 2007.
- [22] Sandler, T., Siqueira, K., *Global terrorism: Deterrence versus pre-emption.*, Canadian Journal of Economics, **39**(4), 1370-1387,2006.
- [23] Zhuang, J., Bier, V. M., *Balancing terrorism and natural disasters—Defensive strategy with endogenous attacker effort.*, Operations Research, **55**(5), 976-991, 2007.
- [24] Wein, L., Wilkins, A., Baveja, M., Flynn S., “*Preventing the Importation of Illicit Nuclear Materials in Shipping containers*”, Risk Analysis, **26**(5), 17-23, 2006.
- [25] Gkonis, K.G., Psaraftis, H.N., Ventikos, N.P., “*Game Theory Contributions To Terrorism Analysis in Merchant Shipping: An Application To Port Security*”, IAME 2009 Konferansı, Haziran 24-26, Kopenhag, Danimarka.
- [26] Bier, V. M., Azaiez , M.N., *Game Theoretic Risk Analysis of Security Threats, International Series in Operations Research and Management Science*, Springer, **128**(5), 249-252, 2009.
- [27] Beckery, S., Seibert, J., Zage,D., Rotaru, C.N., State, R., *Applying game theory to analyze attacks and defenses in virtual coordinate systems* ,2011 IEEE/IFIP 41. International Conference on Dependable Systems&Networks 133-144, Washington, ABD.

EKLER

A Eşik Değeri Parametresi İçin Analiz Sonuçları

Parametreler

A_1	A_2	d_1	d_2	D	α_1	α_2	c_1
1700	1900	1400	800	300	6	3	600

D	İstihbarat Yokken				İstihbarat Varken				B.D.
	p_1	p_2	K.F.	Durum	p_1	p_2	K.F.	Durum	
1700	1	0,894	2,399547	4	1	0,894	0,846899	4-ii	1,552648
1600	0,942	0,842	4,330299	4	1	0,842	0,944184	4-ii	3,386115
1500	0,881	0,789	4,174633	2	1	0,789	1,071515	4-ii	3,103118
1400	0,822	0,736	5,749898	2	1	0,736	1,238197	4-ii	4,5117
1300	0,764	0,684	8,153384	2	1	0,684	1,455836	4-ii	6,395644
1200	0,705	0,631	12,12478	2	1	0,631	1,75774	4-ii	9,944081
1100	0,646	0,578	18,93822	2	1	0,578	2,1807	4-ii	16,16009
1000	0,587	0,526	31,31531	2	1	0,526	2,778127	4-ii	27,62719
900	0,528	0,473	55,6023	2	1	0,473	3,688118	4-ii	50,51941
800	0,47	0,4209	106,1726	2	1	0,4209	5,082886	4-ii	98,73765
700	0,4119	0,3689	226,5146	6	1	0,3679	7,434989	4-ii	214,8675
600	0,4139	0,319	437,0817	4	0,999	0,3149	11,64706	4-ii	416,6238
500	0,42899	0,2629	655,5656	4	0,833	0,2629	20,4579	4-ii	613,4107
400	0,449	0,2109	895,7811	4	0,666	0,2099	42,15491	5-ii	783,5237
300	0,528	1	982,6337	6	0,5	0,1579	112,2574	5-iv-2	699,8285
200	0,537	1	1023,276	6	0,497	0,3129	282,8053	5-iv-2	740,4706
100	0,544	1	1050,844	6	0,779	0,697	316,0727	5-iv-2	734,7718

Tablo 8: Eşik Değerinin Değişik Parametreleri İçin Sonuçlar

B İstihbarat Parametresi İçin Analiz Sonuçları

Parametreler					
A_1	A_2	d_1	d_2	D	α_1 ve α_2
2300	2300	1000	1000	800	4 ve 4
İstihbarat Yokken					
LF	Durum	P_1		P_2	
137,37	5 ve 6	0,3479		0,3479	
İstihbarat Varken					
c_1	K.F.	Durum	p_1	p_2	$B.D.$
2300	137,3674	5 ve 6	0,3479	0,3479	137,36742
2150	137,3674	5 ve 6	0,3479	0,3479	127,94175
2000	137,3674	5 ve 6	0,3479	0,3479	124,96636
1850	137,3674	5 ve 6	0,3479	0,3479	110,08942
1700	137,3674	5 ve 6	0,3479	0,3479	101,16325
1550	137,3674	5 ve 6	0,3479	0,3479	92,237078
1400	137,3674	5 ve 6	0,3479	0,3479	83,310909
1250	137,3674	5 ve 6	0,3479	0,3479	96,642456
1100	137,3674	5 ve 6	0,3479	0,3479	102,66802
950	137,3674	5 ve 6	0,3479	0,3479	108,17625
800	137,3674	5 ve 6	0,3479	0,3479	113,12817
650	137,3674	5 ve 6	0,3479	0,3479	117,67416
500	137,3674	5 ve 6	0,3479	0,3479	122,1558
350	137,3674	5 ve 6	0,3479	0,3479	126,76336
200	137,3674	5 ve 6	0,3479	0,3479	131,30796
50	137,3674	5 ve 6	0,3479	0,3479	135,84626

Tablo 9: İstihbarat Parametresindeki Değişiklikler İçin Analiz Sonuçları

C 1. Bölgedeki Değişiklikler İçin Analiz Sonuçları

Parametreler							
A_1	A_2	d_1	d_2	D	α_1	α_2	c_1
4700	2600	1950	150	640	1	3	800

A_1	İstihbarat Yokken				İstihbarat Varken				$B.D.$
	p_1	p_2	$K.F.$	Durum	p_1	p_2	$K.F.$	Durum	
4700	0,1359	0,289	71,03408	3	0,8	0,2849	11,04571	5-ii	59,98837
4400	0,1449	0,289	70,57769	3	0,8	0,2849	11,79882	5-ii	58,77887
4100	0,1559	0,289	70,09139	3	0,8	0,2849	12,07321	5-ii	58,01818
3800	0,1679	0,289	69,63352	3	0,8	0,2849	12,66215	5-ii	56,97137
3500	0,1819	0,289	69,17564	3	0,8	0,2849	13,66179	5-ii	55,51385
3200	0,1999	0,289	68,68114	3	0,8	0,2849	14,8328	5-ii	53,84833
2900	0,2199	0,289	68,22659	3	0,8	0,2849	16,22338	5-ii	52,00321
2600	0,2459	0,289	67,74618	3	0,8	0,2849	17,90166	5-ii	49,84452
2300	0,2779	0,289	67,27826	3	0,8	0,2849	19,96724	5-ii	47,31102
2000	0,3199	0,289	66,80614	3	0,8	0,2849	22,57166	5-ii	44,23448
1700	0,3759	0,289	66,34071	3	0,8	0,2849	23,59764	5-ii	42,74307
1400	0,457	0,289	65,86932	3	0,8	0,2849	37,08201	5-ii	28,78731
1100	0,581	0,289	65,40231	3	0,582	0,2459	19,39769	4-i	46,00461
800	0,8	0,289	64,93114	3	1	0,3069	0	5-iii-2	64,93114

Tablo 10: 1. Bölgedeki Değişiklikler İçin Analiz Sonuçları

D 2. Bölgedeki Değişiklikler İçin Analiz Sonuçları

Parametreler									
A ₁	A ₂	d ₁	d ₂	D	α ₁	α ₂	c ₁		
2300	2300	1000	1000	800	4	4	800		

İstihbarat Yokken					İstihbarat Varken				
A ₂	p ₁	p ₂	K.F.	Durum	p ₁	p ₂	K.F.	Durum	B.D.
2300	0,3749	0,3749	137,3674	5 ve 6	0,999	0,3479	24,23925	5-ii	113,1282
2150	0,3749	0,3719	120,9028	C-4	0,999	0,3719	18,51234	4-ii	102,3905
2000	0,3749	0,3999	107,7463	C-4	0,999	0,3999	13,93618	4-ii	93,81016
1850	0,3749	0,432	97,39594	C-4	0,999	0,432	10,33604	4-ii	87,0599
1700	0,3749	0,47	89,17698	C-4	0,999	0,47	7,477271	4-ii	81,69971
1550	0,3749	0,516	82,78975	C-4	0,999	0,516	5,255625	4-ii	77,53412
1400	0,3749	0,571	78,09093	C-4	0,999	0,571	3,621254	4-ii	74,46968
1250	0,3749	0,64	74,6443	C-4	0,999	0,64	2,422426	4-ii	72,22187
1100	0,3749	0,727	72,26367	C-4	0,999	0,727	1,594379	4-ii	70,66929
950	0,3749	0,842	70,67337	C-4	0,999	0,842	1,041233	4-ii	69,63214
800	0,3749	1	69,68384	4 ve 5	0,999	1	0,697047	4-ii ve 5-ii	68,98679
650	0,3749	1	69,68384	4 ve 5	0,999	1	0,697047	4-ii	68,98679
500	0,3749	1	69,68384	4 ve 5	0,999	1	0,697047	4-ii	68,98679
350	0,3749	1	69,68384	4 ve 5	0,999	1	0,697047	4-ii	68,98679
200	0,3749	1	69,68384	4 ve 5	0,999	1	0,697047	4-ii	68,98679
50	0,3749	1	69,68384	4 ve 5	0,999	1	0,697047	4-ii	68,98679

Tablo 11: 2. Bölgedeki Değişiklikler İçin Analiz Sonuçları

E Teknoloji Parametreleri İçin Analiz Sonuçları

Parametreler

A1	A2	d1	d2	D	α_1	α_2	c1
4700	2600	1950	150	640	1	3	800

α_1	İstihbarat Yokken				İstihbarat Varken				İstihbarat Varken				B.D.				
	p_1	p_2	K.F.	Durum	p_1	p_2	K.F.	Durum	p_1	p_2	K.F.	Durum					
12	0,136	0,29	71,03408	3	0,8	0,2849	13,30986	5-ii	0,1359	0,9	119,868	3	0,8	0,903	19,36387	5-ii	100,5041
11	0,136	0,29	71,03408	3	0,8	0,2849	12,81448	5-ii	0,1359	0,89	119,4697	3	0,8	0,886	19,29575	5-ii	100,174
10	0,136	0,29	71,03408	3	0,8	0,2849	12,41817	5-ii	0,1359	0,86	118,9379	3	0,8	0,865	19,20486	5-ii	99,73299
9	0,136	0,29	71,03408	3	0,8	0,2849	12,10112	5-ii	0,1359	0,84	118,1996	3	0,8	0,838	19,08016	5-ii	99,11945
8	0,136	0,29	71,03408	3	0,8	0,2849	11,84749	5-ii	0,1359	0,8	117,1596	3	0,8	0,804	18,90265	5-ii	98,2569
7	0,136	0,29	71,03408	3	0,8	0,2849	11,64458	5-ii	0,1359	0,76	115,5981	3	0,8	0,758	18,6373	5-ii	96,96083
6	0,553	1	365,5045	6	0,8	0,2849	11,48225	5-ii	0,1359	0,7	113,1055	3	0,8	0,695	18,2122	5-ii	94,89335
5	0,553	1	349,8746	6	0,8	0,2849	11,35239	5-ii	0,1359	0,61	108,6633	3	0,8	0,607	17,45646	5-ii	91,20683
4	0,445	1	334,9857	6	0,8	0,2849	11,2485	5-ii	0,1359	0,48	99,26788	3	0,8	0,477	15,85694	5-ii	83,41093
3	0,277	1	299,844	6	0,8	0,2849	11,16539	5-ii	0,1359	0,2899	71,03408	3	0,8	0,2849	11,04571	5-ii	59,98837
2	0,136	0,289	117,7469	3	0,8	0,2849	11,0989	5-ii	0,1359	0,2459	23,8775	2	0,8	0,2469	3,090193	5-ii	20,7873
1	0,136	0,29	71,03408	3	0,8	0,2849	11,04571	5-ii	0,1359	0,2459	11,41798	2	0,8	0,2469	0,989352	5-ii	10,42863

Tablo 12: Teknoloji Parametresindeki Değişiklikler İçin Analiz Sonuçları

F Form 1 Ekranı

Calculate

Calculate Case1

Calculate Case2

Calculate Case3

Calculate Case4

Calculate Case5

Calculate Case6

hesapla **Temizle** **Excelle Aktar Case3** **Excelle Aktar Case4** **Excelle Aktar Case5** **Excelle Aktar Case6**

	A1	A2	alfa1	alfa2	d1	d2	D
	120	110	2	3	80	100	100

	p1	p2	Loss Function
	0.82	1	11.57811908...
	0.82	0.99	10.69045559...
	0.82	0.98	9.785313984...
	0.82	0.97	8.862180398...
	0.82	0.96	7.920520968...
	0.82	0.95	6.969780869...
	0.82	0.94	5.979383299...
	0.82	0.93	4.978728402...
	0.82	0.92	3.957192136...
	0.82	0.91	2.914125066...
	0.82	0.9	No_Solution

	p1	p2	Loss Function
	1	1	No_Solution
	1	0.99	No_Solution
	1	0.98	No_Solution
	1	0.97	No_Solution
	1	0.96	No_Solution
	1	0.95	No_Solution
	1	0.94	No_Solution
	1	0.93	No_Solution
	1	0.92	No_Solution
	1	0.91	No_Solution
	1	0.9	15.70507544

Optimal Cozumler

	p1	p2	L
Case1	0.833	0.909	2.772552071442
Case2	0.833	0.909	2.772552071442
Case3	0.833	0.91	2.868067764178
Case4	0.834	0.909	2.833046982654
Case5	0.835	0.91	3.020663514040
Case6	0.834	0.91	2.923164396611

Şekil 10: Form 1 Ekranı

G Form 2 Ekranı

Calculate

Calculate Case3

Calculate Case4

Calculate Case5

Calculate Case6

hesapla **Temizle**

Excelte Aktar Case3

Excelte Aktar Case4

Excelte Aktar Case5

Excelte Aktar Case6

	P1	P2	L1	Optimalik	Sajjman Durum
Case3	0.175999999	0.214999999	1145.47370272	3.case 1.Durum	
Case4-i	0.218999999	0.213999999	619.200038626	4.case 1.Durum	
Case4-ii	0.5	0.213999999	41.6602004510	4.case 2.Durum	
Case4-iii	1	0.213999999	972.553504748	4.case 3.Durum	
Case4-iv	0.501	0.213999999	42.6015117310	4.case 4.Durum	
Case5-i	0.218999999	0.214999999	626.992313144	Case5-i	
Case5-ii	0.5	0.214999999	42.0980747638	Case5-ii	
Case5-iii-1	0.822	0.998	782.382643669	Case5-iii-1	
Case5-iii-2	1	0.427999999	914.782423387	case5-iii-2	
Case5-iv-1	0.502	0.214999999	43.9723092375	Case5-iv-1	
Case5-iv-2	0.501	0.214999999	43.0365307031	Case5-iv-2	
Case6-i	0.319999999	1	627.088590221	case6-i	
Case6-ii	0.316999999	0.384999999	166.335348608	Case6-ii	
Case6-iii	0.501	1	652.732775011	Case6-iii	
Case6-iv	0.501	0.609	358.358442278	Case6-iv	

	p1	p2	Loss Function	Durum
0.146999999...	0.419999999...	0.409999999...	2546.896241...	Case3
0.146999999...	0.399999999...	0.399999999...	2528.615615...	Case3
0.146999999...	0.389999999...	0.389999999...	2518.859609...	Case3
0.146999999...	0.379999999...	0.379999999...	2508.658455...	Case3
0.146999999...	0.369999999...	0.369999999...	2497.983747...	Case3
0.146999999...	0.359999999...	0.359999999...	2486.805038...	Case3
0.146999999...	0.349999999...	0.349999999...	2475.089740...	Case3

	p1	p2	Loss Function	Durum
0.146999999...	0.199999999...	0.149999999...	1100.720427...	Case4-iii
0.146999999...	0.199999999...	0.149999999...	234.3788885...	Case4-iv
0.146999999...	0.139999999...	0.139999999...	1144.807903...	Case4-iii
0.146999999...	0.139999999...	0.139999999...	258.4276028...	Case4-iv
0.146999999...	0.129999999...	0.129999999...	1203.518558...	Case4-iii
0.146999999...	0.129999999...	0.129999999...	290.4515965...	Case4-iv
0.146999999...	0.119999999...	0.119999999...	1283.454632...	Case4-iii
0.146999999...	0.119999999...	0.119999999...	334.0530911...	Case4-iv

Şekil 11: Form 2 Ekranı

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : BİRİHAN, Hasan Tugay
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 16.03.1986 AbuDhabi - BAE
Medeni hali : Bekar
Telefon : 0543 815 40 01
e-mail : htbirihan@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Y. Lisans	TOBB ETÜ Endüstri Mühendisliği	2012
Lisans	Selçuk Üniversitesi Endüstri Mühendisliği	2010

Konum

Yıl	Yer	Görev
2010-2012	TOBB ETÜ	Burslu Yüksek Lisans Öğrencisi

Yabancı Dil

İngilizce