

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANA BİLİM DALI
İKTİSAT DOKTORA PROGRAMI**

DOKTORA TEZİ

**GEÇİŞ MALİYETLERİ VE AĞ ETKİLERİ:
AJAN TEMELLİ HESAPLAMALI İKTİSAT
YAKLAŞIMI**

**HAKKI KUTAY ÇİLİNGİROĞLU
10710201**

**TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. ERCAN EREN**

**İSTANBUL
2016**

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANA BİLİM DALI
İKTİSAT DOKTORA PROGRAMI

DOKTORA TEZİ

GEÇİŞ MALİYETLERİ VE AĞ ETKİLERİ:
AJAN TEMELLİ HESAPLAMALI İKTİSAT
YAKLAŞIMI

HAKKI KUTAY ÇİLİNGİROĞLU
10710201

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih:

Tezin Savunulduğu Tarih: 05.08.2016

Tez Oy birliği / Oy çokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Unvan	Ad Soyad	İmza
Tez Danışmanı : Prof. Dr.	Ercan Eren	
Jüri Üyeleri : Prof. Dr.	Fatma Doğruel	
Prof. Dr.	Murat Donduran	
Prof. Dr.	Ensar Yılmaz	
Yrd. Doç. Dr.	Kaan Ögüt	

İSTANBUL
AĞUSTOS, 2016

ÖZ

GEÇİŞ MALİYETLERİ VE AĞ ETKİLERİ: AJAN TEMELLİ HESAPLAMALI İKTİSAT YAKLAŞIMI

Hakkı Kutay Çilingiroğlu

Ağustos, 2016

Modern ekonomide birbirleri ile uyumsuz ürünlerin rekabeti, geçiş maliyetleri ve ağ etkileri kavramları ile sıklıkla açıklanmaktadır. Geçiş maliyetleri ve ağ etkileri literatürlerinde hem analitik hem de ampirik analizlere rastlamak mümkündür. Bu analizlerin büyük çoğunluğu geleneksel tekniklerin hakim olduğu, gerçek dünya koşullarını fazlasıyla soyutlayan varsayımlar aracılığı ile yapılsa da, rekabetin doğasından gelen kompleksite yeni metodolojilere ve disiplinlere ihtiyaç duymaktadır. Çalışmada geçiş maliyetleri ve ağ etkilerini, otonom ve etkileşimde olan ajanların bulunduğu bir piyasa ortamı için simülasyon teknikleri ile analiz edilmiştir. Bu analizin temelini ifade etmek adına, sırası ile geçiş maliyetleri ve ağ etkileri farklı bölüm başlıkları altında anlatılmıştır. Geçiş maliyetleri için rekabetin karakteristiği, oligopol piyasa dinamikleri, piyasaya giriş bariyerleri, karlılık düzeyleri ve tüketici beklentilerinin rekabete olan etkisi gibi konular incelenmiştir. Ağ etkisi için de kritik düzey, koordinasyon başarısızlıkları, tamamlayıcılık ilkesi ve ağ yapıları ön plana çıkan konulardır. Ardından, gerçek dünya koşullarının karmaşıklığını kompleksite kavramı üzerinden bilimsel çerçevede sunan ve bu çerçeveyi modelleyebilecek olan ajan bazlı hesaplamalı iktisat konusu sunulmuştur. Tüm bu incelemenin ışığında geçiş maliyetleri ve ağ etkileri altında duopol rekabet ortamını, ajan temelli hesaplamalı iktisat araçları ile inceleyen bir simülasyon modeli geliştirilmiştir. Çalışmada kullanılan simülasyon araçları sistemin ortaya çıkardığı düzeni veya düzensizlikleri deneysel olarak gözlemleme şansı verirken, teoremin ortaya attığı yaklaşımları deneme ve yorumlama imkanı da verir. Kullanılan ajan bazlı hesaplama teknikleri homojenlik, tam bilgi, etkileşimsiz ajanlar gibi alışla gelmiş varsayımları yumuşatmış ya da ortadan kaldırmıştır. Simülasyon sonuçları hem ana akım iktisatta kabul gören tam bilgiye ve sınırsız becerilere sahip olan iktisadi bireyin rasyonel çerçevesinden hem de eksik bilgiyle yapılacak olan değerlendirmenin potansiyel sonuçları açısından iki farklı şekilde değerlendirilmiştir. Tam bilgi perspektifi literatür ile uyumlu bir sonuç üretirken, eksik bilgi ile oluşabilecek büyük sapmalar gösterilmiştir. Bu çalışma ayrıca bu sapmaların istikametini yorumlayabilecek olan genetik ve evrimci algoritmaları kullanacak gelecek çalışmalar için yol gösterici olacaktır.

Anahtar kelimeler: Ajan Temelli Hesaplamalı İktisat, Geçiş Maliyetleri, Ağ Etkileri, Simülasyon

ABSTRACT

SWITCHING COSTS AND NETWORK EFFECTS: AN AGENT BASED COMPUTATIONAL ECONOMICS APPROACH

Hakkı Kutay Çilingiroğlu

August, 2016

In many parts of modern economies; competition is increasingly characterized by switching costs and network effects phenomenon of incompatible products. Both switching costs and network effects literature contains analytical and empirical analyses which always use general assumptions unable to encapsulate entire real world issues like other economic topics. So the complexity surrounding our environment requires us to seek new methodologies and disciplines. I have analyzed switching costs and network effects together with a new simulation approach to modeling systems composed of autonomous and interacting agents. I have demonstrated various concepts about the switching cost which like competition issues, entry barriers, oligopoly dynamics, level of profits and type of customer expectations. Similarly I have represented network effect concepts, particularly in regard to critical mass, coordination failures, network formalities and complementarity issues. After representing switching cost and network effect, I have provided a brief introduction to complexity and agent based computational economics (ACE) which is one of the simulation tools for complex economic systems. I have developed an agent based computational model of duopolistic competition in order to analyze how network effects and switching costs shape competitive outcomes by simulation methods. This study aims to test, critique and comment mainstream theories of the switching costs and network effects, as well as offering an empirical understanding of how particular observed regularities and irregularities have evolved by using the methodology of ACE. In the complete information perspective which is consistent with formal literature, I assume that each agent knows all about other agents' information and properties and has perfect cognitive abilities so that they can easily maximize their utilities and profits. In these perspectives I have observed similar simulation results consistent with formal literature. As for the incomplete information perspective, cognitive abilities come into prominence that make model more difficult to solve. Even though the integration of both the collective (network effect) and the individual (switching cost) dimensions in the same framework is a real challenge for cognitive perspective, this study will evolve to this direction in order to analyze dynamic features of markets viewed as cognitive and complex social interactive systems.

Keywords: Agent-based Computational Economics, Switching Costs, Network Effects, Simulation

ÖN SÖZ

Bu çalışmanın ortaya çıkabilmesindeki ilk adım 2012 yılında Sn. Prof. Dr. Ercan Eren'in tez danışmanım olmayı kabul etmesi ile atılmış oldu. Sayesinde benim için çok heyecan verici olan "yeni iktisat" kavramı ile tanıştım. Bu heyecan o günden bugüne kadar hep artarak devam etti. Mesleğimden gelen ilgi ile birlikte bilgisayar simülasyonları ve ajan bazlı modelleme paradigmaları kullanarak geleneksel iktisat çözümlerinden farklı bir çizgide çalışma yapmak istedim. Bu aşamada bir parçası olduğum Kompleksite çalışma grubunun, başta danışmanlarım, Prof. Dr. Ercan Eren, Prof. Dr. Murat Donduran, Yrd. Doç. Dr. Kaan Ögüt olmak üzere, tüm hocalarıma, arkadaşlarıma bana kattıkları vizyon ve sundukları destekten dolayı ayrı ayrı teşekkür ederim. Tez konumu belirlememden, sonlandırdığım çalışmaya kadar bir çok aşamada kendilerinin izleri mevcut. Doktora bana sadece akademik bir bakış açısı değil, beraberinde başta Oya Kent olmak üzere çok yakın dostlar kazandırdı.

Bu çalışmanın tamamı sakın sularda geçmedi. Motivasyonumun çok kırıldığı dönemler oldu, ancak çok şanslıydım ki çok sabırlı ve beni hep destekleyen eşim yanımdaydı. Hiç kuşkusuz sayesinde buraya kadar gelebildim. Beni okutmaya başladıklarından beri bugünleri görmeyi arzulayan, sabırsızlanan annem ve babama tüm emekleri ve karşılıksız destekleri, sevgileri için minnettarım.

Ve tabii ki küçük kızım... İyi ki aramızdasın, bu satırların hikayesini sana anlatmak için sabırsızlanıyorum.

İSTANBUL
Ağustos 2016

HAKKI KUTAY ÇİLİNGİROĞLU

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEZ ONAY SAYFASI	
ÖZ	iii
ABSTRACT	iv
ÖN SÖZ	v
CONTENTS	vi
TABLO LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
1 GİRİŞ	1
2 GEÇİŞ MALİYETLERİ	7
2.1 Genel Tanımlar	7
2.2 Geçiş Maliyeti Türleri	10
2.3 Piyasa Örnekleri ve Ampirik Kanıtlar	13
2.4 Tüketici, Firma ve Piyasa Açısından Geçiş Maliyetinin Etkileri . .	15
2.5 Fiyat Farklılaştırmasının Olmadığı durumda Geçiş Maliyetleri . .	16
2.6 Fiyat Farklılaştırmasının Olduğu Durumda Geçiş Maliyetleri . . .	20
2.7 Karlılık düzeyleri ve Tüketici Refahı	21
2.8 Tüketici Beklentileri	22
2.9 Piyasaya Giriş	23
2.10 Endojen Geçiş Maliyetleri	24
3 AĞ ETKİSİ	26
3.1 Giriş	26
3.2 Ampirik ve Teorik Çalışmalar	29
3.3 Ağ Etkisi Tipleri	32
3.4 Bağlanma (Lock-in)	35
3.5 Ağ Adaptasyonun Formel İfadesi	36
3.6 Koordinasyon Başarısızlığı	39
3.7 Yerel Ağ Yapısı	42
3.8 Ağ büyüklüklerinin sayısal veya yapısal olarak incelenmesi	44
3.9 Arz Tarafı	45
3.10 Politika	47

4 İKTİSADİ KOMPLEKSİTE ve AJAN BAZLI HESAPLAMALI MODELLEME	49
4.1 GİRİŞ	49
4.2 KOMPLEKSİTE	51
4.2.1 İndirgemecilik veya Bütünsellik?	52
4.2.2 Lineer olmayan yapılar	53
4.2.3 Kolektif Davranış	55
4.2.4 Sosyal Bilimlerde Kompleks Adaptif Sistemler	55
4.2.5 Kompleks Sosyal Sistemler ile Fiziksel Sistemler Arasındaki Farklar	56
4.2.6 İktisat ve Kompleksite	57
4.2.7 Ana Akım İktisadın Yetersizliği	58
4.2.8 Kompleksite İktisadı	60
4.2.9 Kompleksite Örnekleri	61
4.3 AJAN BAZLI HESAPLAMALI İKTİSAT	62
4.3.1 Giriş	62
4.3.2 Ajan Bazlı Hesaplamalı İktisat	65
4.3.3 ACE Çalışma Alanları	71
4.3.4 ACE Model Karakteristikleri	71
4.3.5 Ajan Bazlı Modelleme	73
4.3.6 ACE Kullanımının Avantajları / Dezavantajları	80
4.3.7 Sonuç	81
5 SİMÜLASYON MODELİ	83
5.1 Giriş	83
5.2 Model	86
5.3 Simülasyon	96
5.4 Sonuçlar	106
5.4.1 Tam Bilgi Altında Simülasyon Sonuçları (Sistem Çıktıları)	108
5.4.2 Eksik Bilgi Altında Simülasyon Sonuçları (Sistem Çıktıları)	116
6 SONUÇ	120
KAYNAKÇA	123
EKLER	139
EK I	139
ÖZ GEÇMİŞ	143

TABLO LİSTESİ

Tablo	Sayfa
5.1 alpha değerlerinin matris sunumu	109
5.2 $id = 3158$ numaralı raporun ödeme matrisi için tekil değerlere sahip olan alpha çiftleri	110
5.3 $id = 3158$ numaralı raporun ödeme matrisi için çoklu denge değerlere sahip olan alpha çiftleri	113
5.4 $id = 3158$ numaralı raporun ödeme matrisi için denge değerlerine sahip olmayan alpha çiftleri	114
5.5 $id = 3158$ numaralı raporun ilgili reportalpha değeri için sistemin maksimum ve minimum çıktı seviyeleri	115
5.6 $id = 3133$ numaralı raporun Nash dengeleri	116

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil	Sayfa
3.1 Tüketiciler arasındaki karşılıklı etkileşim sonucu ortaya çıkan tamam- layıcılık	40
3.2 Yerel Ağ Yapısı Örneği	43
4.1 Modellemede indirgemeci yaklaşım	63
4.2 Simülasyon ve geleneksel modelleme	64
4.3 Geri besleme mekanizması	67
4.4 ACE modeli yapısı	75
4.5 Ajan Hiyerarşisi	76
4.6 Tipik bir iktisadi ajan nesnesi	77
4.7 Popülasyon Nesnesi	77
4.8 Ajan bazlı program	78
5.1 Temsili Piyasa Yapısı	88
5.2 j Tüketicisinin Konumu	89
5.3 Genel Mimari	100
5.4 Toplam kar düzeyleri	117
5.5 Firmaların maksimum karları	117
5.6 Firmaların minimum karları	118
5.7 Firmaların ortalama karları	118
5.8 Firmaların pozitif kar yüzde değerleri	118

1 GİRİŞ

Endüstriyel ekonomi içerisinde sözleşme eksikliği, tamamlayıcılık, ekonomik ölçek, ağ dışsallıkları, koordinasyon başarısızlığı, alıcı satıcı eşleşmesi gibi kavramlarla sıklıkla karşılaşılır. Bu kavramların hep birlikte bulunduğu iki yeni kapsayıcı içerik endüstriyel iktisatta son birkaç on yıllık sürede popüler hale gelmiştir. Bu yeni konular geçiş maliyetleri (switching costs) ve ağ etkisi (network effect) ifadeleri ile karşımıza çıkar.

Bu iki anahtar kavramın kapsamının geniş oluşu analizlerde çok boyutlu bir araştırmayı beraberinde getirecektir. Geçiş maliyetleri ve ağ etkisi, fiyat teorisi, rekabet teorisi, piyasa teorisi ve endüstriyel organizasyon gibi kavramlar çerçevesinde işlenebilir. Endüstriyel iktisadın öznesinde olan tüketici, firma ve politika yapıcılar bu kavramların yarattıkları etkileri hesaba katarak hareketlerini belirleyeceklerdir. Analizlerin özellikle kar/fayda maksimizasyonu, rekabet etkinliği, sosyal refah gibi boyutları dikkat çekicidir.

Hem geçiş maliyeti hem de ağ etkisi, tüketicilerin tekrarlı satın alma durumlarında, geçmiş tercihleri ile uyumlu olarak, satın almalarını aynı firmadan yapacakları ve bu malların çeşitli uyumluluk (compatibility) durumları (form) olduğu zamanlarda ortaya çıkar. Geçiş maliyetleri, müşterinin satın alma yaptığı bir grup veya seri malın kendi içlerinde uyumlu olduğu durumlarda oluşabileceği gibi, kullanılan tekil bir malın alternatifinin tercihinde de karşılaşılabılır. Ağ etkisi ise, ağ ürünleri¹ için geçerli olmak üzere, tüketicinin aldığı ürün ile diğer tüketicilerin aldığı ürünler arasında uyum olmasını istediği zaman oluşur. Bu şekilde tüketici, aldığı malı, diğer tüketicilerin aldığı ürünler² ile etkileşime sokabilecek veya alış verişi konusu yapabilecektir. Geçiş maliyetleri firma üzerinden yapılan satın almaların ekonomik kapsamıdır.³ Ağ etkisi ise farklı kullanıcılar arasın-

¹Ağ ürünlerinin değerlendirilmesi, ürünün kullanımından edinilecek tekil fayda ile birlikte, ağın konusu olan bir ürün olması sebebi ile, ağdaki diğer kullanımların miktarı, niteliği gibi kavramlarla oluşan farklı bir değerlemeye de tabidir.

²Örneğin piyasada kullanılan hakim bir işletim sistemi, tüketicilerin seçeceği bir çok yazılım ürünü için belirleyici nitelikte olabilmektedir.

³Bu kapsamda ürünü kullanan diğer kişilerin sayısı veya kim olduğunun bir önemi yoktur. Tekil faydaya bağlı bir değerlendirme ölçütüdür.

daki ekonomik kapsam olarak nitelendirilebilir. Ağ etkisinin oluşabilmesi için tüketicinin ilgili üründen kazandığı faydanın, diğer kullanıcıların varlığından etkilenmesi gerekir.

Bu bahsedilen kapsam tüketicilerin faydalarını maksimize edecek kararları verirken, kısıt olarak sadece kendi bütçe ve zevklerini hesaba katmalarını engeller. Tüketiciler diğer tüketicilerin hareketlerini ve yine kendi yaptıkları önceki alışveriş geçmişlerini veri kabul ederek en iyi hareketi yapmaya çalışırlar.⁴ Diğer tüketicilerin hareketleri aslında tamamlayıcılık ilkesini ortaya çıkartır. Tamamlayıcılık ilkesi içinde tüketicilerin tek tek beklentileri yanında, bu beklentileri ortaya çıkartan geçmiş gözlemlerin etkileri vardır. Tüketici stratejisini, karşılıklı (mutual) tercihlerin oluşturduğu çıktı seviyesini hesaba katarak oluşturur. Tamamlayıcılık ilkesi ile ajanlar daha iyi bir noktaya gelebilme potansiyeline sahiptir. Bu çerçevede genellikle eksik bilgiyle oluşturulduğundan tüketici ve firmalar arasındaki ilişki pür etkin olarak yürütülemez. Fiyatlandırma stratejileri eksik bilgi durumunu göz önüne alarak firmalar tarafından oluşturulması gereken bir durumdur. Firmalar ve tüketiciler dizi halindeki⁵ alım satım işlemlerini yapsalar da genellikle sözleşmeler o anda gerçekleşen ya da belirli süreyi ifade eden işlemleri kapsar. Sözleşmeler firmalar ile tüketiciler arasında konu olan ürünün tüm hayat döngüsü boyunca ne kadar ve ne fiyatta alınıp satılacağını kapsayan anlaşmalar değildir. Bu da farklı düzeylerde olması muhtemel olan, ajanlar arasında bilgi asimetrisini ortaya çıkartır. Bu asimetrinin sonucu olarak etkinsiz bir piyasa şartı ortaya çıkması olasıdır. Bu etkinsizliği giderebilecek bir sözleşme dinamik piyasa şartlarında büyük oranda yapılamamakla birlikte yaşam boyu sözleşme ise imkanı değildir (Farrell ve Klemperer, 2007, s.1971-1972).

Firma tarafında bu etkinsizliği kendileri için avantaja çevirme isteği vardır. Tüketicilerin geçmiş satın almaları ve çevrelerine olan duyarlılıkları firmalar açısından önemlidir. Bu duyarlılıklar tüketicinin alternatif firmanın ürününü seçmesini zorlaştırır. Firmaların başlardaki sert rekabeti beraberinde çok karlılığı getirmese de, belirli bir tüketici kitlesini elde etmeleri, bağlamaları (lock-in) sonucunda devamında gelen ve kendine bağlanmış olan tüketicilere yapacakları satışlar ile karlılıklarını arttırabilirler. Piyasa payı üzerinden yapılacak bir rekabet ortamı firmaların fiyatlandırma kararlarını etkileyecektir. Bağlanmış olan tüketicinin halihazırda tercih ettiği firmayı değiştirme güdüsü zayıf olacağından, sert rekabet ile

⁴Literatür genellikle son tüketim değerini hesaba katmaktadır. Ancak iktisadi bireyler, genellikle geçmiş deneyimlerini sadece son dönemin kararları ile rasyonel tercihler penceresinden vermek yerine, adaptif bir bakış açısı ile tüm geçmiş verilerini farklı ağırlıklandırma yöntemleri ile değerlendirip, seçim kararlarını ifade eden fonksiyonel yapıya sokarlar

⁵tekil olmayan, uzun süreli ya da sürekli

kazanılan piyasa payları, gelecek dönemler firma için karlılık verisidir. Önceki dönemlerin rekabeti ile ortaya çıkan maliyet altı fiyatlama, gelecek dönemlerin karlılıkları ile giderilir.

Tüketiciler açısından firma seçimleri (sıralı veya eş zamanlı) kolektif sorunları da ortaya çıkartır. Tüketicilerin seçimleri diğer tüketicileri de etkileyeceğinden, başarısız seçimlerde bu seçimden vazgeçme maliyeti de ortaya çıkar. Kolektif seçimlerin sonucu olarak ortaya çıkan durumdan caymanın maliyeti, geçiş maliyetlerinin de varlığı ile tüketiciler tarafından daha da çok hissedilebilir. Tüketicilerin seçimlerinin sonucu olabilecek potansiyel koordinasyon problemi, ciddi sosyal refah sonuçlarını da doğurabilmektedir. Alıcılar çoğunlukla önceden öngöremedikleri durumlar nedeni ile önceki seçimlerinin sonucu olarak daha etkin çıktı sonuçlarına ulaşamamaktadırlar.

Literatürdeki bir çok tartışma kar/fayda maksimizasyonu, rekabetin etkinliği, sosyal refah gibi konuların üzerinden devam eder. Burada hakim anlayış geçiş maliyetlerinin oligopol piyasada rekabeti olumsuz etkilediği yönündedir. Ağ etkisinin mevcut olduğu piyasa koşullarında ise sistem görece düşük bir çıktı seviyesinde dengeye gelebilir. Araştırmaların önemli bir kısmı bu iki etkinin sosyal refah üzerindeki potansiyel olumsuz sonuçları üzerinedir. Geçiş maliyetleri ve ağ etkisi kavramlarını inceleyen çalışmaların ağırlığı teorik çerçevede yapılmıştır. Bunu takiben ekonometrik literatür hızla gelişmekle birlikte teorik literatürün gerisinde kalmıştır. Literatür geleneksel analiz metodolojisini kullanmaktadır. Bu metodoloji içerisinde indirgemeci birey başrolüdür. Analizler birbirine benzer hatta çoğu zaman aynı bireylerin, stratejilerini kendi adaları içerisinde etkileşimsiz olarak verdikleri, zevklerinin dönemler arasında değişmediği, gelecek değerleri rasyonel olarak günümüz değerlerine iskonto edebildiği, makro parametreleri doğru değerlendirilebildiği bir yapıda kurgulanmaktadır. Bu varsayımların bazılarının gevşetildiği çalışmalar olsa da genellikle bu kabuller geçerlidir. Gerçek hayatta bireylerin heterojenliği ve karşılaştıkları çoğu durum dışlanmaktadır. Burada araştırmacıyı sınırlayan temel faktörlerin başında kullandığı teknikler gelmektedir. Sorunu karmaşık olarak kurgulama yoluna gidilirse, ona uygun teknikleri kullanma durumunda kalınacaktır. Bu çalışmanın merkezinde endüstriyel iktisadın iki popüler konusu olan, geçiş maliyetleri ve ağ etkisi konusunu beraber analiz etme isteği vardır. Literatürde bu iki konunun beraber işlendiği teorik kaynaklar çok yeni olmakla birlikte, araştırmacıların ilgisini çokça çekmektedir.⁶

⁶Chen ve Forman (2006), Farrell ve Klemperer (2007), Maicas, Polo, ve Sese (2009b), Suleymanova ve Wey (2011), (Doganoglu ve Grzybowski, 2013), Weiergräber (2014), (Chen, 2016a,b) çalışmaları takip edilebilir.

Bu iki başlık çoğu pazar için birbirinden ayrılması zor konulardır. Bu çalışmada kurgulanmak istenilen modelde bu durum göz önünde bulundurularak beraber işlenecektir. Literatürün indirgemeci analiz tekniğini önemli ölçüde değiştirmek de bu çalışmanın iddialarından ve amaçlarından biridir. Bu bağlamda kompleks bir analiz için ajan temelli simülasyon teknikleri kullanılacak ve bu tekniklerle piyasanın geçiş maliyeti ve ağ etkisi durumları için analizler yapılacaktır. Klasik analizlerdeki rekabet ve sosyal refah karakteristikleri bu simülasyon teknikleri çerçevesinde dinamik bir süreçte izlenecektir.

Ağ yapılarının analizi günümüzde çok önemli yer tutmaktadır. Bunun teorik ve teknik altyapısı da son yıllarda çok ilerlemiştir. İktisadi bireyleri incelerken bu bireylerin ağ içerisindeki konumlarını hesaba katmak çok değerli bir bilgidir. Bireyin ağ içerisinde bulunduğu konumu ifade eden yerel farklılıklar karmaşık bir sistemin evrilmesinde büyük değişiklikler yaratabilir. Yerelden bütüne doğru giderken analizin sonuçları da çok farklılık gösterebilmektedir. Bu farklılıklar bütünün toplamdan farklı olduğuna da bir kanıt olarak sunulabilir. İktisadi ajanların kararlarındaki başka parametrelerde, ağ yapısındaki konumu, komşulukları ve ağ yapısının tarihsel geçmişi. Bu çalışmanın önemli bir farklılığı da bu yerelliği hesaba katarak modelini kurguluyor olmasıdır.

Çalışmanın ilerleyen aşamalarında öncelikle geçiş maliyetleri ile ilgili bölüm 2 sunulacaktır. Öncelikle geçiş maliyetinin genel tanımları (2.1) verilecektir. Arkasından geçiş maliyeti türleri (2.2) ayrıntılı olarak verilecek ve bu türleri kapsayan örnekler sunulacaktır. İşlem, öğrenme, belirsizlik, sözleşme, indirim programları, psikolojik, alışveriş ve araştırma maliyetleri anlatılmıştır. Bu maliyet türlerinin yanı sıra çalışmada kurgulanan modelin geçiş maliyeti, uyumluluk maliyeti şeklinde kurgulanır. Literatürde geçiş maliyetleri ile ilgili bir çok ampirik çalışma mevcuttur. Bu çalışmaların bazıları piyasa örnekleri ve ampirik kanıtlar 2.3 bölümünde verilmiştir. Bir sonraki alt bölümde (2.4), tüketiciler ve firmalar açısından geçiş maliyetinin nasıl karşılandığı ve bununla ilgili nasıl bir stratejik yol izlendiğini ifade edilir. Burada piyasanın çıktı seviyesi ve rekabetin doğası da tartışılacaktır. Rekabet ortamı fiyat farklılaştırmasının yapılamadığı (2.5) ve yapılabildiği (2.6) durumlar için ifade edilmiştir. Özellikle fiyat farklılaştırmasının yapılmadığı durumlar geçiş maliyetleri literatürünün ağırlığını oluşturur. Bu bakımdan bu alt bölüm hem matematiksel tanım hem de ifadelerle geniş tutulmuştur. Geçiş maliyetlerinin oligopol piyasa şartları için ne düzeyde karlılık sağladığı, karlılık düzeyi ve tüketici refahı alt bölümünde (2.7) takip edilebilir. Karlılık düzeyleri çok çeşitli piyasa şartlarına bağlı olabileceği gibi, firma maliyetleri ve rekabetin düzeyi ile de alakalı olabilir. Tüketici beklentileri tüketicinin ne kadar rasyonel olduğu ile ilgili değişiklik gösterebilir. Tüketici veri firma fiyat-

larını sinyal kabul ederek hem cari dönem tüketim kararını verir hem de gelecek dönem fiyatları hakkındaki inanışları ile gelecek tüketimlerini hesaba katar. Tüketicinin tam bilgi ve miyopi arasındaki fiyat değerlendirme kabiliyeti firma karlarını ve doğal olarak firmaların piyasa paylarını etkiler. Bu etkiler bir sonraki alt bölümde (2.8) ayrıntılı olarak ifade edilecektir. Arkasından da piyasaya giriş şartları (2.9) ve firmaların endojen geçiş maliyetleri (2.10) sunulacaktır. Piyasada halihazırda bulunan firma(lar) potansiyel piyasaya girişleri için geçiş maliyeti avantajları ile sert rekabet yaratarak, piyasaya girmeye çalışan firmaları engellemeye çalışırlar. Bu engellerden biri de yapay olarak firmalar tarafından yaratılmış olan geçiş maliyetleridir.

Geçiş maliyetleri bölümünü takiben ağ etkisi bölümü (3) sunulacaktır. Ağ etkisine giriş bölümünde (3.1) ağ etkisinin temel tanımı, tüketicinin fayda fonksiyonundaki yeri, ağ dışsallıklarından farkı ve bir ürünün tekil değeri ile tüketiciler arasındaki etkileşimle ortaya çıkan değeri arasındaki ayrım anlatılacaktır. Bir sonraki alt bölümde (3.2) ise ağ etkisi hakkındaki teorik ve ampirik çalışmalar hakkında bilgiler verilecektir. Literatürde ağ etkisi farklı kategorilerde incelenebilmektedir. Bu sınıflandırmalar hakkında geniş bilgi ağ tipleri alt bölümünden (3.3) takip edilebilir. Geçiş maliyetlerinde olduğu gibi ağ etkisinde de tüketiciler tekrarlı satın almalarda bir ürünü, sonradan ortaya çıkan ek değiştirme maliyetleri nedeni ile tekrar satın alma eğiliminde olabilirler. İlgili ürünü sağlayan firmaya bağlanma durumu gerçekleşmiş olur. Bu durum ve sonuçları rekabet çerçevesinden Bağlanma (Lock-in) (3.4) alt bölümünde sunulmuştur. Arkasından da ağ etkisinin matematiksel ifadesi (3.5) verilmiştir. Ağ ürünü olan bir piyasada tüketicilerin seçimleri sadece kendi zevk ve tercihlerine değil beraberinde diğer tüketicilerin seçimlerine de bağlıdır. Burada ortaya çıkabilecek görece pozitif değer kolektif hareketin başarısının bir ölçütüdür. Tüketiciler koordine olabildikleri ölçüde katma değer yaratırlar. Piyasada koordinasyon arzu edilse de gerçekleşmeyebilir. Koordinasyon başarısızlıkları (3.6) alt bölümünde sunulmuştur. Literatürde ağ etkisine ağırlıklı olarak bütün ağın sayısal değeri üzerinden bakılır. Bir firmanın pazar payı ağ etkisi için tek ölçüt olurken, tüketiciler de veri olarak sadece bu değeri hesaba katarlar. Ancak gerçek hayat koşullarında tüketiciler yerel etkileşimlerine daha çok değer atfederler. Benzer şekilde ağın içindeki tüketiciler homojen bir yapıda değildirler. Bir ağ sayısal olarak az ancak çok daha önemli tüketicilere sahip olabilir. Bu gibi yeni sayılabilecek araştırma konuları bir sonraki alt bölümlerde sunulmuştur (3.7, 3.8). Ağ etkisi tüketicilerin eylemleri sonucu gerçekleşse de, bu durum firmaların stratejilerinde önemli bir yerdedir. Özellikle kritik eşiği aşmak isteyen firmalar ağ etkisini göz önüne alarak düşük fiyatlamaya giderken, bu eşik aşıldığında ise bağlanma etkisi ile yüksek fiyatlamaya yoluna giderler. Piyasanın arz tarafındaki etkileri alt bölümdedir (3.9). Tüketici ve firma

arasındaki ilişki, üçüncü bir tarafı, politika yapıcıyı da ilgilendirir (3.10).

Sonraki bölümde (4) İktisadi kompleksite ve ajan bazlı hesaplamalı iktisat (4.1) konuları işlenecektir. Bölüm 4.2’de Kompleksite konusuna girilecektir. Bu bölümde kompleksite tanımı, kompleks sistemlerin karakteristikleri ve bu sistemlerin nasıl modellenebileceği üzerine tartışılacaktır. Bu genel ifadenin alt kırılımı olarak, 4.2.1 ’de indirgemeci ve bütünsel yaklaşımlar çerçevesinden kompleksiteye bakılacaktır. Bütünsel yaklaşımlar beraberinde iki temel ilkeyi getirir; lineer olmayan yapılar (4.2.2) ve kolektif davranış (4.2.3) sırası ile anlatılacaktır. Bölüm 4.2.4 ’de sosyal bilimlerde kompleks adaptif sistemler üzerinde durulacaktır. 4.2.5 ’de fen bilimlerinden çokça öykünen sosyal bilimler ile fizik arasındaki farklar ifade edilecektir. İktisat ve kompleksite bölümünde (4.2.6) iktisadın neden ve nasıl kompleksite içerdiği, bir sonraki bölümde (4.2.7) ise mevcut hakim iktisat metodolojisi ile kompleksitenin nasıl ifade edilemeyeceği anlatılmaya çalışılacaktır. Alt bölümlerde 4.2.8 ve 4.2.9 kompleksite kavramının modellenmesi ve örnekleri ile ifade edilecektir. Nihayet 4.3 ’de kompleksitenin modellenmesinde ajan bazlı hesaplamalı iktisat 4.3.1 konusu işlenecektir. Bu alt bölümde ikisattaki kompleksitenin modellenebilmesi için bir alet çantası niteliğinde olan ajan bazlı hesaplamalı iktisadın özellikleri anlatılmıştır (4.3.2). Ajan bazlı hesaplamalı iktisadın sırası ile çalışma alanları (4.3.3), karakteristikleri (4.3.4), modellenmesi (4.3.5) ve son olarak avantajları ve dezavantajları (4.3.6) sunulacaktır.

İlk üç bölüm üzerinden geliştirilen simülasyon modeli bölüm 5’de anlatılacaktır. Modelin ortaya çıkmasındaki temel yaklaşımlar ve literatürdeki yeri bölümün giriş (5.1) alt bölümünde bahsedilecektir. Simülasyon modelinin kapsadığı tüm iktisadi birimlerin özelliklerini ve ilişkilerini ifade eden matematiksel karşılıkları bir sonraki alt bölümde (5.2) anlatılmıştır. Bütün bu tanımları kullanarak geliştirilen simülasyon modelinin ayrıntıları 5.3 alt bölümünden takip edilebilir. Son olarak da modelin sonuçları 5.4 alt bölümünde sunulacaktır.

2 GEÇİŞ MALİYETLERİ

2.1 Genel Tanımlar

Firma ve tüketici gibi iktisadi ajanlar bütçe kısıtları içinde karlarını ya da faydalarını maksimize edecek şekilde hareket ederler. Tüketiciler satın alma kararlarını verirken bu maksimizasyon koşullarına sadık kalarak firma tercihlerinde bulunurlar. Tercihlerin bireysel ve ayrıık olarak düşünülmesi daha sık görülen bir anlayıştır. Bununla birlikte analizlere çoklu ve zamansal olarak bakılması endüstriyel iktisat için önemli bir aşamadır. Tüketicilerin bugünkü alım tercihleri gelecek tüketimler için önemli bir kısıt olarak karşlarına çıkabilir. Bu bölümde tüketicilerin diğeri tüketiciler ile etkileşimi olmadan, bireysel tercihinin gelecek tercihlerine olan etkisi üzerine inceleme yapılacaktır. Tüketicinin bugünkü firma tercihi gelecekte başka bir firma tercihi için bağlayıcı nitelikte olabilir ve tüketici için hesaplanmış veya hesaplanmamış bir maliyet unsuru olarak karşısına çıkmasına neden olabilir.

Geçiş maliyeti, tüketicinin alış verişı konu olan mal veya hizmeti, halihazırdaki son satın alma yaptığı tedarikçiden değil de başka bir tedarikçiden temin etmesi ile ortaya çıkan maliyetlerin tümüne denir. Tüketici farklı bir tedarikçiye yönelmez ise bu tür maliyetlere katlanmayacaktır. Bu tür geçiş maliyetleri hayatın içinde sıklıkla karşılaşılan maliyetler olarak kendini gösterir (McSorley, Padilla, ve Williams, 2003a). Burada alış verişı konu olan mal veya hizmet firmalar arasında homojen olabileceğı gibi, tam anlamı ile homojen olmayıp, sadece fonksiyonel olarak homojen mal ve hizmetler de olabilir. Klemperer (1987a) çalışmasında bu tarz mal ve hizmetler için ex ante homojen ex post heterojen tanımı getirilmiştir. Bu tanımda temel ifade homojen olarak sunulan mal ve hizmetlerin tüketicinin o mal ve hizmeti bir kere satın alması ile ileri ki tüketim kararlarında bu mal ve hizmetler heterojen hale gelebilir. Bunun için tüketilen malın beraberinde tüketici için bir geçiş maliyeti yaratması ve tekrarlı bir tüketimin olması gerekmektedir. Tüketimden sonra yapay bir ürün farklılaştırması durumu ortaya çıkmıştır. Geçiş maliyetinin olduğı piyasadaki işbiriksiz denge durumunun, geçiş maliyetinin olmadığı piyasa şartlarındaki işbirlikçi denge durumuna benzerliğini Klemperer (1987b) çalışmasında göstermiştir. Yazarın bahsettiğı işbirlikçi durum

önceki dönem rekabetlerinin çok sert olabileceğine işaret eder. Ex post heterojenlik kısa dönem sözleşmelerden kaynaklı olduğundan tekелci bir fiyatlamayı da beraberinde getirir. Buradaki kısa dönem sözleşmedeki mantık, tüketici ile firma arasında uzun dönem geçiş maliyetlerini kapsayacak bir içeriğin olmamasıdır. Zamanlar arası tercihlerde uyumsuzluklar getirdiğinden sözleşmeler rekabet açısından etkinsizdir. Bir kez alış veriş yapıldıktan sonra, geçiş maliyetinin mevcudiyeti durumunda, tüketici o firmaya bağlanmış (lock-in) olur. Firma, tüketicilerin baskın stratejisinin aynı firmadan devamı şeklinde olması için uygun fiyat belirlemeye çalışmaktadır. Bu da farklı üretim ve fiyatlama stratejisini beraberinde getirir.

Fiyatlama stratejileri, geçiş maliyeti olan tüketici kitlesinden haberdar olan firmalar tarafından, daha farklı uygulanır. Çoklu periyotlu (en az iki) alışverişlerde, firmalar stratejilerini periyotlar arasında bağlantı kuracak şekilde yapabilirler. Bu bağlantılar iki farklı stratejik aksiyon için uygundur. Bunlardan biri firmanın piyasa içindeki payını göz önüne alarak, geçiş maliyetleri altında kendi tüketici tabanına uyguladığı tekелci fiyatlama anlayışıdır. Diğerisi ise, tekелci fiyatlama imkanını yaratacak olan tüketici kitlesini elde etmeye çalıştığı dönemdir. Gelecek dönem karlarını düşünerek piyasa payını büyütme üzerinden yapacağı fiyatlama stratejisi, gelecek dönem firma karları için bir yatırım (invest) niteliğindedir. Bu iki strateji beraber düşünüldüğünde fırsat ver ve sömür (bargain and rip off) stratejisi olarak tanımlanır. Bütün bu firma stratejilerine tüketicilerin verdikleri reaksiyonlar onların rasyonel, diğer bir anlatımla ileri görüşlü olup olmaması ile sınırlı bir durumdur. Tüketici miyopik bir durumda ise, firmaların cari fiyatları ile gelecek dönem fiyatlarını rasyonel bir şekilde değerlendirip, yorumlayamaz. Aksine rasyonel bir tüketici ise bugünün fiyat rekabetinin gelecek tekелci fiyatlama ile sonuçlanacağını öngörerek bir tercihte bulunacaktır. Buradaki tüketicinin öngörü düzeyi davranışsal iktisadi modeller çerçevesinde de incelenebilir.¹

Her piyasada imkânlı olmamakla birlikte firmanın tüketiciyi bağlamak için uyguladığı optimal strateji, var olan müşterilerine görece yüksek fiyattan fiyatlayıp devamını sağlamak, potansiyel müşterilere de düşük fiyat belirleyip kendi müşterisi yapmaya çalışmak olacaktır. Bazı piyasalarda ise tek fiyat uygulaması geçerlidir. Fiyat farklılaştırmasının olup olmadığı durumlara göre firmalar tercihlerini ortaya koyarlar. Firma nasıl bir fiyatlama kuralına tabi olursa olsun temelde piyasanın gelişim potansiyelini ve piyasa paylarını veri olarak fiyatlama

¹Tüketicilerin miyopi ile rasyonellik karakteristikleri arasında bir skala kurulabilir. Bu modelleme ile gerçek hayat koşulları için anlamlı bir girdi değeri oluşturulur. Birçok sektör veya pazar farklı beklenti tercihleri ile değerlendirilebilirler. Adaptif beklenti ve onu besleyen geçmiş veri gerçek dünya şartları ile daha uyumlu olduğu söylenebilir.

yapacaktır. Gelişim oranı yüksek olan piyasa her dönem piyasaya henüz bağlanmamış olan potansiyel müşterilerin giriyor olması anlamına gelir. Bu durumda da firmanın cari dönem karı ile gelecek dönem karı arasındaki ödünleşimi farklı okumasına neden olacaktır. Geçiş maliyetinin düzeyi de bu fiyatlama stratejisiindeki ikinci önemli argümandır. Ayrıca firmanın fiyat stratejisine karar verme esnasında önemli bir diğer argümanı da firmanın piyasa içindeki payı olacaktır. Firmanın payı büyüdükçe potansiyel müşterileri çekmek için kullanacağı düşük fiyat stratejisi daha maliyetli hale gelir. Bu maliyete katlanmak yerine, bugüne kadar kazandığı tüketici kitlesini kara çevirme eğilimi daha ağır basar, başka ifade ile hasadı toplama güdüsündedir. Buradaki hasat (harvest) ile yatırım (invest) arasındaki ödünleşim kritik bir tercihtir (Farrell ve Klemperer, 2007).

Firmaların rekabet stratejileri sadece halihazırdaki piyasa yapısını değil, piyasaya giriş şartlarını da etkiler. Firmalar piyasaya girecek potansiyel rakiplerine karşı bağladıkları tüketicilerin geçiş maliyetini kullanarak düşük fiyatlama yaparlar. Bu sayede piyasaya yeni girecek olan firma maliyet avantajlarını dahi kullanamayacak noktaya gelebilir. Hem piyasaya giriş koşulları hem de piyasa dinamikleri göz önüne alındığından tüketici refahını önemli ölçüde etkileyebilecek bir sonuç ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle geçiş maliyetleri için farklı sektörlerde birçok düzenleyici kurum çeşitli önlemler almaktadırlar. Günümüzde geçiş maliyetleri politika yapıcılar için de önemli bir konu olmaktadır. Bu ilgi, sadece rekabetin etkinliği üzerine olumsuz sonuçların ortaya çıkması olarak algılandığından görülmez. Geçiş maliyeti yenilikçi buluşlara da sebebiyet verebilir. Özellikle patent hakları bu bakımdan önemli bir konudur. Firmalar kendi müşteri tabanlarını bu yeniliklerle tutmak isteyeceklerdir.

Geçiş maliyetlerinin nitelikleri çok farklı şekilde olabilmektedir. Tüketici halihazırdaki satıcısı üzerine spesifik bir yatırım yapar. Bu yatırımı başka satıcı için yapmak durumunda kaldığında katlanacağı maliyete geçiş maliyeti denir. Bu yatırım bir araç gereç, ürünün nasıl kullanılacağı bilgisi olabileceği gibi, tekrarlı satın almalar için faydalanacağı indirim (doğrusal olmayan fiyatlama) olabilir. Geçiş maliyeti bu şekilde hesaplanabilir olabildiği gibi psikolojik etkilere dayanan daha zor bir ölçüt de olabilir. Niceliksel ölçütleri tüm maliyet türleri için göstermek imkanı değildir. Bu nedenle analizlerde ölçülebilir değerler kullanılması uygun bulunmaktadır. Öğrenmeye, işleme veya zamansal maliyetlere dayanan geçiş maliyetleri sosyal maliyetlerdir (social costs). Maddi veya sözleşmeye dayalı maliyetler ise sosyal maliyet olarak kabul edilmezler. Bu tarz maliyetler suni olarak yaratılmış maliyetlerdir (Farrell ve Klemperer, 2007, s.1977-1980). Bir alt bölümde bu tanımlara yer verilecek ve geçiş maliyetinin farklı türleri örneklerle anlatılmaya çalışılacaktır.

2.2 Geçiş Maliyeti Türleri

Tekrarlı tüketim ve farklı firma tercihi sonucunda, tüketici geçiş maliyeti başlığı altında çok farklı maliyet türleri ile yüzleşebilir. Bu bölümde tüketicinin karşılaştığı bu maliyet türleri tartışılacaktır.

İşlem Maliyetleri (Transactional Costs)

Tüketici halihazırda kullandığı ürünü değiştirip farklı bir tedarikçiden farklı bir ürün kullanmak durumunda kaldığında karşılaştığı bir işlem maliyeti (transaction cost) vardır. Bu maliyetin niteliğinde tüketicinin harcadığı zamanın, eforun, evrak işlemlerinin, hukuki prosedürlerin niceliksel karşılığı vardır. Örneğin tüketici bir işletim sisteminden diğerine geçiş yapmaya karar verdiğinde, halihazırda kullandığı tüm yazılım programlarını, dosyaları ve alışkanlıklarını da yeni işletim sistemine taşımak durumundadır. Öncelikle bu durumun ciddi bir zaman maliyeti olacaktır. Beraberinde de diğer işletim sistemine uyum için yapılacak düzenlemelere efor harcayacaktır. Bütün bunların yanında lisanslama maliyetleri de beraberinde gelecektir (Edlin ve Harris, 2013, s.180,195). Bunun yanında GSM operatörleri arasında numara değişim işlemi, bankacılık sektöründe bir banka hesabının kapatılıp, başka bir bankaya hesap açılarak transferi (Farrell ve Klemperer, 2007), kablo tv gibi yayın sağlayıcılar arasındaki geçiş esnasında ortaya çıkan maliyetler işlem maliyetleri için uygun örneklerdir.

Öğrenme Maliyetleri (Learning Costs)

Çoğu ürün beraberinde bir öğrenme süreci gerektirmektedir. Bu süreç alternatif bir ürüne geçileceği zaman tüketicinin karşısına en çok zaman maliyeti olarak çıkmaktadır. Özellikle teknolojik ürünlerde bu maliyet türüne çok sık karşılaşılr. Örneğin bir işletim sisteminin tüm incelikleri zamanla öğrenilmiş ve bir yatırım yapılmıştır. Bu yatırım başka bir işletim sistemine geçildiğinde batık maliyet yaratabilir. Bu maliyet türü halihazırdaki ürünün kullanımı ile zamanla daha da artabilir. Öğrenme maliyeti sadece teknolojik ürünler için değil, çoğu öğrenme eforu olan tüm diğer ürünler için de geçerli bir geçiş maliyeti türüdür.

Uyumluluk Maliyetleri (Compatibility Costs)

Hem geçiş maliyeti hem de ağ etkisinin ortaya çıktığı durumlar, tüketicilerin satın almalarını aynı firmadan yapacakları ve bu malların çeşitli uyumluluk durumları olduğu zamanlarda ortaya çıkabilir. Bazı mal ve hizmetlerden fayda sağlamak için, o mal ve hizmet ile birlikte veya aracılığı ile kullanılan başka mal ya da hizmetlerin de aynı firmadan alınması gerekli olabilir. Bazı tüketim tercihleri ileriki ürünlerin tüketimi için bağlanma (lock) yaratabilir. Tamamlayıcı (complementary) ürün söz konusu olduğunda, satın alma kararı tüketiciyi geçmiş ürün-

lerin devam niteliğindeki ürünlerini alma konusunda bağlayıcılık yaratacaktır. Bu durum dayanaklı tüketim malları alındığında ve tüketilebilir veya değiştirilebilir parça alındığında karşılaşılabılır. Örneğin yazıcılar ve kartuşlar bu sınıftadır (Harris, 2012, s.6). Günümüzde de bu maliyet türü sıkça donanım ve yazılım uygulamaları arasında görülebilecek bir durumdur. Genellikle böyle durumlar teknolojik ürünlerde daha sık görülmektedir. Örneğin VHS kaset buna güzel bir örnek oluşturmaktadır. VHS kaset oynatıcı kullanan bir tüketici, zorunlu olarak bu kaset oynatıcıya uygun ürünleri almak durumunda kalacaktır. Günümüzde en çok karşılaşılan durumların başında işletim sistemi yazılım örneği gelmektedir. Bunun dışından araba ve yedek parçaları gibi örnekler de verilebilir. Tüketici ana mal veya hizmete yaptığı yatırım nedeniyle tamamlayıcı mal veya hizmetleri de almak zorunda kalabilir. Tamamlayıcı mal veya hizmetlere ilişkin tedarikçi değiştirmek, ana mal veya hizmetin de değiştirilmesi zorunluluğu ortaya çıkartır. Bu da tüketici için maliyet sebebidir (Onuklu, 2007, s.9). Firmalar bu tarz ürün aileleri ile sanal bir patika bağımlılığı yaratırlar. Bu bağlamda uyumluluk maliyeti yapay bir maliyettir. Bu beraberinde rekabeti de olumsuz etkilediğinden tüketici refahı ve etkin rekabet açısından incelenmesi gereken bir durumdur. Piyasa düzenleyici kuruluşlar özellikle uyumluluk maliyeti şeklinde tüketiciyi zorlayan maliyet türlerini, firmalara haksız rekabet gücü getirmesi açısından denetleyebilmektedir. Firmalar stratejisini oluştururken tamamen uyumlu bir ürün ağını da seçebilir. Bu durumun da tüketici kitlesini cezbetmede önemli bir yeri vardır ancak geçiş maliyetinden feragat ederler.

Belirsizlik Maliyetleri (Uncertainty Costs)

Müşteriler kullandıkları ürün hakkında bilgi sahibi iken alternatif ürünler hakkında tam bilgiye sahip olmayabilirler. Bu durum da risk faktörü olarak karşılarına çıkar. Bunun tüketim kararlarını verirken tercih fonksiyonlarına maliyet olarak yansması doğaldır. Tüketici için çoğu ürün denenmeden kesin bilgi vermez. Tüketici bir ürünü kullandıkça o ürün hakkındaki bilgisi ve pratiği artar. Denenmemiş ürünler bu bakımdan belirsizlik taşırlar. Örneğin kalitesinden memnun kalınan bir terzi ve uzun zamandır kullanılan araba için aslında bir yatırım yapmış olunmaktadır. Bu yatırımın alternatifi için benzer bilgi birikimine ihtiyaç duyulduğundan, bu durum tüketici için bir belirsizlik maliyeti olarak adlandırılabilir. Tüketici halihazırdaki tedarikçisinden bir sonraki dönem alacağı aynı ürün için ne ile karşılaşacağını bilebilmektedir (Klemperer, 1995, s.517).

Sözleşme Maliyetleri (Contractual Costs)

Gelecek dönem belirsizliklerini minimize etmek üzere firmalar ile tüketiciler arasında kısa süreli sözleşmeler yapılır. Tüketici bu sözleşme ile kısa süreli fiyat arttırmılarından korunurken aynı zamanda da belirli bir fiyat avantajı kazanabilir.

Firma ise bu sözleşme ile müşterisini sözleşme boyunca bağlama şansı yakalar. İki tarafta riskleri minimize etmişlerdir. Bu sözleşme stratejisinde temel argüman sadakat ilişkisidir. Bu bağ beraberinde iki taraf için de bağlayıcılık içermekle birlikte, müşterilerin başka bir tedarikçiye geçmeleri durumunda karşılaşacakları ek bir cezaya dayalı maliyet getirir. Bu durum farklı firma tercihlerini zorlaştıracaktır. Sözleşme dönemi boyunca müşteri ilgili firmaya bağlanmış olur (McSorley, Padilla, ve Williams, 2003a, s.12). Bu uygulama örneğin mobil konuşma hizmeti sağlayan gsm operatörlerinde sıklıkla görülür.

İndirim Programları Sonucu Ortaya Çıkan Maliyetler

Firmalar kendi tüketicilerine kısa dönemli sözleşme benzeri uygulamalar aracılığı ile sundukları ek faydalar ile, mal ve hizmetlerine ilişkin bağımlılık yaratmaya çalışabilirler. Bu sözleşmeler tüketicilerde sadakat yaratmak için kullanılır. Bu sadakat geçiş maliyetleri yaratarak, firmaların gelecek dönemlerdeki fiyatlama stratejilerinde esnek olmalarını sağlar. Genellikle, firma eylemleri sonucunda (endojen) yaratılan bu geçiş maliyetlerine ilişkin olarak hava yolu şirketlerinin uçuş programları örnek verilebilir (Onuklu, 2007, s.10). Bunun yanında birçok firma eski ve yeni müşteri arasında sadakat karşılığı olan bir faydalanma yaratabilir.

Psikolojik Maliyetler (Psychological Costs)

Özellikle güven, itibar, sadakat gibi etmenler üzerine kurulmuş olan tüketici firma ilişkisi, diğer tüm maliyetlerin göz ardı edildiği durumlarda dahi diğer firmaya geçişi güçleştirir. Tüketici aynı belirsizlik ortamında başka firma ürününe maliyet yüklemesi gibi, bu tarz psikolojik etmenlerde de benzer maliyetlerle karşılaşmaktadır. Bu tarz maliyetlerin hesaplanabilmesi çok zordur. Özellikle geçiş maliyetlerinin modellendiği araştırmalarda bu tarz maliyetler genellikle yok sayılarak veya genel olarak geçiş maliyetleri altında toptan olarak incelenerek çalışılmaktadır. Ekonometrik çalışmalarda ise anket yöntemi ile bu tarz maliyetler kısmen kayıt altına alınabilir.

Alışveriş Maliyetleri (Shopping Costs)

Alışveriş zaman ve alternatif maliyet boyutu ile tüketicilerin tercihlerinde önemli bir yerdedir. Kullanılan ürün bu bakımdan alışılmış ve kolay bir tüketim sürecine dahil ise, alternatif ürünlere göre benzer fiyat koşullarında avantajlı hale gelmektedir. Tüketiciler daha hızlı ve zahmetsiz bir tüketimi tercih edeceklerdir. Firmalar bunu sağlayabilirlerse tüketiciyi cezbetme imkanına sahip olabilirler. Modelleme aşamasında bu tarz maliyetler genellikle Hotelling yöntemi ile çözülür. Bir doğru üzerine dağınık yerleşmiş olan tüketiciler, uç noktalardaki firmalara olan uzaklıklarına göre maliyete katlanırlar.

Araştırma Maliyetleri (Search Costs)

Uygun ürünü araştırma doğal olarak maliyet getirecektir. Seçimlerde araştırma maliyeti önemli bir yere sahip olabilir. Tüketici geçiş yapma kararını vermeden önce ilk olarak alternatif tedarikçileri araştırıp onlar hakkında bilgi toplama ihtiyacı duyarlar. Reklam gibi kanallar maliyetsiz olsa da tüketici için tam bilgi kaynağı değildir. Firmalar da doğru kitleye bu maliyeti düşürücü yönde reklam kanalı ile bilgi aktarırlar (Harris, 2012, s.9) Araştırma maliyeti ile geçiş maliyeti genellikle beraber incelenirler. Araştırma maliyeti artıkça da belirsizlik maliyeti genellikle düşer.

Wilson (2006) çalışmasında geçiş maliyetlerinin araştırma maliyetleri ile çok daha yüksek seviyeye çıktığını belirtmiştir. Tüketici maruz kaldığı geçiş maliyeti dışında, alternatif bir tedarikçi için de bir efor sarf eder. Telekomünikasyon sektörü için örneğin müşteri bazı sözleşme detaylarını okumadan ya da eksik bilgi ile imzalıyor olabilir ve bu da rasyonel tercih yapmasını etkileyecektir.

2.3 Piyasa Örnekleri ve Ampirik Kanıtlar

Teknolojik gelişim ve inovasyon, firmalar açısından tüketici kitlesinin önemini farklı bir yere getirmiştir. Tüketiciyi kendine bağlamada bir çok farklı etken varken, literatür ağırlıklı olarak geçiş maliyetleri üzerine odaklanmıştır. Geçiş maliyetleri varken tüketiciler o ürüne, tamamlayıcı ürünlere, aynı teknolojiye veya aynı teknolojinin devamına sadık kalmayı tercih ederler. Bununla birlikte teknoloji standardı da birçok piyasada önemli bir rekabet konusu haline gelmiştir. Rekabetçi bir piyasada ağ etkisi de önemli bir durumdur ve diğer tüketicilerin davranışlarını hesaba katmayı gerektirir. Firmalar için çözülmesi gereken sorulardan bir tanesi de geçiş maliyeti durumundaki rekabet tercihleri olacaktır. Geçiş maliyeti altındaki alt araştırma konuları temelde inelastik fiyatlama, girişe karşı piyasa bariyeri, yönetim ve pazarlama stratejileri, beklentiler, tekrarlı satın alma davranışları, tüketici sadakati, teknoloji geliştirme stratejisi gibi konulardır (Zhang, Chen, Zhao, ve Yao, 2014, s.268).

Piyasadaki farklı arama motorları arasındaki rekabet ilginç bir geçiş maliyeti örneği yansıtır. Farklı arama motorları arasındaki geçiş maliyeti yok denecek kadar az iken, arama motoru sağlayıcıları yan ürünleri kullanarak (elektronik posta adresleri, veri depolama araçları) burada bir geçiş maliyeti yaratmaya çalışırlar. Zayıf geçiş maliyetleri başlangıç rekabetinde firmalara avantaj da sağlayabilir (Harris, 2012, s.16-28). Bununla birlikte internet tarayıcılarında da benzer bir durum vardır.

Firmaların geçiş maliyeti yaratma veya arttırma güdüsü vardır. Bunlar içindeki en klasik örneklerden biri de sık uçuş programları olduğu söylenebilir. Özellikle dl çizelgesinin doğrusal olmadığı bu yapılarda tüketicici firmadan ayrılmayı daha maliyetli bulmaya başlar. Bu programlar piyasaya girişleri etkilediği gibi rekabeti de olumsuz etkiler. Carlsson ve Löfgren (2006) alışmasında İsveç yerel hava trafiği üzerine yapılan çalışmada geçiş maliyetlerinin bilet fiyatlarını bir miktar arttırdığı görülmüştür. Firmalar dl çizelgesini sadece bilet fiyatları üzerinden belirlemez. İndirimli park alanları, internet kullanımı, vip hizmetleri, havalimanındaki alışverişlerde indirimler gibi avantajları da bir sepet olarak sunar. Bu sepet tüketicici üzerinde bağlanma etkisini ve firma sadakatini arttırır. Bu da fiyatlar üzerinde etki yaratmaktadır (Neset ve Helgesen, 2014). Benzer şekilde Fernandes (2001) alışmasında da uçuş programları üzerine geçiş maliyeti tartışılmıştır.

Ampirik çalışmaların gösterdiği geçiş maliyetinin firmaların piyasa paylarını korumada ve rekabet avantajı kazandırmada önemli bir avantaj yarattığı yönündedir. Kredi kartı piyasasında da geçiş maliyetinin etkileri çokça inceleme konusu olmuştur. Aydın, zer, Kazan, ve Doğruer (2009) alışmasında kredi kartı kullanicılarının geçiş maliyetini lme üzerine bir çalışma yapmıştır. Psikolojik geçiş maliyetinin en önemli faktör olduğu sonucuna varmışlardır. Bankacılık sektöründeki geçiş maliyetleri sıklıkla verilen örneklerden biridir. Tüketiciler bir bankadan diğerine geçiş esnasında birçok işlem maliyeti ile karşı karşıya kalırlar. Örneğin Zhao, Matthews, ve Murinde (2013) alışmasında İngiliz bankalarını 98-08 tarihleri arasında incelemiş ve geçiş maliyetlerinin rekabeti azalttığı sonucuna ulaşmıştır. Diğer kredi kartı ve bankacılık sektöründe geçiş maliyeti ve fiyat seviyelerindeki etkiler üzerine yapılmış önemli çalışmalara Calem ve Mester (1995), Stango (2002)'nin çalışmaları örnek gösterilebilir.

Elektrik piyasası için de geçiş maliyetleri söz konusudur. Yang (2014) alışması Danimarka'daki hane halkının elektrik piyasası içindeki geişliliğinin ortaya çıkardığı maliyetler üzerine bir çalışma ortaya koymuştur.

Telekomünikasyon sektöründe geçiş maliyeti sıklıkla analiz edilen bir araştırma konusudur. Sektörde numara taşıma başta olmak üzere, tedarikçi değişikliği, sim kart kilidi, platform uygunluğu, ürün sadakati, sözleşme maliyeti, belirsizlik maliyeti farklı geçiş maliyetlerini beraberinde getirir. Numara taşıma lme ve veri erişimi kolaylığı açısından daha sık kullanılır. Viard (2007) alışmasında 0800 ile başlayan hatların geçişkenliği ile tüm fiyatların düştüğünü göstermiştir. Lyons (2006) ile Grzybowski ve Pereira (2011) numara taşımanın benzer şekilde fiyatlar genel seviyesindeki etkisini tartışmıştır. Aynı şekilde Maicas, Polo, ve Sese (2009a) sektörde numara taşımanın geçiş maliyeti yaratmasını incelemiştir.

Birçok araştırmada telekomünikasyon sektörü için geçiş maliyeti yanında ağ etkisini de beraber tartışmıştır (Czajkowski ve Sobolewski, 2013). Park (2011), Shi, Chiang, ve Rhee (2006) çalışmaları da sektördeki geçiş maliyetlerine odaklanmıştır.

2.4 Tüketici, Firma ve Piyasa Açısından Geçiş Maliyetinin Etkileri

Tüketicilerin standart Bertrand rekabetindeki gibi fiyat kıran firma lehine tercihini koyması beklenirken, pazarda geçiş maliyeti nedeni ile halihazırda alışveriş yaptıkları firma lehine bir sadakat gösterirler (Padilla, 1995, s.520). Tüketiciler sadece geçiş maliyetinin telafi edildiği seçeneklerde bu durumdan farklı bir tercih ortaya koyabilir. Sonradan yüzleşilen bu maliyet ex post bir heterojenleşme anlamında olsa da aslında bu durum tüketicinin ilk firma tercihi esnasında ex ante homojen ürünler arasından seçim yapması anlamına gelir (Klemperer, 1987a). Ex ante homojen olan ürün, satın alma işlemi yapıldıktan sonra, içinde öğrenme, işlem veya içinde firma tarafından yaratılmış suni maliyetler nedeni ile ex post fonksiyonalitedeki homojenliğini kaybedecektir (Klemperer (1987c), Farrell ve Shapiro (1989)). Bu firmaya monopolist bir fiyatlama davranışı uygulamasına fırsat verecektir. Bu fırsatı kazanmak isteyen firma, öncelikle bu fiyatlamayı uygulayabileceği bir tüketici kitlesine ürününü ilk defa satabilmesi gerekmektedir. Satabildiği tüketiciler ile arasından geçiş maliyetinden kaynaklı bir sadakat ortaya çıkar. Bu sadakat tüketiciye piyasadaki pazar payı ölçüsünde bir fiyatlama imkanı verir. Piyasa payı yüksek olan firma için geçiş maliyeti ölçüsünde marjinal maliyetinin üstünde bir fiyat sunmak için oldukça güdülenecektir.

Geçiş maliyetinin ortaya çıktığı piyasalarda tüketici ve firma arasındaki bu ilişkinin tek seferlik bir anlaşma üzerine kurulamayacak olup, tekrarlı satın almalar üzerinden olması rekabet için istenmeyen durumlar ortaya çıkartabilir. Nitekim bu durumları aşabilmenin teorideki en etkin yolu tam bilgi dahilinde tarafların kendi aralarında tüketim ihtiyacının hayat boyu karşılığını ifade edecek bir sözleşme yapılabilmesinden geçer. Ancak bu durum pratikte mümkün değildir. Tüketiciler açısından bugünkü zevk ve tercihlerin gelecekte de devam edeceğinin, firmalar açısından maliyet, kalite ve fiyat kararlarının her dönem birebir sözleşme şartlarına uygun, piyasa için ise rekabetin, tüketici karakteristiğinin, dinamiklerinin ilk dönem koşulları ile birebir aynı olmasına bağlıdır.

Bu koşullar ortaya çıkamadığından kısa dönemli bir sözleşme durumu söz konusudur. Bu da geçiş maliyetinin firmalar tarafından kendi lehlerine kullanılabilmesini sağlar. Geçiş maliyetinin firma tarafından ne derece kullanılabildiği tüketicilerin ve firmanın rakiplerinin piyasa içindeki konumuna bağlıdır. Firma için rekabet

ettiği firmaların sayısı, piyasaya girmeye çalışan yeni firmaların varlığı, tüketicilerin fiyat esnekliği ve tercihlerinin ne derece rasyonel olduğu, piyasaya giren ve çıkan tüketicilerin sayısı ve profili, firmaların maliyet yapısı, piyasadaki regülasyonu yöneten kurumların olup olmamasına ve nasıl davrandığına göre değişecektir. Bu sayılan özellikler gelişen geçiş maliyeti literatürü içerisinde modellere tek tek veya birden fazlası eklenerek analiz yapılmaktadır. Burada literatürdeki en çok ayırım firmaların yeni ve eski müşterilerine karşı yaptığı ya da yapamadığı fiyat farklılaştırmasının varlığı altındaki analizlerde görülür.

Bu değişiklikler firmanın kar güdüsündeki eğilimler açısından önemli olurken, ne olursa olsun geçiş maliyetinin olduğu bir piyasa için firmalar öncelikle piyasa payını elde etme arkasından da bu pay üzerinden karlılıklarını artırma yoluna gideceklerdir. Geçiş maliyeti firmalar üzerinde iki farklı güdü yaratmaktadır. İlki geçiş maliyeti varlığı altında firmaların kendi müşterilerine daha fazla fiyatlama yapmasıdır. Tüketici alternatif ürünün maliyeti ile geçiş maliyetinin toplamını, kullandığı ürünün maliyetinden yüksek bulursa herhangi bir değişiklik yapma ihtiyacı duymaz. Bu durum firmalara müşterileri kaybetmeden fiyatlama aralığı sunar. İkinci alternatif firma yaklaşımı da, alternatif firmanın ürün fiyatının geçiş maliyeti farkından daha düşük bir fiyatlama yoluna gitmesidir. Bu müşteri çekeceği gibi, gelecek zamanlı fiyatlama stratejisi için şimdiden uygulanan bir fiyatlamadır. Tüm amacı da piyasa payını arttırmak üzerine kuruludur. Firma fiyat düşürerek yeni müşterileri cezbederken, bir sonraki aşamada ise bağlanmış olan (locked-in) müşterilerin varlığında fiyat arttırır (bargain then rip-off). Bu yaklaşım fiyat farklılaştırmasının olmadığı durum için geçerlidir. Farklılaştırma olduğunda ise firma daha farklı bir yol izlemek durumunda kalır.

Bağlanmış müşterilerin belirli bir taahhüt altına girmemiş olan müşterilere oranı politika tercihi üzerinde önemli bir göstergedir. Bu oran düşerse firmanın fiyat politikasında daha cüretkar olma eğilimi de düşer. Yüksek olması durumunda ise firmanın o günün karlarına odaklanması imkanı da arttırır. Bu oranı etkileyen önemli parametrelerden biri de piyasanın gelişme trendidir. Eğer piyasaya yeni gelen tüketicilerin sayısı yeterince fazlaysa bu oran düşerek fiyatlama stratejisinde değişikliğe neden olabilir (McSorley, Padilla, ve Williams, 2003a, s.31-32).

2.5 Fiyat Farklılaştırmasının Olmadığı durumda Geçiş Maliyetleri

Fiyat farklılaştırması yapılamayan bir durum olduğunda firmalar kendi müşterileri ile pazardaki diğer tüketiciler arasından bir ayırım yapmadan bir fiyat belirlemek durumundadırlar. Ayrıca firmalar gelecek fiyatlarını beyan etmezler. Geçiş maliyeti firmalar üzerinde iki farklı temel güdü yaratmaktadır. Bunlardan ilki

firmaların kendi müşterilerine daha fazla fiyatlama yapmasıdır. Tüketici alternatif ürünün maliyeti (p_j) ile geçiş maliyetinin (s) toplamını, kullandığı ürünün maliyetinden (p_i) yüksek bulursa (2.1) herhangi bir değişiklik yapma ihtiyacı duymaz. Aksine düşük bulursa diğer firmaya geçiş yapacaktır.

$$p_i > p_j + s; \quad i, j \in \{A, B\} \quad i \neq j \quad (2.1)$$

Firma kendi müşteri tabanı üzerinden uygun fiyat bulma eğilimindeyken, firma için rakip firma fiyatı ve geçiş maliyetinin toplamı ile kendi marjinal maliyeti arasında güvenli bir fiyatlama aralığı vardır. Bu strateji aralığı firmaya kendi müşteri tabanından bir karlılık getirirken diğer firmanın müşterilerini kendi tarafına çekecek bir strateji değildir. Bu aşamada firmanın önünde ikinci bir alternatif güdü vardır. Bu da diğer firmanın ürün fiyatının geçiş maliyeti farkından daha düşük bir fiyatlama yoluna gitmesidir. Bu yol firmaya veri diğer firmaların fiyatları altında yeni müşteriler kazandıracaktır. Bu müşteriler de firma için gelecek dönem karları için birer yatırım olarak bakılabilir.

Tüketiciler, rakip ürünün fiyatının düşmesine rağmen, kendi tedarikçilerinden aldıkları ürünü değiştirmek adına bir maliyete katlandıklarından, firma değişikliğine gidemeyebilirler. Eğer rakip firmanın fiyat indirimi bu maliyetten az ise bu geçiş gerçekleşmez. Bağlanma durumu bu şarta bağlı olarak gerçekleşir. Bağlılığın derecesi katlandığı maliyet ile ilişkilidir. Bu durumun farkında olan firmalar, bu maliyetlerin el verdiği ölçüde marjinal maliyetlerinin üzerinde fiyatlama eğilimindedirler (Shy, 2002).

Bu aşamada piyasaya yeni firmaların girebilmesi, piyasadaki tüketicilerin devinimi, tüketici ve firma karakteristikleri, beklentilerini ve diğer makro piyasa koşullarına girmeden sadece basit ve statik bir iki firmalı ve iki periyotlu model üzerinde düşünmek faydalı olacaktır. Geçiş maliyetinin s kadar olduğu ve her iki firma için marjinal maliyetlerin c_t olduğu firma yapısında, tüketicilerin rezervasyon ücreti $r_t > c_t + s$ şeklindedir ve her periyotta bir birim tüketirler. İlk periyotta firmalar piyasa payı için bir rekabete gireceklerdir. İkinci periyotta da ilk periyottan gelen piyasa payı ile de $c_2 + s$ 'yi belirler (Farrell ve Klemperer, 2007, s. 1981). İlk periyotta ise gelecek satışlarını düşünerek $c_1 - s$ 'den az verirse de tüketiciyi kendi tarafına çekecektir. İlk periyot fiyatları maliyet altındadır. Eğer iki dönemin marjinal maliyetleri aynı ve dönemler arası bir iskonto durumu yok ise tüketiciler için ödedikleri tutar marjinal maliyete eşit olacaktır ve geçiş maliyetlerinin rekabet açısından bir etkisi görülmez. Bu durum yukarıda da bahsedildiği gibi tamamı ile soyut bir modeli oluşturur. Farrell ve Shapiro (1989) modelinde ilk periyotta tüketiciler potansiyel fiyatın geçiş maliyeti kadar altında bir fiyat üzerinden anlaşır. Rasyonel tüketici ikinci periyotta bunun fiyatın geçiş maliyeti

kadar üstünde olacağını bilir. Bu sayede iki periyotlu düşünülen modelde etkin bir durum ortaya çıkmış olur (McSorley, Padilla, ve Williams, 2003b, s. 8-9). Bahsedilen bu model sıfır karlı bir modeldir ve tüm belirsizlikler dışlanarak kurulanmıştır. Bu aşamada firma ile tüketici arasındaki kısa dönemli anlaşma ile iki periyodu kapsayan uzun dönemli anlaşma arasında bir fark ortaya çıkmaz.

Modellerde gözlemlenebilir olan iki temel değişken vardır. Bunlardan biri fiyatlar diğeri ise ilk periyot sonunda firmaların kazandığı piyasa paylarıdır. Bu nedenle bu verilerden hareketle modeller bu iki parametre etrafında hareket eder. Shy (2002) çalışmasında bu iki temel değişken üzerinden geçiş maliyetlerini hesaplamada katkıda bulunmuştur. Sistemin Nash-Bertrand dengesini bu açıdan inceler. Bu teorik analizini telekomünikasyon ve bankacılık sektörü için kullandığı veri seti ile analiz etmiştir. Biglaiser, Crémer, ve Dobos (2013)'de temel geçiş maliyeti denklemlerini Bertrand ve Stackelberg dengeleri için analiz etmişlerdir.

Gerçek hayatta ise bu sanal modelin kabullerinin geçerliliği her zaman modelle uyuşmayabilir. Firmalar gelecek karlarını bilemezler sadece tahmin edebilirler. Bu karlılıklar tüketicilerin zevk ve tercihleri, bütçeleri, makro parametreler, elde edecekleri piyasa payları, piyasanın dinamizmi (piyasaya her periyotta ne kadar tüketici girip, çıktığı, regülasyon koşulları, yeni firmaların piyasaya girme iştahı, tüketicilerin firmaların gelecek fiyatlarını, stratejilerini öngörebilme düzeyi (miyopi) ve buna bağlı talep elastikiyeti vs.) ile doğrudan ilişkilidir. Bu şartlar ortaya çıktığında sistemin etkinliğinin garantisi yoktur. Rekabet şartları bozulabilir. İlk periyottaki agresif rekabet firmaları iyi bir duruma sokmayabileceği gibi, ikinci periyottaki fiyatlama için aldatılmış olan tüketiciler de kötü duruma düşebilirler (Klemperer, 1987b,a). Örneğin tüketicilerin her periyot azalan bir tüketim eğilimi varsa bu durumda firma piyasa payını elde ettiği birinci periyot sonrası beklenen karını elde edemez. Bu durumun benzeri heterojen olarak dağılmış rezervasyon ücretlerinin olduğu bir piyasa olarak görülebilir. Bu yapıdaki bir piyasada ilk dönem indirimleri ciddi bir kitleye hitap ederken, ikinci dönemde firmanın fiyat artışlarına olumsuz tepki gösterilebilir. Firmaların dönemler arasında fiyatlama stratejileri bu tarz değişimlere adapte olabilecek lineer olmayan yapılarda olabilmesi ancak firmaya avantaj sağlar (Klemperer, 1987b). Bu durumların aksine tüketicilerin gelecek öngörüsünün zayıf oluşu, ilk dönem cazip fiyatları yaşam boyu süreceğini algılaması nedeni ile firmalara yüksek rezervasyon ücretleri altında ikinci periyotta ciddi karlar kazandırabilir. Burada firmalar açısından karlılık veya zarar durumu üzerine kesin bir uzlaşma söz konusu değildir. Bu durum tamamı ile piyasa koşullarına ve oyuncularına bağlı olarak değişir. Ancak literatürde genellikle bu etkinin firma yönünde olacağı üzerine bir ağırlık vardır. Geçiş maliyetinin olduğu bir dünyada temelde yukarıdaki basit modeli genişletip

kurgulanan modellere literatürdeki örnekler Farrell ve Shapiro (1988), Klemperer (1987b,a, 1995), Padilla (1992, 1995), (Schmidt, 2010), Biglaiser, Crémer, ve Dobos (February 2014), Rhee (2014), Villas-Boas (2004), Suleymanova ve Wey (2011) sayılabilir. Geçiş maliyetleri yükseldikçe, firmanın taleplerinin elastikiyeti azalacağından, firmanın bağlanmış müşterileri üzerindeki pazar gücü artış gösterecektir. Bu artış beraberinde firmaya daha yüksek fiyatlama yapabilme imkanı tanır. Piyasaya yeni tüketicilerin rekabetçi dönemin ardından ikinci dönemde girmesi halinde firmaların bağlanmış müşterilerine uyguladıkları yüksek fiyat stratejisi bir nebze azalacaktır. Firma yeni giren tüketicilerin miktarına göre hem kar elde etmek hem de pazar payını koruma amacına uygun olarak bir fiyatlamaya gidecektir. Bu iki durum fiyatlar üzerinde birbirine ters etki yaratan durumlardır. İkinci dönemin piyasa payları fiyatlar üzerindeki temel etkiyi yaratır. Yüksek piyasa payına sahip olan firma şişman kedi metaforu (fat cat) ile ifade edilir. Bu firma tipi, ikinci dönemde piyasaya yeni giren tüketicilerin kazanılmasından ziyade var olan ağı üzerinden kar elde etme güdüsü vardır. Bu aslında piyasa için uzun dönemde dengeleyici bir rol de oynar. Daha küçük piyasa paylı firmalar rekabetçi davranıp gelecek paylarını arttırmayı hedefler. Ancak bu durum çoklu dönemli bir rekabet modelinin konusu olabilir. İki dönemli modelde her firma ikinci periyotta gelecek öngörüsü olmaksızın maksimum karı hedefler (Klemperer (1987b) ve Padilla (1992)). Piyasanın gelişim ve olgunluk dönemleri de geçiş maliyetlerinin olduğu piyasalar için fiyatlar üzerinde önemli etkiye sahiptir. Piyasa payı ve kar elde etme açısından ortaya çıkan ödünleşim firma çerçevesinde aşağıdaki gibi (Klemperer, 1995) ifade edilebilir.

V_t firma için ilgili (current) periyot değerini ifade eder. π_t ise ilgili periyodun karını ifade etmektedir. $\delta V_{t+1}(\sigma_t)$ bir sonraki periyodun iskonto edilmiş olan değerini gösterir. σ_t ilgili periyodun piyasa payını ifade eder.

$$V_t = \pi_t + \delta V_{t+1}(\sigma_t) \quad (2.2)$$

Burada gelecek dönem değeri gösteren fonksiyon şu anki dönemin piyasa payına bağlıdır. Bu modellerde 2 firma ve sabit tüketici sayısı vardır. Ayrıca tüketicilerin rezervasyon fiyatları her dönem satın alma yapacak kadar yüksektir.

Firmanın optimal seçimi için birinci derece koşulları aşağıdaki gibidir;

Firmanın değeri piyasa payı ile doğru orantılıdır.

$$\frac{\partial V_t}{\partial p_t} = \frac{\partial \pi_t}{\partial p_t} + \delta \frac{\partial V_{t+1}}{\partial \sigma_t} \frac{\partial \sigma_t}{\partial p_t} = 0 \quad (2.3)$$

$\partial \pi_t / \partial p_t > 0$ ve $\partial \sigma_t / \partial p_t < 0$ kabulleri ile hareket edilmektedir.

Burada firmanın belirlediği fiyat doğrudan piyasa payını ve dolaylı olarak da toplam değeri ifade eder. Bu eşitlikteki iskonto değeri de reel faizlerin düzeyini gösterdiğinden, bugünkü karlar ile gelecek karlar arasındaki ilişkiyi de ifade etmesi açısından önemlidir. Pozitif reel faiz oranlarının varlığında, şu anda verilen bir miktar paranın, gelecek dönemde aynı miktar para ile kıyaslandığında daha değerlidir. İskontonun değeri arttıkça da piyasa payı rekabeti yerine firmaların cari dönem karlarını ön plana çıkartır (Klemperer, 1995, s.526).

İki dönem yerine çoklu dönemler için yapılan analizlerde dinamik bir rekabet durumu ortaya konmuştur. Bu tarz bir rekabet durumunda firmalar sürekli piyasa payı elde etme ile cari dönem karları arasında bir tercih ortaya koyma durumundadırlar. Çoklu zaman periyotlarında geçiş maliyetleri analizleri temelde üç çalışmadan hareketle incelenebilir. Bunlar; Farrell ve Shapiro (1988), Beggs ve Klemperer (1992) ve Padilla (1995), (Chen ve Rosenthal, 1996) olarak sayılabilir. Her model yeni ve eski tüketicileri belirli bir sabit sayıda kararlaştırmıştır. Duopol bir piyasada homojen mallar ve geçiş maliyeti vardır. Tüm bu modeller, firmaların belirlediği ücretlerin piyasa payları ile ilişkili olduğunu öngörmüştür. Yüksek piyasa payına sahip olan firma daha fazla fiyat belirleme eğilimindedir. Diğer bir öngörü de yüksek piyasa payı ve yüksek fiyat belirleyen firma zamanla piyasa payını düşük piyasa payı ve fiyatı belirleyen firmaya kaptırmıştır. Tüm bu modeller geçiş maliyetinin varlığı altında daha yüksek ortalama fiyatların belirlendiğini göstermişlerdir aynı zamanda geçiş maliyeti arttıkça piyasa daha az rekabetçi hale gelir (McSorley, Padilla, ve Williams, 2003b, s.13-14).

2.6 Fiyat Farklılaştırmasının Olduğu Durumda Geçiş Maliyetleri

Fiyat farklılaştırabilmesinin mümkün olduğu piyasalarda firmalar kendi müşterilerine geçiş maliyetinin etkisi ile normalden fazla bir fiyat uygularken, piyasadaki müşterisi olmayan tüketicilere ise daha düşük bir fiyat ilan edebilir. Burada daha düşük fiyat ilan ettiği tüketiciler halihazırda bir firma ile bağı olmayanlar olabileceği gibi başka bir firmadan daha önce tüketim yapmış, başka ifade ile geçiş maliyeti olan tüketiciler olabilir. Fiyat farklılaştırması gerçek hayatta farklılaştırmanın yapılamadığı piyasalara göre çok daha yaygındır. Fiyat farklılaştırmasında da firmalar yeni kazanacakları müşterilerine gelecek dönemlerde maliyet üstü fiyatlamayı yaparlar. Burada farklılaştırma olmayan piyasalara göre fiyat düzeyleri daha değişken olabilir. Farklılaştırma firmaları potansiyel müşterilere karşı daha agresif bir rekabete iterken, bu rekabetin kendi müşterilerine de etki edeceğini bilirler. Bu etki nedeni ile fiyat politikası tekrarlı satın almalar için daha ılımlı olabilir. Piyasa payı yüksek olan firmanın tüketici kitlesinin bu rekabet içerisinde

daha hızlı erozyona uğrama ihtimali vardır. Fiyat farklılaştırması altında (Chen, 1997)'in çalışması önemlidir. Chen bu çalışmasında, firmaların ilk dönem sonunda kendi müşteri kitlesini yarattıktan sonraki hasadı toplayacağı dönemde, uygulayacakları fiyatlama stratejilerini fiyat farklılaştırması altında oluşturmalarını sağlamıştır. Firmalar bağlanmış olan tüketicilere yüksek fiyat uygulaması yaparken, diğer potansiyel tüketicilere farklı bir fiyat stratejisi uygulamaktadırlar. Bu modelde ortaya çıkan sonuçlardan bir tanesi fiyat farklılaştırmasının yapılmadığı rekabet ortamlarından farklı olarak, ortaya konulan fiyatlama kararları ile firmaların piyasa payları arasındaki bağın zayıf olması sonucu çıkmıştır. Ayrıca karlılıklarda geçiş maliyetine bağlı olmakla birlikte tek fiyat uygulamasına göre daha az olmaktadır. Firmalar müşterisi olmayan tüketicilere ciddi miktarda indirim uygulamaktadır ve bu indirimin kaynağı da bağlanmış olan müşterilere uygulanan yüksek fiyatlardır. Tüketici refahı olarak ise pozitif veya negatif bir etki üzerinde bir netlik yoktur.

2.7 Karlılık düzeyleri ve Tüketici Refahı

Literatürdeki temel soru geçiş maliyetlerinin oligopol firmanın karlılığını ne düzeyde etkileyeceğidir. Burada geçiş maliyetlerinin firmanın karlılığını arttırdığı veya azalttığı yönünde farklı görüşler vardır. Bu çalışmaların ciddi bir ağırlığı geçiş maliyetlerinin karlılığı arttıracak yönündedir (Cason ve Friedman (2002), Park (2011), Viard (2007)). Yukarıdaki temel modele dönülürse, ilk dönemde yapılacak piyasa payı mücadelesinin firmalara bir maliyeti olacaktır. Bu maliyet bir sonraki dönemde karşılanması gerekir. Aksi halde firma maliyet altı fiyatlamayı sürdürülebilir kılamaz. Burada firmalar ister fiyat farklılaştırması uygulasın, ister uygulayamasın ikinci dönem kendilerine bağlanmış olan müşterilerden bu maliyeti karşılayacaklardır. Tüketici refahı da firma karlılıkları ile ilişkilidir. Bu karlılık ve tüketici refahı analizleri iki dönemli analizlerin çok ötesinde sürekli bir analizi gerektirir. Piyasada genellikle firmalar birbirini takip eden veya tamamlayıcı ürünleri rekabet şartlarında kullanırlar (Farrell ve Klemperer, 2007, s.1987).

McSorley, Padilla, ve Williams (2003a, s.39) maliyetlerin karşılanamayıp, etkin bir rekabetin şartlarını bozan durumları sıralamıştır. Bunlardan ilki bir firmaya bağlanmış olan tüketicilerden elde edilecek kar tam olarak bilinemeyebilir. Bu belirsizliğe tüketicilerin heterojen yapısına bağlı olan rezervasyon ücretlerindeki çeşitlilik ve bu çeşitliliğin bilinmemesi neden olabilir. Bunun yanında makro değişkenler tam bilgi altında değerlendirilemeyebilir. İkinci bir konu da, firmaların gelecek karlarını düşünerek bugünden maliyet altı fiyatlama yapabilmesi her zaman mümkün olmayabilir. Bunun dışında diğer bir neden de firmaların

risk iştahının düzeyidir. Risk iştahı yükseldikçe ilk dönem rekabeti artacaktır. Aksi halde gelecek karlar için bugünden hareket etmeleri için risksiz bir piyasa yapısı olması şarttır. Dördüncü bir durum da tüketicilerin farklı geçiş maliyeti yapısı olarak sayılabilir. Özellikle tek fiyat belirlenmesi gibi bir durum varsa bu fiyat düzeyinin altında bir geçiş maliyeti, alternatif firma fiyatı toplamı için firmalar müşteri kaybedeceklerdir. Beşinci olarak da bir önceki konu ile alakalı şekilde firmaların bazı geçiş maliyeti türlerini hesaplayamaması, ölçememesi ile ortaya çıkacak durumları düşünmek gerekir. Örneğın tüketici sadakati psikolojik etmenlere dayandırılırsa ölçülebilir olmaz. Son olarak da firmalar güçlü rekabet etmeyecekleri bir ilk dönem koşulları olabilir. Bütün maddelerin firma ağıısından değerlendirilmesinde fiyat maliyet ilişkisi göz önünde bulundurulması gerekir.

2.8 Tüketici Beklentileri

Tüketicilerin veri fiyatlardan ortaya çıkan beklentileri rekabeti ve gelecek fiyat seviyesini önemli derecede etkiler. Geçiř maliyetinin olmadığı bir piyasada tüketiciler piyasadaki fiyatlar ile karşılığında üründen alacakları nitelikler arasında bir değerlendirme yaparlar. Rezervasyon fiyatlarını dikkate alarak stratejilerini geliştirirler. Ancak geçiş maliyetinin olduğu durumlarda ise ayrıca, şimdi alacakları ürünün gelecek tüketimlerini nasıl etkileyeceğini de düşünmek zorunda kalacaklardır. řu anki fiyat seviyesi ile gelecekte tüketim durumları arasındaki bağı kurgularken, firmaların davranışları üzerinden bir değerlendirmeye gideceklerdir. Eđer tüketici tamamı ile firma stratejilerini değerlendirebilir bir noktada ise rasyonel tüketici olarak adlandırılabilir. Aksine tamamı ile bugünün veri fiyatları üzerinden satın alma kararı verip, gelecek fiyatlarını hesaba katmazlar ise, bu tüketiciler ağıısından miyopi olarak adlandırılır. Miyopik müşteri gelecekteki fiyat hareketlerini kısmen veya tamamen öngöremeyen durumdadır. Bu tarz tüketiciler ucuz olan ürünü alma eğilimindedirler. Gelecekteki fiyat artışlarını öngöremediklerinden cari zamandaki fiyat karşılaştırması yeterli olacaktır. Miyopik tüketiciler fiyat farklılaştırması durumuna da çok duyarlıdır. Böyle bir durumda kolaylıkla firma değiştirebilirler. Eđer tüketici miyopik değilse, firmaların gelecek dönem fiyatlama beklentilerini de ödeme fonksiyonuna dahil ederek bir karar vermek durumundadır. Burada beklentiler anahtar rolü oynayacaktır. Miyopik yaklaşım yaşam (life cycle) boyu maliyetleri tutarlı bir şekilde hesaplayamaz ve/veya ihmal eder. Tüketiciler fiyatlardaki değişimleri sadece bugüne göre değil gelecek fiyatlamalardaki etkilere göre düşünerek davranırlar. Rasyonel tüketiciler bugünün sert rekabetinin doğurduğu fiyat indirimlerine karşı daha az duyarlıdır. Bu da fiyat esnekliğini azaltır (McSorley, Padilla, ve Williams, 2003a, s.41-44). Özellikle rasyonel bir tüketici řu anki indirimin gećici olacağı kanısına varırsa, in-

dirimin tüketici üzerindeki etkisi dahi olmayabilir. Tüketiciler için rasyonel olan gelecek dönemki fiyatlar üzerinden kuracakları beklentilerdir (Klemperer, 1987c). Bu konu kısmen alınan malın tamamlayıcısı olan malların uyumluluğunu gözden geçirmek olarak da düşünülebilir. Örneğin bir tıraş makinesi alma kararı gelecekte değiştirilecek olan jiletlerin uyumluluğunu da gözden geçirmeyi gerektirir (Farrell ve Klemperer, 2007, s.1988-1990).

2.9 Piyasaya Giriş

Geçiş maliyetinin olduğu piyasalarda piyasa giriş halihazırdaki firmaların rekabet gücünün fazla olması nedeni ile zordur. Bu durum piyasadaki firmalar için maliyet avantajına benzer bir durum yaratır. Piyasaya girecek olan firma rakip firmaların maliyetlerinin geçiş maliyetleri ile toplamından daha düşük bir maliyete sahip olduğunda piyasadaki tüm müşterileri kazanabilecektir. Ancak bu durum istisnai olup, piyasaya yeni girecek olan firma için temel güdü, piyasada henüz herhangi bir firmaya bağlanmamış (ilgili firmadan bir önceki dönem satın alma yapmamış) olan tüketicileri kazanabilmekten geçer. Geçiş maliyeti piyasaya girişi zorlaştırıyor gibi gözüke de, diğer bir yandan yeni girecek firmalar için ilerideki dönemlerin rekabet avantajını sağlayacağından piyasaya girme güdüsü yaratır. (Farrell ve Klemperer, 2007, s.1998-2001)'a göre geçiş maliyetinde piyasaya girme koşulları, heterojen tüketicilerin geçiş maliyetlerinin dağılımı, piyasanın dinamik yapısının olup olmaması ve piyasaya girme koşulları üzerinedir. Geçiş maliyetlerinin düzeyi açısından bakıldığında piyasaya giriş için ortaya çıkan pozitif etki, belirli bir piyasa payı yaratılmasının ardından yüksek karlar elde etme imkanını ifade eder. Bu imkan yeni firmalar açısından bu pazarları çekici hale getirebilir (Beggs ve Klemperer, 1992, s.653).

Negatif etki ise bu piyasa payı için yapılan ilk dönem mücadelesinde uygulanan agresif fiyatlamanın firmaya ciddi maliyet getirmesidir. Piyasada bulunan firma, giriş yapacak olan firmayı engellediği zamanki karı ile engellemediği zamanki karı arasında değerlendirme yapar. Bu noktada ya piyasa payını koruyup fiyat düşürecektir, ya da piyasa payının bir kısmından feragat edip yüksek fiyatlama yapmaya devam edecektir. Buradaki temel ölçüt geçiş maliyetinin düzeyi ile ilgilidir. Yüksek geçiş maliyeti altında tercih rekabet etmeme yönünde olacaktır. Bu durum piyasadaki yerleşik olan firmanın agresif olarak yeni girecek olan firma ile fiyat rekabeti yapmasını engeller (Klemperer, 1987a,c). Diğer bir konu da piyasaya giriş düzeyidir. Fiyat farklılaştırmasının yapılmadığı bir ortamda piyasada bulunan firmalar şişman kedi durumunda olacaklarından, fiyatlama stratejilerini daha çok bağlamış oldukları müşteri yoğunluğuna göre kurgularlar. Böylece piyasaya

yeni giren tüketiciler, piyasadaki düşük ölçekli firmalar tarafından düşük fiyatlara cezbedileceklerdir. Bağlanmamış müşterilere odaklanılan bu yaklaşım düşük profilli girişi gösterir. Geçiş maliyetin olduğu bir durumda geniş ölçekli tüketici çekebilmek kolay değildir, ancak maliyetleri radikal ölçüde düşürmek ile mümkün olacaktır. Bu bağlamda geçiş maliyetinin varlığında küçük ölçekli piyasaya giriş özendirici iken büyük ölçekli giriş özendirici değildir. Piyasaya giriş ölçeğine paralel olan diğer bir konu da piyasanın tüketici dinamiği ile alakalı olan kısımıdır. Eğer bir piyasaya her dönem giren ve çıkan tüketicilerin miktarı anlamlı bir ölçüdeyse, piyasaya yeni girecek firmalar için bu durum düşük ölçekli girişi destekleyebilecek bir yapıyı sunar. Bu da yeni girecek olan firma lehine bir avantajdır.

Piyasaya girecek olan firmanın maliyet avantajının olması, geçiş maliyetinin olduğu bir piyasada gelecek dönemler için ilgili firmayı ön plana geçirebilir. Piyasaya giren firma maliyet avantajını kullanarak diğer firmanın maliyetinin altında ve geçiş maliyeti kadar bir fark ile fiyat belirlerse piyasadaki tüketicileri kendine çevirebilir. Bu durum yüksek ölçekli piyasaya giriş için maliyet avantajının gerektiğini gösterir. Normalde rekabetçi bir ortamın refah etkisi yaratacağı düşünülse de, maliyet avantajı ile piyasaya yüksek ölçekli giriş, sosyal olarak istenmeyen bir durum ortaya çıkartabilir. Bu giriş ile endüstri çıktısı artacak olsa da, büyük miktarda sosyal artık miktarı, tüketicilerin yeni maliyet avantajlı rekabetçi firmaya geçmeleri ile ortaya çıkan geçiş maliyetleri ile dağılmış olur. Normalde piyasaya girişler sosyal olarak istenebilir olsa da bu tarz rekabet durumları regülasyona tabi olabilir (Klemperer, 1988, s.159).

2.10 Endojen Geçiş Maliyetleri

Geçiş maliyetleri eğer firmanın tercihlerinden bağımsız ise maliyetin eksojen yapısından kaynaklı olmaktadır. Aksi durumda, firmanın tercihleri geçiş maliyetinin büyüklüğünü etkiliyorsa bu maliyetin endojen yapısını gösterir. Yüksek geçiş maliyeti firmaların karlılığını arttıracığından, bağlanmış tüketicileri yaratmak da bir üretim tercihi olarak karşımıza çıkar. Firmalar kendi ürünleri ile ilgili olan geçiş maliyetlerini azaltıp arttırarak piyasa içindeki konumuna ve rekabet gücüne müdahale edebilirler. Endojen geçiş maliyetleri piyasa giriş koşulları için de önemli bir parametredir. İndirimler, sadakat programları da endojen geçiş maliyetleri içindedir. Firmalar yapay maliyetler yaratarak tüketicilerin rakip firmaya geçişini zorlaştırabileceği gibi, piyasaya yeni girecek firmaların rekabet imkanlarını da kısıtlar.

Firmalar tarafından yapay olarak yaratılan bu tür maliyetlerin, ekonometrik analizlerde hesaba katılması güçleşmektedir. Bu nedenle bu tarz maliyetlerin doğası potansiyel olarak en iyi deneysel modelleme tercihleri ile anlaşılabilir.

3 AĞ ETKİSİ

3.1 Giriş

Çoğu kolektif hareket koordine olmamış tekil hareketlerin bütününe göre beraberinde daha iyi bir bütüncül çıktıyı getirir. Bu durum tercihte bulunacak olan iktisadi bireyin kararını sürü ile beraber hareket etme yönünde etkiler. Kolektif hareketin aksi yönünde bir tercih bireye ek maliyet yaratabilir. Bu durum da bireyleri etraflarındaki tercihlere kayıtsız kalmamaya zorlar. Gündelik yaşamda kabul görmüş olan normlara bakıldığında sıklıkla karşılaşılan bu durum, satın alma gibi iktisadi kararları da etkileyen örneklerle doludur. Sürüye göre aksi istikameti seçmek gereksiz bir maliyet ortaya çıkartır ve bu durum koordine olunan bir tercih için geçerli ise koordinasyonun bir parçası olmak bireyin lehine bir fayda sağlar. Kolektif bir hareketin parçası olmak tüketici için o ürünü bireysel kullanımından farklı olarak artı bir fayda getirebilir. Bu kolektif hareketin kapsadığı bireylerin oluşturduğu ağ (network) bu sayede cazip hale gelir. Bu cazibeyi ifade eden ağ etkisinin (network effect) olabilmesi için, tüketicinin bir ürünü kullanması ile elde edeceği faydanın, diğer tüketicilerin bu ürünü kullanması ile artması gerekmektedir. Bu durumda ajanın ağ etkisine sahip ürünü kullanmaya olan güdüsü ortaya çıkacaktır. Ağ etkisi en temel hali ile ağa dahil olan bireylerin sayısı ile ilişkilendirilir. Örneğin bir telefon, faks veya elektronik posta diğer kullanıcıların sayısının artması ile daha değerli hale gelirler.

Kolektif hareket tercihi sadece tekil bir hareketin benimsenmesi veya benimsenmemesi seçimi olarak indirgenmemelidir. Bireyler farklı bütüncül hareketlerin parçaları olabilirler. Bu hareketler kendi koordinasyon mekanizmalarını ortaya çıkartmışlardır. Piyasada benzer amaçlar için üretilmiş farklı teknolojik altyapıları olan rakip ürünler bu duruma örnek olabilir. Bu ayrı ürünler kendi tüketici kitlelerini yaratabilirler.

Bir birey bir ağa dahil olduğunda hem ağdaki diğer bireylerin faydasını, hem de kendi faydasını etkiler. Bunun yanında eğer rakip ağların olduğu bir rekabet ortamı varsa, dolaylı olarak da diğer ağın değerinde bir etki yaratacaktır. Farrell ve Klemperer (2007, s.2007) ağ üzerinden kazanılan fayda değerini iki farklı kategori

üzerinden sunar. Bir tüketicinin bir ağa dahil olması ile ağdaki diğer tüketicilerin bu durumdan fayda sağlamalarına "toplam etki" (total effect), ağ dışındakilerin bu ağa dahil olma güdüsündeki artış ise "marjinal etki" (marginal effect) olarak ifade edilmiştir.

Bu etkilerin gerçekleşmesini sağlayacak olan ürün tipi ağ ürünleridir. Ağ ürünleri veya ağa bağlı ürünler kullanıcıların varlığı olmadan işlevselliği olmayan ürün veya servislerdir. Örneğin sohbet (chat) ağları, mobil telefonlar, sosyal ağlar bu ürünlere örnektir. Tüketiciler ağdaki diğer tüketiciler ile etkileşime geçmezler ise bu ağın bir anlamı olmamaktadır. Bu bağlamda servislerini bir ağ aracılığı ile yapan her ürün bir ağ ürünü değildir. Buna bir örnek olarak televizyon ağları verilebilir. Ancak bu ağlarda servis veya hizmet kaliteleri ile kendi tüketici kitleleri doğrudan alakalı olabilir. Örneğin bir televizyon platformuna yeterli talep ortaya çıkarsa, ağın arz tarafındaki televizyon kanalları için de cazip bir hal alacaktır.

Ağ etkisi ajanın bir maldan dolayı ortaya çıkan faydası veya artığının, aynı malı kullanan diğer ajanların sayısındaki artış veya azalış sonucu, değişmesi durumu olarak ifade edilir. Bir maldan elde edilen değer malın şahsi kullanımı üzerinden elde edilen değerle (autarky), o malın başka ajanlar tarafından da kullanılması ile ortaya çıkacak faydayı ifade eden değer (synchronization) toplamına eşittir. Senkronizasyon ile ortaya çıkan değer, o malı kullanan diğer tüketicilerin sayısı ile değişim gösterir. Bu değişim pozitif olabileceği gibi sistemin doymuşluğuna bağlı olarak negatif de olabilir. Örneğin bir otoyolda çok fazla araba kullanımı trafik gibi bir olumsuz etkiye neden olabileceken, bir sosyal paylaşım ağındaki insanların sayısının artması o ağı çok daha cazip kılacağından pozitif etki gösterir. Ağ yapılarında karşımıza çıkan bu pozitif etki literatürde genellikle ağ etkisi olarak adlandırılır (Liebowitz ve Margolis, 1998). Ağ etkisi hem talep tarafında sonuçlar doğururken hem de arz tarafında fiyatlandırma üzerinde etkileri olmaktadır. Cazip bir ağa karşı gerçekleşecek pozitif bir talep, fiyatlandırma stratejilerinde de etkiye neden olur.

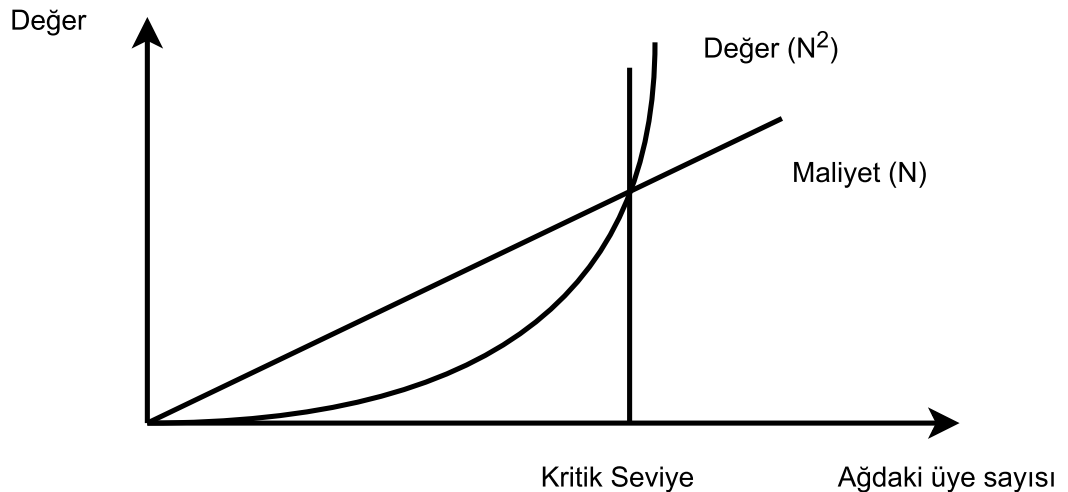
Malın şahsi kullanımı ile ağ etkisinden gelen değerine verilebilecek klasik örneklerden biri de 90'lı yıllarda sıkça kullanılan VHS ve Betamax video cihazlarıdır. Bir VHS cihazın değeri düşüktür buna rağmen kaydetme ve geri sarma kapasitesi bulunmaktadır. Bir Betamax ise kalitesi nedeni ile bir VHS'den daha yüksek tekil değere sahiptir. Buna rağmen bu iki ürün arasında senkronizasyon koşullarının farklı olması, piyasada VHS ürünlerinin Betamax'a göre baskın gelmesine neden olmuştur. VHS video bantlarının kullanıcılar arasında takas edilebilme, kiralanabilme gibi avantajları nedeni ile büyük bir ağı ortaya çıkarmıştır. Betamax buna karşılık veremediğinden, tekil değerlemesi yüksek bir ürün olsa da VHS karşısında silinmiştir (Harrelson, 2000, s.46).

Senkronizasyonla ortaya çıkan değer ürünün fiyatına her zaman net olarak yansımaz. Yansıdığı durumlarda da tüketici bireysel faydası ile o ağa adaptasyonu ile kazanılmış değeri fiyat üzerinden ayırt edemeyebilir. Böyle durumlarda bahsi geçen ağ etkisi, sistemde dışsallık olarak görülür. Bir ekonomik etkinin dışsallığı ancak onun içselleştirilmediği durumda ortaya çıkar. O nedenle ağ etkisi ürünü satın alan diğer kullanıcıların tekil bireye olan etkilerinin içselleşmiş yani karar mekanizmalarında değerlendirilen halini ifade eder. Bu içselleşmenin sağlanabilmesi için sistemdeki bilginin yayılmasının kolay ve dengeli olması gerekmektedir. Aksi durumda ortaya çıkabilecek bir bilgi asimetrisi dışsallıkları da arttırabilir.

Geleneksel ekonomik yapının aksine günümüz iktisadi hayatında enformasyon malları olarak ifade edilebilecek olan kullanıcı sayısı ve niteliği ile doğru orantılı olarak değerlendirilen ürünler bulunmaktadır. Bu mallar tüketicilerin bulunduğu ağ yapısından hareketle piyasada değerini bulur. Salt kullanıcı sayısı ile ortaya çıkan ilave değer Metcalfe yasası ile açıklanır.¹

Ağ etkisi 1980'lerin ortalarından bu yana literatürde ilgi odağı olmuştur. Senkronizasyon değeri baz alınarak, ağdaki kullanıcı sayısı ile doğru orantılı bir fayda tanımı yapılmıştır. Bu temel etki rekabet stratejilerini ve piyasa çıktısını önemli olarak etkileyen bir durumdur. Ağ etkisi tüketicileri yeni bir teknolojiye veya yeni bir ürüne adaptasyon olarak etkilerken, üreticileri de kendi teknoloji veya ürünlerini standart hale getirme güdüsü nedeni ile etkiler. Bu etkilerin sonucu ortaya çıkan tüketim eğilimleri ve fiyatlandırma stratejileri piyasaların optimal den-

¹Metcalfe yasasına göre, bir ağın değeri, kullanıcı sayısının karesi kadar yükselir. Ağ dışsallıkları ve etkisi bu yasayı arkasına alır (Shapiro ve Varian, 1998, s.184). Maliyetler ağın üye sayısı ile orantılı iken, değer karesi ile orantılıdır. Değer bu hali ile maliyetlerden daha hızlı bir artış trendine sahiptir. Bu tanım (Li, 2008, s.55) çalışmada gösterilen şekil ile de açıklanabilir. Birbirleri ile uyumlu ürünlerin oluşturduğu bir ağın değeri, o ağa katılan ürünlerin karesi kadar artış gösterir.



geye gelmesini engelleyebilir. Denge olamayabileceği gibi çoklu denge de var olabilir. Koordinasyon başarısızlıkları ağ etkisine bağlı olarak tüketicilerin yarattığı patikalar nedeni ile görülebilir. Literatürde bu etkiler piyasalara müdahale noktasında tartışılmaktadır (Page ve Lopatka, 1999, s.952-953).

Takip eden bölümde öncelikle ağ etkisi üzerine yapılmış zengin literatürden bazı seçilmiş ampirik ve teorik çalışmalardan bahsedilecektir. Sonrasında ise ağ etkisi tipleri sunulacaktır. Bu tipler hakkında bilgi verilecek ve uygulamadaki karşılıkları ifade edilecektir. Bir sonraki bölüm ise firmaların tüketicileri ağ etkisini kullanarak daha çok tercih edilebilir kıldıkları "bağlanma" durumu anlatılacaktır. Bu bağlanma etkisini takiben de ağ etkisinin formel ifadesi gösterilecektir. Ağ etkisinin ortaya çıkmasında tüketicilerin kararlarının uyumu önemli rol oynamaktadır. Bu potansiyel koordinasyon durumunun başarı ölçütleri ise koordinasyon başarısızlığı bölümü içerisinde sunulacaktır. Literatür için yeni sayılabilecek konulardan biri de ağ yapısının yerel çaptaki davranışları ve bu davranışların sistemin tümüne olan etkisidir. Bu etki ağ kavramını inceleyen graf teorisi ile formel olarak ve/veya simülasyon teknikleri ile hesaplanabilir. Bu yeni kavramlar ve literatürde geçen çalışmalar yerel ağ yapısı başlıklı bölümde gösterilecektir. Ağ yapısının bu karmaşık yapısı ağı oluşturan iktisadi birimlerin etkilerinin, karakteristiklerinin ve de konumlarının farklı sayısallaştırılan değerleri ile daha da kompleks hale gelir. Literatürün ağırlığı iktisadi birimlerin homojen ve eşit ağırlıkta yayıldığı bir ağ yapısındaki sayısal büyüklükler ile ilgilenirken, az kaynak ağ yapısını kompleks algılama eğilimindedir. Ağ yapısı hakkındaki bu durum, ağ büyüklüklerinin sayısal veya yapısal olarak incelenmesinin tartışılacağı bölümden takip edilebilir. Ağ etkisi talep taraflı bir kavram olsa da sonuçları bakımından arz yönlü etkileri de olmaktadır. Firmaların fiyatlama stratejileri bu etkiyi hesaba katarak yapılmaktadır. Ağ etkisinin piyasadaki etkileri bakımından regülasyon kurumunu da ilgilendirir. Bu konular sırası ile arz ve politika başlığında sunulacaktır.

3.2 Ampirik ve Teorik Çalışmalar

Ağ etkisi hakkında birçok ampirik çalışma yapılmıştır.² Bu çalışmaların önemli bir kısmı telekomünikasyon sektörünü incelemiştir ve ağ etkisi altında fiyatlama stratejilerine dikkat çekmişlerdir. Diğer bir bölümü ise etkin rekabet şartları

²Farrell ve Klemperer (2007)'in Coordination and Lock: Competition with Switching costs and Network Effects çalışmasında Ağ etkileri ve bu konuyu anlatan literatür eşsiz bir şekilde sunulmuştur.

üstüne odaklanmıştır. Bu rekabet şartları uyumlu ve uyumsuz ürünlerin farklarına göre analiz edilmektedir. Telekomünikasyon sektöründeki bu uyumsuz ürün durumu farklı operatörlerin kendi aralarında konuşup konuşamaması üzerine değerlendirilmiştir. Regülasyon kurumu günümüzde çoğu ülkede bu sorunu ortadan kaldırmıştır. Ancak ürünlerin tam olarak homojen hale gelmesi söz konusu değildir. Erişim avantajları, operatörler arası fiyatlama tercihleri, veri hızları gibi durumlar günümüzde ayrıma neden olmaktadır. Pozitif ağ etkisinin görülmesi bu sektörde çok sık rastlanır, bu da fiyatlama stratejilerinin bu sektöre göre değişiklikler göstermesi ile sonuçlanır. Araştırmalarda bu sektördeki yayılım modellerinin (diffusion models) sonuçları hayli yüksek çıktığı gözlenmiştir. Gruber ve Verboven (2001) Avrupa Birliği ülkelerinde 1984 ve 1997 tarihleri arasındaki telekomünikasyon servislerindeki yayılım gelişimini ağ etkisi ve kişi başına düşen milli geliri beraber incelediğinde rekabet düzeylerinin artışına karşılık yüksek penetrasyon oranları bulmuştur. (Koski ve Kretschmer, 2005) de 1991 ve 2000 yılları arası yaptığı araştırmada ağ etkisinin yayılımı pozitif etkilediğini göstermiştir. Doganoglu ve Grzybowski (2004) ise Alman telekomünikasyon piyasasını, Kim ve Kwon (2003) ise Kore telekomünikasyon piyasasını incelemişlerdir. Jang, Dai, ve Sung (2005)'de ağ etkisinin piyasadaki varlığı üzerine çalışma yapmıştır. (Grajek, 2003, 2010) operatörler arası uyumluluk değişimlerinin ağ etkisini nasıl kısıtlayacağı üzerine tartışmıştır. Bir diğer tartışma da ağ etkisinin telekomünikasyon sektöründe global ya da lokal bazda nasıl işleyeceği üzerinedir. Tüketicilerin bazı durumlarda tercihleri piyasa payı üzerinden değilde komşulukları üzerinden değişebilmektedir. Bu bağlamda (Birke ve Swann, 2006, 2010) çalışmaları bu konuyu incelemiştir. Günümüzde ağırlıklı tartışma operatörler arası uyumluluğun varlığından ziyade bu uyumluluğun düzeyini belirleyen operatörlerin sundukları tarifelerdir. Sobolewski ve Czajkowski (2012) gibi bu tarifelerde üzerinden yapılan araştırmalarda sosyal grupların yarattıkları ağ etkileri incelenmektedir. (Karaçuka, Çatık, ve Haucap, 2013)'ın çalışması, Türk tüketiciler için inceledikleri tercihler ve lokal ağ etkisi önemli bir analizdir. Suarez (2005) sektördeki sosyal ağları göstererek ajanlar arasındaki rolleri ve buna bağlı olarak homojenliği dışlayarak incelemede bulunmuştur. Bu rollere bağlı güçlü-güçsüz bağların teknoloji seçimine etkisi tartışılmıştır. Telekomünikasyon sektöründeki gibi medya (televizyon) sektöründe de ağ etkisi gözlemlenebilir. Farrell ve Shapiro (1992) yüksek çözünürlüklü televizyon standartlarını incelemişlerdir. Ülkemizde de bir çok farklı yayın platformu vardır. Bu platformlar bünyelerinde farklı ürün (televizyon kanalı) barındırabildikleri gibi, aynı kanalların farklı çözünürlük standartlarını da sunabilmektedirler. Tüketici satın aldığı platformu, o platforma ait olan cihazlardan izler. Farklı platform kanallarına veya avantajlarına erişemezler. En çarpıcı örnekler ise bilgisayar donanım ve yazılım platformlarında karşımıza çıkar.

(Bresnahan, 2002a,b) çalışmasında Microsoft işletim sistemi platformlarını ağ etkisi yönünden incelemiştir. Özellikle işletim sistemi üzerinde çalışan üçüncü parti programlar, ağ etkisi üzerinde tamamlayıcı özellik gösterirler. Bu programlar farklı işletim sistemleri için uyumları ya yoktur ya da yeterli seviyede olamamaktadır. Günümüzde ağ etkisinin dezavantajları ortadan kaldırmak için program yapımcıları tüm işletim sistemi platformları için çalışabilecek programlar yazmaya gayret etmektedirler.

QWERT klavyeler patika bağımlılığı üzerinden ağ etkisi için sıklıkla sunulan örneklerden biridir. David (1985) çalışmasında geçmişteki ufak değişimlerin QWERT klavyeleri piyasadaki standart haline getirdiğini belirtmiştir. Buradaki standardizasyon hem ağ etkisinin hem de geçiş maliyetinin beraber yarattıkları bir durum olarak karşımıza çıkar. Bu klavye türü donanım sağlayıcılarının da tercihi haline gelmesi ile baskın durumunu daha hızlanarak sağlamıştır. QWERTY klavye örneği aynı zamanda literatürde koordinasyon başarısızlığına da bir örnek olarak sunulur. Benzer bir örnek de Betamax ile VHS arasında yaşanmış olan rekabettir. Cusumano, Mylonadis, ve Rosenbloom (1992) bu bağlamda Betamax ve VHS arasındaki rekabet savaşını konu almışlardır. Park (2004) Ohashi (2003) ağ etkisi altında tüketici tercihleri için dinamik bir model geliştirmişlerdir.

İlk olarak tüketicilerin kullandıkları ürünlerin oluşturduğu ağa bağlı olarak, tüketicilerin kazandıkları fayda seviyesi ile aynı ağdaki tüketici sayısı arasında pozitif ilişki kurgulayan modeller ön plana çıkmıştır. Bu ilişki pozitif ağ dışsallıkları olarak adlandırılarak, (Katz ve Shapiro, 1985, 1986a,b) ve Farrell ve Saloner (1985) tarafından ilk olarak incelenmiştir. Gelecek piyasa pozisyonu ağ ürünlerinin geçmiş dönem piyasa paylarına ve tüketici beklentilerine bağlı olarak şekilleneceğini göstermiştir. Bunlarla birlikte Economides (1996)'ın çalışması da ağ dışsallıkları açısından çok önemlidir. Farrell ve Saloner (1986a) vagon etkisini (bandwagon effect) incelemiştir. Modelinde firmaya ait olan tüketici tabanı, gelecek monopol durumlarının önünü açarak piyasayı istenmeyen bir çıktı seviyesinde dengeye getirebilir. Ağ dışsallıkları kavramı içerisinde, teknoloji ürünlerine özgü olan adaptasyon koşulları, agresif fiyatlandırma stratejileri bu dönemin önemli konularıdır. Teknoloji ürünlerinin araştırmasında bilgi sistemleri açısından Bakos ve Kemerer (1992), (Besen ve Farrell, 1994), e-ticaret açısından ise (Shapiro ve Varian, 1998) çalışmaları önemli yer tutar. Gallaughier ve Wang (1999)'a göre ağ etkisi temelde üç kavramın ortaya çıkması ile oluşur. Bunların en başında ve literatürde de ağırlıklı değinilen uyumluluk etkisi üzerinedir (Economides (1989, 1996); Bailey, McKnight, ve Bosco (1995); Farrell ve Saloner (1986b); Shy (1996)). Diğerleri ise ürünün oluşturduğu standardizasyon durumudur. Örneğin QWERT klavyeler bu konuda sıklıkla örnek verilir. Son olarak da ağ etkisinin görüldüğü

ikincil etkilerdir. Bu tip etkilerde ana ürünün etrafına yerleşmiş ve bu ana ürünün yarattığı faydadan pazar payı elde etmeye çalışan yan ürünleri ifade eder. Tüm bu çalışmalarda iktisadi bireylerin ağ etkisi üzerinden yaşadıkları dışsallık durumu vurgulanmıştır. Ancak bu durum özellikle rasyonel ajanlar için içselleştirilebilir olması ile literatürde de dışsallıktan etki kavramına doğru evrilmiştir. Bu aşamada kritik eşik teorisi (Rohlf's (1974); Oren ve Smith (1981)) ile tüketicilerin beklentileri ve sistemin koordinasyon mekanizması arasında bir ilişki durumu ortaya çıkmıştır. Böylelikle firmaların ilk dönem fiyatlama tercihleri ile sonraki dönem karlarını ifade eden fiyatlama stratejilerini kullanan modeller rasyonel bir düzleme oturur (Yang, 1997).

Literatürün bir ayağı oligopol içerikli olan ağ etkisi çalışmalarıdır. Diğer ise etkinin büyüklüğünü ölçmeye yarayan bir yön belirlemiştir. Katz ve Shapiro (1985, 1986a,b) Oligopol piyasalarında rakip ağ ürünlerinin rekabetini inceleyerek literatüre kazandırdıkları ağ etkisi, Arthur (1989), Katz ve Shapiro (1994), Shy (2001), Liebowitz ve Margolis (1994), Rysman (2004), Doganoglu ve Grzybowski (2013), Chen, Doraszelski, ve Harrington Jr (2009), Cabral (2011) çalışmaları ile çok önemli mesafe katetmiştir. Bu mesafe neticesinde literatürde birçok alt başlık ağ etkisi çerçevesinde incelenebilmektedir. Örneğin uluslararası ticaret konusunda Kikuchi ve Kobayashi (2005) ağ etkisi ve ticaret örüntüleri (pattern) arasında bağ kurmuştur. Hava yolu piyasasındaki ağ etkisi Kawasaki (2008) tarafından yaptığı araştırma ilgi çekicidir. Doganoglu ve Wright (2010)'ın ağ etkisi altında piyasaya giriş senaryolarını bağlanma etkisi altında tartışmışlardır. Bağlanma etkisi kısa ve uzun dönemli sözleşmeler ile ifade edilmiştir. Suleymanova ve Wey (2011) çalışmalarında ağ etkisini geçiş maliyetleri ile birlikte incelemiş ve Cournot-Nash dengesini modelleyen bir analiz yapmışlardır. Benzer şekilde Amir ve Lazzati (2011)'de cournot oligopol yapısını incelemişlerdir.

Ekonometrik analizler temel olarak ya teorinin uygulamadaki karşılığını test etmektedir ya da ağ etkisinin miktarını ölçmeye dönük çalışmalar olmaktadır. Ağ etkilerini diğer gözlemlenemeyen değerlerden ayırabilmek kolay değildir ve çoğunlukla da karışır.

3.3 Ağ Etkisi Tipleri

Araştırmacılar çoğunlukla ağ içerisinde tüketiciye faydanın geldiği kaynağa göre ağ etkisini direkt ve endirekt etki olarak ikiye ayırırlar (Katz ve Shapiro, 1985, 1994). Doğrudan iletişim ağları direk etkiyi açıklamada kullanılırken, tamamlayıcı ürün niteliğinde olan donanım yazılım çifti endirekt etki için örnek olarak verilir. Doğrudan etkide ağda bulunan tüketici sayısı, tüketicilerin fayda fonksi-

yonlarına pozitif etkide bulunur. Dolaylı etki için ise ana ürünün fiyatı ile tamamlayıcı ürünlerin ağlarının arasındaki ilişki önemlidir. Örneğin bir ana ürünün fiyatındaki düşüş, tamamlayıcı ürünlerde pozitif etki yaratır.

Modern kompleks teknolojilerde genellikle adaptasyonla gelen artan getiri durumu görülür. Eğer piyasada iki veya daha fazla artan getirili teknolojiler rekabet halinde ise, başlangıç sürecindeki teknoloji adaptasyonları bir patika bağımlılığı yaratarak ilgili firmaya ciddi bir avantaj getirebilir. Bu durumda diğerlerinde daha fazla piyasa payı yaratabileceği gibi belki de diğerlerinin oyun dışında kalmasını da sağlayabilir. Belli bir değere ulaşan adaptasyon başarısı piyasada baskın gelmeye yeterli olabilir. Bu durumlarda birden fazla piyasada potansiyel çıktı durumu oluşur (Arthur, 1989).

Pozitif ağ etkisi, ağ büyüklüğü arttıkça daha da artar. Bu davranış geleneksel firma seviyesindeki ölçek ekonomisi davranışına benzer bir davranıştır. Ancak buradaki ölçek ekonomisi davranışı üretim taraflı değil talep taraflıdır. Uyumsuz ürünlerin rekabet halinde olduğu bir ağ yapısının olduğu piyasada, ceteris paribus şartlarında büyük ağa sahip firma küçüklere göre her zaman daha önde olur. Bu hali ile büyük piyasa payına sahip firma devamlı artan bir avantaj sağlar. Her gelen yeni tüketici firmanın ürününe olan ilgiyi daha da arttırır. Bu etki diğer durumların sabit olduğu bir durumda firmayı doğal olarak monopol pozisyonuna sokar. Bu da ürünü standart haline getirir (Liebowitz ve Margolis, 1998). Bu da ölçeğe göre artan getiri durumunu gösterir.

Bir telefon ağında gerçekleşebilecek iletişim ağı $n(n-1)$ kadar olmaktadır. Eğer ağa yeni bir tüketici daha katılırsa potansiyel haberleşme $2n$ kadar artar ($n(n+1) - n(n-1) = 2n$). Bundan sonraki her yeni tüketici eklenmesi sistemdeki potansiyel haberleşme kanalını daha da fazla arttırır ($(n+2)(n+1) - n(n+1) = 2n+2$). Arthur (1989)'un kullandığı pozitif geri besleme durumu, ağın büyüklüğündeki artışın, yeni tüketicileri çok daha fazla etkileyeceği gerçeğini gösterir.

Ağ etkisinin artan getirili mekanizma ile görülmeye başlanabilmesi için, ürünün piyasa içerisindeki talebinde bir kırılma yaratarak, ürünün bulunduğu ağın belirli bir olgunluğa erişebilmesi gerekmektedir. Bu olgunluk ürünün tekil faydasından fazla bir fayda vermesini sağlar. Ağın yeni üyeler kazanması halihazırdaki üyeler (total effect) üzerinde her zaman pozitif veya negatif bir etki yaratacak olsa da, ağ dışındaki bir potansiyel bireyin ağa dahil olmasını sağlayacak marjinal etki her zaman oluşmayabilir. Ağın talebi üzerinde değişiklik yaratacak sınır üye sayısı veya oranı kritik yoğunluk(critical mass) olarak adlandırılır. Bu aşamada ağ dışı bireyler için kritik düzeyi geçmiş olan ağ daha cazip bir hal alır. Ağ etkisinin ortaya çıktığını görebilmek için söz konusu kitlenin belirli bir yüzdesinin ortaya çıkmış olması gerekmektedir. Bu düzeyde tüketilen üründen alınan değer en

az aynı mal için ödenen değer kadar olduğunu bilmek gerekir. Bir ağın normal büyüme seyrinde kritik düzey denilen bu noktaya gelindiğinde fayda/ücret oranı yükselir. Bu noktada ağa dahil olmak daha avantajlı hale gelir. Geline bu noktada ki büyüme hızı öncesine göre daha yüksek olur. Kritik yoğunlukta dengeye ulaşmak daha kolaydır. Rekabetçi ortamda, yeni bir teknoloji, maliyet düşürücü bir faktör gibi rekabeti başka bir firma lehine ciddi bir şekilde değiştirecek bir etmen çıkmadıkça, kritik yoğunluğu aşan firma tüketici kitlesini muhafaza eder. Bu duruma geçiş maliyeti olan durum eklenirse, firma için tüketici tabanı daha kemikleşmiş bir görüntü verir. Kritik yoğunluk bir nevi dönüşü olmayan değişim noktasını (tipping point) ifade eder. Bu noktada değişim çok daha hızlı ve kalıcı olur. Örneğin konsol oyunları bir ağ içerisinde (tam ağ yapısında (complete network)) yeterli sayı olmadan çok cazip değildir. Ancak öyle bir kullanıcı sayısına gelinir ki o noktadan sonra üründen elde edilen fayda bir anda artar. Bu aşamanın arap baharı, ekolojik değişim (küresel ısınma) gibi politik ve çevresel karşılıkları da bulunabilir. Kritik yoğunluğun üstünde, artan getirili durum her zaman devam etmez. Belirli bir noktada ağ doyum noktasına gelebilir. Bundan sonra sisteme giren kullanıcılar negatif etki yaratacaktır.

Dolaylı etki ise asıl ürünün yarattığı ağa tamamlayıcılık gösteren bir durumdur. Gerçek ağ yapısı ve bu ağa bağlı olan diğer ürün ailesi, birbirini besleyen bir sistem olarak düşünülebilir. Örneğin işletim sistemi birincil seviyedeki bir ağ iken, bu işletim sisteminde kullanılan yazılımlar tamamlayıcı ürün statüsündedir. Bir ağın başarısı sadece birincil seviyedeki popülerliği ile değil tamamlayıcı ürünlerin yarattıkları popülerlikle de beraber ölçülür. Bu tamamlayıcı ürünler kullanıldıkça, ilgili işletim sistemi daha fazla ilgi çeker. Benzer şekilde işletim sistemine duyulan ilgi, bu tarz tamamlayıcı ürünlerin gerçekleşmesi ve kullanılması adına güdülenme yaratır. İşletim sistemi ve yazılım aynı zamanda iki taraflı ağ etkisini (two-sided network effect) de temsil eder. Araba ve servis ağları, banka ve kredi kartları, oyun konsolları ve oyunlar, dvd ve dvd oynatıcı, televizyon kanalı ve program, iş ve üniversite dolaylı ve direk etki için örnek verilebilecek ürün aileleridir.

Yerel Ağlar ise ağa dahil olan ve/veya potansiyel bireylere sistemin tümünden gelen bir fayda düzeyini değil de, bireylerin etkileşimde olduğu diğer bireylerden gelen alt kümenin yarattığı fayda üzerinden değerlendirilirler. Ağ etkisi genel tanım için ağa aidiyet gösteren bireylerin sayısı ile ölçülürken, burada yerel düzeydeki bütüncül büyüklüklerden bahsedilebilir. Örneğin bir birey rakip iki ağ arasındaki kararını etkileşime geçtiği çevresindeki kullanımların ağırlığına göre karar verebilir. İnternet üzerindeki yazışma kanalları, sosyal paylaşım grupları bu ağ tipine örnek gösterilebilir.

3.4 Bağlanma (Lock-in)

Ağ tipi endüstrilerde alışılmış rekabet doğasından farklı bir yapı görölmektedir. Tüketicilerin tüketim tercihlerinin kendi aralarındaki ilişkisinin mevcudiyeti, talep taraflı ölçek ekonomilerinde, piyasa davranışını ve performansını etkiler. Özellikle Bandwagon³ tipi etkilerin varlığı altında, tüketim tercihleri, tüketicilerin beklentileri ile ciddi miktarda etkilenir ve bu da geleneksel talep teorisinde kap-sanmaz (Amir ve Lazzati, 2011, s.2390). Bilgi teknolojileri yeni nesil araştırma konularına ihtiyaç duyar. Bir tüketicinin bir ağa dahil olması ile elde edeceği fayda ağa dahil olan diğer tüketicilerin sayısı ile orantılıdır. Bu sayısal büyüklük dışında tüketicilerin beklentileri de çok önemlidir. Tüketicilerin beklentileri piyasa yapısını da şekillendirir. Beklentiler eğer bir firmanın veya o firmaya ait olan teknolojinin hakim olacağı yönündeyse, tüketiciler beklentiler dahilinde o firmayı hakim konuma getirir. Bu beklentilerin oluşmasında da piyasada ortaya çıkan başlangıç koşullarında etkisi vardır.

Bir tüketici ya tekil bir ağa dahil olup olmama kararı verir ya da var olan birbirleri ile rekabet halindeki ağlardan birini seçmek durumundadır. Farklı ağlar arasındaki tercih o ağların sunduğu ürünlerin birbirleri arasında uyumsuz (beraber kullanıma müsait olmaması durumu) olduğu durumda, tüketiciler açısından farklı değerlendirilmek durumundadır. Ağların birbirleri arasında uyumlu⁴ olması tüketilecek ürünün seçiminde tekil faydanın dışında başka bir değerlendirmeye gerek kalmaz. Uyumsuz olduğu durumda ise bu tekil faydanın yanında dahil olunacak ağın şartları da etkilidir. Bu bakımdan ağ etkisinin en dikkat çekici özelliklerinden biri de, tüketicilerin farklı uyumsuz standartlara sahip ürünler arasındaki tercihlerine dayanan rekabet ortamıdır. Herhangi bir ağa giren tüketici bahsedilen senkronizasyon etkisi ile o ağa bağlanmış olur. Bu bağlanma geçiş maliyetlerinin de olduğu durumda daha da büyüktür. Ancak bu bağlanma etkisi geçiş maliyetinden farklı olarak, sıfır toplamı bir oyun olduğunda karşı tarafta da negatif etki yaratacaktır. Örneğin bir ağa dahil olan bir tüketicinin aynı ağa gir-

³bandwagon effect: Bir mal birçok başka kişı tarafından tüketilirken, tüketmeyenler üzerinde almaya yönelik bir güdü oluşturur. Bu güdü sosyal bir refleks olarak moda, stil veya onlardan biri olma şeklinde açıklanabilir. Diğerlerinden farklı olmayı istememe şeklinde de ifade edilebilir. Bu sürü (herd effect) etkisi yaratmaktadır. Ancak çok insanın da aynı ürünü kullanması ile de o ürüne dönük negatif etki olabilir.

⁴Uyumluluk burada birbirleri ile ilişki kurabilme seviyelerinin bir göstergesidir. Bu ilişkinin niteliği farklı network tiplerinde farklı şekillerde karşılaşılr. Örneğin fiziki bir ağda uyumluluk direkt olarak bağlantı sağlama becerisi ile alakalı iken sanal ağlarda (virtual) ise bu kavram birlikte çalışabilme, sürdürülebilme gibi anlamlar taşır. Örneğin telekomünikasyon sektöründe farklı operatörlerde bulunan kullanıcılar bulundukları fiziksel ağdan diğer ağa yani operatöre ulaşabilme imkanları uyumluluğun bir göstergesidir. Sanal ağlarda ise donanım yazılım örneği üzerinde durulabilir (Page ve Lopatka, 1999, s.963-965).

miş olan diğer tüketicilere kazandırdığı ek fayda, diğer girmedığı bir ağ için, o ağa ait tüketicilere negatif bir etki yaratacaktır. Rekabet burada geçiş maliyetli olan piyasalara benzer şekilde piyasa payı üzerinden başlayıp, bir sonraki dönemde karı ön plana çıkaran bir stratejiye evrilir. Piyasa payı üzerinden hakim duruma gelen firma kendi standardını piyasaya kabul ettirir. Böylece de tüketicilerin alternatif ürünlere yönelmeleri zorlaşmakta hatta çoğu durumda imkansız hale gelmektedir. Piyasaya hakim olacak teknoloji her zaman en iyisi olmayabilir. Piyasa istenen çıktıya kendisini götüremeyebilir. Burada tüketiciler arasında bir koordinasyon başarısızlığı söz konusu olur.

3.5 Ağ Adaptasyonun Formel İfadesi

Piyasada tek bir firma ya da çoğul firma olsa da, ağ ürünlerinin rekabetinde oyun teorik yaklaşım geçerlidir. Bir kişinin veya grubun bir ağa adapte olma veya olmama şeklinde iki temel stratejisi vardır. Bu strateji kümesi tüm oyuncular için aynıdır. Oyuncular simultane veya ardışık hareket sonucu oyunu tamamlar ve ortaya denge veya dengeler çıkabilir. Eğer tekil bir denge durumu söz konusu değilse, bu dengeler arasından hangisinin seçildiği çıktının değerlendirilmesi açısından önemlidir. Ajanların bütüncül tercihleri, potansiyel tüm tercihler arasında en iyisi değilse bu durumda ajanlar iyi koordine olamamışlar demektir. Bu durumda bir koordinasyon başarısızlığı vardır. Ağ etkisi aynı malı tüketirken edindikleri karşılıklı faydayı ifade eder (mutual benefits of consumption). Bu karşılıklık bir koordinasyon mekanizması içerisinde anlamlıdır. Birçok ekonomist bu piyasalardaki ağ etkisinin piyasa başarısızlığına neden olan ağ dışsallıklarını barındırdığı ve nedenle bazı politika uygulamalarına ihtiyacı olduğunu belirtirler. Farrell ve Klemperer (2007)'de ağ seçimini ifade eden formel çerçeveyi belirtmiştir. Sistemde bulunan gruplar⁵ toplamda N birey bulundurmaktadır. i grubu ifade

⁵Bir teknolojiye veya ürüne adapte olan (ağa dahil olan) kullanıcıları birey birey düşünmek yerine, tamamlayıcılık özelliklerini yerine getiren bir tüketici grubu olarak da düşünülebilir. Farrell ve Klemperer (2007) verdiği bir örnekte kamera formatları için yapılacak bir tercihte fotoğrafçılar ile film yapımcıları ayrı etki merkezleri olarak göstermiştir. Bu grupların kullandığı bir teknolojiyi diğer grubun da benimsemesi tamamlayıcılık ilkesi ile daha yüksek bir çıktı seviyesini ortaya çıkartacaktır. Baskın tercih piyasada standart haline gelecektir. Burada bir grubun katılıyorken diğer grubun o ağa dahil olmaması katılan grup için fazladan bir maliyet unsuru olabilir. Yukarıda bahsedilen kritik yoğunluk değeri bir grubun sisteme katılması ile aşılamıyor olabilir. Bu da katılımıya bir maliyet getirme ihtimali vardır. Bu şartlarda hiç bir ağa katılmamanın faydası tekil katılımın önüne geçebilir. Böyle bir durumda sistemde iki adet denge noktası olup, tercih edilen iki grubunda sisteme entegrasyonu olacaktır.

edilirken n_i o gruba ait olan birey sayısını belirtir.

$$\sum n_i = N \quad (3.1)$$

Her bir grup bir ağa adapte olmak veya olmamak şeklinde ortaya tercih koyar. Burada ağ yapısına adapte olmak veya mensubu olmak aslında o ağa konu olan ürünün kullanılması ve/veya satın alınması gibi bir anlama gelmektedir.

i oyuncusun a hareketini seçerek edineceği ödeme miktarı $u_a^i(x)$ şeklindedir. Fonksiyondaki girdi değeri olan x , ilgili ağa adapte olmuş olan birey sayısını verir. Burada a hareketi bir ağı temsil eden seçenek olarak düşünülebilir. Ajanın diğer potansiyel seçimi ise a' olarak ifade edilir. Tüm i oyuncuları için oluşan ödeme fonksiyonuna atıfta bulunacak şekilde, bir ağ etkisi olması için aşağıdaki ifade özelinde (3.2) x değişkeninde sürekli artan bir yapıda olması gerekmektedir. Bu formasyon bazı eşik değerleri (kritik yoğunluk) kullanılarak özelleştirilebilir ancak en sade gösterimle aşağıdaki ifade kullanılabilir.

$$u_a^i(x) - u_{a'}^i(N - x) \quad (3.2)$$

İki gruplu bir sistemin tek bir ürüne olan adaptasyonunun oyun teorik gösterimi (tek ürünli ağ yapısı) aşağıdaki şekilde olabilir;

		Ödeme Matrisi	
		Grup 2	
		Adapte Olursa	Adeptte Olmazsa
Grup 1	Adapte Olursa	$u^2(N)$	0
		$u^1(N)$	$u^1(n_1)$
	Adeptte Olmazsa	$u^2(n_2)$	0
		0	0

İki gruplu bir sistemde bir ağ etkisinden bahsedebilmek için aşağıdaki ifadenin gerçekleşmesi gerekmektedir;

$$u^i(N) > u^i(n_i) \quad i = 1, 2, \dots, K \quad (3.3)$$

Yukarıda belirtilen sistemde tekil olabileceği gibi çoğul bir denge durumu da mümkündür. İki gruplu bir sistemin iki alternatifli ürüne olan adaptasyonunun oyun teorik gösterimi aşağıdaki şekilde olabilir;

		Ödeme Matrisi	
		Grup 2	
		A Adaptasyonu	B Adaptasyonu
Grup 1	A Adaptasyonu	$u_A^2(N)$	$u_B^2(n_2)$
		$u_A^1(N)$	$u_A^1(n_1)$
	B Adaptasyonu	$u_A^2(n_2)$	$u_B^2(N)$
		$u_B^1(n_1)$	$u_B^1(N)$

Ağ etkisinin ortaya çıkması için gerekli durum aşağıdaki gibi gösterilebilir;

$$u_a^i(N) > u_a^i(n_i) \quad i = 1, 2 \quad a = A, B \quad (3.4)$$

Bu durum nedeni ile sistemde 2 denge hali mevcuttur. Ağ etkisinin karakteristiğine göre oyun dengesinde değişiklikler olabilir.

Temelde tanım gereği bir bireyin bir ürüne adaptasyonu diğer adapte olmuşların faydasını arttırır, ayrıca adaptasyonu diğerlerinin adapte olma güdüsünü arttıracaktır. Bu tanımdaki ilk ifadeye toplam etki (total effect), diğerine ise marjinal etki (marginal effect) denir. Örneğin bir bankanın kredi kartı ağının yarattığı toplam etki zayıfken, marjinal etkisi ise yüksektir. Yukarıdaki matris gösterimleri toplam etkinin analizidir.

Grup 2 nin, grup 1 'in A'yı seçtiği ortamda B yerine A'yı seçme güdüsü;

$$u_A^2(N) - u_B^2(n_2) \quad (3.5)$$

Grup 2 nin, grup 1 'in B'yi seçtiği ortamda B yerine A'yı seçmesi ise;

$$u_A^2(n_2) - u_B^2(N) \quad (3.6)$$

Grup 2 nin, grup 1 'in B'yi seçtiği ortamda B yerine A'yı seçmesi ise;

$$u_A^2(N) - u_B^2(n_2) > u_A^2(n_2) - u_B^2(N) \quad (3.7)$$

şeklinde gösterilir. Bu ifade aşağıdaki gibi düzenlenebilir;

$$u_A^2(N) + u_B^2(N) > u_A^2(n_2) + u_B^2(n_2) \quad (3.8)$$

Yukarıdaki durum aşağıdaki toplam etki değerinin sağlanması ile ortaya çıkar;

$$u_k^i(N) > u_k^i(n_i) \quad i = 2 \quad k = A, B \quad (3.9)$$

Yukarıda ifade edilen toplam ve marjinal etki ifadeleri bir ürüne olan adaptasyonun matematiksel ifadelerle fayda fonksiyonunda nasıl yer alacağına dair fikir verir.

3.6 Koordinasyon Başarısızlığı

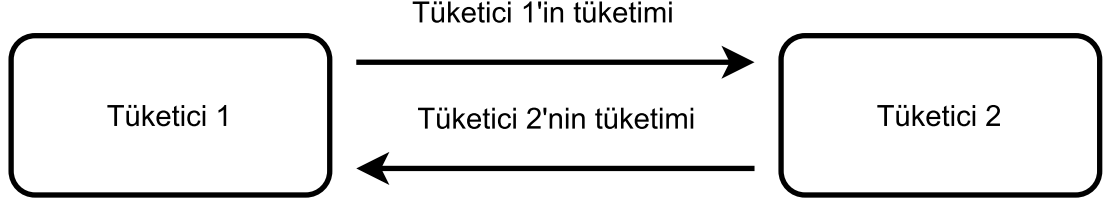
İktisadi bireylerin karşılıklı ilişkisinde her bir birey, diğer bireylerin alternatif stratejilerini de düşünerek kendi stratejisine karar verir. Koordinasyon problemi n iktisadi bireyin ($n > 1$) arasındaki karşılıklı bu etkileşimin, sistemin bütünü açısından çıktının alternatifleri arasında en iyisi olmadığı durumu ifade eder (Cooper, 1999, s.10). İşbiriksiz oyunlarda (NonCooperative Games) bu seçimlerin ortaya çıkardığı denge değeri, birden fazla ve diğer alternatif denge seviyelerinden daha düşük bir çıktı düzeyinde ise, koordinasyon problemi kendini göstermiş olur.⁶ Düşük bir çıktı seviyesinden daha yüksek bir çıktı seviyesine gelebilmek için diğer oyuncuların stratejileri veri iken, oyuncunun stratejisini değiştirmesi için özendirici bir durumun olması şarttır. Aksi halde oyuncular bu halihazırdaki denge halinden ayrılmazlar. Eğer oyuncular kendi aralarındaki ilişkiyi ve buna bağlı güveni geliştirebilirler (cheap talk) ise koordinasyon mekanizması devreye girer ve maksimizasyon problemi daha yüksek bir çıktı seviyesi ile çözülebilir.

Cooper ve John (1988) çoklu dengeyi oluşturabilecek şartları modellerinde göstermişlerdir. Modelde oyuncuların strateji tercihleri arasında pozitif bir ilişki vardır. Bu tanım kavramsal olarak stratejik tamamlayıcılığı (strategic complementarity) işaret eder. Burada bahsedilen stratejik tamamlayıcılık kavramı ile pozitif dışsallık birbirini ile farklı kavramlardır. Dışsallık diğer oyuncuların hareketleri sonucu, bazı oyuncuların ödemelerine olan doğrudan etkidir. Bu etki çoğu zaman iktisadi bireyin fayda fonksiyonunda hesaplanabilir bir durum değildir. Ajan bu etkiyi içselleştiremediği gibi ayrıca stratejisinde bir değişikliğe gerek kalmaksızın, ödemesinde bir artış yakalayabilecektir. Stratejik tamamlayıcılık ise, diğer oyuncuların hareketlerinin, oyuncunun benzer hareketlerine olan teşvikidir. Oyuncuların benzer yönde güdülenmesi sağlanır. Oyuncu bu ilişkinin pozitif etkisini fayda fonksiyonunda içselleştirebilir. Stratejik tamamlayıcılık çoğu zaman sistemin birden fazla dengeye sahip olmasının önünü açar (Çilingiroğlu, 2010).

Ağ etkisi, bir tüketicinin tükettiği bir üründen edindiği faydanın, aynı ürünü

⁶Burada farklı denge noktalarından birinin tercihi için ayrıca patika bağımlılığı (path dependency) literatürü takip edilebilir. Sistemin ulaşacağı son denge hali, sistemin başlangıç koşulları ile sıkı sıkıya bağlıdır.

tüketen diğer tüketicilerin olması ile değiştiği durumu ifade eder. Tanımı daha da şekillendirirsek, ağ etkisi, tüketimdeki karşılıklı (mutual) fayda durumudur. Bu bakımdan stratejik tamamlayıcılık etkisi ağa konu olan ürünler için de kullanılabilir.



Şekil 3.1: Tüketiciler arasındaki karşılıklı etkileşim sonucu ortaya çıkan tamamlayıcılık

Burada her tüketicin faydası hem kendi strateji tercihine hem de diğer tüketicin strateji tercihine bağlı olarak yazılabilir.

$$u^1 = u^1(s^1, s^2) \quad , \quad u^2 = u^2(s^2, s^1) \quad (3.10)$$

Burada tüketicilerin strateji tercihine göre kurgulanmış bir fayda fonksiyonu görülmektedir. Bunun gibi tüketici sayısı üzerinden de düşünülebilecek bir fayda fonksiyonu (3.11) yazmak mümkündür (Spulber, 2008, s.11-14).

$$u^i = u^i(n, i) \quad (3.11)$$

Burada ağa ne kadar kişi dahil olursa o kadar i . tüketicinin faydası artacaktır. Burada dikkat edilmesi gereken durum optimal sosyal etki için tüketicilerin ne kadarının hangi ağ ürününü seçmeleri gerektiği yönündedir. Bu bağlamda karşılıklı bir koordinasyon problemi söz konusudur. Ağın boyutları genişledikçe bu koordinasyonun karakteristiği de değişir. Küçük bir sistem ile büyük bir sistem arasında ciddi bir koordinasyon problemi farkı vardır.

Tüketicilerin tüketimden karşılıklı fayda elde etmeleri için tüketimlerini koordine etmeleri gerekmektedir. Etkin bir çıktı bu koordinasyonun başarısı ile orantılıdır. Böyle bir koordinasyonun başarısız olması durumunda sosyal maliyetler ortaya çıkar. Ağ etkisi ile bir malın tüketiminden kazanılan faydanın bireysel fayda ile ağa bağlı olan faydanın toplamı olduğuna dikkat etmek gerekir. O yüzden ağ etkisinin olduğu durumda sosyal fayda bireysel faydaların toplamından fazladır. Eğer sistemde yeterli koordinasyon söz konusu değilse toplam fayda bu potansiyel sosyal faydanın altında olacaktır. Sonuç olarak düşük bütüncül talebin toplam arzı kestiği nokta, sosyal optimal talebin kestiği noktanın altında kalır. Buna rağmen piyasa bu başarısızlıkları ortadan kaldıracak başka mekanizmalar ortaya

çıkartır. Yukarıdaki örneği n oyunculu bir mekanizma için genişletilirse, oyuncu i , $i = (1, 2, \dots, n)$ s_i stratejisini seçmektedir. Buna karşılık diğer oyuncular da s_{-i} strateji vektörünü seçerler.⁷ Bu hali ile n oyunculu bir koordinasyon durumunun oyuncular açısından ödeme fonksiyonu aşağıdaki şeklini alır.

$$u(s_i, s_{-i}) \quad (3.12)$$

Tamamlayıcılık etkisinin karşılaştırmalı statik analiz çerçevesinde gösterebilmek için yukarıda belirtilen ödeme fonksiyonunun sürekli diferansiyellenebilen bir fonksiyon olduğunu kabul ederek devam edilecektir. Ağ etkisinden farklı olarak klasik bir fayda fonksiyonuna konu olan tamamlayıcılık ilkesi tartışılrsa idi, genellikle konkav fonksiyonlar kullanılacağından aşağıdaki birinci ve ikinci türev değerleri verilebilirdi.

$$\frac{\partial u}{\partial s_i} > 0 \quad , \quad \frac{\partial^2 u}{\partial s_i^2} < 0 \quad (3.13)$$

Pozitif yayılma (positive spillover) diğer oyuncuların hareketlerindeki pozitif bir değişikliğin, oyuncunun hareketini değiştirmeden, ödemesinin pozitif anlamda değişeceğini ifade eden kavramdır. Bu kavram ağ içerisinde düşünüldüğünde ağ etkisi kavramının matematiksel ifadesi olarak aşağıdaki durum ortaya çıkar.

$$\frac{\partial u}{\partial s_{-i}} = u_2(s_i, s_{-i}) > 0 \quad (3.14)$$

Bir ağa dahil olan tüketici, eğer ağ etkisi varsa yukarıda gösterilen pozitif yayılma durumu söz konusu olacaktır. Bu yayılma durumu tüketici tarafından tüketimden önce gözlemlenebilip karar mekanizmasına sokulamyorsa bu durum dışsallık olarak algılanabilir. Ters durumda yani negatif yayılma (negative spillover) durumunda ise ifade şu şekilde yazılır;

$$\frac{\partial u}{\partial s_{-i}} = u_2(s_i, s_{-i}) < 0 \quad (3.15)$$

Diğer oyuncuların stratejilerindeki artışın, oyuncunun stratejisindeki marjinal artışına etkisi pozitif bir değerse stratejik tamamlayıcılıktan söz edilebilir;

$$\frac{\partial^2 u}{\partial s_i \partial s_{-i}} = u_{12}(s_i, s_{-i}) > 0 \quad (3.16)$$

⁷ s_{-i} strateji vektörü $1 \times [n-1]$ boyutunda bir vektördür. Fayda fonksiyonu sahibi olan tüketici dışındaki tüm diğer tüketiciler stratejileri bu vektörde yerini alır.

Bunun tersi olarak stratejik ikamecilik ise aşağıdaki gibi yazılır;

$$\frac{\partial^2 u}{\partial s_i \partial s_{-i}} = u_{12}(s_i, s_{-i}) < 0 \quad (3.17)$$

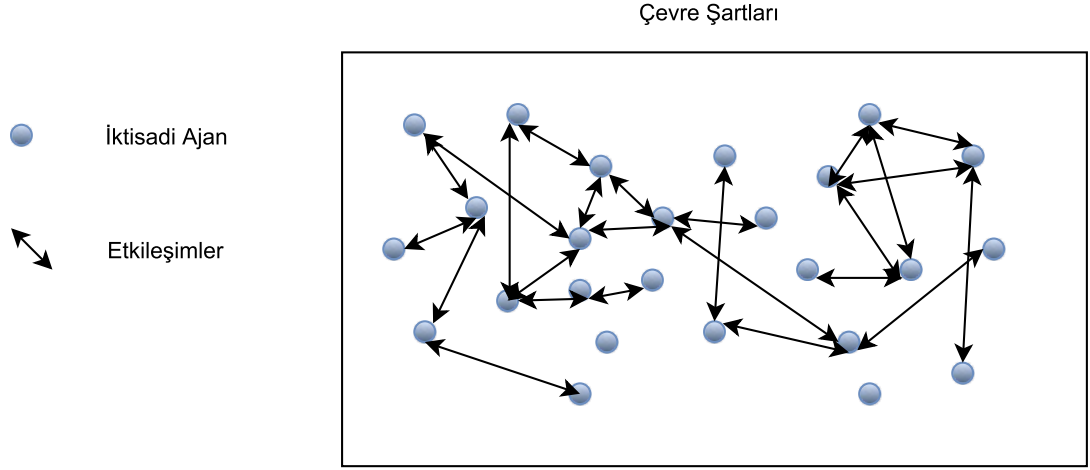
Stratejik tamamlayıcılık artan getiriye gösterir. Ağ daha cazip kılan bir özelliktir. Ağ dahil olmamış olan tüketiciler için özellikle göz önünde tutulur. Bu hali ile tüketiciler kritik düzeyi de hesaba katarak bu tamamlayıcılık ilkesinin fayda fonksiyonuna yansımaları ile etkilenirler. Özellikle spontane yerine sıralı seçimlerin olduğu durumlarda bu kritik düzeyin aşılabacağına olan beklenti tüketiciler tarafından onaylanırsa, o zaman stratejik tamamlayıcılık ilkesi hesaba katılarak bu değerlendirmeler yapılır. Özellikle ilk seçimi yapacak olan grup temelde daha sonradan gelecekler için ciddi anlamda bağlayıcı olacaktır. İlk seçimler etkin bir çıktıya götürebileceği gibi belirsizlik genelde etkin bir sonuçtan sapmalara neden olacaktır.

Koordinasyon başarısızlıkları yarattıkları eylemsizlik durumları nedeni ile aşılması güç durumları yaratır. Tüketiciler koordinasyon mekanizması için bir iletişime ihtiyaç duyarlar. Ağ etkisinde bu iletişim mekanizması her zaman olamadığından güçlü bir eylemsizlik formu ortaya çıkartabilir. Bu durumda uyumsuz iki ürün arasında geçiş zorlaşır. Özellikle geçiş maliyeti ile birlikte bir ağ etkisi olduğu durumda, koordinasyonu çok daha zordur.

3.7 Yerel Ağ Yapısı

Bu aşamaya kadar ağ etkisinin karakteristiği tüm ağın sayısal değerleri üzerinden ifade edilmiştir. Bu global etki, ağın üyelerinin potansiyel üyelere olan oranı ile kritik düzey gibi oransal ifadelerle ölçülebilmektedir. Sayısal ölçüt yanında ağın niteliksel özellikleri de nadir de olsa niceliksel özellikleri ile birlikte ele alınabilmektedir. Bütüncül davranışın tüm ağ etkisini içselleştiren kar ve fayda fonksiyonlarında doğrudan kullanılabilir olması modellerin ifade ettiği tüm gerçek yaşam problemleri için karşılık bulamayabilir. Bazı durumlar ağ etkisinin yerel düzeyde tanımlanma ihtiyacını ortaya koyar. Bu lokal davranış tüketicinin komşulukları düşünülerek hesaba katılır. Birinci derece komşulukların etki seviyesi daha fazlayken, dolaylı ya da diğer bir ifade ile n. derece komşuluklarda ise bu etki azalarak modellenir. Global etkinin modellenmesinde ajanlar genellikle homojen, birbirlerinden bağımsız ve ağ içerisindeki bilgi akışının sorunsuz ve eşit olacağı varsayımlarına dayanır. Lokal etki düşünüldüğünde ise farklı ağ yapılarının ve iletişim kanallarının mevcudiyeti hesaba katıldığında, etkileşimlerle gelen bir heterojenlik ve bilgi asimetrisi durumu ortaya çıkabilir. Genellikle her

ajan, bir ajan alt kümesinin elemanıdır. Ürüne olan adaptasyonun getirisi o ağı dahil olan tüm tüketicilerin sayısı ile değil de bağlı olduğu bu alt kümenin adaptasyon değerlerine bağlıdır. Bu değerler sayısal değerler olabileceği gibi ajanların niteliksel ağırlığı ile de ifade edilebilir (Sundararajan, 2007). Yerel ağ etkisinde ajanın faydası, komşuluğu dahilinde bulunan diğer ajanların aynı ürünün kullanması (tüketmesi) durumunda artar (Candogan, Bimpikis, ve Ozdaglar, 2010).



Şekil 3.2: Yerel Ağ Yapısı Örneği

Yerel ağ yapısının modellenmesinde graf teorisi (graph theory) ve işbirlikçi oyun teorisi (cooperative game theory) sıklıkla kullanılmaktadır (Bala ve Goyal (2000); Galeotti, Goyal, ve Kamphorst (2006)). İşbirlikçi oyun teorisi ile ağın elemanlarının komşulukları ağ formasyonu (Jackson, 2006, 2008) çerçevesinde incelenir (Comola, 2016, s.3). Fayda fonksiyonlara karşılıklık ilkesi ile tamamlayıcılık açısından bakılır. Graf teorisi ise komşulukların tanımı, merkezilik ve etki derecelerini ifade eder. Yerel Ağların analizi yukarıda belirtilen araçların gelişmesi ile de son zamanlarda ilgi alanı olmuştur. Konu ile ilgili birçok ampirik ve teorik çalışma yapılmaya başlanmıştır. Birke ve Swann (2006)'ın Birleşik Krallık için telekomünikasyon piyasasındaki tüketici operatör tercihlerini yerellik bakış açısı içerisinde incelemesi önemli bir çalışmadır. Yerel ağ yapılarının bir çok iktisadi davranış için modellere adapte edilebilmesi olasıdır. Örneğin benzer grup veya segment analizi yapılırken yerellik önemli bir argüman olabilmektedir. Banerji ve Dutta (2009)'un yaptığı çalışma bu bağlamda değerlendirilebilir. Çalışmada aynı grup içinde iletişim geçerli kılınmış olup bu iletişim fiyatların da hesaba katılması ile tüketici tercihlerinde rol oynar. Galeotti ve Goyal (2009) sosyal etkileşimler ile ortaya çıkan optimal stratejiyi incelemişlerdir (Fjeldstad, Moen, ve Riis, 2009, s.1-5).

Global ve lokal davranış farklılıklarına oyun konsolları örnek olarak gösterilebilir. Oyun konsollarında bu iki etkiyi de görmek mümkündür. Konsolun piyasa başarısı,

piyasa payı ile ifade edilebilir. Özellikle ağ üzerinden oynanan bu oyunlarda tüketiciler, oyunların yaygınlığı ile konsolun tercih edilmesi arsında bire bir bağlantı kurarlar. Bununla birlikte özellikle çevrimdışı oyunlarda tüketiciler kendi çevrelerindeki konsol kullanımlarına bakarak daha çok hareket etme eğilimindedirler. Bu eğilim ağ etkisinin yerel davranışını gösterir. Bu iki etkide tüketicinin karar vermesinde kullandığı fayda fonksiyonunda yerini alabilir. Dinamik fiyat rekabetinin yaşandığı bir ortamda firmalar davranışlarını bahsedilen iki ayrı etki içinde düşünmek durumundadırlar (Xu, 2014). Günümüzde online sosyal ağlar yerel davranışların en çok görüldüğü ortamlardır. Bu bakımdan yerel ağ etkisi online sosyal ağların hayatımıza yeni sayılabilecek bir zamanda girmesi ile araştırmalarda da yeni yeni yer bulabilmektedir. Firma ve tüketici davranışlarının yerel ağ etkisi global etkiye göre az sayıda araştırma barındırır. Aynı ürünü talep ve arz eden alıcı ve satıcıların finansal servisler için aynı ağı seçmeleri oldukça sık görülür. Genellikle iş partnerleri aynı ürün ailesi veya teknolojisi kullanması ile faydalarını arttıırırlar. Örneğin alıcılar ve satıcılar bu alt kümede bulurlar ve her bir birey diğer alıcı ve satıcıların davranışlarına göre pozisyon almayı tercih eder. Bunun dışında bu tarz sosyal, alış veriş ağlarının izole olması söz konusu olamaz. Bir ajan diğer alt kümelerle de ilişkiye geçebilir (Fjeldstad, Moen, ve Riis, 2009). Örneğin bankalar kredi kartları ve cihazları için bu ağlara ulaşmak isterler. Giyim, ulaşım gibi sektörlerde bu davranış sıklıkla görülebilir. Bir diğer örnek de telekomünikasyon sektörü için verilebilir. Aynı lokal ağa gelir,yaş, konum gibi ortak özelliklere sahip olduklarından dahil olan bireyler benzer tercih kalıplarında bulunurlar. Bu davranış kalıpları da firmalar tarafından cazip kampanyalar ile manipüle edilemeye çalışılır.

3.8 Ağ büyüklüklerinin sayısal veya yapısal olarak incelenmesi

Klasik ağ etkisi literatüründe, araştırmalar ağın sayısal büyüklüğü üzerinden bir değerlendirme yapmaktadır. Buna rağmen koordinasyon için sadece sayısal değerler yeterli bir ölçüt olmayabilir. Tüketicilerin kendi aralarındaki sosyo ekonomik ilişkinin boyutu, bilginin hangi kanallarla nasıl ilerlediği, sistemde ne gibi daralmaların, tıkanmaların olduğu (congestion) ile ilgilidir. Hatta bu koordinasyon tüketicilerin iletişim süresi ile bile alakalı olabilir (cheap talk). Kısacası tüketicilerin etkileşim düzeyi ve niteliği bu aşamada önemlidir. O nedenle ağın niceliksel büyüklüğü çoğu ağ fenomeninin açıklamada başarısız olabilir (Spulber, 2008). Bir çok araştırmacının yaptığı ağ etkisi tanımlarında ağın sayısal büyüklüğü üzerinden hareket ederler. Halbuki ağın yapısı çoğunlukla sayısal büyüklüğü tekil olarak değerlendirecek bir homojenliğe sahip olmayabilir. Ağın içinde farklı ağırlıklara ve etki gücüne sahip bireyler olması çok olasıdır. Bireylerin etkileşim-

lerinin farklı karakteristikleri yanında ayrıca bireylerin heterojen yapıları sıklıkla görülür. Örneğin farklı gelir düzeylerine ve/veya farklı fayda fonksiyonlarına sahip bireylerin ağdaki mevcudiyetleri tek düze bir ağ yapısına göre farklı etkiye sahip olacaktır.

Afuah (2013) sayısal büyüklükler dışındaki ayrımın literatürde ağın yapısı ve davranışı üzerinden iki farklı başlıkla değerlendirildiğini vurgular. Bu bağlamda Birke ve Swann (2010), Soh (2010) ve Suarez (2005) çalışmalarında sayısal büyüklüğün eleştirisi üzerinden bu tartışmalar yapılır. Ağın yapısı olarak ajanların kendi aralarındaki işlem yapabilme kabiliyeti, ajanların merkezilik ölçütü, ajanların ilişkilerindeki dereceler, ağ içinde ağırlığı olan ajanların varlığı ve bu ajanların bilişsel yetenekleri önemli olarak sayılabilir. Bu kompleks ölçütler graf teorisi ile birlikte modern simülasyon teknikleri kullanılarak analizi yapılabilir. Ağın davranışları ise itibar, şöhret, popülerlik gibi kavramların bazı ağ bireylerini diğerlerinden farklı derecelendirme imkanı verir. Bu da ağı homojen olmayan bir yapıya sokar.

Gerçek hayatta ağ niteliği çok daha dikkate alınan bir durumdur. Örneğin tüketiciler sosyal medyada sayısal üstünlüklerden ziyade, cazip olan diğer ajanlar etrafında kümelenirler. Böyle bir ağın analizi için yapısal faktörlerin değerlendirilmesi zaruridir. Klasik analizlerde ağ için her bireyin diğerleri ile rahatlıkla iletişime geçtiği, bireylerin rasyonel ve homojen olduğu ve bilginin tüm ağı doğrudan yayıldığı bir yapı üzerinden düşünülür. Ancak gerçek hayat bu kesin çizgileri kabul etmemektedir.

3.9 Arz Tarafı

Şu ana kadar anlatılan taraf ağ etkisinin talep tarafında nasıl şekilleneceği hakkındaki ifadeleri içermekteydi. Arz tarafında ise geçiş maliyetine benzer şekilde firmalar piyasada avantajlı bir konuma geçip mümkün olan maksimum karı elde etmek için ağ tipi bir ürünün avantajlarını kullanmaya çalışacaklardır. Firma bireyin tercihinde ve ödeme fonksiyonunda diğer tüketicilerin tercihlerinin de belirleyici olduğunu bilir. Her firma kendi ürününü ve ona bağlı teknolojisini standart hale getirmek için uğraşır. Bu çaba ilgili firmaya gelecek dönemlerde bariz bir rekabet avantajı getirecektir. Piyasada standart olan veya piyasanın önemli bir yüzdesine sahip olan firma hem fiyatlama stratejisinde esneklik imkanı bulur hem de potansiyel karını arttırır. Geçiş maliyetlerinde olduğu gibi gelecek fiyatlarının uzun dönemli anons edilmesi çok olası değildir. Tüketiciler açısından ortaya çıkan bu bilgi asimetrisi, kararların beklentiler ile şekillenmesini sağlar. Firmalar da temelde tüketicilerin beklentileri belirlemek için çaba sarf eder. Çoklu periyotlar-

daki yapılacak olan analizlerde çoğunlukla firmaların avantajı elde etmeye çalıştığı ilk dönem(ler) ve daha sonrasında bunu kara çevirecekleri ileri dönem(ler) olarak ayrılır. Piyasada bir firmanın yakalayacağı avantaj sadece sayısal üstünlüğe bağlı değildir. Ağın yapısını oluşturan tüm bireylerin niteliğine ve etki kabiliyetlerine de bağlı olarak değişir. Örneğin telekomünikasyon sektöründeki ağ ürününe bağlı olan rekabet göz önüne alındığında gsm operatörlerinin mücadelesi sayısal değerler üzerinden tekil olarak incelenmez. Tüketiciler gelir, kullanım, sosyal statü gibi çok farklı segmentlerde olabilirler. O nedenle arz tarafında yaşanacak bu rekabet tüm bu faktörlerin tümü ile incelenmesi gereken bir durumdur.

Bu faktörler dikkate alınırken firmalar farklı segmentlere farklı fiyatlandırma stratejisini daha makul bulurlar. Farklı fiyatlandırma ağı ilk dahil olanlarla sonradan dahil olanlar arasında olabileceği gibi farklı karakteristik gruplar arasında zamandan bağımsız da olabilir. Firmalar hem tüketicileri tekil olarak cezbedecek fiyatı ararken hem de ağı dışısalığını doğrudan ortaya çıkaracak olan kritik düzeye gelmeye çalışacaklardır. Kritik düzeye gelen bir ağ tüm alternatif tüketiciler için daha cazip hale gelir. Bu nedenle bu düzeye kadar yapılacak olan promosyonlar firmalar için yatırım niteliği taşır. Rochet ve Tirole (2006) ve (Armstrong, 2006) çalışmalarında olduğu gibi kredi kartı piyasası, bilgisayar platformu, gazeteler örneklerde olabilir. Farklı tüketici segmentlerinin kendileri aralarında tüketimde tamamlayıcılık özelliklerinin olduğu düşünüldüğünde, bir gruba veya gruplara yapılacak promosyon daha hızlı reaksiyon verir. Genel olarak geçiş maliyetlerinde görülen "bargain and rip-off" (fırsat ver ve sömür) örüntüsü ağ etkisinde tüketiciler arasındaki tamamlayıcılık etkisinin de ilavesi ile benzer bir durum sergiler. Bu nedenle ürüne bağlanmış olan tüketiciler açısından ex ante ve ex post etkiler birbirinden farklıdır. Bağlanmış bir tüketici için ağ etkisindeki üründen ayrılmak geçiş maliyetlerinin olmadığı bir durum dahi olsa koordinasyon mekanizmasından çıkacağı için maliyetli bir durum ortaya çıkartır. Rekabet halindeki uyumsuz ürünleri barındıran iki ağın rekabetindeki temel strateji ilk dönem tüketicileri ağı çekip ağı cazip hale getirmektir. Tüketicileri ağı çekme işleminde beklentileri kontrol etmeye çalışmak önemli bir yer tutar.

Tüketici aynı fonksiyonel yapıya sahip iki farklı ağ ürünü için ağ etkisine ve ölçek ekonomisine bakarak karar verir. Beklentiler maliyet ve kalite farklılıklarına farklı yollardan cevap verecektir. Geçmiş başarılar, getiriler, kalite patikaları ve en önemlilerinden biri tüketici artığını izlenerek bir cari beklenti oluşturulur. Eğer bir tüketici diğer tüketicilerin de aynı ürünü alacağını düşünürse tüketici artığı sabit ve maksimum değerinde olur (Farrell ve Klemperer, 2007, s.2036-2047).

3.10 Politika

İktisatçıların uyumsuz malların rekabetinde ortaya çıkan durumun etkinliği üzerinde farklı değerlendirmeleri vardır. Rekabetin etkinliği üzerine yapılan değerlendirmelerde olumlu bakış açısı tüketicilerin koordinasyon mekanizmasını doğru işleteceği ve iletişim kanallarını işleterek sosyal faydayı maksimum kılacak seçeneklere yöneleceği fikri vardır. Aksi fikir sahipleri ise bu mekanizmanın doğru işletilmesinin güç olduğu, ve piyasanın koordinasyon başarısızlıkları nedeni ile düşük çıktı seviyesinde sıkışma ihtimalinin olası olduğu fikrine sahiptir. Tüketicilerin bilgi eksikliği gelecek öngörülerini belirsizlik altında yapmalarına neden olacağından, özellikle ağ etkisinde öncül seçimlerin sistemde yaratacağı patika nedeni ile diğer tüketicileri bu kötü tercihe yönlendirmesi sık görülebilecek bir durumdur. Başlangıç seçimlerinin başarısı ise seçimi yapacak olan tüketicilerin miyopisi, kolektif geçiş maliyetine ne kadar sahip oldukları ve ne kadar yönlendirildikleri ile alakalı bir durum olarak ifade edilebilir. Tüketiciler geçmiş tercihlerini tüketici artığından daha fazla dikkate alırlarsa, etkin olmayan ilk tercihlerin sistemi kilitlemesine sebebiyet verebilirler.

Bu iki farklı iktisadi bakış açısı beraberinde farklı politika önermeleri de getirmektedir. Bu politika önermeleri ağ etkisinin aslında çok karmaşık bir yapıda olmasından dolayı farklı yelpazelerde olabilmektedir. Bir koordinasyon probleminin aşılmasında kullanılabilecek bir iletişim seçeneği ağ etkisinin çok farklı olan yapısından dolayı yetersiz kalabilmektedir. Fikri haklar, iletişim kanalları, sözleşme uygulamaları, inovasyon etkisi, tamamlayıcı ürün aileleri, uyumluluk dereceleri gibi konular regülasyon çerçevesinde değerlendirilmeye ihtiyaç duyulan konulardır. Ayrıca bu konuların regülasyon çerçevesi hukuki tartışmaları da beraberinde getiren uygulamalar vardır. Örneğin Microsoft firmasının rekabet davaları bu çerçevede bakılabilir (Farrell ve Klemperer, 2007, s.2052-2054).

Koordinasyon başarısızlığı bölümünde ifade edilen tüketicinin fayda fonksiyonu (3.12) global parametrelerle zenginleştirilmek istenirse aşağıdaki ifade ortaya çıkar;

$$u(s_i, s_{-i}, \phi) \quad (3.18)$$

Burada geçen ϕ sisteme dışarıdan müdahale yapıp, farklı bir çıktı noktasına götürebilecek olan bir değişkeni ifade eder. Bu değişken bir iletişim kanalı olabileceği gibi, doğrudan teşvikler veya kısıtlamalar olarak da karşılaşılır. Bu değer sistemde burada ifade edildiği gibi sadece eksojen bir değişkeni değil bazen de endojen bir değişkeni de ifade edebilir.

Ağ etkisi üzerine geliştirilecek politikalara uyumsuzluğu ortadan kaldıracak teşvikler veya zorlamalar eklenebilir. Örneğin telekomünikasyon sektöründeki numara taşımanın serbest hale gelmesi ile ağ etkisi zayıfladığından daha rekabetçi bir ortam doğmuştur. Ancak bu durum tüm sektörler için bir doğru değildir. Özellikle araştırma geliştirmenin (ar-ge) ön planda olduğu durumlarda ağ etkisi yenilikçiliği (inovasyon) teşvik edici bir unsur olabilir.

Yukarıdaki ϕ parametresi, geleneksel oyun teorik bir yapıdaki karşılıklı etkileşime giren (mutual) ana iktisadi bireylerin seçimlerini değil, dışarıdan bir iktisadi ajanın tercihi sonucu sistemi etkileyebilecek bir parametredir. Bu parametre ağ yapısına özgü durumları da kapsamı istendiğinde ağın farklı bireyleri arasındaki her etkileşim için hem dışarıdan atanan bir global değişken gibi düşünülebilir hem de ilgili etkileşim özelinde (ϕ_i) etki yaratabilecek bir durum sergileyebilir. Örneğin enerji veya telekomünikasyon piyasasının çok katmanlı yapısı içinde regülasyon kurumu verdiği kararlar ile farklı ağ bireylerini farklı etkileme becerisine sahiptir. Bu haliyle etkileşimler özelinde bir ϕ parametresi sistemde tanıtılması zorunlu bir hal alır. Ajan spesifik bir tanımda simülasyon becerileri ile modellenen bir durum olarak karşımıza çıkar.

4 İKTİSADİ KOMPLEKSİTE ve AJAN BAZLI HESAPLAMALI MODELLEME

4.1 GİRİŞ

Yirmibirinci yüzyılda etrafımızda olan biteni anlamak için sadece gözlem yapmak değil aynı zamanda her geçen saniye yine çevremiz tarafından oluşturulan inanılmaz büyüklükteki verinin yorumlanabilmesi gereklidir. Bu veriler sadece çevre elemanlarının kendi özelliklerinden değil aynı zamanda tüm bu çevre birimlerinin kendileri arasındaki etkileşiminin de bir sonucudur. Bütün bu düzensiz verinin yorumlanabilmesi insan beynin sınırlarının çok üzerindedir. Bilişim teknolojileri bu uçsuz bucaksız dünyanın anlaşılabilmesi için harika bir deneyim sunar. Bütünde gördüğümüz aslında bu karmaşık sistemin tüm elemanlarının ve onların etkileşiminin o anki sonucudur. Bütün parçalardan farklıdır. Onu anlayabilmek, ancak detaylardaki incelikleri anlayabilmek ile mümkündür. Detayların analizini sağlayacak olan alet çantası ise her geçen gün artan bilişim teknolojilerinin araştırmacılara sunduğu imkanlardır.

Yaşadığımız dönemin sorularının karmaşıklığı, bizi standart olmayan metodolojilerin ve disiplinlerin arayışına itmesi normaldir. Çevremiz karmaşık ve kompleks sistemler ile doludur. Buradaki karmaşıklık ve kompleks yaklaşımlarının birbirinden ayrılması gerekmektedir. Güneş sistemi, gezegenlerin yerleşimleri, yörünge hızları ve ivmeleri bir sistem içerisinde karmaşık görünse de, izafiyet teorisi içerisinde değerlendirildiğinde tüm senaryolar kestirilebilir hale gelebilecektir. Kompleks sistemlerin karmaşık olarak algılanmaları ise, içerisindeki elemanların detaylarından değil, etkileşimlerinden ortaya çıkan ve kestirilemeyen yapılarından kaynaklanır. Bu yapıda ise klasik analitik teknikler, uygulanması zor, hatta imkansız bir hal alır (West, 2012). Bu sistemleri anlayabilmek tekil disiplinlerin dinamikleri ile değil çoklu disiplinlerin ortak çalışması üzerine kurularak sağlanabilir. Bu anlayış veya metodoloji bilimsel incelemeler için yakın tarihte ortaya çıkmış ve standart bilimsel incelemeler için alternatif yaratmıştır. Klasik analitik teknikler, ağırlıklı olarak indirgemeci (reductionist) bir yaklaşımı benimser. Sistemi basit bir şekilde parçalarının toplamı olarak görme eğilimindedir. Bu sayede kompleksitenin kendisine has karmaşıklığından sıyrılmayı başarır. Sis-

temin küçük birimleri açısından bakıldığında, yapının kendisine has olan tüm ilişkilerini ve özellikleri inceleyip, takip etmek aşırı karışık, zor ve maliyetli bir durum sergileyebilir. Etkileşimde olan elemanların kendi yapıları basit olsa da, ilişkileri ile değerlendirildiklerinde ortaya karmaşık, değişik sonuçlar çıkar. Bu zorlukları aşmak için genellikle araştırmacılar resme bir adım geriden bakıp ayrıntılar içinde kaybolmamayı tercih ederler. Kompleks sistemlerde holistik bir modelleme yaklaşımı analitik çözümleme için çoğu zaman imkanı değildir.

Model, araştırmacının konusu dahilinde, sistemi anlamaya çalışan bir izdüşümdür. Modelde, sistemin konusu olan elemanlar ve bu elemanların kendi aralarında ve çevre etmenlerle olan ilişkileri tanımlanır. Kompleksite ise bu yapının işleyişinin tanımlanması hakkında bir ölçüdür. Bu ölçünün temeli, sistemin elemanlarının sayısı ve/veya niteliğinden çok, bu elemanların birbirleri ile olan ilişkileri hakkındadır. Bu ilişkiler sistemin üzerinde bilginin taşındığı ağ yapısını oluşturur. Sistemin tüm elemanları çoğunlukla hem sistemin bir bütün olarak değişimini sağlar, hem de bu değişimden etkilenen dinamik bir yapıdadır. Mikro ve makro düzeyde etkileşimde olan sistem, geri besleme (feedback) mekanizması ile değişim gösterir. Sistemin tüm kademelerindeki bireyler adaptif bir örüntü ile hem makro büyüklüklere, hem çevre birimlere hem de geçmiş deneyimlere reaksiyon verirler. Kompleks bir sistem, merkezi bir karar mekanizmasından ziyade kendi kendini düzenleyen (self organized) bir organizma gibi davranır. Bu düzen için hareket noktası geleneksel bakış açısındaki gibi iyi tanımlanmış yukarıdan aşağıya bir ilişki zincirinden ziyade, bu özelliğini dışlamadan ek olarak aşağıdan yukarıya (bottom up) bir yapılanmayı benimsemiştir. Bu yapı için en önemli kilit kavram ise aşağıdaki (mikro) bireylerin kompleks olmayan etkileşimlerinden ortaya çıkacak olan beklenmeyen oluşumlardır (emergence). Bu oluşumlar sistemin bütünü hesaplarken sistem elemanlarının toplam büyüklüğü üzerinden hareket etmeyi anlamsız kılar. Bütün sistemin elemanlarının toplamından farklıdır. Etkileşimleri ifade eden ağ yapısı statik örüntüler (pattern) izleyebileceği gibi tamamen rassal veya dinamik bir durum da sergileyebilir. Normlar bu dinamik yapıların bir fotoğraf karesi gibidir. Elektrik Ağı, finansal sistemler, şehirler, ekosistemler, canlı metabolizmaları, metro ağları, sosyal medya, internet ağı, hücre, kurumlar, kompleks adaptif sistemlere örnek verilebilecek niteliktedirler. Tüm bu sistemler, biyoloji, bilgisayar bilimleri, fizik, çevre, sosyoloji, iktisat gibi çok çeşitli bilim dalları tarafından incelenir. Bu bilim dalları da çoğu zaman disiplinler arası bir çalışma ile konuya eğilirler. Bu kompleks yapıları anlamaya çalışırken ortaya çıkmış olan paradigma kompleksite bilimidir. Bu paradigma sistemin elemanlarını birbirleri ile ilişkili olarak görür ve bütünü parçaların özelliklerinin doğrusal toplamından farklı algılar.

İktisat özelinde ise kompleks adaptif sistemlerin incelenmesi, bilişim teknolojilerinin imkanlarını sunması ile son yirmi senede artarak devam etmektedir. Son global iktisadi krizin var olan teoriler ve ekonometrik çalışmalar ile öngörülemezliği, yeni arayışları da beraberinde getirmiştir. Bu dönemden itibaren indirgemeci, tek tip modellerin yerine, gerçek hayatı daha iyi modelleyebilen araştırmalara ilgi daha da artmıştır. Özellikle finansal piyasalar, emek piyasaları, endüstriyel organizasyon, piyasa mekanizmaları, piyasa dizaynı, evrimci iktisat üzerine bir çok çalışmalar yapılmaktadır.

Kompleksitenin olduğu modellerde genellikle kullanılan teknik simülasyondur. Bunların arasında en popüler olanı teknik ajan bazlı modellemedir (agent based modelling). Ajan bazlı modelleme aşağıdan yukarı modelleme anlayışı getirerek, sistemin parçalarının etkileşimi ile ortaya çıkan yeni oluşumları analize dahil eder. Kompleks adaptif sistemlerin analiz gereksinimlerini sağlayan bu yeni araç, temelinde farklı çevresel şartlara tepki verebilen, hedef odaklı ajanların, hedefleri çerçevesinde plan yapabildikleri bir yapı sunar. Sistem bünyesinde kendi içlerinde etkileşimli iktisadi bireyleri barındırır. Ajan bazlı modelleme, bu kompleks yapıyı, bir laboratuvar gibi yapay bir ortamda değerlendirmeye ve neden sonuç ilişkisi çıkarmaya yardımcı olur. Kontrollü deneyler, merkezi olmayan piyasa yapısında bütüncül büyüklüklerin özellikle lokal etkileşimlerden kaynaklı değişimini gözlemlemekte faydalıdır.

4.2 KOMPLEKSİTE

Kompleksite yakın zamanda hem metodolojik tartışmalar açısından hem de disiplinler perspektifte çok ilgi gören bir konu olmuştur. Birçok disiplin kendi metodolojik sorunları üzerinden bu konu üzerinde tartışmasını yürütmektedir. Biyoloji, fizik, kimya gibi fen bilimleri dışında antropoloji, sosyoloji, iktisat gibi birçok sosyal bilimde de bu konuda çalışılmaktadır.¹ Kompleksite ile ilgilenen birçok disiplin ilgilense de, ortak bir tanımda birleşememişlerdir.² Çoğu kaynak etkileşimleri ve buna bağlı tahmin edilemeyen bütüncül çıktıları ön plana çıkarmaktadır.

¹Kompleks yapıların analizinde Sante Fe Enstitüsünün yeri çok önemlidir. Burada toplanan bilim insanları kompleksite biliminin de yükselmesini sağlamışlardır (Bknz. <http://www.santafe.edu/about/the-history/>).

²Seth Lloyd (MIT) 45'in üzerinde kompleksite tanımı toplamıştır. Bu tanımların çoğu hesaplama (computational) veya bilgi ölçütleridir (Holt, Rosser Jr, ve Colander, 2011, s.362-366).

Kompleksite tanımının net olmamasının nedenlerinden biri disiplinler arası yaklaşımın varlığıdır. Diğer bir nedeni de kompleks bir yapının ne kadar kompleks olduğu veya diğer yapılara göre kompleksliği ölçülebilir olmayışıdır. Bu ancak analiz yapanın subjektif ölçütü olarak ifade edilebilir. Ancak bilgi kavramı ile bakıldığında, olasılıklar kümesinin büyüklüğü ile alakalı olacağı söylenebilir.

Analiz yapan kişi, kompleks bir sistemi incelerken fazlasıyla basitleştirirse, modelin açıklama gücünü ortadan kaldırır. Bu indirgemeci yaklaşım aslında günümüzde de baskındır. Modelin parçalarının anlaşılması sonrası, toplam yolu ile bütüne ulaştıracağı iddiası bu metodolojinin merkezindedir.

İndirgemecilik 1600’lerden beri baskın olan bir yaklaşımdır. Başlangıçtaki Newton, Descartes gibi öncülerinden sonra, yirminci yüzyılın başlarına kadar indirgemeci açıklamalar ön plandadır. Fizikte relativite ve kuantum mekaniğinin keşfi ile bu anlayışta bir kırılma olmuştur. Birçok fenomen indirgemeci bakış açısının problemli olmasını sağlamıştır. Örneğin hava ve iklim tahminleri, canlı organizmaların karmaşık ve adaptif yapısı, hastalıklar, toplumların ekonomik, politik ve kültürel davranışları, günümüz teknolojisinin büyümesi ve etkileri, telekomünikasyon ağları, beyin indirgemecilik için fazla karmaşık yapılar halindedir. Bununla birlikte gelişen bilgisayar teknolojileri de indirgemeciliği kısmen gerekli olmaktan çıkarmaya başlamıştır (Mitchell, 2009, önsöz).

4.2.1 İndirgemecilik veya Bütünsellik?

Auyang (2005) kompleksitenin modellenmesi üzerine yaptığı metafor çok yerindedir; resme uzaktan bakıldığında detaylardaki fırça darbelerini kaçırılabilir. Yakın durulduğunda ise resmin tamamını görecektir yeterli açı kaybedilmiş olur. Resimdekileri en iyi şekilde görebilmek için doğru yerde olmak gerekmektedir.³ Etrafta olup biteni bir model çerçevesinde anlatabilmek de benzer bir ödünleşimde bulunma zorunluluğu getirir. Bu ödünleşmenin dışında kompleks sistemin farklı fenomenlerine karşı farklı disiplinler yaklaşımlar geliştirilmiştir. Etraftaki hareketleri açıklamak için Newton Mekaniği, atom parçacıklarının hareketleri için Kuantum Mekaniği, uzaydaki galaksiler için ise Görelilik (relativite) Kuramı kullanılmaktadır. Örneğin termodinamik makroskopik sistemleri incelerken, mekanik moleküler bileşenler ile çalışır. İki disipliner bakış açısını bir araya getirmek için farklı bir yaklaşıma ihtiyaç vardır. Bu anlayış bir sentez olmalıdır. Etraftaki çoğu problem de sentez bir yaklaşımın altında çözülebilir. Sentez bir yaklaşım

³Yeryüzü şekillerine bir dijital harita üzerinden bakarken benzer bir durum ile karşılaşılır. Coğrafi şekilleri optik yakınlaştırma ile daha anlaşılır iken, uzaklaştırma ile de ayrıntıları kaybeder.

için sistemin tüm bileşenlerinin davranışlarını ve etkileşimlerini iyi ölçmek ve değerlendirmek gerekir. Modeli kuranın elindeki alet çantası değiştikçe bu ödünleşim de yeni bir hal almaktadır. Bilişim teknolojileri bu alet çantasını çokça zenginleştiren bir kaynaktır.

Etkin bir modelde, bazı ayrıntıların dışlanabilir ancak gerçeğe uygun bir yapıda olması gerekir. Bunlar gerçek yaşamın davranışlarını anlatan anahtar ifadelerin model tarafından yakalanabilmesi ile olur. Modelleneyecek gerçek, tüm detayları ile bilinmiyor olabilir. Ancak bu modelin başarısı için kesin kıstas değildir. Örneğin ekonomistler insan beyninin tüm işleyişi hakkında bilgi sahibi olmasalarda, çok faydalı teoriler ortaya koyabilmişlerdir. Kompleks sistemlerde tüm detayları yakalayabilmenin imkanı çoğu zaman yoktur (Miller ve Page, 2007, Bölüm 2,3).⁴ Kompleks sistemleri en az varsayım kullanarak kurgulayan modeller gerçek hayatı daha iyi açıklayabilmek için sistemin içindeki tüm parçaların etkileşimi ve evrilimi üzerine kurgulandıklarından açıklama güçleri daha fazladır.

Kompleks sistemler beraberinde çok önemli iki özelliği getirir. Bunlardan ilki geleneksel analizlerden farklı olarak doğrusal olmayan yapılar üzerinden modellerin kurgulanmasıdır. Diğeri ise kitle veya kolektif davranış olarak sayılabilir.

4.2.2 Lineer olmayan yapılar

Etraftaki karmaşık dünyayı anlayabilmemiz için doğrusal açıklamalar kullanılamaz. Euclid'den, Newton'a ve bugünlere kadar çoğunlukla neden sonuç ilişkisi doğrusal olarak ifade edilmeye çalışılmıştır. Kompleks yapılar da tek düze denklem sistemlerine indirgenmeye çalışılmıştır. Kompleks sistemler aslında lineer olmayan matematik üzerine kuruludurlar. Lineer sistemler ise süperpozisyon⁵

⁴Unutulmamalıdır ki, ayrıntılarda kaçabilecek her detay beraberinde ciddi bütüncül sapmalara neden olabilir.

For want of a nail the shoe was lost,
for want of a shoe the horse was lost,
for want of a horse the knight was lost,
for want of a knight the battle was lost,
for want of a battle the kingdom was lost.
So a kingdom was lost all for want of a nail.
-JLA: The Nail

⁵Süperpozisyon kavramı doğrusal sistemlerde veri mekan ve zamanda sistemi oluşturan iki veya daha fazla tepki değerinin vektörel toplamının sistemin toplam tepki değerine eşit oluşunu ifade eder. Bu özellik eklenebilirlik ve homojenlik özellikleri ile açıklanır. Süperpozisyon ilkesi cebirsel, lineer diferansiyel denklem içeren lineer sistemlerin hepsinde uygulanabilir.

kavramı ile algılanır. Bu daha çok girdilerin ve çıktıların toplanabilirliği için yapılmış sadeleştirmedir. Deterministik bir süreç izleyen bir sistem için geçmiş çıktılar, bugünün ve geleceğin çıktılarından sorumludur. Deterministik bir yapıda bulunan doğrusal bir sistemin geçmiş değerlerinden hareketle, gelecek değerleri hakkında kestirim yapmak imkandır. Sistemin zaman içindeki tüm değerleri bir önceki zaman dilimlerine bağlı olmakla birlikte, sistemin tüm zaman dilimleri için durumu ise başlangıç koşulları ile sıkı sıkıya bağlıdır. İlgili sistem için başlangıç koşulları eksiksiz bilinebilirse, analitik çözüme de iyi belirlenmiş tanım aralığı üzerinden ulaşılabilir. Doğrusallıktan uzaklaşıldığı müddetçe analitik tanımlamak daha zorlaşır. Çok değişkenli bir sistemde bu durum ölçmede belirsizliğe gittiğinden olasılık ataması da imkandır hale gelmeyebilir. Sistemin genel çözümü, analitik fonksiyonlardan oluşan bir çözüm uzayıdır. Analitik çözüme ulaşılmasının anlamı, sistemin tamamen bilinmesi demektir. Sistem kompleksleştikçe analitik fonksiyonların değişkenleri ve derecelerinde artış olur ki bu da doğrusallığın ortadan kalkması demektir. Kaotik bir durum ortaya çıkabilir. Kompleks sistemlerin bir diğer karakteristiği de etkileşimli elemanların oluşudur. Bu etkileşim doğrusal tanımlara sahip olsa da, etkileşim beraberinde beklenmeyen bütüncül çıktılara neden olabilir (Karaçay, 2004).

Kompleks sistem çalışmasında lineer olmayan sistemler içerisinde bu parçaların etkileşimi sonucu nasıl bir kolektif yapı ortaya çıkacağı belirlenir. Lineer olmayan etkileşimler çok farklı formlarda olabileceği gibi birçok farklı sonuç da yaratabilir. Kompleks sistemin temel odağında da bu oluşum (emergent) fenomeni yer alır (Farmer, 2012, s.2).

Kaos sistemin ilk değerlerindeki küçük değişikliklerin sistemde etkilerinin üssel olarak genişlemesi anlamı taşır. Kaos ile lineer olmayan yapılar arasındaki ilişki kaostan gelir. Kaosun görüldüğü deterministik sistemlerde doğrusal olmayan ilişkiler sistemin bütüncül olarak düzensiz ve öngörülemez bir konuma getirir. Kaos ve uzun dönem tahmin edilemezlik, deterministik sürecin oluşum (emergence) özelliğidir. Sistemin her hangi bir zamandaki konumu hem başlangıç koşullarına hem de doğrusal olmayan sonuçlar doğuran ilişki ağına bağlıdır. Başlangıç koşulları ve sistemin elemanları arasındaki ilişkiyi ifade eden tanımların olduğu bir modelde yapılabilecek en ufak bir hata, yapılan kestirmede tamamen yanlış sonuçlara yol açacaktır (Eren, 2011). İster kaotik olsun ister doğrusal olmayan deterministik bir süreç, bu kestirilemezlik sistemi doğrusal yapıya indirgeyip inceleme konusunda maliyet yaratır. Bu da model sahibinin gerçekten uzaklaşma maliyetidir.

4.2.3 Kolektif Davranış

Sistemdeki çok sayıdaki elemanın birbirleri ile ilişkiye geçip, sistemin bütününde ulaştıkları yapı, fizikten, iktisada kadar birçok bilimin sorularından biridir. Fizikteki bu durum aslında " n cisim problemi" (many-body problem) olarak bilinir. Newton yasaları uygulanarak iki cisminin hareketi rahatlıkla açıklanırken, sayı ikiden çok cisim olduğunda analitik çözüm elde edilemez. Bu tür yapılarda sistemler başlangıç değerleri ile sıkı sıkıya bağlıdır. Bu durumda sistemi kaotik bir yapıya doğru evirir. Kelebek etkisi⁶ kavramı başlangıç değerinin sistemin öngörülemezliğinin açıklayıcısı olarak ortaya atılmıştır. Fizikte olduğu kadar bu durum sosyal bilimlerde de vardır. İktisatta benzer durum n tane iktisadi karar verici bireyin etkileşimleri sonucu ortaya çıkar. Ayrıca bu kolektif yapı mikro düzeyde bu iktisadi bireylerin tercihlerini de etkileyebilir. Örneğin kültür, normlar, ahlaki değerler bireylerin davranış kalıplarını oluşturduğu gibi aynı zamanda bireylerin davranışlarından da dinamik olarak etkilenirler.

4.2.4 Sosyal Bilimlerde Kompleks Adaptif Sistemler

Günümüzde sosyal bilimler açısından baktığımızda kompleks modellerin gereksinimi daha da artmıştır. Toplumlar ve onları oluşturan sosyo ekonomik yapılar çok daha karmaşık ve yaygın hale gelmiştir. Uygarlıkların oluşumundan geldikleri bu noktaya kadar bakıldığında kolektif sistemlerin de evrimi görülebilir. Bu da kompleksitenin düzeyini arttırmıştır. Çevreyi anlamaya çalışan bilim insanı bu bağlamda daha kapsayıcı ve ayrıntılı sorular sorma ihtiyacı çeker (Bar-Yam, 2002).

Nasıl oluyor da, çok sayıda görece basit parçalar kendilerini organize ederek, bir merkezi kontrol olmadan, kolektif olarak bazı örüntüler çizebiliyor, bilgiyi kullanabiliyor ve bazı durumlarda öğrenip, yapısında değişiklikler yapabiliyor? Bu soru hayatın birçok tecrübesinde karşılaşılabilecek bir sorudur. Beynimiz, karınca kolonileri, ekonomi ve daha bir çok sayısız örnek ile karşılaşılabılır. Beyinde de karınca kolonilerindekine benzer basit bir alt birimi olan nöronlar vardır. Nöronlar birlikte çok kompleks bir yapıyı ortaya çıkarırlar. Bütün bu aktiviteler hücrelerle birlikte hissetme, düşünme, sonuç çıkarma gibi birçok aktiviteden sorumlu olurlar. Ortaya çıkan davranış neden sonuç ilişkisi ile bir sonraki davranışın girdisi haline gelebilir. Ekonomi ise, insanların mikroskobik elemanlar olduğu ve bu elemanların alım satım gibi temel iktisadi faaliyetler yaptığı kompleks bir sistemdir. Kolektif davranış piyasa içinde fazlası ile kompleks olduğundan kestir-

⁶Çin'de bir kelebek kanat çırparsa Teksas'ta kasırga olabilir.

ilmesi güçtür. Örneğin ev fiyatlarındaki dalgalanma veya bono piyasalarındaki dalgalanmalar anlaması zor hareketlerdir. Bazı ekonomistler hem mikro hem de makro düzeyde ekonomiyi adaptif olarak düşünürler. Mikroskobik düzeyde iktisadi bireyler ve firmalar diğer bireyler ve firmaların davranışlarını gözlemleyip, bunlardan sonuç çıkararak (öğrenerek) kendi faydalarını arttırmak isterler (Mitchell, 2009, Bölüm 1).

Varlıkların kendi aralarındaki bağlantılarından kaynaklı bir kompleksite vardır. Kompleksitenin düzeyi bu varlıkların kendi aralarındaki bağlarının düzeyi ile doğrudan alakalıdır. Sistemin içinde bu bağa sahip bir eleman çıkarıldığında sistemin davranışındaki değişiklik sadece elemanın sisteme bireysel olarak kattığı değerden fazladır. Sistemin çizdiği genel davranış alt seviyedeki elemanların ilişkilerinin bütününden çıkan sonuçtur. Örneğin bir piyasadaki mevcut alıcı ve satıcılar dinamik olarak değişirler. Bu değişim sistemin davranışını değiştirerek farklı bir fiyat çıktısına piyasayı götürür.

Sosyal sistemlerdeki varlıklar adaptif bir süreç içerisindeyler. Bu süreç ilişkilerinden ve bağlarından etkilenir. Bu etkileşimler çok çeşitli dinamik örüntüler sergileyebilir. Bu ilişkiler bir aile içinde olabileceği gibi bir kurumda, bir organizasyonda veya rastgele olabilir. Bu ilişkiler seçimleri doğrudan kavramsal (cognitive) veya mevcut sezgilerine göre vermelerine engel olur. Seçimlerde bu ilişkiler ağı çok önemlidir. Karar verme mekanizmasını etkiler. Bir birey, etrafındaki bireylerin diğer bireylerin hareket ve tahminlerini de tahmin edip hareket etme durumundadır. Bu durum bireylerin etkileşimini yüksek seviyede lineer olmayan hale getirmiştir (Miller ve Page, 2007, Bölüm 1).

4.2.5 Kompleks Sosyal Sistemler ile Fiziksel Sistemler Arasındaki Farklar

Sosyal ve ekonomik sistemler fiziksel sistemlere göre bir takım farklılıklar içerirler. Bu farklar modelleme noktasında da bazı farklılıkları gerektirecektir. Bu farklar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Helbing, 2010, s.316-317).

1. Sistemin içinde bulunan değişkenlerin sayısı çok daha fazladır.
2. İlgili parametreler ve değişkenler genelde bilinmez ve tahminleri de çok güçtür.
3. Değişkenlerin evrildiği zaman ölçeklerinin net bir şekilde bilinmesi çok güçtür.
4. Ölçümlerin istatistiksel varyasyonları oldukça fazladır ve sosyal davranış kalıplarını maskeleyebilir.
5. Genellikle araştırma konusuna benzeşen topluluk yoktur.
6. Ampirik çalışmalar teknik, finansal ve etnik konular nedeni ile kısıtlıdır.

7. Araştırılan sistemi ilişkilerden bağımsız alt sistemlere ayırarak çalışma yapmak çok güçtür.
8. Gözlemcinin kendini araştırma konusundan soyutlaması çok güçtür.
9. Doğrusal olmayan ve ağ yapısına bağlı çok sayıda değişken çok fazla kompleks dinamik yapı oluşturabilir.
10. Etkileşimin etkisi yüksektir ve oluşum etkisi sık görülür.
11. Yüksek dereceli serbestlik, heterojenlik, hafıza, beklenti, karar verme, iletişim gibi özellikler analizi güçleştirir.
12. Yenilikçilik, yaratıcılık, duygular gibi insana özgü özellikler bulunur.
13. Bilginin etkisi vardır.
14. Oyunun kuralları ve sosyo-ekonomik sistem içindeki etkileşimler zaman içinde değişebilir.
15. Normlar ve ahlaki konular, sistemi etkileyecektir.

Bütün bu farklar bir çok zaman sosyal konuları, doğa bilimlerinden daha kompleks bir hale sokar. Sosyal bilimlerde analizin merkezinde sosyal canlılar vardır. Bu canlıları incelemek çok daha zor olabilmektedir.

4.2.6 İktisat ve Kompleksite

Ekonomi büyük ve karmaşık düzenlemelerin ve hareketlerin olduğu bir yapıdır. Bu yapının kaynağı da ajanlar yani tüketiciler, firmalar, bankalar, yatırımcılar, politika yapıcılarıdır. Bütün bir ekonominin işleyişi bu ajanların yaptıkları hareketlerin sonucu olarak algılanabilir. Bu iktisadi bireyler robotik varlıklar değildir. Kendi inanışları, kendilerine has zekaları ve problem çözme yetileri, kendilerine ait birer çevreleri vardır. Bütün bu kendilerine özgü özellikler içinde iktisadi kararlar alırlar. Bu kararları aldıkları bilgi kümeleri durmadan değişir. Yeni bilgiler edinirler, eskileri güncellerler. Piyasadaki alış veriş, spekülasyon, gözetleme, üretim, hizmet, yatırım, strateji geliştirme, araştırma, tahmin, hesaplama, öğrenme, yenilik geliştirme, adaptasyon gibi birçok hareketi yaparlar. Sistem hem lokal bazda hem de bütüncül olarak evrilir. Tüm bu iktisadi birimlerin olduğu büyük, karmaşık sistem eş zamanlı olarak yürüyen bir sistemdir. Tüm bu eş zamanlı hareketler piyasada bütüncül büyüklükleri ortaya çıkartır. Bu büyüklükler ile ajanlar arasında tek taraflı bir etkileşim söz konusu değildir. Lokal olan tüm etkileşimler ile çıkan bu bütüncül hareketler, bir sonraki aşamada karar alıcıların davranışlarını şekillendireceği gibi, kendileri de bu davranışlardan etkilenerek sürekli devinim halindedirler.⁷ Bu döngüsel durum kompleksite ile bağ-

⁷Bu anlayış klasik çizgide Adam Smith'e kadar uzanır. Adam Smith'e bakıldığında bu bireysel davranışların bütüncül çıktıları şekillendirdiğini ve bütüncül çıktılarında tekrar bireysel

daşır. Kompleksite yapıların biçimlenmesi ile ilgilidir ve bütün bu sürecin nasıl işlediğini anlamak çok zordur.

Hakim iktisatta bu anlayış denge örüntüsü içerisinde iktisadi ajanların davranışlarının, stratejilerini ve beklentilerinin nasıl bütüncül çıktılarla uygun olduğudur (Arthur, 2013, s. 2-3).⁸ Sık kullanılan DSGE modelleri ise, ekonomi politikaları için kullanılan temel araçtır. Bu araç krizleri açıklamada yetersiz kalmaktadır (Fagiolo ve Roventini (2012), Stiglitz ve Gallegati (2011)).

4.2.7 Ana Akım İktisadın Yetersizliği

Son global finansal kriz finansal sistemin nasıl düzenlendiğinin tekrar düşünülmesi ihtiyacı olduğunu göstermiştir. Bu düzenlemeleri sunan politikalar, bugünün iktisadi modellerinin anlattığı politika çıkarımlarıdır. Ana akım iktisat teorisinin temel eleştirisi, finansal kriz gibi merkezi iktisadi problemleri açıklama gücünün yetersizliğidir (Mendritzki, 2011). Uzun zamandır, ekonomistler model kurarken birçok anahtar terimi yok saymıştır. Bunlardan bazıları, karar verme kurallarında heterojenliğin dahil edilmesi, tahmin stratejilerinin gözden geçirilmesi, sosyal yapıdaki değişimler, bu değişimleri hesaba katacak etkileşimler, sistemleri denge kavramı üzerinden inceleme, doğrusal kabuller şeklinde sıralanabilir. Standart modellerin kapalı bakış açısında piyasalarda ve ekonomide denge durumu gözükürken, sadece geçici olarak bu çizgiden sapılmaktadır. Dikkatli bir gözlemci bu modellerle gerçek hayat arasında birçok tutarsızlığı görebilir. Akademik makaleler incelendiğinde sistematik krizlerin sanki uhrevi bir özelliği olduğunu düşünebilir. Bu durumla baş edebilecek gerçekler üzerine sorgulayan az çalışma vardır. Gerçekte modeller asıl böyle istisnai zamanları da kapsayacak bütünlükte olmalıdır (Colander, Haas, Juselius, Lux, Föllmer, Goldberg, Kirman, ve Sloth, 2009, s.2). Modellerin bu istisnai zamanları kapsayamayışı, üzerlerinde barındırdıkları gerçekten uzak varsayımlardan kaynaklanmaktadır. Çoğu zaman cılız çıkan muhalif sesler, krizlerin yarattığı çaresizlik ortamında daha güçlü çıkmaya başlamıştır. Bu durumda halihazırda yeni iktisat diyebileceğimiz çoğu hetero-iktisadi paradigmlar daha da ilgi çekmeye başlamıştır.

Gerçek hayatın yansıması olmayan modellerin katı varsayımlar üzerine kurulması bir yana, aynı zamanda soruna nasıl baktıkları hakkında da ciddi problemler

davranışlara yön verdiğini diğer bir deyişle döngüsel bir zincir olduğunu belirtir.

⁸Genel denge teorisi, hangi fiyatların ve miktarların üretilmesi ve tüketilmesinin yeni bir strateji değişikliğine güdülenmeyecek şekilde dengeye geleceğine bakmaktadır. Klasik oyun teorisi, hangi strateji, hamle veya paylaşımın, veri strateji, hamle ve paylaşımında oyuncunun en iyi hamlesi olduğuna bakmaktadır. Rasyonel beklentiler ekonomisinde, hangi beklentilerin, tüm ajanlar tarafından yaratılan beklentilere uyumlu olup olmadığına bakmaktadır.

vardır. Evrilen bir hayata tek bir fotoğraf karesinden bakmak, ya da akan nehri incelemek için bir kova su almak gibi ciddi hataları barındırır.

Çoğu modern ekonomik modellerde geçen dünya bakışı, onun fonksiyonlarını ve nasıl evrildiğini anlamaya çalışan yaklaşımdan uzaktır. Bu haliyle birbirinden farklı birçok bireyin yarattığı ekonomik aktivitelerin koordine olmasını anlatmakta da başarısız olur. Koordinasyon, fiyat mekanizması gibi global değişkenler üzerinden sağlandığı varsayılır. Aslında modern ekonomi birbirleriyle doğrudan ve doğrudan olmayan etkileşimi olan milyonlarca iktisadi bireyden oluşur. Bu etkileşimler de farklı yoğunluklarda ortaya çıkar. Bu yapılar, iş yeri, toplum, okul, komşu, yakın arkadaş olabilir. Bireylerin lokal etkileşimlerinden kaynaklı bilgi kümeleri çok geniş iken, ekonominin bütünü hakkındaki bilgi kümeleri daha kısıtlıdır. Sistemdeki çoğu birey diğerleri hakkında bilgi sahibi değilken, kolektif olarak tamamının aktiviteleri koordine olur. Burada kritik soru, nasıl bu kadar çok birey bu kadar kısıtlı bilgi altında koordine olabildiğidir. Bilgi eksikliği sadece sistemin durağan hali için geçerli değildir. Sistem aslında sürekli evrilir. Bu evrilim sürecinde koordinasyon gerçekleşmektedir. Çok kompleks ağ yapılarındaki ajanlar arasındaki ilişkiler ile, bütüncül bir davranış ortaya çıkar. Bu birey davranışından, bir organizasyon davranışına dönüşür. Endojen veya eksojen sistem şoklara karşı tekrar organize olma kabiliyetine sahiptir. Bu yapıyı denge anlayışı ile analiz etmek doğru bir tercih olmaz (Kirman, 2011). Makroekonomik modelleri denge anlayışına sıkıştırmak çoğu gerçek durumu görememeyi de beraberinde getirir.

Colander, Haas, Juselius, Lux, Föllmer, Goldberg, Kirman, ve Sloth (2009, s.3-4)'a göre bu denge anlayışının derin metodolojik kökleri vardır. Bunlardan biri de ekonominin kıt kaynaklar üzerinden kullanılan tanımında yatar. Bu tanım ekonomiyi iyi tanımlanmış seçim problemlerinde, optimal karar verme analizine çevirir. Ekonomi denge odaklı analizin çok ötesinde bir kompleks davranış sergiler. Optimizasyon problemi olarak görülen bir araştırma programı, dinamik ekonominin içeriğini ve onun kompleks yapısından gelen durağan olmama durumunu izlemeyi kaybeder. Piyasanın tüm işleyişi, ajanların kararları, etkileşimleri bu dinamik yapının bir ürünüdür. Bu tanım koordinasyon mekanizmasını anlamayı tercih etmez. Onun yerine sonuca odaklı bir analizi merkeze koymuştur.

Arthur (2013, s. 17)'a göre iktisattaki çalışmalar iki büyük probleme odaklanmıştır. Bunlardan ilki bölüşüm problemidir ve genel denge teorisi, uluslararası ticaret ve oyun teorik analizlerin sunduğu mal ve hizmetlerin ve onların fiyatlarının piyasa şartlarında nasıl oluştuğu üzerine çalışılır. Diğer önemli problem ise, yapısal sorundur. Ekonominin nasıl zamanla geliştiği, evrildiği üzerinedir. Bölüşüm problemi (allocation) üzerine yapılan analitik çözümler çok fazla olsa

da yapısal nitelikli sorunlar hakkında ise ilgi zayıftır. Yapısal problem ile Marshall, Veblen, Schumpeter, Hayek uğraşmaya devam etse de, marjinalist ve genel denge devrimi ile durum cebir ve hesap içinde olan bir paylaşım problemine indirgenmiştir. Bu uğraşlar da formasyon olarak zayıf kalmışlardır. Kompleksite ekonomisi, paylaşım sorununun matematiksel analizinden farklı olarak, formasyon, keşif, adaptasyon, niteliksel değişim gibi konulara eğilir. Kompleksite ekonomisi yapısal problemlere eğilmek için disiplinler bir şans yaratmaktadır.

Soruların hangisinin klasik anlayışla hangisinin kompleks anlayışla ele alınacağı gibi bir ayrım söz konusu değildir. Buradaki durum aslında ana akım iktisat ile gelen bir çok kısıtlayıcı kabulün ve analiz yönteminin yarattığı bir sorundur.

Geleneksel iktisat ajanların yarattığı kompleks örüntüyü incelemeyi seçmez. Onun yerine basit analitik çıkarsamalar üzerine odaklanır. Tahmin yapmaya uygun kompleks olmayan model anlayışı için bazı kısıtlayıcı kabullerin de bulunması gerekmektedir (Arthur, 1999). Çoğu iktisadi model rasyonel beklentiler ve temsili ajan varsayımları üzerine kurulmuştur. İktisatçıların modelinde kullanılan rasyonel beklentiler kavramı iktisadi bireylerin beklentilerinin uyum içinde olmasını sağlar. Bu çerçevede bakıldığında zaman adaptif beklentilere ve eksik bilgi modele dahil edilmez. Heterojen ajan kavramı olabildiğince dışlanmıştır. Bu çerçevede aksiyomatik⁹ anlayış yerleşmiştir. Benzer durum ampirik analizde de karşımıza çıkar. Temsili ajan ile makro ile mikro kavramları birbirine denk hale getirmiştir. Etkileşimlerin olmamasının doğası gereği ağ kavramının modelde yeri yoktur. Bu nedenle koordinasyon başarısızlığı, sistem riski gibi kavramlar dışlanır.

4.2.8 Kompleksite İktisadı

Sante Fe Enstitüsünün¹⁰ kurulması ile öne çıkan kompleksite kavramı kompleksite iktisadının da yakın zamanda doğmasına vesile olmuştur. Heterodoks iktisat içerisinde düşünülür ve dinamik, tekrarlayan süreçler ele alınmaktadır. Fizikten gelen kavramların iktisat içerisinde yer edindiği görülür. Kompleksite temelde ajan temelli modeller, doğrusal olmayan ve dinamik yapılarla modellenir. Modellerde heterojen bireyler esastır. Kaos kavramı ile dengesizlik analizin parçası durumundadır. Bu bağlamda piyasa başarısızlığı incelenir. Artan getiriler de modele dahil edilmiştir.

⁹Yansımasız (irreflexive), geçişli (transitive), tekdüze(monotone), konveks(convex) ve sürekli (continuous) ilişkiler

¹⁰Merkezi Santa Fe’de olan bağımsız ve kar amacı gütmeyen teorik araştırma enstitüsü Santa Fe kendini, fiziksel, hesaplamalı, biyolojik ve sosyal sistemler dahil olmak üzere karmaşık adaptif sistemlerin temel ilkelerini, disiplinler arası çalışma ile araştırmaya adanmıştır (bknz. http://en.wikipedia.org/wiki/Santa_Fe_Institute).

Rasyonel beklentiler üzerine kurulu olan Walrasçı iktisattan kesin bir şekilde ayrılır.¹¹ Ekonomistler piyasanın bütüncül davranışını açıklamaya çalışan spesifik piyasa organizasyonu modelleri üzerine eğilmişlerdir. Çoğunlukla ajanlar birbirlerinden bağımsız olarak davranan elemanlar olarak düşünülmüştür. Aralarındaki ilişki, bağ sadece fiyat mekanizması ile sağlanmaktadır. Bireylerin davranışları, hareketleri toplanabilir yapıdadır. Bu sayede makroekonomide ekonomi veya piyasa genel olarak birey gibi davranır. Bu yapı etkileşimleri esas almıştır. Bu etkileşimler çoğu zaman algoritmik olarak, tanımlı ajanların tanımsız bütüncül sonuçlarını doğurur. Bu nedenle bütün toplamdan fazladır.

Kompleksite iktisadı, ekonominin bütünü bir denge hali olarak görmektense, sürekli devinim halindeki, canlı bir yapı olarak görür. Bu hali ile kompleksite iktisadı ana akım iktisadın bir uzantısı olması mümkün değildir (Arthur, 2013).

4.2.9 Kompleksite Örnekleri

Kompleks adaptif sistemler için birçok örnek vermek mümkündür. Yakın zamanda çok sayıda model literatüre girmiştir. Bunların bazıları ise diğerlerine öncülük eden, ilham veren modellerdir. Bu öncü modellerden bazılarını kısaca değinilecektir. Bunlardan ilki (Bak, Tang, ve Wiesenfeld, 1987)'ın yazdığı kum tepesi (sand pile) modelidir. Bu modelde kendi kendini organize eden dinamik sistemin kritik noktaları gösterilmiştir. Model hücreli otomata (cellular automata) modeli olup, fraktal yapıları incelemektedir. Model basit yapılar ile kompleksitenin ortaya çıkacağını ve sistemin kritik noktaya spontane olarak geleceğini gösterir.

Diğer bir model de Brian Arthur (1994)'un El Farol problemi'dir. Bu modelde oyun teorik bir yaklaşım vardır. Modelin ismi aslında New Mexico, Santa Fe'deki bir bara aittir. Modelde, her Perşembe, civardaki belirli sayıdaki insan El Farol isimli bara gitmek isterler. Burası küçük bir bardır ve çok sayıda insan gittiği zaman içerdekiler eğlenemeyeceklerdir. Eğer popülasyonun belirli bir yüzdesinden fazlası bu bara giderse bu bardakiler için kötü, azı ise iyidir. Modelde herkes spontane davranır. Herkes aynı strateji ile davranırsa, herkes için oyun kötü sonuçlanacaktır. Oyun teorik olarak bakıldığında her oyuncu karma strateji belirlemek durumundadır. Seçimler belirli bir ihtimal ataması dahilinde

¹¹Örnek olarak Kirman (2011)'in Fish Market çalışması incelenebilir. Çalışmasında müzayedecinin olmadığı, alıcı ve satıcıların belirli bir örüntü ile etkileştikleri bir piyasa yapısı vardır. Bu piyasa yapısında ajanlar sadakat gibi psikolojik kavramlar ile homojenlikten kurtulmuştur. Analizde neoklasik iktisadın rijit varsayımlarının ortadan kalması ile dikkat çekici bütüncül sonuçlar ortaya çıkmıştır.

olur. Böylece tekil simetrik karma stratejili bir Nash dengesi ortaya çıkar. Her oyuncu kesin bir ihtimal ataması dahilinde bara gidip gitmemeyi seçer. Arthur ise bu modelde, tümevarımsal bir anlayış ile, sınırlı rasyonel bireylerin davranışları ile ilgilenir. Model etkileşimler ve bu etkileşimler sonucu bireylerin doğru sinyaller almaması gibi birçok varyasyonu da içerir.

Bir diğer model de Miller ve Page (2004)'ın ayakta alkışlama problemi (the standing ovation problemi). Modelde bir performans gösterisi sonrası izleyicilerin ayakta veya oturarak alkışlama seçeneklerinden birini, kendi inisiyatifleri (beğeni) doğrultusunda ve diğer izleyicilerin davranışlarını algılayarak seçmelerini ifade eder. Her izleyicinin ayağa kalkıp alkışlamak için bir sınır değeri vardır ve performans sonrası edindiği tatmini bu sınır değeri ile karşılaştırarak bir seçim yapar. Eğer tatmin bu sınır değerinin üstündeyse ayakta alkışlamayı aksi halde yerinde oturmayı tercih edecektir. Burada tüm seyirciler heterojen yapıdadır. Ayrıca izleyicilerin oturma düzenine göre diğer izleyiciler ile bir etkileşimi olur. Bu ağ etkisi sayesinde kararlar güncellenir. Kompleks olan davranış kalıpları bu modelde gösterilmiştir.

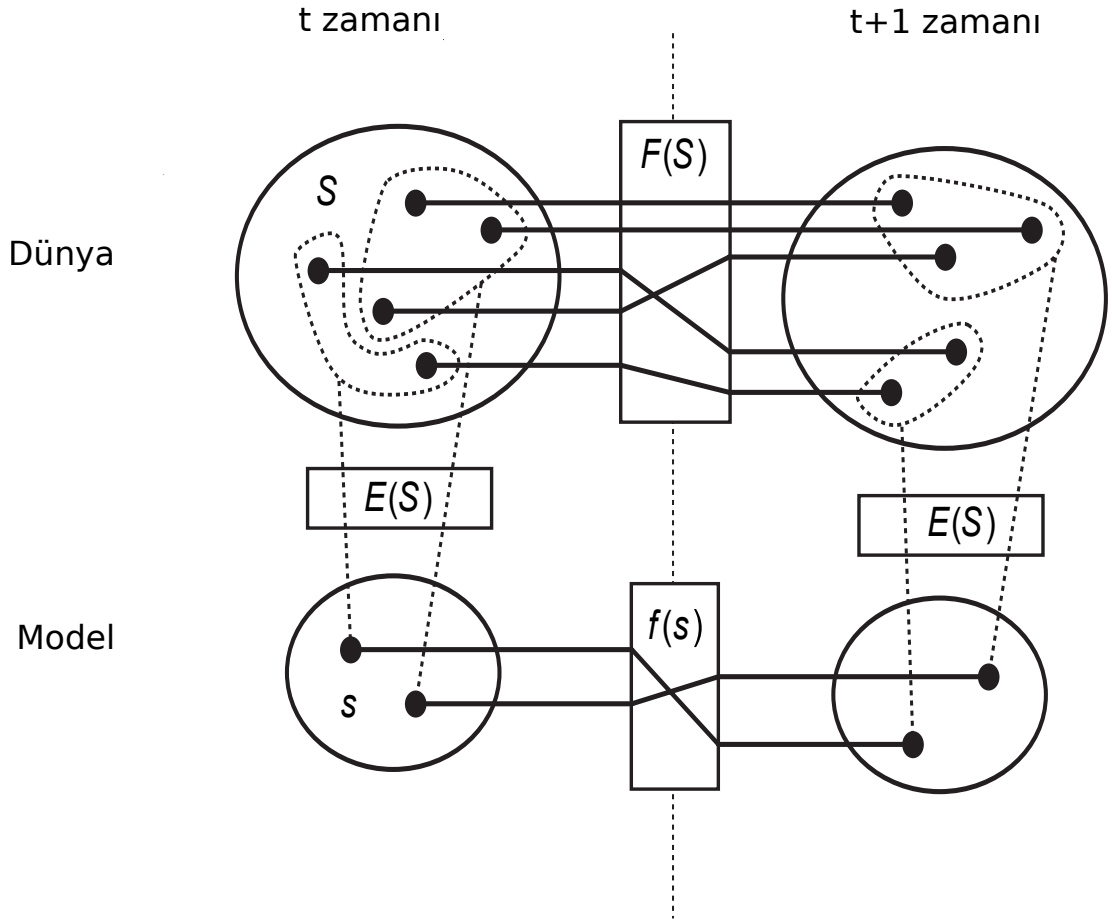
Yukarıda örnek olarak verilen modeller, hayatın birçok noktasında karşımıza çıkan diğer olaylara adapte edilebilir. Örneğin ayakta alkışlama modeli kolektif davranışlar içindeki, grup davranışları, lider modelleri, suç ekonomisi, politik seçimler gibi birçok konuda uyarlanabilir. El Farol Bar problemi, moda, toplu taşıma, elektrik ağları gibi yapılarda geliştirilebilir.

4.3 AJAN BAZLI HESAPLAMALI İKTİSAT

4.3.1 Giriş

Modellerin belirli bir indirgemeci anlayış (Şekil 4.1) ile ortaya koyulması şarttır. Bu durum sadece geleneksel modellerde değil, bilgisayar destekli diğer simülasyon tekniklerinde de görülür. Ancak simülasyon şeklindeki kontrollü deneylerin temel avantajı sürecin araştırmacı için iyi gözleme imkanı bulması ve kısıtlarının analitik tekniklere göre daha sınırlı olmasıdır (Şekil 4.2). Sistem çoğu kez formülasyon ile ifade edilen tanımlarının dışında istisnai durumlarla karşılaşabilir. Bu durumların model içine dahil edilmesinin maliyeti ile katılmamasının yarattığı açıklayıcılık sorunları arasında bir değiş tokuş olacaktır. Simülasyon teknikleri bu değiş tokuşu analitik tekniklere göre daha fazla açıklayıcılık lehine çevirir.

Karmaşık bir yapının simülasyon teknikleri ile anlatılmasında diğer önemli etken de bilgisayar donanım ve yazılımlarının kabiliyetleri ile ilişkilidir. Modelin kar-



Şekil 4.1: Modellemede indirgemeci yaklaşım (Miller ve Page, 2007, s.38).)

maşıklığı arttıkça bilgisayar performansı da azalacaktır.¹² Bu aynı zamanda deneyin zaman boyutu ile de alakalıdır.¹³ Bu ölçek problemi bilgi işlem gücüne dayalı tek taraflı incelenemez. Aynı zamanda simülasyon projesinin yönetimi ve kaynak kısıtları da önemlidir (Chwif, Barretto, ve Paul, 2000) .

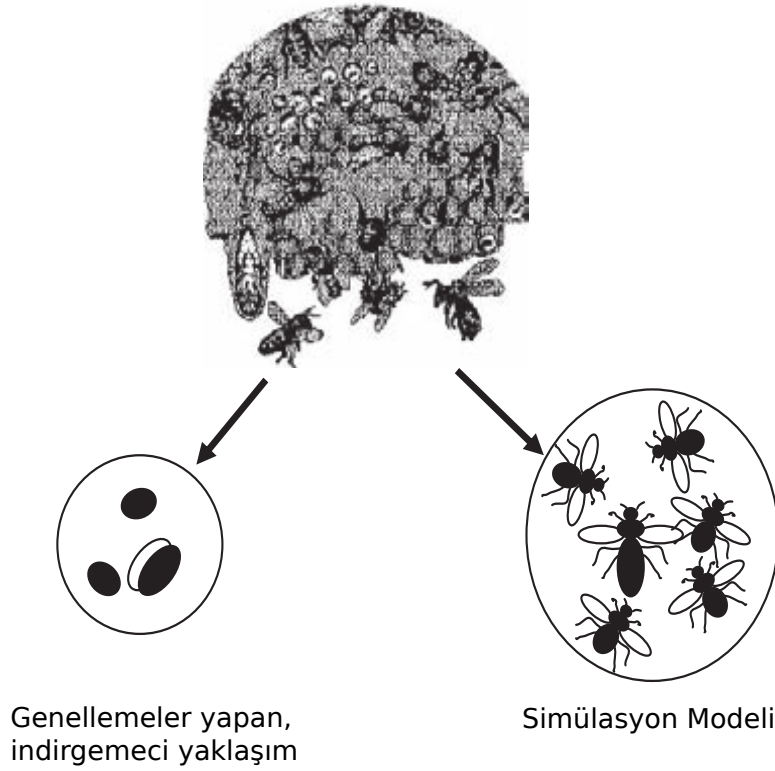
Simülasyonun bir laboratuvar deneyi olarak sosyal bilimlerde kullanılması diğer bilimlere göre kıyaslandığında daha geç olsa da, sözlü ve matematiksel modelleme geleneği bilgisayarın hayatımıza girmesi ile yeni bir boyut kazanmıştır. Simülasyonlar ilk olarak İkinci Dünya Savaşı sırasında sibernetik¹⁴ (cybernet-

¹² N tane düğüm (node) noktasına sahip olan bir ağ yapısı düşünölsün. Bu ağ yapısında olası tüm ağ yapılarının sayısı, alt küme sayısından tekil düğüm noktalarının farkı kadardır; $2^N - N - 1$. İçinde 50 oyuncunun olduğı sosyal bir sistemin, potansiyel ilişki yapısı, $2^{50} - 49$ gibi çok büyük bir sayıdır. Bilgisayardaki günümüzde kullanılan birçok işlemcilerin saniyedeki bilgi işleme kapasiteleri (bknz. http://en.wikipedia.org/wiki/Instructions_per_second) ile kıyaslandığında bu rakam ciddi maliyet getirir.

¹³Deneylerin farklı başlangıç koşulları için birçok kere çalıştırılması gerekmektedir. Bu nedenle performans kriteri daha da önem kazanır.

¹⁴Sibernetik fizik ve mekanik konular ağırlıklı olmak üzere sosyal bilimlerde de kullanılmıştır. Girdilerin çıktılarına çevrildiğı kapalı bir sistemde, dışarıdan insan etkileşimi ile interaktif davranışı incelenir (Fontana, 2006) .

Gerçek Dünya Koşulları



Şekil 4.2: Simülasyon ve geleneksel modelleme (Miller ve Page, 2007, s.68)

ics) ile başlamıştır. Arkasından sistem dinamiği¹⁵ (system dynamics) ve mikro simülasyonlar¹⁶ (microsimulations) gelmiştir. 1980'lerden sonra ise ajan bazlı modeller (agent based models) ile simülasyon matematikten farklı bir yere doğru evrilmiştir. Bu zamana kadar bilgisayar destekleri tekniğin bir parçası iken, ajan bazlı modellerde ise bir zorunluluk olarak karşımıza çıkmıştır. Bunun nedeni sürecin analizinin matematiksel denklemler bütünü olarak yazılamamasından kaynaklanmıştır. Ajan bazlı modelin benzer yapısını matematiksel denklem sistemleri ile anlatabilmek güçtür. Bu modellerde merkezi olmayan bileşenlerin etkileşimi ve bilgi aktarımı yolu ile öğrenme kabiliyetleri vardır. Bu bağlamda bu simülasyon

¹⁵Sistem dinamiği özellikle doğrusal olmayan ve birbirleri ile ilişkili, birbirlerini etkileyen parçalardan oluşan sistemleri incelemeye yarayan bir simülasyon ve hesaplama tekniğidir. Endüstriyel amaçlarla kullanıldığı kadar, akademik çalışmalarda da kullanılır. Olayların başka olayları yaratması anlayışı ile geri besleme mekanizmalarını incelemeye yarayan bir metodolojidir. Diferansiyel denklemlerle sistemin bütünü incelenir. Stok ve akış kavramları kullanarak sistemin elemanları arasındaki etkileşim incelenir (Fontana, 2006).

¹⁶Mikro simülasyon ise birçok homojen veya heterojen ajanın oluşturduğu bir sistemin, aralarında etkileşim olmadan, araştırma konusunun senaryosuna göre zaman bazlı bir simülasyondur. Simülasyonun herhangi bir zamanında bütüncül büyüklükler toplam yolu ile hesaplanabilir. Bu simülasyon tekniğinde parçaların toplamı bütüne eşittir. Bu simülasyonun faydası mikro ajanların lokal durumu gözlemlenebilirken aynı zamanda bütüncül büyüklükler de zaman bazlı izlenebilir (Fontana, 2006).

tekniki iktisat içinde kompleks sistemleri analiz eden disiplinler yaklaşım ile yükselmiştir. Bu yaklaşımın başında ajan bazlı hesaplamalı iktisat (agent based computational economics) gelir.

4.3.2 Ajan Bazlı Hesaplamalı İktisat

Bütün bu kompleks yapıların analizinde klasik araçlardan farklı olarak yeni araçların ve metodolojilerin kullanılması gerekmektedir. Bunu aşmanın temel yolu da bilgisayar bilimlerinin faydalarından geçer. Ayrıca bilgisayarın sosyal bilimlerdeki modelleme araçlarından biri olması ile kompleks adaptif sistemlerin gerçeklere uygun bir şekilde evrimci ve bilişsel niteliklerle modellenbilmesine yardımcı olur. Bu metodolojik yaklaşımın merkezinde iktisadi birey ve onun gerçekle örtüşen davranış kalıpları vardır.

Ajan bazlı hesaplamalı iktisat (Agent based computational economics) metodolojik perspektifte merkezi olmayan piyasa ekonomilerinin analizi için ortaya çıkan bir yaklaşımdır. Son yirmi yılda yeni bir disiplin kompleksiteyi modelleyebilme iddiası ile doğmuştur (Tsfatsion, 2006). Ajan bazlı hesaplamalı iktisat (ACE)¹⁷ bireysel davranışların tümü tarafından oluşturulan sosyal davranışların, farklı bir yaklaşım ile irdelenmesini sağlayan ekonomik bir disiplindir. ACE teknikleri ile temel iktisadi sorunlar analiz edilebilir. ACE iktisatçıların sıkça gözardı ettikleri bireyler arası etkileşimi tatminkar bir şekilde genişleterek modellerde kullanma imkanı sunar.

ACE bütün bu özelliklerini bilgisayar teknolojilerinin sunduğu imkanlar ile gerçekleştirebilir. Model sahibi yeterli donanımsal şartları sağlayan bilgisayar ve bilgisayarlarda geliştirdiği modelin karşılığı olan yazılımı çalıştırır. Yazılım aracılığı ile büyük miktardaki iktisadi veri analiz edilerek belirli bir zaman çizelgesi içerisinde sonuçlarını verir. Sonuçlar da iktisat biliminin doğruları ile yorumlanır. ACE geleneksel hesaplamalı iktisadın denklem temelli numerik hesaplama modellerinden farklıdır. ACE ajanları ve onların dinamik etkileşimini bilgisayar yazılımları yardımı ile inceleyen, etkileşimli ajanların dinamik modellenmesidir (Tubaro, 2009, s.3). Bu modellemelerde simülasyon teknikleri esastır. Bilgisayarın gelişen imkanları, ekonomik teorilerdeki gerçekleri sınavabilme imkanı vermektedir. Geleneksel iktisat, bilgisayarı ampirik veri analizi ve geleneksel modeller için, denge hesaplama amacı ile kullanmıştır. Bunlar standart numerik analiz araçları ve optimizasyon problemleri ve doğrusal olmayan denklem çözümleri içindir. ACE

¹⁷ACE, ajan bazlı hesaplamalı iktisadın İngilizce karşılığı olan "agent based computational economics" ifadesinin karşılığı olan kısaltma olarak kullanılmıştır. Araştırmanın geri kalanında ACE kısaltması İngilizce ifadenin Türkçe karşılığına denk olarak kullanılacaktır.

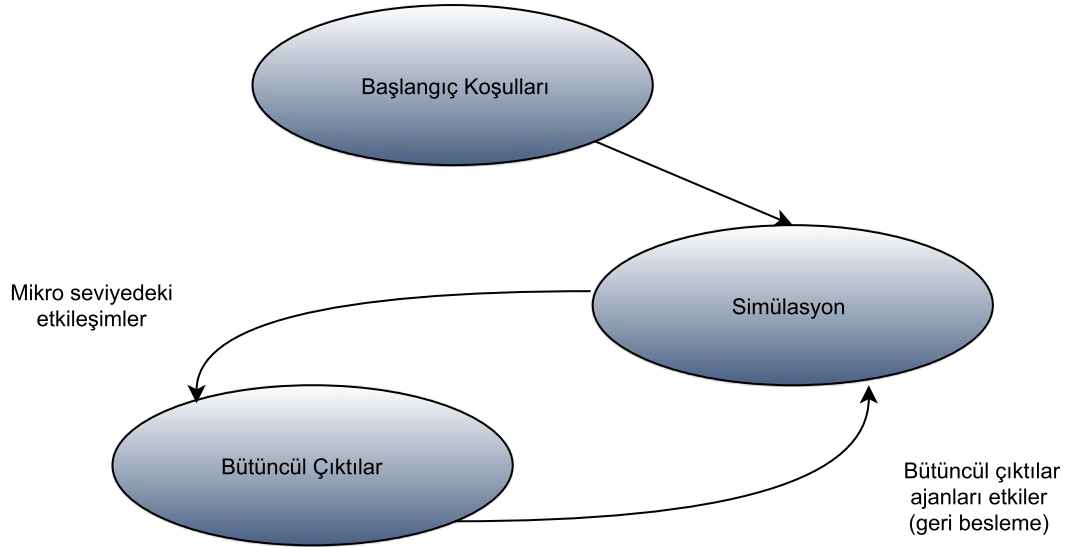
kompleks dinamik sistemler için farklı bir çözüm önerisi ile gelmiştir. Bu sayede alternatif iktisadi davranışları çözümleyebilecek bir yapıyı da sağlamış olur. Geleneksel yöntemler bu kompleks sorulara kendi metodolojisi içinde cevap vermeyi çoğu zaman başaramaz. (Judd, 2006, s.882).

İktisadi krizler beraberinde onları takip eden metodoloji tartışmalarını beraberinde getirir. Var olan model ve teorilerin yaşananlara açıklık getiremeyişi ve bu teorileri altyapı edinmiş olan iktisat politikalarının başarısızlığı bilim dünyasında yeni arayışların oluşmasına neden olmuştur. Bilişim teknolojilerinin hızla gelişmesi bu arayışların önemli bir kısmını gerçek yaşamı taklit edecek simülasyon analizlerine yöneltmiştir. ACE'nin ortaya çıkışı uzun bir tarihsel yol olsa da standart araştırma programlarının yetersizliği ACE'nin gelişimini hızlandırmıştır. Özellikle bu yeni teknik, katı varsayımları dışlayabilme özelliğine sahip olduğundan, analitik yöntemlerin zayıf noktalarını giderebilme iddiası taşır. Politika beklentilerine doğru önermeler verebildikçe de yeni bir disipliner anlayış olarak, popülerliliği daha da artacaktır.

Adam Smith'den bu yana görünmez el şeklinde ifade edilen, amaçlı bireysel hareketlerden, istemeden, planlamadan ortaya çıkan sosyal sonuçların arkasındaki belirsiz alan, ACE ile ortadan kaldırılmaya çalışılır. Mikro ve makro ayrımı ana akım iktisadın aksine burada kullanılmaz. Böylece görünmez elin akıllı parmaklarına da ihtiyaç duyulmaz. Burada ACE'yi geleneksel yaklaşımlardan ayıran fark, evrimci, deneysel, davranışsal iktisat yanında, psikoloji, sosyoloji gibi birçok diğer bilim dallarından da öykünerek, bilgisayar bilimlerinin sunduğu imkanlar ile gerçek yaşamın laboratuvar ortamında sanal izdüşümünü yaratma çabasıdır. Bu izdüşüm bir fotoğraf karesi değildir. Bir süreç olarak karşımıza çıkmaktadır.

Merkezi bir karar alıcının olmadığı piyasa ekonomileri içlerinde büyük miktarda heterojen yapıda iktisadi işleyişin tarafı olan ajanlar barındırır. Bu yapı içerisindeki bireylerin etkileşimi ve adaptif bir süreç işletmesi sebebiyle de kompleks bir sistem olarak adlandırılır. İktisadi süreç beraberinde etkileşimler aracılığı ile piyasa düzenlerini ve büyüklüklerini ifade eden bütüncül global değişkenleri oluşturur. Bu global yapıda aynı zamanda mikro yapıyı etkileyecek zincirleme tekrarlı bir döngü vardır. Bu çift yönlü geri besleme mekanizması, dinamik kompleksiteyi ifade eden mikro ve makro yapı üzerinde, Smith (wealth of nations- 1776), Hayek (1948), Schelling (1978) gibi isimleri sayabileceğimiz çok uzun zamandır bir araştırma konusu olmuştur (Şekil 4.3). Geleneksel olarak hakim iktisadın kurguladığı koordinasyon mekanizması süreç analizleri ile ACE'de detaylı incelenir. Rasyonel birey, tam bilgi gibi varsayımlar analize dahil edilmeden incelenebilir.

ACE'nin metodolojik anlayışı içinde kontrollü deneylerle laboratuvar ortamında



Şekil 4.3: Geri besleme mekanizması: Mikrodan makroya, makrodan mikroya... (Tefsation, 2013)

simülasyon yapılır. Kültür kabı¹⁸, şeklindeki laboratuvar ortamında, ajanlara ve çevre şartlarına ilk değerler atanıp, inceleme yapılır. Ajanlar her türlü iktisadi bireyi temsil edebilir. Ortam ise hava, toprak, hükümet, kurum gibi etmenler olabilir. İlk atanan değerlerde ajan ve ortam özellikleri (attribute) sisteme atanır. Bu değerler ajan karakteristikleri, davranışsal normlar ve karakteristikleri ve kendi çevresi hakkında ilk bilgilerinden oluşur. Sonrasında çevre etmenleri bu değerler ışığında simülasyon süreci olarak evrilir. Tüm olaylar, ajanlar ve ortam arasındaki etkileşimin sıralı yapıda olması ile zaman çizgisinde ilerler (Tefsation, 2002c, s.1).

Leon Walras'ın rekabetçi genel denge modeli ve ekonomiyi denklem ve bilinmeyenler kümesi olarak sunulması ile iktisatta bugünlere gelen anlayış ortaya çıkmıştır. Süreç analizi üzerine duyulan ilgi zamanla Walrasyan müzayedeci ile yer değiştirmiştir. Bu kavram sanal olarak sanki bir bilgisayar gibi, kaynakların dağılımı işi ile meşgul olmaktadır (Chen, 2012, s.2). Walrasyan formel modellemeyen ACE'ye geçiş ile Walrasyan müzayedeci kavramdan, ajan merkezli bir piyasa işleyiş yön-

¹⁸Kültür kabı (cultere-dish) laboratuvar ortamında, canlı organizmaların yaşayabilmesi için yaratılmış çevre şartlarını ifade eder. Deney amacına yönelik olarak kabın içine belirli miktarda besin, canlı organizma ve çeşitli kimyasallar koyulur. Özellikle ilaç deneylerinde farklı antibiyotikler bu şekilde denir. Belirli sürelerde yapılan kontrollerde canlı organizmanın ilgili çevre şartlarına olan tepkisi, -üremesi veya ölümü- gözlemlenir. ACE'de sanal bir ortamda, belirlenen çevre şartları ve başlangıç koşulları ile deneyler yapılır. Organizmaların kültür kabındaki davranışından çok daha kompleks bir yapıdır. İktisadın konusu olan insan sosyal varlıktır, ve çevre şartlarına adaptasyonu bu şekilde gelişebilir. Kültür kabı örneği Leight Tefsation'un çalışmalarında sıklıkla kullanılan bir kavramdır ve ACE'nin metodolojisini anlatmada başarılı bir kavramsal benzetmedir.

temine geçilmektedir (Tsfatsion, 2006).

ACE çalışmalarını sınıflandırabilmek kolay değildir. Çok farklı branşlarda bir çok çalışma yapılmaktadır. Ancak nereden başladığını ve köşe taşlarının neler olduğu düşünüldüğünde akıllara ilk Thomas Schelling (1971)'in ayrım (segregation) modeli gelir. Bu modellerle birlikte ACE adı koyulmamış bir şekilde doğmuştur. İlk dönem çalışmaları birçok araştırmacıya arkalarından gidilecek kapılar açmıştır. Bu çalışmaların ardından yeni kuşak çalışmalarda bu çalışmalardan esinlenerek yola devam etmişlerdir. Arifovic (1994), Arthur, Holland, LeBaron, Palmer, ve Tayler (1996), Axelrod (1987), Epstein (2002, 2006), Epstein ve Axtell (1996), Kirman (1997), Kollman ve Miller (1997), Miller (1996), Tsfatsion (1997b,a, 2000, 2001a,b, 2002c,b,a, 2003, 2006, 2011, 2016), Vriend (1995), Epstein (2002), LeBaron (2002) gibi ACE'nin diğer kilometre taşlarını oluşturan birçok kaynak vardır. Bu çalışmaların dışında sayısız mikro bazlı piyasa modellerini ya da makro modelleri uygulayan çalışmalar vardır.

Çalışmalarda hücrel otomata modelleri ve ajan bazlı modeller olara ikiye ayırma geleneği olsa da, (Chen, 2012)'in çalışmasında ACE'ye tarihsel perspektifte bakılır. Bu bakış açısında ACE disiplininin gelişimini piyasa temelli (The markets origin), hücrel otomata (celluar automata), ekonomik yarışma temelli (Economic tournament origin) ve iktisadi deney (insan benzeri ajan tasarımı - experimental economics origin) temelli incelemiştir. Yazar bu ayrımları tarihsel bir perspektiften bakarak yapmaya çalışsa da aslında birbirlerinden bağımsız konular olarak düşünülemezler.

Piyasa temelli analiz, Walrasyan modelin süreç analizi şeklindeki ifadesidir. Süreç, merkezi karar almanın olmadığı, walrasyan müzayedeci kavramının dışlandığı ve piyasa oyuncularının etkileşimlerinin ön plana çıkarak, piyasada oluşacak olan fiyat mekanizmasının incelendiği durumu ifade eder. Piyasa temelli analiz için çok sayıda örnek vermek mümkündür. Bazılarını yazmak gerekirse, Vriend (1995), Kirman (1992), Kirman ve Vriend (2001), McFadzean, Stewart, ve Tsfatsion (2001), Riechmann (2002), Axtell (2005), Gintis (2006, 2007, 2010), Foley (2010) bunlardan sayılabilir.

Hücrel otomata ise iktisattaki kullanımı Schelling (1971)'in çalışması ile başladığı söylenebilir. Hücrel otomata da temel çıkış noktası yerel bazda etkileşimde olan ajanların sistemde yaratabileceği bütüncül çıktıları görebilmektir. Hücrel otomata modellerinde etkileşim bir düzlem üzerinde gerçekleşir ve her ajan belirli, önceden tanımlı, sabit özelliklere sahiptir. Hücrel durum ön planda olduğundan, hücrelerin özellikleri sistem için başlıca veridir. Zaman, mekan ve durum (state) ayrık zaman dilimleri için değerlendirmeye tabidir. Hücrel otomatada komşuluk çok önemli bir kavramdır. Etkileşimler bu komşuluk üzerinden ortaya

çıkar ve bütüncül bir örüntü çizmesine neden olur. Her hücre tanımlı dönem içerisinde bir ajanı içerisinde barındırabilir. Bu ajan hücrenin yerleşik özellikleri dikkate alınarak çevresindeki hücrelerin içinde bulunan ajanlarla belirli kurallarla etkileşime geçer. Bu etkileşim sonucu ajanın değerlerinde değişiklik olmakla birlikte, ajan farklı bir hücreye de hareket ettirilebilir (Shanthi ve Rajan, 2012). Hücresel otomata temelde öğrenme ve bilişsel akıl modellerde ajanların nasıl kurulanacağı üzerine bir tartışmadır. Bilişsel akıl, ajanların çevreleri ile etkileşim sonucunda nasıl bir hafıza ve zeka düzeyi ile hareket ettiği aynı zamanda da davranışlarının nasıl evrildiğinin düzeyi ile alakalı bir durumdur. Modellerde ajanlar sıfır zekalı yani rastgele davranan bireyler olabileceği gibi, sürü zekasına sahip, sosyal zekaya sahip ya da insan özelliklerini taklit eden bireyler olarak modellenenebilir. Bu aşamadan sonrada ajan bazlı modelleme teknikleri ile sosyal zeka (wisdom of crowds) çalışmalarına geçilmiştir. Ajan bazlı modelleme teknikleri ile ajanların statik konumları terk edilmiş yerine hareket kabiliyeti gelmiştir. Hücresel otomata ile birlikte sonlu durumlu otomata modelleri de önemli yer tutar. Bu modeller tekrarlı mahkum açmazı analizleri ile dikkat çekicidir. Axelrod (1984), Linster (1992), Huberman ve Glance (1993), Miller (1996), Klos (1999) otomata modelleri için önemli çalışmalardır.

Bu aşamadan sonra ortaya çıkan ekonomik yarışma ve iktisadi deney yaklaşımları programlanabilir iktisadi ajanların oluşturduğu bir çevre içerisinde zengin etkileşim örüntülerine sahip yaklaşımların farklı programlama ve algoritma teknikleri ile modellenmesidir. Genetik programlama ve kalibrasyon algoritmaları görülür. Bu aşamada ajanların ya otonom (sınırlı özellikli programlanmış) ya da insan benzeri davranış kalıpları vardır. Sosyal çevre ve iktisadi teoriler bu zenginleştirmelerle incelenirler. Heterojen, bağımsız ajanların bulunduğu merkezi olmayan piyasa modellerinin oyun teorisi, ağ yapısı gibi etkileşimli bireyleri analiz edecek araçlarla zenginleştirilerek incelenmesini sağlar. Evrimci modelleme teknikleri aracılığı ile programlanabilir iktisadi nesneler yaratılır. Bu yapı aslında ACE tekniklerinin geldiği son noktaları da ifade eder. Öncelikle basit programlanabilir iktisadi ajanlarla başlayan bu serüven daha sonra otonom ajanlara son olarak da bahsedilen insan benzeri (evrimci) ajan tipine bürünmüştür. Piyasa temelli analizlerin önemli bir kısmı da bu aşamalardan geçmiştir. Yeni kuşak çalışmaların önemli bir kısmı otonom ajan tipi programlama ile insan benzeri ajan tipi programlama arasında bulunmaktadır.¹⁹

¹⁹Shu-Heng (Chen, 2012)'in çalışmasında ACE'nin kategorik ayrımına ayrıntılı olarak bakılabilir.

ACE sunduğu ampirik çalışma ortamı dışında, ayrıca politika önermesi üzerine de çalışma imkanı sunar. Politika yapıcı elindeki enstrümanları sanal bir ortamda deneyip görme imkanı bulur. Ayrıca iktisat teorilerin de sınanabilme imkanı verir (Tsfatsion, 2016/05/12).

Üretici sosyal bilimler (generative social science), sosyal simülasyon (social simulation) ve hesaplamalı sosyal bilimler (computational social science) ve ACE birçok bilimsel kuruluş, topluluk, konferans ve yayın sayesinde ciddi aşama katetmiştir. Başlangıç yılları ile günümüz arasına bakıldığında adeta bir kar topu etkisi göze çarpar. Bu tarz simülasyonlar sosyoloji, antropoloji, ekonomi ve davranışsal bilimler üzerine ciddi etki yaratmıştır.

Bilgisayarın hayatımıza girmesi ile sosyal bilimlerde kullanımını da ortaya çıkarmıştır. Başlangıçta bilgisayar sosyal bilimler için karmaşık denklem sistemlerinin analitik çözümü ve verinin istatistiksel modellerle izlenmesi şeklinde iken 1990'lardan sonra bilgisayar teknikleri simülasyon için de kullanılmaya başlanmıştır. ACE, analiz yapan kişiye, çevresi ile etkileşimli ajanların bulunduğu bir sistemi yaratma, analiz etme ve farklı modelleri deneyimleme şansı veren bilgisayarlı bir metodoloji olarak düşünülebilir. Bu yaklaşım aslında yapay zekaya²⁰ giden yolu da bizlere gösterir. 1990'lardan sonra yapay zeka ve nesne tabanlı programlama²¹ paradigmaları ortaya çıkmıştır. Bu yaklaşımlar ACE'de de yer alır.

ACE ile heterojen değişkenler, parametreler ve davranışlar baz alınır. Ajanlar, bilgi ve iletişim protokollerini kullanarak etkileşime girerler. Ajanlar öğrenirler, adapte olurlar ve sonunda da davranış kalıplarını geliştirirler. Model sahibinin çevre şartlarını ve bireyleri, davranışsal ve bilişsel özellikleri ile düşünüp, gerekli kısıtlar ile modellemesi gerekmektedir. Bu sayede model hayatı taklit eden bir yapıya dönüşür. Matematiksel modeller homojen temsili ajanlar için kısıt aksiyomlar ile analiz yaparken, ACE araçlarında heterojen ve görece akıllı bireylerin tercihleri hesaba katılır. Etkileşimleri inceleyerek modelin her bileşeninin kararları da incelenir. Bu da aşağıdan yukarıya bir yaklaşımdır ve makro çıktılar bu bakış açısı ile ortaya çıkar (Squazzoni, 2010, s.197-201).

²⁰Yapay zeka, canlıların düşünme yetilerini analiz ederek, bilişsel özelliklerin yazılım ve donanım araçlarla makineler tarafından geliştirilmesini hedefler. İktisadi bireylerin davranışları da bu çerçevede analiz edilebilir.

²¹Nesne tabanlı programlamada yazılım dilindeki nesne (object), bir durumu, davranışı ya da bir nesneyi yazılım dili içerisinde belirli bir bütünlükte tanımlayan, kapsayan yapıdır. Bu yapı örneğin iktisadi bireyin tanımını yapabilir, davranışlarını benzer kod parçaları ile ifade edebilir, durumunu kendi bünyesinde kullandığı değişkenlerle tutabilir. Her birey için farklı davranış kalıpları ile çalışılabilir

4.3.3 ACE Çalışma Alanları

ACE çalışma alanları birçok dala yayılmıştır. Temelde Tesfatsion (2002c)'un ayrımını baz alarak aşağıdaki alt başlıklara ayrılabilir. Bu ayrımlara tabi olan onlarca önemli çalışmalar vardır.²²

1. Öğrenme ve bilişsel akıl (Learning and the embodied mind)
2. Davranışsal normların evrimi (Evolution of behavioral norms)
3. Piyasa işleyişinin aşağıdan yukarıya modellenmesi (bottom-up modeling of market processes). Elektrik piyasası, finans piyasası, emek piyasası
4. Ekonomik ağ formasyonu (formation of economic networks)
5. Organizasyon modellemesi (modeling of organizations)
6. Hücresel otomata (celluar automata) içinde ajanların tasarımı (design of computational agents for automated markets)
7. Gerçek ve sanal bireylerin paralel deneyimleri (parallel experiments with real and computational agents)
8. ACE bilgisayarlı laboratuvar çalışmaları (building ACE computational laboratories)
9. İşletme ve yönetim (Business and Management)
10. Ekonomi politikası (Economic Policy)
11. Endüstriyel İktisat (Industrial Economics)
12. Patika Bağımlılığı (Path Dependence)
13. Teknolojik değişim ve iktisadi gelişim (Technological change and economic development)
14. Ampirik doğrulama (Emprical validation)

4.3.4 ACE Model Karakteristikleri

ACE modellerini ifade eden aşağıdaki karakteristikler, aslında ana akım iktisadın modelleme anlayışının tersi olarak da görülebilir. Epstein (2006)'ın ifadesi ile sınırlı rasyonellik, heterojenlik, otonomi, belirli uzay (explicit space), lokal etkileşimler, dengesizlik dinamiği, geri beslemeler olarak sayılabilir.

Sınırlı Rasyonellik

Rasyonellik aksiyomatik bir anlayış ile bireylerin tercihleri üstünde kesin kısıtlar

²²Yazarın web sitesinden bu çalışma alanları hakkında bilgi alınabilir. Yazar geniş bir okuma listesini her bir çalışma alanı için ayrı ayrı paylaşmıştır.
url: <http://www2.econ.iastate.edu/tesfatsi/aapplic.htm>

olan bir yapıdır. Bireyler bütçe kısıtı altında zevkleri ve tercihleri doğrultusunda bu aksiyomları kullanarak kurallı hareketler yapar. Rasyonel birey kavramının birçok deneysel ve davranışsal iktisat araştırması ile tutarsız ve genellenemeyecek bir davranış olduğu ortaya çıkmıştır (Bulutay, 1982). Bu gerçek dışı varsayımın üzerine teorileri kurmanın bir nedeni olmak zorundadır. Rasyonellik varsayımları sayesinde bireysel talebin fiyatlarda sürekli bir fonksiyon olduğunu gösterilebilmektedir. Birey için elde edilen bu talep, toplam yolu ile toplum için toplam talebe bizi götürecektir. Buradan da dengeye varma imkanı sağlamaktadır. Heterodoks iktisat içerisinde rasyonellik kavramından ziyade sınırlı rasyonellik kavramı kullanılmaktadır. Bu kavram sınırlı bilgi ve sınırlı hesaplama yeteneği üzerine bir kavramdır. Ajanların tam global bilgileri yoktur. Aynı zamanda sınırsız bir hesaplama başarısına da sahip değildirler. Tipik olarak, lokal etkileşimlerinde temel aldıkları basit kuralları kullanırlar. ACE model, lokal etkileşimleri olan ve sınırlı bilgi ve beceri sahibi (hesaplama yeteneği) olan uzaysal olarak dağılmış heterojen otonom ajanların temsili için güçlü bir araçtır.

Heterojen/Adaptif Ajanlar

Heterojenlik kavramı farklı tercihlerden ziyade farklı karar verme mekanizmaları üzerine olduğu söylenebilir. Heterojenlik ekonomide ajanların karşılıklı etkileşimi üzerine ortaya çıkan (emergent) bir özelliktir. Her ajan farklı durumlara farklı davranış kalıpları geliştiren ve farklı bilişsel özelliklere sahip yapıdadır. Davranış kalıpları çevre şartları ve bireyin bulunduğu ağ yapısına bağlı olarak gelişen, evrilen ve öykünen durumdadırlar. Çevre şartları farklı normlarla ve doğa koşulları ile bağdaştırılabilir. ACE tüm bu kalıpları programlama sınırları ve veri yönetimi çerçevesinde modeline ekleyebilir. ACE ile standart modelleme içindeki homojen varsayımlarına yani basit (simple) ajan analizine ihtiyaç yoktur. Heterojenlik ile iktisadi ajanlar kompleks davranış sergilerler. Temsili ajan metotları ACE içerisinde kullanılmazlar. Ajan popülasyonu heterojendir, bireyler sayısız şekilde farklılaşabilir. Bu durum genetik, kültürel veya sosyal ağ içerisinde, zamanla değişebilir veya endojen olarak adaptasyon yaşayabilir. Ajanlar adaptif bir davranış sergilerler.

Otonomi

ACE modellerinde, merkezi veya yukarıdan aşağıya birey davranışları üzerinde bir kontrol yoktur. Ayrıca genel olarak makro yapıdan mikro yapıya doğru bir geri besleme mekanizması her zaman vardır. Bireyler sosyal normlardan ve kurumlardan etkileneceklerdir. Bu sosyal normlar ve kurumlardan daha öncesinde yine

ajanların etkileşimi ile zamanla yaratılmış olan yapılardır. Bu bakış açısı ile mikro ve makro sürekli evrilim halindedir. Burada merkezi kontrol yerleşmemiştir. Ajanlar kendi eylemlerini kendileri kontrol ederler. Ajanların kendi içsel süreçlerini ifade eden, kendiliğinden karar verme ve etkileşme özgürlükleri vardır.

Belirli Uzay (Explicit Space)

Olaylar tipik olarak açık bir kümede ortaya çıkar. Buradaki ifade yenilenebilir kaynakların olduğu bir alan ifadesidir. N boyutlu bir matris veya dinamik sosyal ağ olabilir. Buradaki temel ihtiyaç lokal etkileşimin sağlanmasıdır.

Lokal Etkileşimler /Ağ yapısı

Ajanlar çevrelerindeki (komşu alanlardaki) ajanlar ile etkileşim halindedirler. Bilgi lokal bazda yoğundur. Global bilgi ise sınırlıdır. Ağ yapısı bu bilgi akışını etkiler. Bireylerin davranışları lokal bazda daha belirgin değişir.

Dengesizlik Dinamikleri

Denge ACE için bir istisnai durumdur ve süreç analizi yapılır. Dinamik bir sistem için çoğu zaman denge anlık bir görüntüden ibarettir, çoklu denge de alternatif olarak görülebilir. Durağan denge analizinin ACE içinde yeri yoktur.

Pozitif/Negatif geri besleme

Kompleks sistemlerde pozitif ve negatif geri besleme mekanizmaları sıklıkla beraber görülür. Tek başına negatif geri besleme, sistemi azalan getirilere götürecektir. Bununla birlikte sadece pozitif geri besleme (feedback) ise sistemi hızla patlatır. Beraber olduklarında kompleks davranışı gösterirler. Mikro yapılar makro yapılardan etkilenirken, makro yapıları ise mikro düzeyden ortaya çıkar.

4.3.5 Ajan Bazlı Modelleme

Bireysel aktörlerin kendi tercihlerini iyi tanımladıkları, bu tercihlerini fayda fonksiyonları ile ilişkilendirdikleri ve tam bilgi altında en iyi olası seçeneği seçtikleri rasyonel aktör paradigması ekonomik teoride yer alır. Rasyonel karar verici faydasını maksimize edecek hareketi seçer (Billari, Fent, Prskawetz, ve Scheffran, 2006, s.2-3). Rasyonel birey hayatın süpermeni iken, kompleks dünyada ise belirsizlik, sınırlı rasyonellik ve sınırlı hesaplama becerisi vardır.

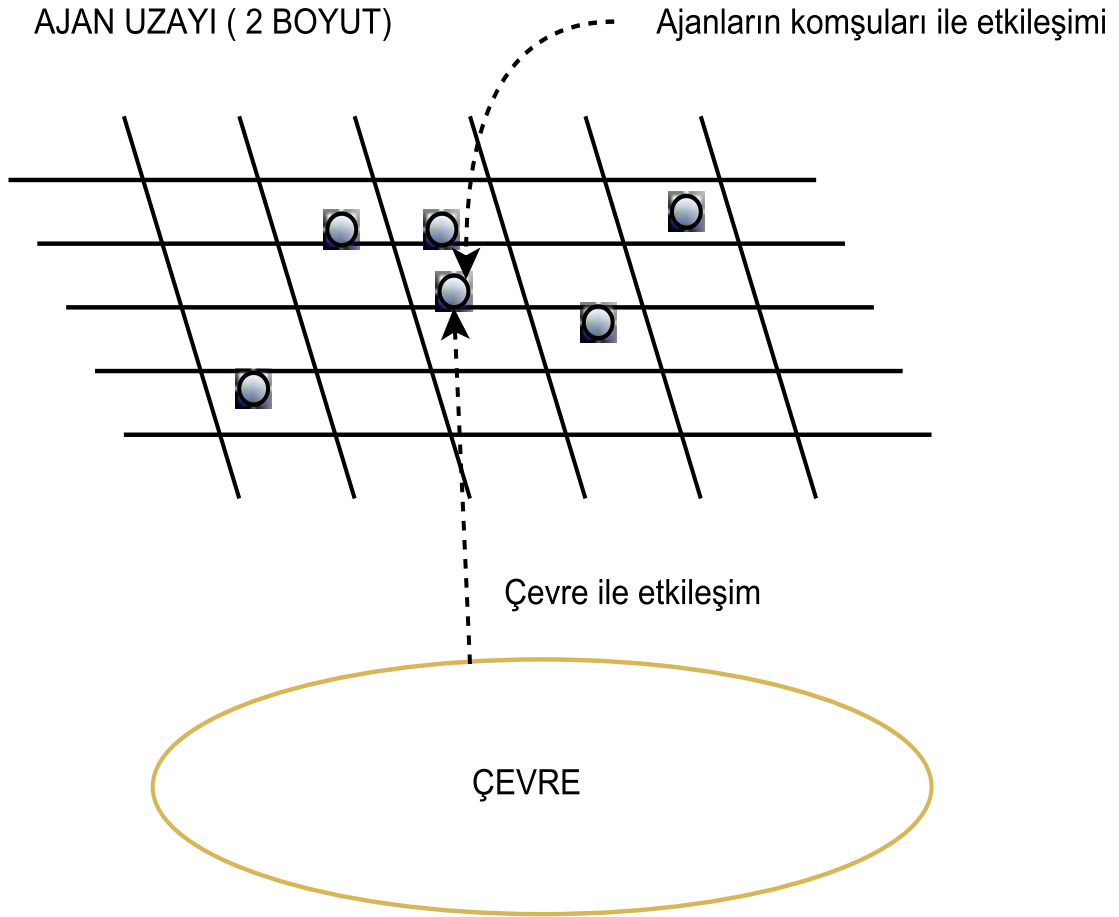
Toplumlar özellikle, insan toplulukları, ağırlıklı olarak doğrusal olmayan kompleks yapıların oluşturduğu sistemlerdir. Bireylerin tahmin edilmesi zor özellikleri vardır ve önemli ölçüde heterojen bir yapı içinde bulunurlar. Geçmiş deneyimlerinden etkilenirler ve sosyal bir canlı olduklarından ilişki içerisindeyler. Bu ilişkide de bilgi transferi oldukça karmaşıktır (Gilbert, 2004).

Ajan bazlı modelleme kompleks sosyal sistemlerin incelenmesinde önemli yer tutar. Kompleks sistemler etkileşimli otonom elemanların, kompleks adaptif sistemler ise buna ilaveten ajanların bilişsel yetenekleri üzerinden varsayımlarda bulunur. Bu bilişsel yetenekler öğrenme, taklit, zeka gibi birçok özelliği kapsar. Sistemin tamamı ise kendiliğinden organize olan, etkileşim sonucu yeni oluşumlar ortaya çıkan ve adaptif bir kolektif yapı özellikleri sergiler. ACE bu bağlamda modelleme yeteneği sağlayan araçlara sahiptir. Bu araçlarda prensip olarak üç farklı bileşen dikkat çeker (Macal ve North, 2010, s.152-154). Bunlar sırası ile (Şekil 4.4);

1. İçlerinde her bir birey için davranışsal tanımları ve özellikleri barındıran ajan kümesi.
2. İlişki ve ilişkiye konu olan etkileşim tanımlarını barındıran etkileşim topolojisi.
3. Bireylerin içerisinde bulunduğu çevre ve bu çevrenin özellikleri.

Tüm bu model elemanlarının oluşturduğu yapının zaman boyutu zaman basamaklı (time-stepped), aktivite temelli ya da ayrık olarak sunulabilir.

Kompleks iktisadi analizde temel yaklaşım, ajan temelli modelleri içermesidir. Bu modellerde ajanlar açıkça tanımlanmışlardır. Buradaki ajan kavramı, bireyler adına; tüketicileri, üreticileri, sosyal gruplar adına; firmaları, dernekleri, aileleri, toplulukları, kurumları, kuruluşları oluşturabilir. Sistemin en önemli parçasını bu ajan kümesi oluşturur. Bu ajanlar otonom özelliklerinden faydalanarak çevre ile etkileşime geçer ve kendi karar mekanizmalarını oluştururlar. Bu ajanlar diğer ajanlarla doğrudan veya dolaylı olarak ilişki kurup, bu ilişkileri sonucu da sosyal makro yapıyı ortaya çıkartırlar. Bu modellerdeki ortak noktalardan biri de rasyonel birey anlayışından uzak durmalarıdır. Modeller sınırlı rasyonel kabullerle ajan kümesini ve onu sarmalayan ilişkileri tanımlarlar. Bu modeller de ajanlar amaçları doğrultusunda hareket ederler. Ajan tanımlarındaki temel varsayım amaç odaklı oluşlarıdır. Diğer bir özelliği ise ajanların adaptif oluşlarıdır. Ajanlar tanımlı becerileri doğrultusunda, öğrenme ve deneyimleme yeteneklerine sahiptirler. Buradaki tanımlı ifadesi ajanların bilgisayar dilindeki programlama aracı ile çevrelenmesini (encapsulated) ifade eder. Yazılım dilindeki bu sarmalanmış



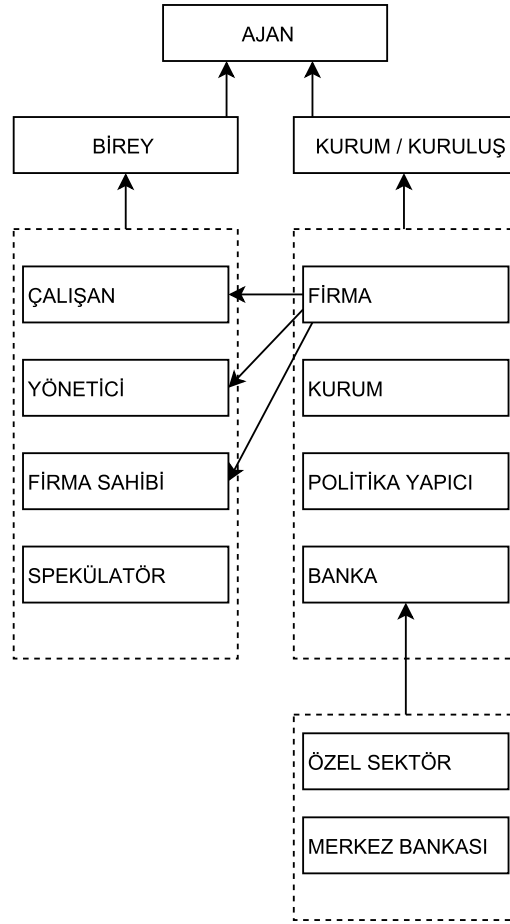
Şekil 4.4: ACE modeli yapısı (Macal ve North, 2010, s.152)

nesneler aracılığı ile olur (Axtell, 2000, s.1-5). Diğer bir ifade ile ajanların bireysel özellikleri modüler ve tekil olarak ifade edilmiştir. Metotlar, fonksiyonlar veya prosedürler ajanın eylemlerini ifade eden terimlerdir. Bu tekillik ajan popülasyonundaki heterojen yapıyı ifade eder (Şekil 4.5).

Hareket ve kararları etkileyen davranışlar ajanlarda tanımlanmıştır. Bilgi diğer ajanlar ve çevre ile etkileşime geçen ajan tarafından paylaşılır. Simülasyon bir zaman çizelgesi üzerinde hareket eder. Bu zaman çizelgesinin her anında tanımlı ajanlar için bir durum (state) vardır. Bu durum sürekli gelişime açıktır.

Ajanların bilişsel kapasiteleri tamamen model sahibinin inisiyatifinde bir durumdur. Bilişsel kapasite hem iktisadi modelleme açısından hem de bilgisayar bilimleri açısından ciddi anlamda kompleksite yaratan bir durumdur. Bir ajanı sıfır zekalı yani rassal davranan olarak da tanımlanabileceği gibi, zeki, öğrenen, taklit eden gibi üstün özellikleri ile de tanımlamak mümkündür. Ancak bu durumda fazlası ile yapay zeka üzerinden çalışılmak durumundadır.

Kompleks sistemlerde sistemi oluşturan birimlerin kendi aralarındaki etkileşimi analiz konusudur. Parçalar birbirlerinden bağımsız düşünülmezler. Modelle ise bu



Şekil 4.5: Ajan Hiyerarşisi (Borrill ve Tesfatsion, 2010, s.5)

ilişkiyi ağ yapısı mimarisinde düşünerek yansıtmaya çalışır. Lokal etkileşimlerin rolü büyüktür.

Çevre şartları olarak ifade edilen ajanların dış dünyasının anlatıldığı ortam birçok bileşenden oluşur. Çevre şartı olarak modellemede coğrafi bilgi kullanılabilir (Gilbert, 2008, s.15). Bunun dışında ajanların arasındaki alış verişe konu olan malın tabi olduğu kurum ve yasalar, iklim, kültür ve normlar çevre şartları için modellenebilecek karakteristiklerdir. Bu özellikler ilişkilerin niteliği üzerinde önemli bir etki yaratabilir. Örneğin batı ve doğu toplumlarının değer yargıları bu coğrafi niteliklere göre tasarlanabilir.

ACE modelle elemanları simülasyonun başında başlangıç koşulları olarak verilirler. Simülasyon sonuçları bu başlangıç koşulları ile sıkı sıkıya bağlıdır. Dinamik bir simülasyon bu koşullar çerçevesinde değişir. ACE'nin doğası gereği genellikle koşullardaki değişiklikler, sonuçlarda doğrusal değişimler doğurmazlar. Bunun nedeni modellerin oluşum (emergent) özelliğinden kaynaklıdır.

Bir ACE modelinde formel tekniklere benzer bir şekilde öncelikle iktisadi ajanların tanımları ortaya koyulmalıdır. Bu tanımlar ajanların fonksiyonel yapılarını

```

public interface Customer {
    public void initializeAgent();
    public void setFirstBudget();
    public void setFriendList();
    public void setLastConsume();
    public void setFirstLocation();
    public void step();
    public void checkFriendsPreviousChoices();
    public void calculateUtulityValues();
    public void checkProducts();
    public void buyMostValuable();
    public void updateLocation();
    public void updateLastConsume();
    public void updateFriendList();
    public void updateBudget();
}

```

Şekil 4.6: Tipik bir iktisadi ajan nesnesi

```

public interface Environment {
    public void initializeEnvironment();
    public void step();
    public void updateLocationList();
    public void updateNetworkStructure();
}

```

Şekil 4.7: Popülasyon Nesnesi

oluşturduğu gibi aynı zamanda kısıtlarını da ifade eder. Örneğin bir ajanın fayda fonksiyonu miktar, fiyat gibi sadece geleneksel girdilerle belirlenebileceği gibi, diğer ajanlar ile etkileşimi de bu fonksiyonel yapının bir parçası olabilir. Sistemin tamamının işleyişinin analizi yapıldıktan sonra, bu işleyiş hakkındaki tüm parçalar ACE modelinde tanımlanması gerekmektedir. Hem ajanların kendisi hem de bu ajanların kendi aralarındaki iletişimin kuralları tek tek programlama tekniği ile tanımlandıktan sonra geriye kalan tek şey bu ilişkilerin ne kadar sıklıkla ve hangi aralıklarla çalıştırılacağına belirlenmesidir. Sistem araştırmacının isteği kadar periyotta çalışır ve hem bütüncül çıktılar hem de mikro bazda iktisadi bireylerin davranışları ve kantitatif değerleri ölçülebilir.

Simülasyonun herhangi bir anındaki kantitatif değerler, sistemin başlangıç değerleri ile sıkı sıkıya bağlıdır. İktisadi bireylerin fayda/kar fonksiyonlarında sistemin başlangıç değerleri parametreler veya değişkenler olarak yer alır. Bu başlangıç değerleri değiştirildiğinde fonksiyonların yapısı ve etkileşimlerin ortaya çıkardığı kantitatif değerler değişecek, bu da sistemin bütüncül çıktıları üzerinde dramatik etkiler yaratabilecektir. Bu etkiler de geri besleme mekanizmaları ile çoğu zaman

```

public class runSimulation {
    public static void main(String[] args) {
        Configuration configuration = getInitialParameters();
        initializeAllAgents();
        while(!isLastPeriod){
            play();
        }
    }
}

```

Şekil 4.8: Ajan bazlı program

mikro ajanların yapılarında da değişimlere neden olur. Başlangıç değerlerinin yarattığı patikalar araştırmacı tarafından incelenecektir. Bu patikaların yarattığı davranış kalıpları hem teori hem de deneysel çıkarımlar için anlamlı olacaktır.

Başlangıç koşulları modelin esnekliğinin ölçülerinden biridir. Modeldeki kat-sayılar ve değişikliklerin başlangıç koşulu olarak dışarıdan müdahale edilebilir olması sistemin her basamağı için önemli bir analiz imkanı verir. Başlangıç koşullarının artması ile simülasyonun bütünü tekrar sayısı da üstel olarak artacaktır. Örneğin Cobb-Douglas üretim fonksiyonun ($Y = AL^\alpha K^\beta$) kullanıldığı bir firma yapısı modelde kullanılsın. Sermaye (K) ve emek (L) değerleri için kullanılan üstel değerler, β, α ve A katsayısı başlangıç koşulu olarak verilebilir. Burada $\beta = 1 - \alpha$ kısıtına sadık kalmak şartı ile sınırsız β, α ve A kombinasyonu denenebilir. Ne kadar fazla kombinasyon denenirse fonksiyonel yapının gerçek hayat koşullarını sağlayacak olan doğru katsayı ve parametre çiftlerine o kadar yaklaşılabılır. Ancak denemelerin sayısı arttıkça maliyet de o ölçüde artacaktır. Basit bir örnekten hareketle sistemde n adet başlangıç koşulu olduğu ve her bir başlangıç koşulu için ise m adet farklı değer denenmek istensin. Bu hali ile simülasyon m^n farklı değer için çalıştırılmak zorundadır.²³ Başlangıç koşullarını ve onların denenmek istenilen değerleri ne kadar artarsa araştırmacı için o kadar bir maliyet unsuru olarak karşısına çıkar. Simülasyon teknikleri kullanılacak olan bilgisayar donanımları ve yazılımları ile kendi kısıtlarını oluşturur. Bu nedenle modelin kompleksitenin modellenmesindeki temel kısıtı aslında başlangıç koşullarına bağlı olan esneklik dereceleridir.

Modelin mimarisine gelince, temelde her iktisadi birey için ayrı ayrı tanımlar yapılmak durumundadır. Bu ajanların tanımı kullanılacak olan programlama diline de bağlı olarak yazılır (Şekil 4.6 örnek bir tüketici nesnesinin program-

²³15 değişkenin 3'er farklı değeri için denenebilecek bir model 3^{15} ($\approx 14milyon$) simülasyona ihtiyaç duymaktadır. Bu simülasyonların tamamı çalıştırıldıktan sonra ise analiz yapılabilecektir.

lama dilindeki genel tanımını göstermektedir. İlgili ajanın çevre ve diğer ajanlarla kurduğu ilişkileri ifade eden fonksiyonların tanımları bu nesneler içinde yapılmaktadır.). Simülasyonlar genellikle tekil zaman dilimleri için değil çoklu (sonlu) zaman dilimleri için yapılır. Bu nedenle ajanların kendi aralarındaki etkileşimler aslında bir sonraki periyot için bir veri olarak kabul edilir. Başlangıç koşulları ajanların ilk değer atamalarını yapar. Bu koşullar sayesinde ($t=0$) sistemin başlangıç noktasında ajanlar simülasyon programı tarafından yaratılır ve simülasyona konu olan iktisadi faaliyetler ve kendi aralarındaki etkileşimler için hazır hale gelirler (initializeAgent metodu). Sistemdeki tüm ajanlar eş zamanlı bir şekilde yaratıldıktan sonra bu ajanların sistemdeki konumları, son tüketim değerleri, diğer ajanlar ile olan ağ yapısı gibi çevre şartları yaratılır (setFirstBudget, setFriendList, setLastConsume, setFirstLocation metotları). Sistemde bulunan her ajan, her periyot için farklı hareketlerde bulunur. Örneğin sistemdeki tüketiciler fiyat kararlarını alır, tüketiciler tüketecekleri malı ve miktarı seçerler, devlet gibi dışarıdan bir regülatör kurum tanımlandıysa sisteme kurallar atanır, doğa gibi çevre değişkenleri iklim, yer altı zenginlikleri, enerji gibi dış kaynaklara kantitatif değerler atarlar (step metodu). Her nesnenin her periyot için çalışacak olan kendine özgü karar alma mekanizmaları programda bir metoda karşılık gelir. Periyotlarda çalışan nesnelerin hareketlerini belirleyen bu metotların her biri çalıştığında sistemde bütüncül bir çıktı oluşur. Bu global etki sistemin her ajanı tarafından tekrar yorumlanmak ve bir sonraki periyodun ilgili hesaplama kurallarına göre girdi olarak kullanılmak durumundadır. Örneğin sistemde tanımlı olan firmalar her periyotta tanımladıkları fiyatlar, periyot sonunda tüm ajanların hareketlerini tamamlaması sonucu bütüncül bir sistem çıktısına neden olur. Firmaların bazıları kar ederken bazıları zarar etmiş olabilir. Buna bağlı olarak piyasa payları değişebilir. Bu durumda bir sonraki dönemin tercihleri değişecektir. Makro boyuttan bakıldığında ise bir periyottaki tüm tercihler, üretim kararları enflasyon ,ücretler, üretim değerleri gibi global değerleri düzenler. Bu değerler de bir sonraki periyodun verisi olarak düşünülebilir. Periyot sonlarındaki bütüncül çıktılar da her iktisadi bireyin programda tanımlanmış kendi nesnesinde farklı metotlar yardımı ile yorumlanır (calculateUtulityValues, updateLocation, updateLastConsume, updateFriendList, updateBudget metotları). Bütün periyotlar için sistem çalıştığında bir başlangıç koşulları kombinasyonu için simülasyon sonuç üretmiş olur (Şekil 4.7 bütün sistemin çevre şartlarının ifade edildiği yapıyı simgelemektedir).

Genetik algoritmalar (genetic algorithms), öğrenme algoritmaları (learning algorithms) ve bilişsel yeteneklerin seviyesini belirleyecek diğer algoritmalar bu mantık çerçevesinde, programdaki iktisadi birey nesnesinin bir özelliği ya da fonksiyonelliği olarak metotların içerisine yazılabilir. Simülasyon bu bağlamda bir çok

farklı teknoloji ve dış kaynak verisi için entegre olabilecek imkanlar sunar.

Simülasyon için kullanılacak olan yazılım ürünlerinin ölçeklenebilir, tutarlı ve zengin bir geliştirme platformu olmaları gerekmektedir. Ajan temelli modelleme bilgisayar programlama dilleri (Python, Java, C ve C++) ile yapılabilir. Bu dillerin yanında özel olarak dizayn edilen ek yazılımlar veya eklentiler (toolkit) de ajan temelli programlama ihtiyaçları için kullanılabilir. Bu yazılımlar bazen ağ yapılarının çözümleri gibi özel amaçlara yönelik olarak kullanılabilir gibi, ajan temelli modellemenin bütününe kapsayacak ihtiyaçlara dönük çözümler geliştiren kütüphaneler ile de araştırmacının kullanımına sunulabilir. Araştırmacı bu kütüphanelerden ihtiyacı olan ACE fonksiyonelliğini çağırarak, modelde ihtiyacı olan dünyayı ve bu dünyanın parçası olan iktisadi ajanların davranışlarını tanımlayabilir. Özellikle grafik ara yüzünden yardım alınan durumlarda bu tarz kütüphaneler sıklıkla kullanılmaktadır (Repast Symphony²⁴, Mason²⁵, Swarm²⁶, NetLogo²⁷).

4.3.6 ACE Kullanımının Avantajları / Dezavantajları

Daha önce de değinildiği gibi, ACE neo-klasik iktisadın katı kurallarını gevşetip, bilimsel araştırma programı yaratabilmesi onun en geçerli avantajı olduğu söylenebilir. Bu sayede gerçeğe daha yakın modellerle analiz yapılabilir.

Öğrenme algoritmaları, graf teorisi, psikoloji ve sosyolojiden alınmış teoriler, mühendislik uygulamaları, genetik algoritmalar, nöroloji, gerçek zamanlı karar verme kuralları gibi birçok iktisat dışı araştırma programı rahatlıkla modele entegre edilebilir. Bu sayede disiplinler arası bir uygulama ile sentez yapılabilir. Örneğin deneysel ve davranışsal iktisadın rasyonel birey kabulüne uymayan birçok durumun modele eklenmesi mümkün olabilmektedir. Coğrafi şartlara göre farklı model parametreleri uygulanabilir. Bir tüketim eğilimi farklı coğrafi yerler için farklı tasarlanabilir. Genetik algoritmalar çok daha kompleks davranış kuralları ile çalışabilmesine olanak verir. Ağ yapıları ile iktisadi bireyler arasındaki etkileşim modelde kullanılabilir.

Politika yapıcılar için ellerindeki politika enstrümanlarını en iyi şekilde değerlendirmek adına çok verimli bir deney ortamı sağlar. Bu sayede piyasaya bildirilmeden en optimal tercihlere ulaşılabilir. Ayrıca var olan teorilerin

²⁴<http://repast.sourceforge.net/>

²⁵<http://cs.gmu.edu/~eclab/projects/mason/>

²⁶http://www.swarm.org/wiki/Swarm_main_page

²⁷<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>

geliştirilmesi, olgunlaştırılması veya reddedilmesini sağlayan bir araçtır.

Simülasyon modelin zaman boyutunda analizi için yapılır. Bu sayede farklı evre analizleri yapılabilir. Gerçek zamanlı veri alabilen bir simülasyon dinamik bir gözlem kabiliyeti de sunacaktır. Örneğin hisse senedi piyasası bu tarz bir modellemeye uygun olabilir. Gerçek zamanlı veri aynı zamanda kalibrasyon imkanı da sağlar. Gerçek zamanlı veri sayesinde örneğin piyasa oyuncularının öğrenme algoritmaları daha sağlıklı oluşturulabilir (Barr, Tassier, Ussher, LeBaron, Chen, ve Sunder, 2008, s.552).

ACE modelleri, yazılım dillerinin, özellikle nesne tabanlı dillerin, doğası gereği yeniden kullanılabilir durumdadırlar. Bu sayede geçmiş modellerin üstüne geliştirme yapmak, değişkenlerle veya sistem özellikleri ile oynamak çok daha zahmetlidir.

Bütün bu faydalara rağmen ACE bir yandan da sosyal bilimcilerin mesafeli yaklaştığı bir konudur. Bu mesafenin nedenlerinden biri de çoklu disiplinler bir anlayışla çalışılmak zorunda oluşudur. Herkesin bilgisayar programlama becerilerinin olması beklenemez. Geliştirilmiş modellerin bu nedenle iktisatçılar tarafından tartışılabilir olması güçtür.

Modellemede bilimsel incelemenin hakkı ile yapılabilmesi için modelin tekrar edilebilir, genişletilebilir, yanlıştır, sıranabilir, ve karşılaştırılabilir bir yapıda olması gerekir. Diğer önemli bir dezavantajı da ACE ile elde edilen simülasyon sonuçlarının teorisinin geçerliliği hakkında yeterli kanıt oluşturamayacak oluşudur. Bu durum matematiksel modellerle farkını oluşturur. Matematikçin evrensel tanım kümesindeki kesin değerleri teorisinin kanıtını sunar. Bir simülasyon sonucu, aslında belirli bir başlangıç değeri üzerinden kanıtı oluşturabilir. Bu hali ile sadece belirli, kendine özel bir durumun kestirimi halindedir ve bunu genellemek imkanı değildir. Bu zafiyeti ortadan kaldırmak için çoklu ve farklı parametrik/değişken değerleri ile çalıştırma ve tüm sonuçları beraber yorumlama ihtiyacı vardır. Görece yeterli simülasyon sonucu ancak kanıt niteliği taşıyabilir.

Bir diğer unsur da, maliyetli bir analiz türü oluşudur. Şu anda belirli miktardaki ajanı modelde etkileşime sokmak ve birden çok zaman basamaklı bir analiz yapmak donanım maliyeti gerektirir. Büyük projelerde kümeleme mantığı ile yüzlerce hatta binlerce bilgisayar beraber çalışabilmektedir (Gençer ve Özel, 2010).

4.3.7 Sonuç

ACE'nin klasik tekniklere göre ortaya çıkan avantajları, iktisatta bir çok model için uyarlanabilir ve daha gerçeğe yakın analizler yapılabilir. Bu analizlerin başarısı gerçek yaşam koşullarını ne kadar kapsayıp kapsamadığı ile ilgili bir

ölçüttür. Bu çalışmada da ilk bölümlerde anlatılan geçiş maliyetleri ve ağ etkileri kavramlarını, simülasyon teknikleri ile kurgulanan model aracılığı ile yapılan bir analiz hedeflenmektedir. Bu bağlamda bir sonraki bölümde kapsayıcılığı mümkün olduğu kadar geniş bir yelpazaden gören bir model sunulmuştur.

5 SİMÜLASYON MODELİ

5.1 Giriş

Geçiş maliyetleri ve ağ etkisi kavramlarının beraber değerlendirmeye başlanması ile bu iki konuyu birlikte kapsayan çalışmalar görülmeye başlanmıştır. Özellikle yüksek teknolojik ürünler beraberlerinde getirdikleri etkileşimli ürün yapıları ve tüketicilerin bu ürün aileleri için maruz kaldıkları öğrenme gibi maliyetler, bu iki kavramı rekabet modelleri içerisinde kullanma zorunluluğu doğurmuştur. Bu çalışmanın merkezindeki inanış, bu iki kavramın da literatürde alışla gelmiş varsayımlar üzerine kurgulanan analizleri ile rekabetin doğası tam olarak anlaşılamayacağı yönündedir. Bu nedenle bu varsayımları gevşetecek daha gerçekçi bir model için kuvvetli bir simülasyon tekniği olan ajan bazlı hesaplamalı iktisadın araçları kullanılarak bir model geliştirilmiştir.

Bu iki kavram için de ayrı zamanlı tüketim ortak karakteristik olarak göze çarpar. Tekil tüketimin olmayışı tüketicilerin koordinasyon mekanizmalarını ne kadar iyi işlettikleri ve beklentilerini ne kadar iyi yönettikleri durumlarını öne çıkartır. Bu tüketimin üretici tarafında ise cari ve gelecek fiyat stratejilerini belirlemek zorunda olan ve tüketicilerin koordinasyon mekanizmasını ve beklentileri veri olarak alacak olan firmalar vardır. Piyasadaki oyuncuların tüm kararları piyasanın bütününde piyasa başarısına odaklı bir etkinlik tartışmasına neden olur. Piyasa başarısızlıklarının gerçekleşebilmesi için oyuncuların beklentileri iyi yönetememesi gerekir. Belirsizlikler ve bu belirsizlikleri çözümleyecek bilişsel kabiliyetler, tekrarlı oyun niteliğindeki ayrı zamanlı tüketimlerin ortaya çıkardığı piyasa çıktısı için anahtar rolündedir. Koordinasyon ölçütü de bu veriler ışığında gerçekleşir.

Tüketicilerin fayda fonksiyonları geçiş maliyetleri ve ağ etkisini birlikte barındırır. Ağ ürünü kullanan tüketiciler bu üründen edindikleri tekil fayda ile birlikte, bu ürünün ağına dahil olmanın verdiği ek faydayı da değerlendirirler. Bu fayda tüketicinin diğer tüketiciler ile senkronizasyonun bir ölçütü olarak sunulur. Bu senkronizasyon çoğu kaynakta ağın bulundurduğu tüketici sayısının, piyasadaki toplam tüketici sayısına olan oranının bir ölçütü olarak fayda fonksiyonunda yerini

alır. Burada kullanılan firmanın piyasa payı çoğu iktisadi problem için tek başına yeterli bir ölçüt değildir. Sosyal ağlar gibi ağ tiplerinde piyasa payı yerine piyasa içerisindeki tüketici profilleri ve buna bağlı ağ yapısı daha değerli bir bilgidir. Bu bilgi piyasa koşullarını daha çok açıklama yeteneğine sahiptir. Sosyal ağlarda sık gözlenen tüketici profilinin ve tüketiciler arasındaki ilişkinin sabit bir örüntü çizmediği, daha heterojen yapı gösteren ağlarda ise bu yerel komşuluklar tüketicilerin karar mekanizmalarında daha çok rol oynar. Bu bağlamda çalışmada geçen ağ etkisi yerel ağ tanımı üzerinden yapılacaktır. Tüketicilerin fayda fonksiyonlarında geçen ürünün tekil değerlemesinde ise, üründen elde edilecek faydaya, geçiş maliyeti de eklenmiştir.

(Klemperer, 1987b,a)'in sunduğu "bargain and rip off" (fırsat ver ve sömür) yapısı bu iki piyasa fenomeni içinde kullanışlı olabilmektedir (Beggs ve Klemperer, 1992). Firmalar piyasa payları üzerinden farklı davranış kalıpları geliştirirler. Firmalar için gelecek dönem fiyat belirlemede temel girdi cari dönemin piyasa payı olmaktadır. Firmalar ilk dönem(ler)de sundukları fiyatlar ile elde edecekleri piyasa payını, gelecek dönem(ler)de tüketicilerin geçiş maliyetlerini ve ağ etkilerini hesaba katarak yüksek karlar elde etmek için kullanırlar. Firmaların iki farklı fiyat stratejisi vardır; bunlardan ilki gelecek dönem karlarını hesaplayarak yaptıkları "yatırım" (invest) stratejisi, diğeri ise geçiş maliyetleri ve ağ etkisini kullanarak cari dönem karlarına odaklandıkları "karı toplama" (harvest) stratejisidir. Literatürde ağırlıklı olarak iki dönemli analizler yapılırsa da, çoklu dönemli modeller daha gerçeğe uygundur. Bu bağlamda bu iki strateji her dönem için ayrı ayrı değerlendirilmesi ve sonunda da çıktının tüm periyotlar sonunda nihai olarak bakılması önemlidir.

Geçiş maliyetleri ve ağ etkisi için ayrı ayrı bakıldığında her biri için geniş bir literatür bulunmaktadır. Kaynakların büyük çoğunluğu homojenlik, rasyonel beklentiler, öğrenmenin ve geçmiş deneyimlerin dışlanması, etkileşimlerin yok sayılması gibi katı varsayımlar ile hareket eden analitik ve ekonometrik modellerdir. Bu modellerin gerçek hayat koşullarını yansıtmada yetersiz kalması muhtemeldir. Simülasyon teknikleri ile gerçek dünya koşulları taklit edilebilir ve böylece çok daha kapsayıcı bir model ortaya çıkarılabilir. Simülasyon teknikleri içerisinde ajan bazlı hesaplamalı iktisadın sunduğu yaklaşımlar önemli bir yer tutmaktadır. İktisatçının geniş bir alet çantası ile çalışıyor olması modelin başarısı için de önemli bir ölçüttür.

Bu çalışmada duopolistik rekabeti, geçiş maliyetleri ve ağ etkisi durumları altında ajan bazlı hesaplamalı iktisat metodolojisi ile kurgulayan bir simülasyon modeli geliştirilmiştir. Bu modelde geçiş maliyetleri ve ağ etkisi piyasanın temel karakteristiklerini oluşturur. Geliştirilen model, literatürün kullandığı çoğu temel

varsayımı yumuşatarak ya da yok sayarak çok daha esnek bir analiz iddiasını taşır. Modelde kullanılan "mesafe" (distance) değişkeni tüm tüketiciler için rassal olarak atandığından model, başlangıç koşulları itibari ile heterojen bir ajan kümesi sağlar. Mesafe değişkeni adaptif bir öğrenme patikası ile dinamik değişkenliğe sahiptir. Tüketiciler sınırlı sayıda komşuluğa sahiptirler. Bu da bulundukları ağ yapısının yerel bazlı önemini artırır. Yerel ağ yapısı beraberinde tek başına heterojenliği de getirir. Global bir ağ etkisi tüketiciler tarafından dikkate alınmaz, fakat firmalar piyasa paylarını bu global etki üzerinden hesaplarlar. Tüketiciler ise yerel ağ etkisini komşu oldukları diğer tüketicilerin piyasada hangi ürünü kullandığına göre belirlemektedirler. Tüketicinin komşu olduğu tüketiciler hangi ürünü daha fazla kullanıyorsa, o ürün için geçerli olacak olan fayda fonksiyonunun değeri, diğer ürünlere kıyasla ağ etkisi bazında daha önde olacaktır. Piyasa payları tüketiciler için doğrudan belirleyici bir veri değildir. Firmalar ise cari dönemde bu veriyi kullanarak, gelecek dönem için fiyat stratejisini belirler. Her firma cari dönemin başından stratejisini belirlemek durumundadır. Firmalar için iki alternatif strateji vardır, bunlardan birisi "yatırım" stratejisi, diğeri ise "kara odaklanan" stratejidir. Firmalar çoklu periyotlu bir oyun için kar maksimizasyonlarını yapma durumundadırlar. Tüketiciler ve firmalar arasında oynanan bu oyun farklı başlangıç koşulları için farklı davranışlar gösterir. Simülasyonun doğası da bu farklı davranışları değerlendirip, genel bir davranış örüntüsü üzerine yorum yapabilmek üzerinedir. Geliştirilen modelde toplam on dört başlangıç koşulu bulunmaktadır. Bunlar sırası ile; toplam periyot sayısı, geçiş maliyeti çarpanı, ağ etkisi çarpanı, tekil fayda değeri, iskonto değeri, ağ yapısı, tüketici konumları (lokasyon), tüketici sayısı, firma sayısı, yatırım kuralı, öğrenme parametresi, unutma parametresi, öğrenme hızı, unutma hızı olarak sayılabilir. Bu değerler her simülasyon için değiştirilerek piyasanın farklı çıktıları gözlemlenebilir.

Geçiş maliyetleri ve ağ etkisinin altında, uyumsuz teknolojilere sahip rakip ürünlerin rekabeti esnasında yukarıdaki başlangıç değerlerinin kombinasyonları için farklı çıktı düzeyleri gözlemlenmiştir. Birçok örnekte bir teknoloji standart hale gelip, piyasada monopol vaziyete gelmiştir. Bunun yanında farklı piyasa payları olan ve firmaların yer edindikleri bir paylaşımlı piyasa gözlemlenmiştir. Bu paylaşımlı piyasa şartlarının bir kısmında koordinasyon başarısızlığı durumu görülmekle birlikte bir çoğunda tekil denge gözlemlenmiştir. Belirsizlik düzeyi ve bilgi eksikliği arttıkça sistemin kararlı bir yapı göstermesi ihtimali de azalmaktadır. Böyle bir durumda da beklenmeyen çıktı düzeyleri ortaya çıkar. Belirsizlik düzeyleri özellikle ağ yapısının kompleks yapısı ile alakalı bir durumdur. Bu kompleks yapı firmaların fiyatlama stratejilerini de derinden etkiler. Literatürün kullandığı, piyasa payı üzerinden kurulan modellerin eksikliği ve yetersizliği bu çalışmada varsayımların yumuşatılması ile giderilmeye çalışılmıştır.

5.2 Model

Bu kısımda geleneksel geçiş maliyeti ve ağ etkisi modellerinden farklı bir model tasarısı sunulacaktır. Modelde, $k = 2$ firma ve n sayıda (sırası ile $n = 1, \dots, N$) tüketicinin bulunduğu bir piyasa, ağ etkisi ve geçiş maliyetlerinin bulunduğu bir sistem içerisinde düşünülmüş ve kurgulanmıştır. Firmaların ürünleri başlangıçta fonksiyonel olarak aynı iken, tüketimden sonra geçiş maliyeti ve ağ etkisi ile homojen özelliklerini kaybederler.¹ Bu kurgu içinde piyasa oyuncuları her periyot için ayrı ayrı karar vermek durumundadırlar. Tüketiciler faydalarını maksimize edecek tercihleri, firmalar ise karlarını maksimize edecek seçenekleri tercih edeceklerdir. Fayda veya kar maksimizasyonu modelde tek bir periyot için değil, simülasyonun bütününe ortaya çıkacak olan bütüncül değerler üzerinden yapılır. Maksimizasyon koşulları bazı belirsiz değişkenlerin durumlarına sıkı sıkıya bağlıdır. Örneğin firma için, tüketicilerin ağ yapısında bulundukları konum bir belirsizlik iken, tüketiciler için ise gelecek dönem fiyatlarının anons edilmemesi, çok dönemli tekrarlı tüketimler için her periyotta karar vermeyi zorlaştıran etmenlerdendir. Belirsizliklerin doğası ve bu model için bir beklenti operatörü ile tarif edilememeleri, analitik çözümlerden farklı bir yol haritasına ihtiyaç duyulmasını sağlamıştır. Bu model bu bakımdan oyuncuların potansiyel tercihlerinin yelpazesini sunmayı, o tercihlerden en iyisine odaklanacak bilişsel zeka düzeyine sahip oyuncuları tasarlamaktan daha fazla önemsemektedir. Bilişsel zeka ile donatılan oyuncuların davranışları ayrı bir tartışmanın konusu kabul edilmektedir. Analizin gelecek ayaklarından biri olarak bu bilişsel zeka ve onun alt konuları olan öğrenme ve genetik algoritmalar gelecek dönem araştırmalar için saklı tutulmaktadır.

Tasarlanan piyasa modelinde tüketiciler kendi komşuluklarında etkileşime geçerek, komşularının tüketim tercihlerini kendi fayda fonksiyonlarında kullanırlar. Bu sayede tüketiciler sadece kendi tüketim kararları ile ortaya çıkan fayda değerleri ile değil, aynı zamanda bulundukları ağ yapısından gelen senkronizasyon değerini de tüketim tercihlerinde hesaba katmış olur. Ağ etkisi bu senkronizasyon değeri üzerinde taşınır. Fayda fonksiyonundaki ağ etkisi dışındaki değerler ise ürünü kullanma ile gelen bireysel faydayı ifade eden (autarky) değeridir. Ağ etkisi hesaplanabilir olduğundan içselleştirilmiştir ve bu sayede tüketicilerin ağ dışısalığı yaşamaları söz konusu olmaz.

¹Tüketiciler her periyotta pozitif fayda olması şartı ile en iyi tercihi tüketirler. Modelin bir kabulü olarak tüketicilerin farklı firmalardan farklı ürünleri aynı periyot içerisinde tüketmeleri durumu dışlanmıştır.

Aşağıdaki şekilde (Şekil 5.1) kurgulanan modelin basit bir ifadesi görülmektedir. Tüketiciler kendi aralarında bir yerel etkileşim halindeyken, firmalar da tüketicilerin bu lokal ağlarından bağımsız bir tüketici tabanına sahiptir.²

Ağ dışsallığının yanında tüketicilerin yüzleştiği bir geçiş maliyeti durumu vardır. Tüketici eğer bir ürünü t zamanında tüketmişse, ve $t+1$ zamanında farklı firmadan alacakları ürünü tüketmek istiyorsa, bir maliyetle karşılaşacaktır. Bu maliyet incelenen sektörün yapısına göre farklı şekillerde görülebilir. Yüksek teknoloji ürünlerde öğrenme maliyeti olarak karşılaşılrken, diğerlerinde işlem maliyeti şeklinde olabilir. Modelde ürünün kullanımı ile gelen tekil fayda değerini geçiş maliyetleri ve firmanın fiyatı beraber belirler.

Firmalar tüketicilerin dahil olduğu lokal ağ değerlerinden habersiz olarak, güncel piyasa ağırlıklarına ve gelecek karlarına odaklanmaktadırlar. Firmaların ellerinde tuttıkları müşterileri kendilerine geçiş maliyeti etkisi ve ağ etkisi sayesinde bağlamış (lock-in) durumdadırlar. Bu bağlanan tüketicilerin firma değiştirme maliyetleri ne kadar yüksek ise firma o kadar fiyatlama motivasyonuna sahip olur. Bu da kendilerine oligopol piyasada yaşadıkları rekabet içerisinde daha çok kar elde etme imkanı verecektir. Aynı şekilde rakip firmadan kazanmaya çalışacakları müşteriler için girecekleri fiyat rekabetinde bu iki etkiyi ortadan kaldıracak bir fiyat sunma zorunluluğuna sahiptirler. Modelde firmaların müşterileri ile potansiyel müşterileri arasında fiyat farklılaştırması yapma şansları yoktur. Aynı şekilde farklı segmentlere de farklı fiyat uygulayamazlar. Firma ürünü için tek bir fiyat belirleyebilir.

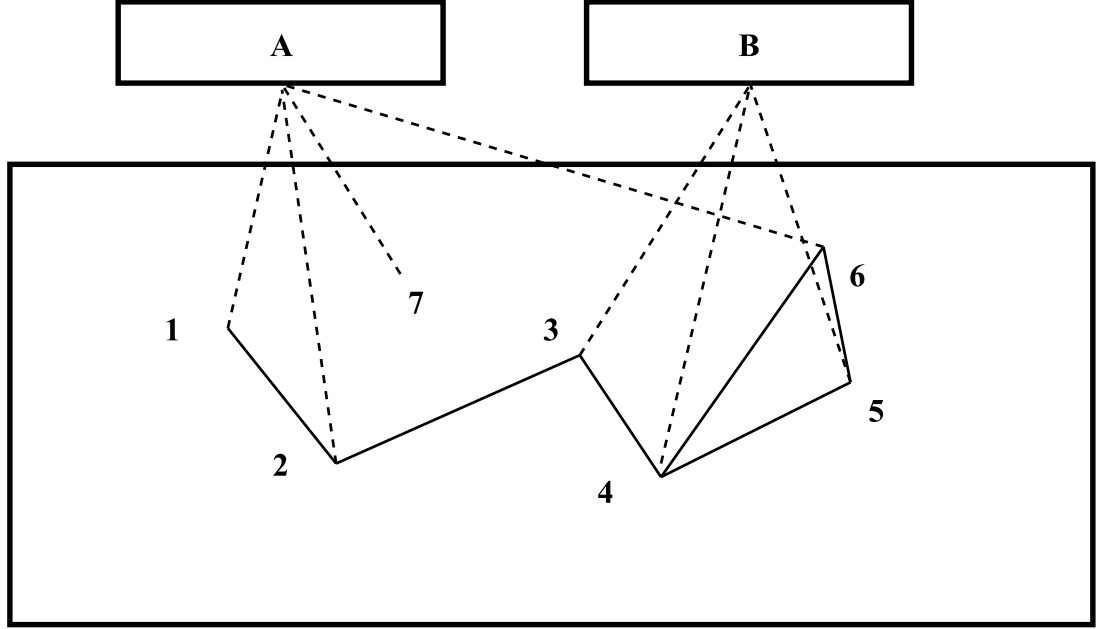
Firmaların belirli t döneminde belirledikleri fiyatlar, tüketiciler tarafından değerlendirilir ve bunun sonucu olarak sundukları mal ve hizmetler tercih edilir ya da edilmez. Firmalar bu dönem sonunda bu tercihlere göre belirli bir piyasa payı elde ederler.

$$\sigma_i^0 \in [0, 1] \quad i \in (A, B) \quad k = 2 \quad \sum_{i=1}^k \sigma_i^0 = 1 \quad \sigma_A^0 + \sigma_B^0 = 1 \quad (5.1)$$

Firmalar elde ettikleri bu piyasa payları gelecek dönem fiyatlama stratejilerinde önemli bir yer tutar. Firma diğer firmaya göre geçiş maliyetinin olduğu bu or-

² Telekomünikasyon sektörü bu duruma benzer bir yapı sergiler. Tüketiciler firmaların piyasa paylarına bakabilir ancak ağırlıklı olarak kendi çevrelerindeki kullanım ile daha çok ilgilenmektedirler. Tüketiciler bu durumu bir senkronizasyon değeri olarak kendi fayda fonksiyonlarına yansıtmaktadırlar. Firmalar ise tüketicilerin lokal ağlarının durumu hakkında kısmi bilgiye sahiptirler. Telekomünikasyon sektöründe farklı tüketici segmentleri için farklı fiyatlama seçenekleri (kampanya/tarife) geçerli iken, bu modelde tek bir segment gibi tasarlanarak düşünülmüştür.

tamda yeterince düşük bir fiyat belirlerse, belirli bir miktar piyasa payını (belirli durumlarda hepsini alarak piyasayı domine edebilir) kendi lehine çevirebilir. Tüketicilerin yüzleştiği ağ etkisi ve geçiş maliyeti, tüketicileri piyasada heterojen bir yapıda tanımlanmasını sağlar.



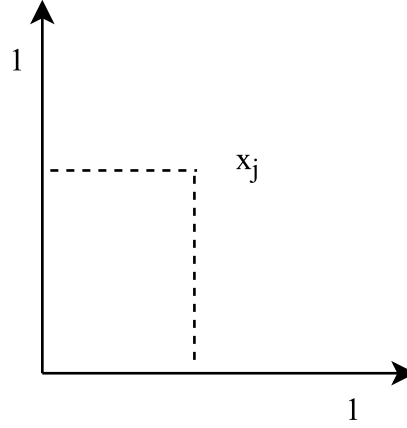
Şekil 5.1: Temsili Piyasa Yapısı

Heterojenlik sadece ağ yapısından kaynaklı olarak modele yansımamaktadır. Tüketicilere rassal olarak atanan bir mesafe değeri vardır. Bu değerde tüketicinin her bir firmaya olan uzaklığı ifade edilir. Firmalar da vektörel olarak birim vektör değerleri ile ifade edilir. Bu uzaklık değeri gerçek hayatta, firmaya duyulan güven, firmanın ilgili ürününün reklam karşılığı, firmanın ilgili ürününün satın alma kolaylığı, firmanın piyasada yarattığı saygınlık, ürünün kullanım kolaylıkları ve ürünün zamanla kullandıkça edinilen bilgi ve alışkanlıklar gibi değerler içerebilir. Bu değerlerin tüketiciler arasında farklılıklar yaratması gerçekçi bir modelin ortaya koyulmasında önemli bir avantaj katar. Bu mesafe değerinin farklı periyotlarda farklı değerler alması modelin kurgusu ile mümkündür.

Tüketicilerin konumları $x_{j,t}$ ile ifade edilir. j tüketici indeksini, t ise ilgili periyodu ifade eder.

$$j \in \{1, \dots, m\} \quad x_{j,t} \in \mathbb{R}^k \quad k = 2 \quad (5.2)$$

Tüketici konumlarının hesaplanmasında iki operasyonel tercih vardır. Birincisi $x_{j,t}$ için vektörel ifade olarak bakılarak firmalara uzaklık hesaplanabilir. Burada kullanılan öklid uzaklığıdır (euclidean distance). İkinci tercih ise, her koordinat değeri, ilgili düzleme olan uzaklığı vektörel değil, skaler uzaklık (scaler distance)



Şekil 5.2: j Tüketicisinin Konumu

olarak alınmasıdır. Burada modelde ikincisi tercih edilmiştir. Aşağıda bu iki farklı hesaplama tekniği ile ilgili ifadeler görülebilir.³

1. Öklid uzaklığı: Firmaların konum vektörü $\vec{q}$, $q \in (A, B, ..)$ olmak üzere;

$$d(\vec{q}, \vec{x}_{j,t}) \quad (5.3)$$

2. Skaler uzaklık: e birim vektör olmak üzere;

$$|1 - x_{j,t} \vec{e}| \quad e \in (i, j, ..) \quad (5.4)$$

Model ilk çalışmaya başladığında, rassal bir tüketici konum dağılımı ortaya çıkar. Bu dağılım her periyotta tüketici tercihlerine göre değişecektir. Bu öğrenme etkisi olarak modelde tanımlanmıştır. Tüketici zaman geçtikçe (o ürünü kullandıkça) ilk periyotlara göre daha az öğrenir. Aksine kullanmadığı ürünü ise zamanla daha çok unuttur (uzaklaşır). Buradan hareketle öğrenme fonksiyonu konkav özellikli bir fonksiyon olarak modelde tanımlanmıştır. Unutmayı ifade eden fonksiyon yapı ise konveks olarak tanımlanmıştır. Bu tercihlerin yüksek seviyeli teknolojik ürünlerde kullanılması akla yatkındır. Teknolojik gelişmelerde ürüne ilk maruz kalındığında öğrenme ilk zaman diliminde daha fazla olmaktadır. x ilgili üründe geçen periyot adedi bilgisi olmak üzere, LV öğrenme hızı (learning velocity), ULV unutma hızı (unlearning velocity), LP öğrenme parametresi (learning parameter) ve ULP unutma parametresini (unlearning parameter) ifade eder. Sırası ile öğrenme ve

³2 firmalı yapıda alternatif olarak Hotelling uygulaması yapmak mümkündür ancak Hotelling 'de iki merkezden eşit miktarda uzaklaşmak mümkün değildir. Bu nedenle düzlemlerden skaler uzaklık hesabı yapılmıştır.

unutma fonksiyonları aşağıdaki gibidir;⁴

$$LP(x^{LV} - (x - 1)^{LV}) \quad (5.5)$$

$$ULP(x^{ULV} - (x - 1)^{ULV} - 1) \quad (5.6)$$

Geçiş maliyetleri ile firmaya uzaklık arasında belirli bir bağ vardır. Geçiş Maliyeti ölçütü tüketicilerin firmalara olan uzaklığının bir çarpan ile geliştirilmiş hali olarak düşünülür. Bu değer firmadan firmaya çeşitli farklılıklar gösterebilir. Aşağıda geçiş maliyetinin ifadesi görülmektedir.

$$\phi_i(1 - x_{j,t}\vec{e}) \quad e \in (i, j, ..) \quad (5.7)$$

ϕ_i geçiş maliyetinin sistemde çarpan değeri olarak modelde yerini almıştır. Firmalara olan uzaklık ile ifade edilen gerçek hayat koşulları, piyasadaki farklı şartlar ve tüketicilerin özelinde farklılıklar gösterebilir. Örneğin bir tüketici kendi risk eğilimi üzerinden diğer tüketicilere göre farklı bir geçiş maliyetine maruz kalabilir. Bu formülasyon aynı konumdaki farklı tüketicilerin dahi farklılaşmasını sağlar. Bu durum heterojen bir model kurgusunu daha da kuvvetlendirir. Diğer bir farklılıkta tüketicilerin karakterleri yerine, firmaların karakterleri üzerinden de değerlendirilebilir. Firmalar rakip firmalardan bünyelerine yeni tüketici alacakları zaman, bu operasyonun bir işlem maliyeti olabilir. Örneğin firmaların bürokratik işlemleri, tüketiciye ulaşacakları fiziksel altyapılarının düzeyi, istenen evrakların sayısı ve niteliği gibi arttırılabilecek birçok örnekte tüketiciler farklı iki firmaya aynı mesafede olsalar dahi, farklı geçiş maliyetleri ile karşılaşabilirler. Burada tüketici konumları doğrudan tüketicilerin karakteristikleri ile ifade edilirken, modelde geçiş maliyeti katsayıları ise firma özelinde bir değerlendirmeye tabi tutulur. Genel olarak ϕ_i üzerinden farklılık her firmanın bürokrasisini ifade eden değer olarak düşünülebilir.⁵

Modelde ağ algısı, firmaların piyasa payları ile geleneksel analizler gibi ilişkilendirilmez. Onun yerine lokal ağ etkisi tüketicinin fayda fonksiyonunda yerini alır.

j tüketici indeksini, i firmayı, t zaman dilimini göstermek üzere,

Lokal Ağ Ağırlığı: $\beta_{j,i,(t-1)} \in [0, 1]$ şeklinde gösterilir. Aynı ifade aşağıdaki gibi

⁴Başlangıç koşulları olarak $LV : 1$, $ULP : 1$, $LV : 0.5$, $ULP : 1.1$ değerleri belirlenmiştir. Bu değerler farklı sektörel ve piyasa şartları için rahatlıkla tekrar gözden geçirilebilir.

⁵Modelde $\phi_i = \phi$ olarak tasarlandı.

yazılabilir.

$$\text{Lokal Ağ Ağırlığı: } \beta_{j,i,t} = \frac{s(x_{j,i,t})}{s(x_j)} \quad (5.8)$$

j tüketicisi için t zamanında i firmasının ağ ağırlığı, i firması ile cari dönemde alışveriş yapan aynı ağdaki ve birinci derece ilişkideki tüketicilerin sayısının, tüketicinin bulunduğu ağdaki birinci derece ilişki kurduğu tüm tüketicilerin sayısına oranıdır.

Ağ etkisinin ağırlığı γ_i çarpımı ile ifade edilir. γ_i i firmasının ağ etkisindeki ağırlığıdır. Bu ağa dahil olmanın avantajı olarak algılanabilir. Bazı ağlar popülerlik etkisi ile farklı algılanabildiği gibi, saygınlık, ürüne sadakat gibi farklı ölçüler de değerlendirilebilir. Bu ölçütler ağ için bahsedilen yukarıdaki fonksiyonda farklı katsayılar ile ifade edilecektir.⁶

$$\text{Toplam ağ ağırlığı: } \gamma\beta_{j,i,(t-1)} \quad (5.9)$$

Her tüketicinin fayda fonksiyonunda ϑ olarak adlandırılan bir sabit fayda değeri vardır. Bu büyüklük tüketicilerin ilgili mal ve hizmeti, ilgili periyotta tüketip tüketmeme adına karar vermesini sağlar. Yeterince büyük bir ϑ değeri fayda fonksiyonunu pozitif yapacağından, her tüketici ilgili periyotta, konu olan mal veya hizmeti tüketmesi garanti altına alınır. Düşük değerlerde ise tüketici negatif faydayla karşılaşabileceğinden tüketimin garantisi olmaz. Modelde ϑ değeri başlangıç koşullarından biridir. Farklı ϑ değerleri için farklı bütüncül çıktılar üretilir. Tüketicilerin tüketim eğilimleri bu sayede farklı özellikler gösterebilmektedir. Modelde bu değer üzerinde farklı denemeler yapılmaktadır. Genelde modellerde tüketicilerin ürünü tüketmek için hevesli olduğu hatta onlar için zaruri olduğu varsayımı altında hareket edilir. Bu modelleme davranışı bu simülasyon içinde kabul edilmemekte, ϑ değeri değiştirilebileceğinden önemli bir esneklik de kazanılmış olur.

Yukarıda belirtilen ϑ değeri, geçiş maliyeti, tüketicilerin firmalara olan uzaklıkları, ağ etkisini ifade eden yerel tüketici komşulukları ve ağ etkisi katsayısı tüketicilerin fayda fonksiyonunu oluşturan temel parçalardır. Bu parçaların ifade ettiği fayda fonksiyonu aşağıdaki şekilde yazılabilir.

⁶Burada gösterilen katsayı alternatif olarak bir fonksiyonel yapı olarak da gösterilebilirdi. Ağırlık değerini ifade eden fonksiyon ifadeleri ile birlikte ağ etkisi literatüründe önemli bir değişken olan kritik yoğunluk (critical mass) değeri bu fonksiyonel ifadede yerini bulabilir. ACE'nin simülasyon esnekliği içinde bu kritik yoğunluk ifadesi de başlangıç koşulları ile belirlendikten sonra, farklı simülasyon sonuçları için test edilip, çıktılarda nasıl bir oluşum (emergence) özelliği gösterdiği, yarattığı bütüncül farklar, gözler önüne serilebilir. Modelde $\gamma_i = \gamma$ olarak kabul edildi.

$p_{i,t}$ i firmasının t zamanında belirlediği fiyatı göstermek üzere,

j tüketicisinin fayda fonksiyonu $i \in (A, B, ..)$ olmak üzere aşağıdaki gibidir;

$$U_{j,i} = \begin{cases} \vartheta + \gamma_i \beta_{j,i,(t-1)} - p_{i,t} & (i)_t = (i)_{t-1} \\ \vartheta + \gamma_i \beta_{j,i,(t-1)} - p_{i,t} - \phi_i(1 - x_{j,t} \vec{e}) & e \in (i, j, ..) \quad (i)_t \neq (i)_{t-1} \end{cases} \quad (5.10)$$

Firma tarafından bakıldığında ise t dönemi karı aşağıdaki şekilde belirlenir;

c_i i firmasının marjinal maliyetini ve m satış yapılan tüketici sayısını göstermek üzere,

$$\pi_{i,t} = m(p_{i,t} - c_{i,t}) \quad (5.11)$$

Model esnasında her firmanın maliyeti $c_i = c \quad i \in \{A, B, ..\}$ olacak şekilde düşünülmüştür. Ancak bu kabul simülasyonun esnekliğinden yararlanılarak her firma için ayrı tanımlama imkanı da sunar.⁷

Firmanın t dönemi toplam değeri aşağıdaki şekilde belirlenir;

$$V_{i,t} = \pi_{i,t} + \delta(V_{i,(t+1)}(\sigma_{i,t})) \quad (5.12)$$

Bir firmanın gelecek karı cari dönemin piyasa payına orantılıdır. Yüksek piyasa paylı firmalar gelecek dönemde cari dönem karlarına daha çok odaklanma imkanı bulurlar. Bir firmanın bugünkü değeri cari dönemin karı ($\pi_{i,t}$) ile gelecek dönemin piyasa payına bağlı olan değerinin iskonto edilmiş hali ($\delta(V_{i,(t+1)}(\sigma_{i,t}))$) olarak ortaya çıkar. Bu formülasyon gelecek dönem karları ile cari dönem karları arasında piyasa payı üzerinden bir bağ kurma imkanı verir. $\sigma_{i,t}$ 'de cari dönemde anons edilen fiyat ile alakalıdır. Bu örüntü içindeki ödünleşimin karakteristiği (fonksiyonel yapısı) belirsizliklerin çok olduğu bir ortamda ifade etmek kolay değildir. O nedenle bu teorik ilişkiyi gerçek hayat koşulları içerisinde uygulamada görebilmek için simülasyonda tüm serbest değişkenlerin analizi ile imkanlıdır.

⁷Bütün bu esnekliklerden faydalanılarak geniş bir değişken kümesini test edebilmek modelin test edilmesi ve daha tutarlı bir analiz imkanı vermektedir. Ancak bu imkan beraberinde bir maliyet unsuru olarak da karşımıza çıkar. Ne kadar çok parametreye serbestlik verilirse, bu parametrelerin test aralığındaki deneme kümelerinin kartezyen çarpımı kadar modelin tekrar tekrar simülasyon yapılmasının önünü açar. Örneğin n parametrelili bir başlangıç koşulları listesi için duruma bakılsın. Her parametre için de m farklı değer söz konusu olsun (Her parametre için farklı sayı olabilir, örneğin bazı parametreler evet/hayır gibi sadece 2 değer olabilir) bu durumda m^n kadar bir simülasyon çalıştırılma gereği vardır. Analist m ve n değerlerine atama yaparak deneme sayısı hakkında fikir sahibi olabilir. Bu büyük başlangıç koşulları test kümesinin çalıştırılabilmesi için analizin güçlü bilgisayarlar (Bunun için donanım ve işletim sistemi özellikleri, ayrıca bulut (cloud) yönetimi gibi özellikler ön plana çıkmaktadır) ve optimize edilmiş yazılımlar üzerinde çalışma yapılması gerekir. Bu analizlerin maliyeti ile simülasyonun sağlıklı çalışması arasında bir ödünleşim problemi çoğu zaman araştırmacının karşısına çıkar. Burada maliyet, sezgiler ve analiz edilen problem iyi düşünülerek bir denge kurulması ihtiyacı vardır.

Firmanın t dönemi optimal fiyat kararı (ödünleşim problemi) aşağıdaki şekilde belirlenir;

$$\frac{\partial V_{i,t}}{\partial p_{i,t}} = \frac{\partial \pi_{i,t}}{\partial p_{i,t}} + \delta \frac{\partial V_{i,(t+1)}}{\partial \sigma_{i,t}} \frac{\partial \sigma_{i,t}}{\partial p_{i,t}} = 0 \quad (5.13)$$

Buradan İki önemli sonuç türetilir;

$$\frac{\partial \pi_{i,t}}{\partial p_{i,t}} > 0 \quad (5.14)$$

$$\frac{\partial \sigma_{i,t}}{\partial p_{i,t}} < 0 \quad (5.15)$$

Firmanın cari karı gösteren kar fonksiyonunda, fiyat üzerinden alınan türev pozitif değerlidir. Miktar aynı kalmak koşulu ile fiyat artarsa kar artacaktır. Benzer şekilde firmanın piyasa payını ifade eden fonksiyonun fiyat cinsinden türevi alındığında negatif değerli olduğu görülür. Fiyatı arttıran firma müşteri tabanından kayıplar yaşar.

Firmalar iki farklı tercih de bulunabilirler, Firma ya cari dönem karını öne çıkaracaktır, ya da gelecek dönem karını düşünerek tercihini ortaya koyacaktır. Firma bu iki seçenek arasındaki tercihini piyasanın tipi, tüketici profili, rakip firma davranışı, piyasanın ağ yapısı ve regülatör kurumun varlığı gibi temel kriterlere göre verir. Firmanın indirgenmiş iki temel stratejisi vardır. Bunlardan ilki yatırım yaparak gelecek dönem karlarına odaklanmasıdır. Bunun için cari dönemin piyasa paylarına odaklanmaktadır. Diğer stratejisi ise cari dönem karını toplamak üzerine geliştirdiği fiyatlama stratejisidir.

Strateji kümesindeki stratejiler yatırım yapmak (I) ve karı toplamak (H) doğrudan bir nokta fiyat değerine işaret etmeyebilir. Modelde bu stratejiler bir aralık değerini ifade etmektedirler.

Yatırım (I) stratejisi için tanım aralığı $[c - (\phi + \gamma), c + \gamma]$ ⁸ şeklinde düşünülebilir. Burada yatırım stratejisi için düşünülebilecek minimum fiyat tanımı ile maksimum fiyat tanımı belirtilmiştir.

Kar (H) stratejisi için ise tanım aralığı $[c, c + \phi + \gamma]$ ⁹ şekilde verilecektir. Burada kar stratejisi için düşünülebilecek minimum fiyat tanımı ile maksimum fiyat

⁸Yatırım stratejisi firmanın piyasa payını arttırmaya yönelik bir strateji olduğundan, firmalar rakip müşterileri çekmek için düşük fiyatlama yaparlar. Bu bağlamda firma geçiş maliyetleri ve ağ etkisi değerini düşünerek tüketicileri cezbedebilecek minimum fiyatı $c - (\phi + \gamma)$ şeklinde belirler. Bu strateji için olası en yüksek fiyat da $c + \gamma$ şeklindedir. Yerel ağ etkisi yatırım stratejisini benimseyen firma için avantaj olabildiği durumlar vardır.

⁹Bir firmanın kara odaklanabileceği minimum değer maliyet seviyeleridir (c). Bunun üstünde ise piyasa payının tamamını kaybetmeyeceği en üst güven aralığı sınırı $c + \phi + \gamma$ kadardır.

tanımı belirtilmiştir. Dikkat edilmelidir ki bu iki stratejinin oluşturduğu fiyat kümesinin ortak bir kesişim alanı vardır. Bu kesişim alanının olmasının nedeni, heterojen yayılmış olan tüketiciler için oluşturulacak stratejiler iki temel piyasa fenomeni olan geçiş maliyetleri ve ağ etkisi tarafından farklı yönlerde etkilere neden olabilecek olmasından kaynaklanmaktadır.

Belirtilen stratejiler açısından, nokta tahmini yapabilmek için farklı bir değişkene ihtiyaç duyulur. Firma seçili strateji için, tüketici dağılımının ve karakteristiğinin nasıl olacağını bilemez. Firma oyun öncesi bu dağılımla ilgili çıkarsama yapmak durumundadır. α bu dağılım çıkarsamasını ifade eden bir değişkendir. $\alpha \in [0, 1]$. I stratejisi için $\alpha = 0.5$ ise;

Firmanın fiyatı;

$$p_{i,t} = c - (\phi + \gamma) + \frac{\phi + 2\gamma}{2} \quad i \in (A, B, ..) \quad (5.16)$$

"Bir Bertrand oyununda geçiş maliyeti ve ağ etkisi altında, reel hayatın belirsizlikleri düşünülerek bir model kurulsaydı, fiyat tercihleri ve firmaların karlılıkları ne olurdu?" sorusu tezin çıkış noktasını oluşturur. Bu sorunun cevabı için ajan bazlı hesaplamalı iktisat (ACE) teknikleri kullanılarak bir simülasyon geliştirilmiş ve sonuçları incelenmiştir. Literatür ağırlıklı olarak geçiş maliyetleri ve ağ etkilerinin pozitif etkileyeceğini söylemektedir. Bu önerme literatürde oyuncuların yaşadıkları belirsizlikler altında nasıl olacağı üzerine değil de, varsayımların belirlediği model anlayışında kullanılmaktadır. Bu çalışmanın temel amaçlarından biri de varsayımları mümkün olduğu kadar yumuşatacak bir model kurgulama iddiasıdır. Bu amaca dönük olarak yukarıda çizilen oyuncu profillerine ek olarak oyunun kendisinin hangi sıralamada ve nasıl ilerleyeceği kuralının koyulması gerektiğidir. Bu bağlamda kurgulanan bu modelde aşağıdaki sıradaki hareketler oyunun her periyodunda (her t anında) sıralı olarak işlenmektedir.

1) Firmalar eş zamanlı fiyat belirlerler ve bunu tüm oyuncular ile paylaşırlar (piyasaya anons edilir).

2) Tüketiciler anons edilen fiyatları veri olarak kullanıp, tüketim kararlarını verirler.

3) Firmalar cari dönem karlarını piyasa payını veri olarak kullanarak hesaplarlar. Bu hesap cari dönemin belirli bir iskonto değeri ile önceki periyotlarla kümülatif olarak tutulur.

Simülasyonun temel amaçlarından biri olan fiyat tercihlerinin yarattığı piyasa etkisini ve potansiyel koordinasyon problemlerini araştırmak adına, firmaların ilk basamaktaki fiyat duyuruları makul aralıklarla parçalara bölünerek her bir

fiyat için ayrı ayrı incelenmiştir. Bu sayede firmaların belirledikleri fiyatlar ile karşılaşabilecekler denge, dengesizlik ve koordinasyon sorunları ortaya koyulabilmektedir. Firmaların maksimum ve minimum kar sağlayan stratejileri belirlenecek, tam bilgi ve rassallık arasındaki potansiyel piyasa çıktıları tartışılabilir. Ayrıca ortalama çıktı değeri de karma strateji bünyesinde değerlendirilebilecektir.

Yukarıdaki analizin başlangıç koşulları her simülasyon için kontrollü olarak çalıştırılır ve sonuçlar değerlendirilir. Bu değerlendirme, hem firmaların davranışları için değerli bilgi verir hem de piyasadaki bir regülasyon kurumu varsa onun için de anlamlı bir sonuç oluşturur. Sistemin başlangıç koşulları aşağıdaki gibidir;

1. Ağ tanımları
2. Tüketici Konumları
3. Tüketici Sayısı
4. Firma Sayısı
5. Yatırım Kuralı
6. Toplam Periyot
7. Gamma γ
8. Phi ϕ
9. Alpha α
10. Varsayılan Fayda Değeri ϑ
11. Öğrenme parametresi
12. Öğrenme hızı
13. Unutma parametresi
14. Unutma hızı

Belirlenen her başlangıç değeri için çalışan simülasyon kodu bazı bütüncül değerler oluşturur. Bu bütüncül değerler aşağıdaki gibidir;

1. Maksimum Değer
2. Minimum Değer

3. Ortalama Değer (Karma Strateji Dengesi)
4. Pozitif Değer Yüzdesi
5. Maksimum Toplam Değer (Strateji Çifti)
6. Minimum Toplam Değer (Strateji Çifti)
7. Denge Nash Değerleri

5.3 Simülasyon

İlk bölümde bahsedilen simülasyon modeli¹⁰, çoklu basamağın bulunduğu bir çalışma yapısında tasarlanmıştır. Modelin ilk ayağında bir veritabanında bulunan başlangıç koşulları kümesinin¹¹ tüm kombinasyonları¹² simülasyonun başında "Orkestrasyon Modülü" (Orchestration Module) tarafından alınır. Bu orkestrasyon modülü sisteme tanımlı başlangıç koşulları dışında dışarıdan iki ayrı parametre daha alır. Bunlardan ilki önceki bölümde belirtilen, strateji aralığının kaç parçaya bölünerek simülasyona sokulacağını belirten "alpha" değeridir.¹³ Diğeri ise tüm

¹⁰Uygulamanın tüm parçaları java programlama dili ile yazılmıştır (<https://www.java.com>)

¹¹ Her bir başlangıç koşulunun bir tanım kümesi vardır. Bu tanım kümesi araştırmanın başında belirlenir ve sonlu sayıda elemana sahiptir. Örneğin tüketici sayısı değişkeni için oluşturulabilecek tanım kümesi; $C = 10, 50, 100$ şeklinde belirlenebilir. Buradaki temel motivasyon araştırmacının deneysel olarak gözlemleyeceği değerlerin içinden en anlamlı ve değerli olanları bu kümeye dahil etmesidir. Küme büyüdükçe modelin çalıştıracağı başlangıç koşulları kombinasyonları da artacaktır. Modelin tutarlı ve tatminkar olarak değerlendirilmesini sağlayacak başlangıç koşulları kombinasyonu ile modelin inceleme maliyeti arasındaki denge, araştırmacı tarafından iyi tasarlanması gereken bir unsurdur. Zaman ve maliyet kısıtı her zaman dikkate alınır ki bu durum ajan bazlı hesaplamalı modellerin önemli eleştirilerinden de biridir.

¹²Modelde toplam 2 adet başlangıç koşulunu ifade eden değişken olduğu farz edilsin. Bunlardan, tüketici sayısı değişkeni için oluşturulabilecek tanım kümesi; $C = 10, 50, 100, 1000$ ve firma sayısı değişkeni için oluşturulabilecek tanım kümesi ise; $F = 1, 2, 3$ şeklinde olsun. Simülasyon modeli şu başlangıç çiftleri için ayrı ayrı çalıştırılması gerekir; $(10, 1), (10, 2), (10, 3), (50, 1), (50, 2), (50, 3), (100, 1), (100, 2), (100, 3), (1000, 1), (1000, 2), (1000, 3)$ Toplamda $(s(C) \times s(F)) = 12$ adet simülasyon çalışması olur. Bu örnekte bahsedilen sadece iki adet başlangıç koşuludur. Bu tezin konusu olan modelde ise 13 başlangıç değeri olduğu dikkate alınmalıdır (Örneğin her bir başlangıç koşulu için tanımlı kümenin 3 elemanı olduğu farz edilse, $3^{13} = 1594323$ simülasyon gerekir.)

¹³Yatırım (I) stratejisi için tanım aralığı $[c - (\phi + \gamma), c + \gamma]$ ve Kar (H) stratejisi için ise tanım aralığı $[c, c + \phi + \gamma]$ şeklinde ifade edilmişti. Burada geçen stratejilerden herhangi birini seçen firmanın, piyasaya anons edeceği fiyat için, bu aralıktan bir değer seçmesi gerekmektedir. Bu seçim onun periyot sonundaki kar ve piyasa payı büyüklüğünü diğer firmanın seçeceği strateji ve bu stratejiye bağlı olan fiyat düzeyine bağlı olarak ortaya çıkartır. Açık ki, firmaların seçecekleri strateji içerisinde hareket edebilecekleri fiyat seçenekleri vardır. Bu fiyat seçeneklerinin her biri piyasada farklı çıktılar ile sonuçlanması muhtemeldir. Modelde strateji için ifade edilen tanım aralığı içinde sonlu bir seçim yapmak simülasyonun çalışabilmesi için zaruridir. Bu nedenle bu tanım aralığını n miktarda bölerek her bir seçim için ayrı sonuçları değerlendirmek anlamlı bir hal alır. n sayısı büyüdükçe modelin fiyatlara olan duyarlılığı artacaktır aksine küçüldükçe du-

simülasyon tasarımının eş zamanlı olarak kaç ayrı kopyada çalışacağını ifade eden "thread" değeridir.¹⁴ Bu orkestrasyon modülü her bir başlangıç koşulu kombinasyonu için, bahsedilen alpha değerini de kullanarak bir program parçası çalıştırır.

"alpha" ismindeki değişkeni tanımla ve değer ataması yap;
"thread" ismindeki değişkeni tanımla ve değer ataması yap;
Daha önceden tanımlanmış veritabanındaki **tüm koşulları (conditions)** al;
Tüm koşullar için,
 "Alpha Organizatör Modülünü (Alpha Organizer Module)"
alpha, thread ve başlangıç koşulu değişkenleri ile çağır;
 "Raporlama Modülünü (Reporting Module)" çağır";

Bu program parçası toplamda başlangıç koşullarının kartezyen çarpımı kümesinin elaman sayısı kadar çalışacaktır.¹⁵ Çalışan kod bloku iki basamaktan oluşur. İlk basamak "Alpha Organizatör Modülü" (Alpha Orchestration Module) olarak adlandırılır.¹⁶ Bu modülde çekirdek simülasyon parçasının çalışma düzeni kontrol edilir. Çekirdek simülasyona sistemin başlangıç değerleri aktarılır ve her başlangıç koşullarını kümesinin kombinasyonu için $(\alpha + 1)^k$ (k firma sayısını verir) kadar bu çekirdek kombinasyon çalıştırılır.

Örneğin 3 firmanın olduğu sistemde firmaların tekil bir simülasyon örneği için seçebilecekleri nokta seçimi değerlerine bakılsın. Sistemde α değeri $\alpha = 20$ olarak belirlenmiş olsun. Buradaki anlam seçilen strateji için tanımlı olan aralığın 21 eşit parçaya bölüneceğini ifade eder. Stratejinin tanım aralığının başlangıç değeri H ve I stratejileri için $\bar{x}$, tanım aralığının uzunluğu ise H ve I stratejileri için y

yarlılık azalır. Burada modelin işleyişindeki tutarlılık açısından değerlendirmenin model sahibi tarafından, başlangıç koşullarındaki ödünleşimin benzeri olarak yapılması ve buna uygun bir değer verilmesi anlamlı olacaktır.

¹⁴Yukarıda bahsedilen ödünleşim problemini modelin açıklayıcılığı lehine kısmen etkileyecek olan parametre "thread" değeridir. Bu değer simülasyon programının bilgisayarın işlemcisi, belleği gibi fiziksel ölçütlerinin dışında yazımsal olarak eş zamanlı olarak farklı başlangıç koşulları için kaç ayrı bacadaki çalışacağını belirtir. Bu parametre dışında tüm mimarı bilgisayar ağı için ayrıca tasarlanabilecek şekilde dizayn edilmiştir. Mühendislik açısından optimizasyon koşulları tasarımda önemli bir yer almaktadır. Bu modelin özelinin dışında sosyal bilimlerin büyük sistemleri açıklama gayesinin yerine getirilmesi için bilgisayar bilimlerinden yararlanırken, bu tarz mühendislik bakış açılarına başvuruları kaçınılmazdır. Bu nedenle çoklu disiplinler anlayış burada önemli bir yer tutar ve gözden kaçırılmamalıdır.

¹⁵Alpha Organizatörü tek başına da çalışabilir şekilde tasarlanmıştır. Ancak bu çalışma için tüm başlangıç koşulları değerleri analizi yapan kişi tarafından yönetilmek zorundadır. Kombinasyon sayısı arttıkça bu durum zorlaşmaktadır.

¹⁶"Call Alpha Module with alpha, thread and current condition;" ifadesi üzerinden takip edilebilir.

olmak üzere, firmaların fiyatları aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$p_a = \bar{x} + \frac{y}{\alpha}\alpha_a \quad , \quad p_b = \bar{x} + \frac{y}{\alpha}\alpha_b \quad \text{ve} \quad p_c = \bar{x} + \frac{y}{\alpha}\alpha_c \quad (5.17)$$

$$\alpha_a, \alpha_b, \alpha_c \in [0, \alpha]$$

Burada $1/\alpha = 0.05$ aralıkla seçilebileceğinden, α_a , α_b ve α_c çarpanları 0.05 in katları olarak gösterilebilir. Örnek olarak firmaların seçebilecekleri fiyat tercihleri şu şekilde olabilir;

$$p_a = \bar{x} + y0.05 \quad , \quad p_b = \bar{x} + y0.8 \quad \text{ve} \quad p_c = \bar{x} + y0.35$$

Bu şekilde olabilecek kombinasyon sayısı, 3 firma için, $(\alpha + 1)^k$ olacaktır ki yukarıdaki örnekten hareketle bu sayı $21^3 = 9261$ olacaktır. Kombinasyondaki her bir eleman için simülasyonun çekirdek modülü çalışacaktır.

Firma 1'in tüm alpha değerleri için,
Firma 2'in tüm alpha değerleri için,
Firma 3'ün tüm alpha değerleri için,
"Çekirdek Simülasyon Modülünü" (Core Simulation Module) alpha, thread ve ilgili başlangıç koşulu için çağır;

Bu bahsedilen "Çekirdek Simülasyon" modülü; ilgili başlangıç koşullarının kartezyen çarpım kümesinden herhangi bir başlangıç koşulları elemanı için, ilgili alpha değerinin kombinasyon kümesinden bir eleman çağrılmış olur.¹⁷ "Çekirdek Simülasyon" modülü her çalışmasında tanımda girilen toplam periyot bilgisi altında potansiyel tüm stratejiler için çalışmak durumundadır. Bu sayede en iyi çıktı düzeyinin araştırılması anlamında anlamlı sonuçlar verir. Bu simülasyon modülü sistemi çalıştırdıktan sonra bir önceki bölümde bahsedilen bütüncül değerleri programın çalıştırıldığı dizin yapısında belirlenen bir yerde dosyalara yazar.

Tüm başlangıç koşullarının (intial conditions) atamasını yap;
Strateji Matrisini (Strategy Matrix) hesapla;
Her strateji çifti (strategy couple) (firm1 & firm2) için,

¹⁷Yukarıdaki örnekte 13 başlangıç değerinin her biri için tanımlı kümenin 3'er elemanı olduğu farz edilen bir örnek verilmişti, Bu bağlamda $3^{13} = 1594323$ kez "Alpha Organizatörü Modülü" 'nin çalışması gerektiği vurgulanmıştı. "Alpha Organizatörü Modülü" 'de k firma için, $(\alpha + 1)^k$ kez çalıştırılacaktır. Burada firma sayısı $k = 3$ ve $\alpha = 20$ olarak verilirse, "Çekirdek Simülasyon Modülü" $3^{13}21^3 = 14765025303$ kez çalışmak durumundadır.

Her **periyot** için,
Fiyatları anons et.
Tüm ajanlar için fayda ve karları hesapla.
Firmaların piyasa payını hesapla.
"Rapor dosyası (report file)" oluştur.

Bu çekirdek uygulamada firmalar potansiyel stratejilerini oluşturan strateji kümesini belirlerler. Örneğın toplam periyot sayısı 10 olarak belirlendi ise, her bir firmanın 2^{10} potansiyel stratejisi bulunuyor demektir.¹⁸ Firmalar her periyot, yatırım ve kar olarak belirlenmiş olan iki temel stratejiden birini seçmek durumundadırlar. Örneğın, "0101101011" karakter dizisi ile gösterilen 10 periyotlu oyunun strateji tanımını verilirse; her basamak sırası ilgili periyodun¹⁹ indeksini temsil etmek üzere, 0 yatırım kararlarını, 1 ise cari dönem karına odaklanan stratejiyi temsil eder.²⁰

Firmalar seçtikleri her strateji için, t periyotlu bir zaman diliminde fiyat tercihlerini ortaya koyarlar ve bu tercihler her periyot sonunda onlara bir kar/zarar değeri olarak geri döner. t periyotluk oyunun sonunda da toplam net kar/zarar hesaplanır ve bu değeri ilgili strateji çifti için, ilgili firmanın ödeme değeri belirler.²¹ Ödeme matrisi 2 firmalı bir yapı için düşünöldüğünde bu çiftler matrisi içerisindeki $2^t \times 2^t$ hücreyi temsil ederler ($(2^t)^k \quad k = 2$). Toplam ödeme çifti de 4^t olur.²²

Burada dikkat edilmesi gereken nokta, çıktı miktarıdır. Oyuncuların karar verme esnasında yüzleşecekleri belirsizliklerin çok fazla olduğu böyle bir modelde karşılaşılacak çıktı miktarı çok fazla olabilmektedir. Belirsizlikler altında analitik yöntemlerle oluşturulacak denklem sayıları, çözümün analitik bakış açısında ne kadar zorlaştığını gösterir. Bu nedenle böyle bir modelde simölasyon tekniklerinin kullanılması ile ajan bazlı hesaplamalı modelleme öne çıkmaktadır.²³

¹⁸Genelleme yapılırsa, bu modelde her oyuncu için ki temel strateji geçerli olduğundan 2^n potansiyel strateji içinden oyuncu seçim yapmak durumundadır.

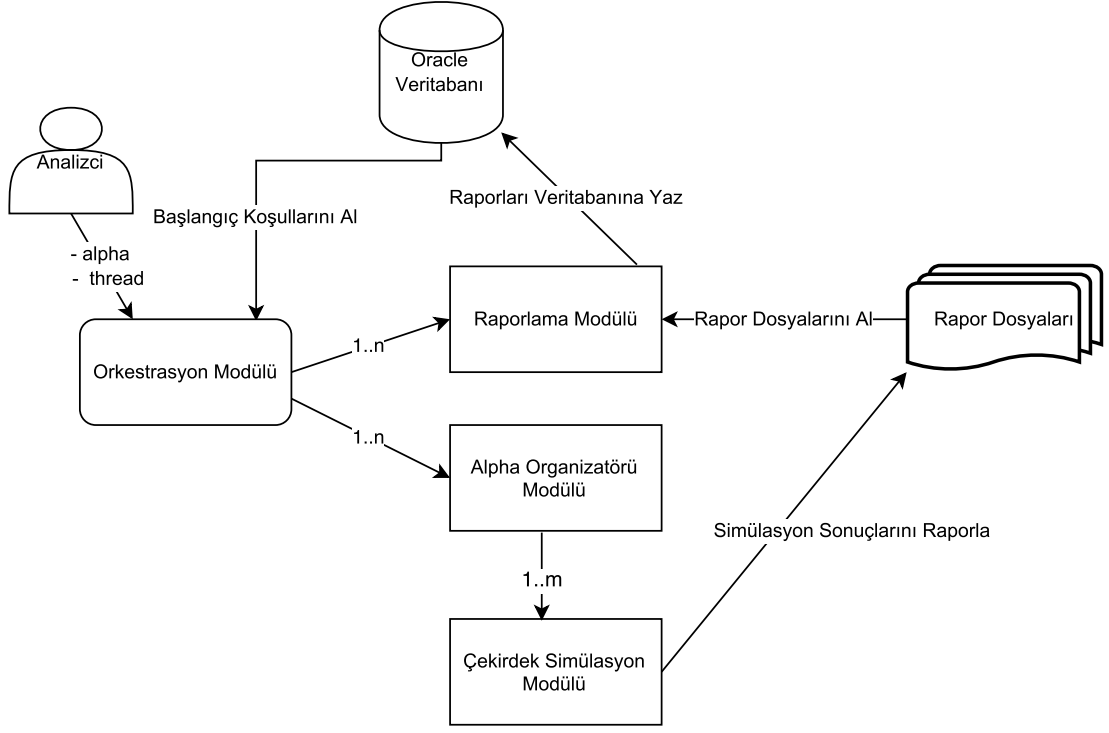
¹⁹Örnek olarak 6. periyot cari dönem karı, 7. periyot ise yatırım stratejisini temsil eder.

²⁰0/1 şeklinde her oyuncunun 2 stratejili kümesinin elemanları gösterilmesi ile 2'li sayma sisteminin avantajlarını da kullanma imkanı verir.

²¹Bu hesaplama yapılırken ilk dönemlerle gelecek dönemler arasındaki ilişkiyi gösteren bir iskonto değeri de hesaba katılır.

²² $t = 10$ ise ödeme çiftlerinin sayısı 2 firmalı bir sistem için, $4^{10} = 1048576$ olarak karşımıza çıkar. Bu değeri "Çekirdek Simölasyon Modülü"nın kendi içinde çalışma sayısını verir.

²³En alt seviyede t . periyotta oynanan oyunun kaç defa olacağına bakmakta fayda vardır. Yukarıdaki dipnot 'da verilen değeri tekrar yazılırsa, 13 başlangıç değeri için tanımlı kümenin 3 'er elemanı olduğü farz edilen bir örnek verilmişti. Bu bağlamda $3^{13} = 1594323$ kez "Alpha Organizatörü Modülü" 'nin çalışması gerektiği vurgulanmıştır. "Alpha



n başlangıç koşullarının kartezyen çarpımını ifade eder.

$m = \alpha^{\text{firma_sayısı}}$

Şekil 5.3: Genel Mimari

Orkestrasyon modülünün çalıştırdığı kod bloğunun ikinci basamağında ise "Raporlama Modülü" bulunur. ACE ekosisteminde²⁴ raporlama davranışı için serbestlik derecesi olan değişken α 'dır. Her α kombinasyonu için bütüncül çıktılar oluşturulur ve dizin yapısında ilgili klasöre bırakılır. Bu modül her başlangıç değeri alt kümesi için "Çekirdek Simülasyon" modülünün dizin yapısına bıraktığı çıktıları, anlamlı bir şekilde yorumlayıp, veritabanında ilgili tablolara yazar. Bu tablolar ise tüm ekosistemin çalışması tamamlandığında bazı raporlama ve görsel izleme uygulamaları bu tablolardan değerleri okuyarak çıktı üretirler.

Organizatörü Modülü" 'de k firma için, $(\alpha + 1)^k$ kez çalıştırılacaktır. Burada firma sayısı $k = 2$ ve $\alpha = 20$ olarak verilirse, "Çekirdek Simülasyon Modülü" $3^{13} \times 21^2 = 703096443$ kez çalışmak durumundadır. Bu noktada t . periyottaki oyuncular tarafından oynan oyunun 10 periyotlu sistemde potansiyel çıktı sayısı $3^{13} \times 21^2 \times 4^{10} = 737250055815168$ şeklindedir.

²⁴Burada adı geçen ekosistem deyimi, çoklu, karma ve farklı teknoloji ve uygulamaların beraber çalıştığı ve iletişim kurduğu sistemlerde kullanılan ifadeden öykünerek belirtilmiştir. Burada tasarlanan sistem bu çoklu ve karma teknoloji durumuna bir örnek teşkil ettiğinden, bu kavram rahatlıkla kullanılabilir. Ayrıca tasarlanan uygulamanın gelişime fazlasıyla açık oluşu, yeni teknolojik birimlerin farklı birimlere rahatlıkla eklenmesi sağlanabilir. Bu ifade uygulamanın potansiyel gelişimi kısmında daha ayrıntılı olarak bahsedilecektir.

Çekirdek Simülasyon Modeli

"Çekirdek Simülasyon" modülü bu ekosistemin en önemli parçasıdır. Bu modülde sistemdeki tüm oyuncular oyunun bir parçası olarak karşılıklı (mutual) etkileşime girerler. Bu etkileşimde kendi verdikleri kararlar, diğer oyuncuların verdikleri kararlar ve en önemlisi rakip oyuncuların verdikleri kararlar değerlendirilir. Bu etkileşimle geçirilen her bir periyotta belirli kurallara göre oyun akışına devam etse de, oyuncuların yaşadıkları belirsizlikler sistemi beklentilerden çok daha farklı yerlere götürebilir. Bu nedenle "Çekirdek Simülasyon" modülü aslında tezin iddialarının takibi açısından incelenmesi gereken başlıca modüldür. İlk bölümde ayrıntılı olarak bahsedilen modelin kurgusu bu aşamada simülasyon için kullanılan dili de hesaba katarak yazılım bakış açısında tekrar bahsedilecektir. Geçiş maliyetleri ve ağ etkisinin karşılıkları ve model tarafından nasıl uygulamaya döküldüğüne bu modül bünyesinde bakılacaktır. Bu aşamada öncelikle sistemdeki ajanları tek tek değerlendirmek faydalıdır. Modelin bünyesinde iki farklı ajan kurgusu vardır. Bunlardan ilki tüketicilerdir. Tüketiciler geçiş maliyetleri, ağ etkisi, fiyatlar ve öğrenme etkileri gibi özelliklerden etkilenecek karar verirler. Firmalar için ise temel odak noktası karları ve gelecek karlarını etkileyecek olan bugünkü piyasa payları önemlidir. Bu özellikler yazılım dilinde bu ajanların mimarisi yapılırken önemli bir hal alır. Bu iki ajan tipi aynı zamanda bütün bu özellikler nedeni ile heterojenlik gösterir. Bu bölümde bu iki temel oyuncunun sınıflarına²⁵ göz atılmasında fayda vardır.

Tüketici

Tüketici sınıfının her periyodun karar vermede ve karar sonrası kullanılan değerlerini tutan değişkenleri öncelikli olarak belirtmek gerekir.

Tüketici nesnesinin değişkenleri;

1. firmDistance: Tüketicinin her bir firmaya olan mesafesini tutan değişkendir.
2. firmMap: Sistemde bulunan firmaları ve bu firmalar hakkında tüketicinin bilgisi dahilinde olan tüm bilgileri tutar.
3. firmBasedUtilityValuesMap: Tüketicilerin geçiş maliyetleri, ağ etkisi, firmaların anons ettiği fiyatlar, firmalara olan mesafeler ve öğrenme gibi kendi içsel özelliklerinin tümünün değerlendirildikten sonra her firmanın ürününden elde edilecek toplam faydanın tutulduğu bir değişkendir. Bu değişken tüketicinin hangi ürünü kullanacağı hakkındaki kararı için kullanılacaktır.

²⁵Sınıf (class), java dilinde bir nesnenin (object) tüm özelliklerinin tutulduğu ve davranışlarının anlatıldığı, bir tanımlama aracıdır.

4. *friends*: Tüketiciler bu modelde sistemdeki tüm kullanıcıların kararları ile ilgilenmektense, sadece komşuluğunda bulunan tüketicilerin kararları ile ilgilenirler. Bu bağlamda her tüketici için çevresindeki diğer tüketicilerin listesini tutmak gerekmektedir. Bu değişken tüketicinin etrafındaki diğer tüketicileri tutar.
5. *friendDistribution*: Bu değişken tüketicinin çevresindeki komşularının kaç tanesinin hangi ürünü seçtiğini tutmaktadır. Bu sayede tüketici ürün bazında ağ etkisini hesaplayabilmektedir.
6. *totalFriendCount*: Toplam komşu sayısı bu değişken de tutulur.
7. *location*: Tüketicinin konum bilgisini tutar. Konum bilgisi her periyotta kullanıma ya da kullanmamaya göre güncellenir.
8. *stepCount*: Tüketicinin karar alma sayısını gösterir. Tüketici her periyotta bir defa karar alır. Tüketicinin bulunduğu periyot bilgisine buradan oluşur.
9. *currentFirm*: Tüketicinin son periyotta seçtiği firmayı tutar.
10. *firmPeriodCount*: Tüketicinin firmaların ürünlerini ne kadar kullandıkları veya kullanmadıkları bilgisi bu değişken ile tutulur. Bu sayede tüketicinin fayda fonksiyonlarına etki eden öğrenme ve unutma değerleri bu değişken sayesinde hesaplanır.
11. *id*: Tüketicinin kimliğini ifade eder.

Bir tüketici sisteme tanıtıldığında ilk önce *firmMap* ve *id* değişkenlerinin ataması yapılır. Arkasından tüketicinin *Location* değişkeni doldurulur. Bu değişken kullanılarak firmalara uzaklığı ifade eden *firmDistance* değişkenine atama yapılır.

Her periyot başlangıcında tüketicinin *step()* fonksiyonu çalışır. Bu fonksiyon tüketicinin her periyot karar vermesini sağlayan tüm hesaplamalarını yapar ve sonunda hangi malı tüketeceğine karar verir. Aşağıda bu fonksiyonun pseudo kodu bulunmaktadır. Buradaki her basamak kodda başka bir fonksiyonu ifade eder.

```

step{
  Eğer ilk periyot ise tüketici friends ve totalFriendCount değerlerine atama yap.
  friendDistribution değişkenine atama yap.
  Her firma için;

```

geçiş maliyetini hesapla

ağ etkisi değerini hesapla

Hesaplanan değerler ile birlikte ürün değerini ve anons edilen fiyatı hesaba katarak, her firma için geçerli olan fayda fonksiyonunu hesapla

Fayda fonksiyonları arasında en iyisini seç ve o firmadan tüket, *currentFirm* değişkenine atama yap

Tüketim kararına göre *konum* bilgisini güncelle.

}

Firmalar

Firma sınıfının her periyodun karar vermede ve karar sonrası kullanılan değerlerini tutan değişkenleri öncelikli olarak belirtmek gerekir. Firmalar için hem fiyat anonsu hem de anons sonrası kar ve piyasa payları önemli basamaklardır.

Firma nesnesinin değişkenleri;

1. id: Firmanın kimliğini ifade eder.
2. location: Firmanın konum bilgisini tutar. Firmaların konumları oyun boyunca sabittir ve oyunun başında atanır.
3. marjinalCost: Firmanın marjinal maliyetini tutar.
4. currentPrice: Firmanın ilgili periyotta anons ettiği fiyat bilgisini tutar.
5. currentStrategySet: Firmanın potansiyel strateji kümesinden atanmış olan strateji bilgisi tutulur.
6. stepCount: Oyunun bulunduğu periyot bilgisini verir.
7. base: Periyot sonunda firmanın anons ettiği fiyatın etkisi sonucu oluşan piyasa payı bilgisi bu değişkende saklanır.

Firmaların iki temel fonksiyonu vardır bunlar sırası ile *announcePrice* ve *setFitnessValueAfterStep* metotlarıdır. İlk metot periyodun başında ikincisi ise sonunda çalışır. Periyodun başında çalışan *announcePrice* fonksiyonu seçilen fiyat stratejisi ve alpha değerine göre bir fiyat belirler. Belirlenen fiyatı da sistemdeki tüm oyunculara anons eder. Tüketiciler bu anons edilen fiyatlara göre kararlarını verdikten sonra, *setFitnessValueAfterStep* metodu çalışır. Bu metotta firmanın

karını ve piyasa payını hesaplar. Bu metot ayrıca sistemin toplam çıktı durumunu da değerlendirir.

Çekirdek Simülasyonun Akışı

Çekirdek simülasyonun başlangıcında tüm başlangıç koşulları değerleri ve alpha değeri modüle aktarılır. Bu başlangıç koşullarının kullanılacağı *optimizeAlpha* metodu çalıştırılır. Bu metot temelde ilgili alpha değeri için tüm olası strateji değerlerini çalıştırır. Bunları saklar ve raporlama işlemini tamamlar. Bu metodun içeriğine bakmakta fayda vardır;

```
optimizeAlpha{  
    2 firmalı yapı için strateji matrisi yaratılır. Bu matris hesaplanan çıktı değer-  
    lerini (modelde fitness value olarak adlandırılıyor) bu matrisin alanlarına  
    yazar.  
    Fitness matrisi için her alana karşılık gelen strateji değerleri için,  
        firmaları ilgili strateji kümesi ile yaratır. Bu firmaları fir-  
        mMap'e kaydeder.  
        Tüm tüketicileri başlangıç koşullarında belirtilen konum, ağ  
        yapısı ve diğer fayda fonksiyonu değerleri ile yaratır.  
        Oyun için belirlenen periyot sayısı kadar olacak bir döngüde sırasıyla aşağı-  
        daki işlemler yapılır;  
            Firmalar tarafından fiyat anonsları yapılır. (Firma sınıfında  
            anlatılan announcePrice fonksiyonu bu aşamada tüm firmalar için  
            çağrılır.)  
            Tüketiciler geçiş maliyetleri , ağ etkileri, ürün değerlendirme  
            ve fiyat gibi temel verileri değerlendirip, fayda fonksiyonlarını oluşt-  
            ururlar. Firma seçimlerine göre oluşacak farklı fayda değerleri  
            karşılaştırılır ve aralarından biri seçilir (Bu işlemler için tüketici  
            sınıfında anlatılan step fonksiyonu çağrılır)  
            Tüketiciler tercihlerini yaptıktan sonra, firmaların satış  
            rakamları ve piyasa payları belli olur. Bu değerler firma sınıfında  
            yer alan setFitnessValueAfterStep fonksiyonu çağrılarak her firma  
            için ayrı ayrı hesaplanır.  
        Son olarak, tüm strateji kombinasyonları için rapor dosyası oluşt-  
        rulur. }
```

Çekirdek Simülasyon modülünü tüm bu ekosistemin kalbini oluşturur. Analizi farklılaştırmak, yenilemek ve geliştirmek için bu ekosistemde müdahale edilecek

büyük ölçüde tek yerdir. Bu sayede sistemin mümkün olduğu kadar daha az karmaşık olması tasarlanmıştır. Örneğin sistemde şu anda yerel ağ etkisi kullanıldığından global ağ etkisinde sıklıkla kullanılan kritik düzey etkisi dışlanmıştır. Ancak eklenmek istenirse sadece bu modül içerisinde firmayı tanımlayan sınıf içerisine bu düzeyi ölçen bir fonksiyon yaratılması gerekir. Bu fonksiyonda sistemin her periyodunun sonunda kontrol edilip, sonuçlarının firmanın fitness fonksiyonuna yazılması yeterli olacaktır.

Analizde daha büyük değişikliklere de açıktır. Bu bağlamda kodlama bu öngörü dikkat edilerek özenli yazılmaya gayret sarf edilmiştir. Gelecek için planlanan model basamakları aşağıdaki gibi sıralanabilir;²⁶

1. Öğrenme Algoritmalarının Kullanılması²⁷
2. Periyot uzunluğuna göre genetik algoritmalarının uygulanması²⁸
3. k firma sayısı²⁹
4. Dinamik çarpanlar ϕ, γ ³⁰
5. Dinamik Ağ³¹

²⁶Birçok ajan bazlı simülasyon çalışmaları enstitülerde büyük ekipler tarafından ve bütçeli olarak yapılmaktadır. Netice bu analizler iktisat ve bilgisayar bilimlerinin ortak çalışmasını hedeflemektedir. Büyük ölçekli simülasyon modelleri de bu bağlamda bu alt yapılara ihtiyaç duyulmaktadır. Burada ön görü şeklinde bahsedilen bazı maddelerin bir kısmı ekip çalışması ölçeğine daha uygun maddeler olarak karşımıza çıkmaktadır.

²⁷Belirsizliklerin oyuncuların kararlarını etkilemesi ve buna dönük olarak potansiyel çıktıların nasıl şekilleneceği bu modelde ortaya koyulsa da bu potansiyel çıktılar içerisinde en iyisini seçecek ve bunu deneyimleyecek bir model arayışı tezden sonraki süreçte mutlaka olacaktır. Halihazırdaki bu modelin avantajı olabilecek tüm imkanları ortaya koyarken öğrenme algoritmaları ile en iyiye yakınsama durumları incelenebilir. Bu nedenle ileride öğrenme algoritmaları üzerine yapılacak analizler bu analizi arka plana atmaktan ziyade tamamlayıcı bir niteliğe büründürecektir.

²⁸Genetik algoritmalar, evrimsel bir süreç yaratarak en iyi seçeneği seçmeye yarayan arama algoritmalarıdır. En iyi seçeneğin her zaman diğerlerine üstün geleceği bir değerlendirme metodu kullanılır. Çalışmada kullanılan periyot sayısı bakımından genetik algoritmalara ihtiyaç gösterecek bir durum taşımamaktadır. Ancak başlangıç koşullarında geçen periyot sayısı tek basamaklı sayılardan ziyade 3,4 haneli sayılara ulaştığı zaman böyle durumlarda tüm ihtimalleri çalıştıran bir analiz yapmak aşırı maliyet yaratır. Ancak böyle durumlarda genetik algoritmalar gibi iyi örneklemeye seçenekleri ile maliyet düşürülebilir.

²⁹Firma sayısının çok artması k boyutlu matris analizlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Böyle bir durumda performans kriterini de düşünerek farklı algoritmalara ihtiyaç duyulacaktır.

³⁰Çarpanların her periyot ve duruma göre değişebilir yapılması ile daha dinamik bir yapı ortaya konulabilir.

³¹Ağ yapıları bu modelde kullanımının aksine çoğunlukla statik değildir. Gelecek hedeflerinden biri de dinamik ağ yapısının modele eklenmesidir.

6. Tüketici Dağılımı hakkında çıkarsama yapılabilmesi için gerekli firma zekasının geliştirilmesi³²
7. Firmaların oyun dışı kalabilmesi³³
8. kritik yoğunluk (critical mass) değerinin modelde kullanılması
9. maliyet farklılaştırmaları³⁴
10. firmaların teknoloji inovasyonuna bağlı piyasa şoku
11. Regülatör kurumun oyuna dahil edilmesi³⁵
12. Dinamik piyasa şartları³⁶
13. Tamamlayıcı ürün piyasasının modele dahil edilmesi
14. Firmaların farklı tüketiciler için fiyat farklılaştırmasına gitmesi

5.4 Sonuçlar

Yukarıda kurgusu anlatılan model, gerçek hayat şartlarının karmaşıklığını geleneksel analiz yöntemlerine göre daha fazla açıklayabilme iddiası taşıyan ajan bazlı modelleme teknikleri ile tasarlanmıştır. Bu tasarım, ajanların optimal seçimleri yapmak amacı ile verdikleri kararların gerçek hayatta karşılaşılabilecek belirsizlikler ile ortaya çıkardığı sonuçlara odaklanmıştır. Geçiş maliyetleri ve ağ etkileri endüstriyel iktisadın iki önemli başlığı olarak, ajan temelli iktisadın sunduğu alet çantası ile değerlendirmeye ihtiyaç duyulduğu fikri bu çalışmanın hareket noktasını oluşturur. Bu iki başlıkta analitik metotların dışladığı çok

³²Ajan bazlı hesaplamalı iktisattaki çoğu çalışmada ajanlar belirli bir zekaya sahiptir. Bu analizlerin bir kısmında çok sınırlı iken bir kısmında ise daha zeki ajan modellerine rastlanabilir. Ajan temelli hesaplamalı iktisatta ne kadar zeki ajanlarla çalışabilirseniz, modelinizin açıklayıcılığı o kadar kuvvetli bir hal alacaktır. Bu modelde firmaların karar alma süreçleri firma zekası ile incelenmemiştir. Burada potansiyel çıktıları bakıp firmaların literatürdeki davranışlara ulaşma potansiyeli irdelenmiştir. Ancak gelecek öngörülerinden biri de bu potansiyel çıktı seviyelerinden hangisinin bilişsel yeteneklere sahip ajanlar tarafından seçileceği araştırma konusu olmasıdır.

³³Firmalar dinamik olarak her periyotta sisteme girme kabiliyeti kazanması ve bazı durumlarda piyasadan çıkma durumları ile yüzleşmesi modellenenecektir.

³⁴Bu modelde firmaların maliyetleri sabit ve aynı kabul edilmiştir. Maliyet yönünden farklılaştırma modeli daha zenginleştiren ve daha gerçekçi hale getirebilecek bir unsurdur.

³⁵Oligopol piyasalarda genellikle regülatör kurum görülür. Piyasa başarısızlıklarına müdahil olan bu kurumlar bu modelde de kullanılabilir.

³⁶Piyasa oyuncularının piyasaya girip, çıkmaları, yeni oyuncuların ortaya çıkması ve var olan oyuncuların oyunu terk etmesi durumları modele dahil edilebilir.

çeşitli makro ve mikro etkilere maruz kalır. Örneğin geçiş maliyetleri bir çok farklı türü ile değerlendirildiğinde, tüm tüketicilerin aynı (homojen) kantitatif büyüklük ile sunulması gerçek hayat da karşılık bulması çok zordur. Çoğu sektör analizlerini farklı geçiş maliyetleri ve farklı segmentler üzerinden değerlendirmelerde bulunması rastlantı değildir. Bu deneyime ya da en basit hali ile sezgilere dayalı analiz refleksi, analitik çözümler için karşılık bulması kolay değildir. Benzer şekilde ağ etkisinin analizinde homojen ve statik bir anlayış hakim olsa da aksine çevrede görülen ağ yapıları bu basitlikten bir hayli uzaktır. Kompleks olduğu söylenebilecek bu çevre şartları hem etkileşimde olan ajanlar için doğrusal olmayan bir durum oluşturur, hem de bunun sonucu olarak bilginin akışı, miktarı ve değerlendirilmesinde ajandan ajana farklı durumlar ortaya koyabilir. Ortaya çıkan yeni durumları (emergence) değerlendirebilmek simülasyon tekniklerinin yapabileceği bir iş olarak görülür. Bununla birlikte bilgi asimetrisi de benzer şekilde bu tarz karmaşık yapılar içerisinde farklı tekniklerle değerlendirilmeye ihtiyaç duyar. Bu iki durum birbirini besleyen çoğu zamanda bir birinden ayrılamayan bir yapıdadır.

Modelde anlatılan kurguda farklı tipteki ajanların bilgi kümeleri farklıdır. Bu kümelerin üzerinde herhangi bir olasılık ataması yapabilmesi ise çok fazla mümkün değildir. Bilgi kümeleri anlamlı bir örüntü sergilememektedirler. Böyle bir durumda ajanların oyun sonunda karşılaşabilecekleri çıktı düzeyi ile tüm ajanların tam bilgiye sahip oldukları durum arasındaki potansiyel çıktı düzeyleri birbirinden farklı olabilir. Bu farklılık geleneksel geçiş maliyeti ve ağ etkisi literatürleri açısından önemlidir. Bu iki literatürün bu iki piyasa şartı için ortaya koyduğu çıktı seviyelerinin, varsayımları gevşetilmiş ancak tam bilgi kabulü korunan bir simülasyon modeli ile karşılaştırılması, literatürün tezleri üzerinde de bir değerlendirme imkanı yaratır. İlk etapta bu değerlendirme önemlidir. Bir sonraki aşamada sırası ile belirsizlikler ve etkileşimlerin ortaya çıkardığı durumları düşünmek daha doğru bir yol haritası olarak düşünülebilir.

Bu yol haritasını incelerken modelin çalıştırılmasındaki girdi elemanları hayati öneme sahip olmaktadır. Model farklı çevre ve ajan kurguları için test edilebilir olmalıdır. Çevre şartlarının simülasyonda kullanılması ile fiziksel şartlar arasındaki anlatılan ödünleşmeye atıf olarak bu sistemde analitik çözümlerle sunulan geçiş maliyetleri ve ağ etkileri modellerini değerlendirebilecek düzeyde başlangıç koşulu ile çalışılmıştır. Bu sayede tam bilgi varsayımları altında değerlendirme rahatlıkla yapılabilecektir.

Eğer tüm firmalar ve tüketiciler sistemleri tüm bilgiye tam erişim göstermiş olursa tüm ajanlar kendileri için en optimal karar alma güdüsü ile davranacak bir güdülenme de sistemi farklı denge değerlerine götürebilecektir. Oyuncuların

kararları doğrultusunda, ilgili başlangıç koşulları ve seçili alpha düzeyi altında en az bir adet denge noktası varsa, bu nokta üzerinde koordine olurlar. Eğer birden fazla denge değeri mevcut ise, o zaman bu noktalardan birinde koordine olunacaktır. Bu noktada koordinasyon başarısızlığı ile karşılaşılabilir. Literatür ağırlıklı olarak mevcut bir geçiş maliyeti ve/veya ağ etkisi piyasada varsa, oligopol piyasa koşulları için firmaların oyun sonunda daha yüksek karlar elde edeceğini söyler. Bu görüş, tam bilgi varsayımı altında bu simülasyon çıktıları ile değerlendirilecektir.

5.4.1 Tam Bilgi Altında Simülasyon Sonuçları (Sistem Çıktıları)

Simülasyonun olası tüm alpha seçenekleri için alt oyun denge değerleri³⁷ negatiften farklı ($\phi \geq 0$) çıkmıştır.³⁸ Bu sonuçta literatürü destekleyen bir sonuçtur. Firmalar geçiş maliyeti ve ağ etkileri altında (belirtilen başlangıç değerleri³⁹ için) pozitif getiri elde etmişlerdir. Her alpha değeri için firmaların 0 kar düzeyinde oldukları denge durumu ise sistemleri tüm denge seviyelerinin %29 'u kadardır.⁴⁰ Bu karlılık seviyesi firmalar için anlamlı değildir. Bu nedenle tam bilgi altında, ilgili başlangıç koşulları için piyasaya girip girmeme kararı alacaktır. Bu düzeyde firma piyasaya girmeyi tercih etmez. Bu hali ile eğer piyasada tek firma kalmış ise rakipsiz olur ve tekel pozisyonuna geçer.

Denge düzeyleri tam bilgi ön kabulü ile değerlendirildiğinde alpha değerlerinin tekil olarak bir anlamı kalmaz. Firmalar rasyonel tercihlerde bulunacağından en iyi alpha düzeyini seçmede de yükümlü hale gelir. Firmaların farklı alpha düzeyleri içindeki çıktı miktarlarının düzeyleri en az onlar kadar iyi olan farklı bir alpha düzeyinin varlığı altında elenir ve firma tarafından hiçbir zaman kabul görmez. Aşağıdaki tabloda firmaların çıktıları verilmiştir. Matrisin 2. hücresi Nash dengesini temsil eder.

³⁷Her alpha çifti ilgili başlangıç koşulları altında oynanan oyun için alt oyunu (subgame) oluşturur. Bu alt oyunlar için oluşan denge değerleri (pür ya da karma strateji dengesi) nihai ödeme matrisini oluşturur. Bu ödeme matrisi üzerinden de oyun için Nash dengesi hesaplanır.

³⁸Raporun çekildiği sorgu (SQL dilinde) şu şekildedir;
select count(*) from t_equilibrium where value < 0
Sonuç olarak 0 değeri dönmüştür.

³⁹Belirlenen başlangıç koşulları ve alpha değerleri araştırmacı için fikir verme adına yeterli olsa da tüm koşulların testi için çok daha fazla duyarlılığa ihtiyaç olduğu kesindir.

⁴⁰Raporun çekildiği sorgu (SQL dilinde) aşağıdaki şekildedir ve 0 karlılık seviyesini ifade eder;
select count(*) from t_equilibrium where value = 0
Sonuç olarak 91648 değeri dönmüştür.
Raporun toplam denge sayısı verdiği sorgu (SQL dilinde) aşağıdaki şekildedir;
select count(*) from t_equilibrium
Sonuç olarak 312530 değeri dönmüştür.
Oranı %29'a yakın bir seviyedir.

Tablo 5.1: alpha değerlerinin matris sunumu

Strategies	Firm 2 Alpha 1	Firm 2 Alpha 2
Firm 1 Alpha 1	<u>5</u> ,5	<u>2</u> ,8
Firm 2 Alpha 2	3, <u>3</u>	1, <u>2</u>

Belirli bir başlangıç değeri kümesinin kartezyen çarpımından türetilmiş kümenin bir elemanı için çalıştırılan simülasyon, farklı alpha kombinasyon değerleri için farklı sonuçlar üretir. Her bir alpha kombinasyonu firmalar ile tüketiciler arasında etkileşimli bir oyun oynatır. Bu oyun aslında tüm ilgili başlangıç koşulları için bir alt oyundur (sub-game). Burada ortaya çıkacak denge veya dengesizlik durumları oyunun tümü için fikir verebilir. Örneğin *id* = 3158 numaralı⁴¹ olan başlangıç koşulları için çalıştırılan simülasyon toplamda farklı alpha kombinasyonları için farklı denge değerleri (alt-oyun) ortaya koyar. Bu alt oyunların sonuçlarının oluşturduğu matris firmalar için nihai ödeme matrisi haline gelir. Bu matrisi oluşturan her hücre alt oyundan gelen Nash dengesi değerleri ile ya da Nash dengesi yoksa karma strateji dengeleri ile doldurulur. Karma strateji dengesi ilgili alpha değerleri için çalıştırılan potansiyel tüm strateji kombinasyonlarının çıktılarının ortalama değerini oluşturur. Eğer ilgili alpha çifti için birden fazla Nash denge değeri oluştuyorsa bu denge değerlerinin ortalaması da nihai ödeme değerini ilgili alpha çifti için verecektir. *id* = 3158 numaralı raporda 97 alpha çifti⁴² için

⁴¹ Rapor *id* = 3158 için başlangıç koşulları aşağıdaki gibidir;
"REPORTID" "KEY" "VALUE"
3158 "CONNECTION_PROBABILTY" "0.3"
3158 "DELTA" "1"
3158 "GAMMA" "0.9"
3158 "INVEST_RULE_COUNT" "3"
3158 "LEARNING_PARAMETER" "1.1"
3158 "LEARNING_VELOCITY" "0.5"
3158 "LOCATIONS" "0.7767832587644451;0.27590643373027923;....
3158 "NETWORK" "1-3;1-6;1-7;1-8;1-9;1-10;....
3158 "NUM_CUST" "100"
3158 "NUM_FIRMS" "2"
3158 "PHI" "0.9"
3158 "PRODUCTVALUE" "100"
3158 "TOTAL_PERIOD" "5"
3158 "UNLEARNING_PARAMETER" "0.9"
3158 "UNLEARNING_VELOCITY" "1.2"

⁴²İlgili sonuç için çalıştırılan sorgu aşağıdaki gibidir;
select reportalpha, reportid, strategy1, strategy2, value1, value2
from t_payoffmatrix
where reportid = 3158 and reportalpha in (
select reportalpha from t_payoffmatrix where reportid = 3158 group by reportalpha having
count(*) = 1) order by
reportalpha desc

(toplamda $11 * 11 = 121$ alpha çifti olacaktır, matris 11'e 11'lik bir ödeme matrisidir) tekil Nash dengesine sahiptir (Tablo 5.2).

Tablo 5.2: $id = 3158$ numaralı raporun ödeme matrisi için tekil değerlere sahip olan alpha çiftleri

ReportAlpha	Reportid	Strategy1	Strategy2	Value1	Value2
1;1;	3158	00100	00100	301.5	238.5
1;0;	3158	00100	11111	0	0
1;0.9;	3158	01111	00101	685.89	18.9
1;0.8;	3158	00110	01111	1.8	610.2
1;0.7;	3158	00100	01111	0	513
1;0.6;	3158	00100	01111	0	414
1;0.5;	3158	11111	00101	350.1	101.7
1;0.4;	3158	11111	00111	344.88	18.9
1;0.3;	3158	01111	11111	6.3	266.22
1;0.2;	3158	11111	01110	179.28	1.8
1;0.1;	3158	00100	11111	0	90
0;1;	3158	11111	00100	0	0
0;0;	3158	11111	11111	0	0
0;0.9;	3158	11111	01100	0	1.26
0;0.8;	3158	11111	00100	0	6.12
0;0.7;	3158	11111	00110	0	6.84
0;0.6;	3158	11111	01111	0	19.08
0;0.5;	3158	11111	00111	0	127.35
0;0.4;	3158	11111	01111	0	216
0;0.3;	3158	01111	11111	117	0
0;0.2;	3158	11111	01111	0	18
0;0.1;	3158	11111	11111	0	3.42
0.9;1;	3158	00100	01111	31.5	669.06
0.9;0;	3158	01001	11111	0.63	0
0.9;0.9;	3158	01001	01001	251.37	261.63
0.9;0.8;	3158	00110	01111	30.15	564.12
0.9;0.7;	3158	00100	01111	1.26	511.65
0.9;0.6;	3158	01111	00100	414	0
0.9;0.5;	3158	00100	01111	0	315
0.9;0.4;	3158	00100	11111	99.81	252.72
0.9;0.3;	3158	00100	11111	30.87	243.54
0.9;0.2;	3158	01001	11111	6.93	176.04

0.9;0.1;	3158	11111	01010	89.1	3.15
0.8;1;	3158	01111	00100	608.4	3.6
0.8;0;	3158	00100	11111	2.88	0
0.8;0.9;	3158	01111	00101	501.12	65.07
0.8;0.6;	3158	00111	01111	2.16	411.3
0.8;0.5;	3158	00100	01111	0	315
0.8;0.4;	3158	01111	00100	216	0
0.8;0.3;	3158	00100	01111	0	117
0.8;0.2;	3158	00111	11111	38.88	141.12
0.8;0.1;	3158	11111	00111	85.86	8.28
0.7;1;	3158	01111	00100	513	0
0.7;0;	3158	00110	11111	7.38	0
0.7;0.9;	3158	01111	00111	507.6	5.04
0.7;0.5;	3158	01111	01001	315.9	0.18
0.7;0.4;	3158	01111	00100	216	0
0.7;0.3;	3158	00100	01111	0	117
0.7;0.2;	3158	00100	01111	0	18
0.7;0.1;	3158	11111	00100	64.62	13.86
0.6;1;	3158	00100	01111	0	414
0.6;0;	3158	10010	11111	0	0
0.6;0.9;	3158	01111	00100	414	0
0.6;0.8;	3158	00100	01111	1.44	412.2
0.6;0.4;	3158	00101	01111	0	216
0.6;0.3;	3158	01111	00100	117	0
0.6;0.1;	3158	11111	00111	0.72	288.72
0.5;1;	3158	11111	00111	332.1	120.6
0.5;0;	3158	01011	11111	106.2	0
0.5;0.9;	3158	01111	00100	315	0
0.5;0.8;	3158	01111	01110	315.45	0.36
0.5;0.7;	3158	01001	01111	0.27	316.35
0.5;0.2;	3158	01111	00100	18	0
0.5;0.1;	3158	11111	01111	0.9	311.85
0.4;1;	3158	11111	00101	338.4	27
0.4;0;	3158	01111	11111	216	0
0.4;0.9;	3158	01111	00100	216	0
0.4;0.8;	3158	01111	00100	216	0
0.4;0.7;	3158	01111	01100	216.72	0.09

0.4;0.6;	3158	00110	01111	0	216
0.4;0.5;	3158	10101	00101	0	45
0.3;1;	3158	11111	00110	264.6	9
0.3;0;	3158	01111	11111	117	0
0.3;0.9;	3158	11111	00101	228.96	47.88
0.3;0.8;	3158	01111	00100	117	0
0.3;0.7;	3158	01111	00100	117	0
0.3;0.6;	3158	01111	00100	117	0
0.3;0.5;	3158	10101	00101	0	45
0.3;0.4;	3158	11011	01011	0	72
0.3;0.1;	3158	11111	01111	0	117
0.2;1;	3158	11111	00100	178.92	2.7
0.2;0;	3158	01111	11111	18	0
0.2;0.9;	3158	11111	01111	172.44	13.23
0.2;0.8;	3158	11111	00101	138.24	41.76
0.2;0.7;	3158	00100	01111	0	18
0.2;0.5;	3158	01111	00100	18	0
0.2;0.1;	3158	11111	01111	0	18
0.1;1;	3158	11111	00110	89.82	0.9
0.1;0;	3158	11111	11111	1.44	0
0.1;0.9;	3158	11111	01010	88.92	3.78
0.1;0.8;	3158	11111	00100	80.46	19.08
0.1;0.7;	3158	00100	11111	42.48	51.84
0.1;0.6;	3158	11111	00111	0.36	288.36
0.1;0.5;	3158	01111	11111	315	0
0.1;0.3;	3158	01111	11111	117	0
0.1;0.2;	3158	11111	01111	0	18
0.1;0.1;	3158	11111	11111	42.3	47.7

11 alpha çiftinde ise alt oyun için çoklu denge oluşmuştur (Tablo 5.3).⁴³

⁴³İlgili sonuç için çalıştırılan sorgu aşağıdaki gibidir;
select reportalpha, reportid, strategy1, strategy2, value1, value2
from t_payoffmatrix
where reportid = 3158 and reportalpha in (
select reportalpha from t_payoffmatrix where reportid = 3158 group by reportalpha having
count(*) > 1) order by
reportalpha desc

Tablo 5.3: $id = 3158$ numaralı raporun ödeme matrisi için çoklu denge değerlere sahip olan alpha çiftleri

ReportAlpha	Reportid	Strategy1	Strategy2	Value1	Value2
0.8;0.8;	3158	01010	01010	194.04	201.96
0.8;0.8;	3158	01001	01001	190.08	205.92
0.8;0.8;	3158	00100	00100	144	144
0.7;0.7;	3158	01001	01001	125.55	153.45
0.7;0.7;	3158	00100	00100	72.9	89.1
0.6;0.6;	3158	01001	01001	59.94	102.06
0.6;0.6;	3158	00101	00101	77.76	84.24
0.5;0.5;	3158	10101	10101	91.8	88.2
0.5;0.5;	3158	01101	01101	86.4	93.6
0.5;0.5;	3158	00101	00101	17.55	27.45
0.4;0.4;	3158	11011	11011	95.04	120.96
0.4;0.4;	3158	01101	01101	33.84	38.16
0.4;0.4;	3158	01011	01011	33.12	38.88
0.4;0.2;	3158	11011	01011	0	72
0.4;0.2;	3158	00111	10111	72	0
0.4;0.1;	3158	11111	01111	0	216
0.4;0.1;	3158	11101	01101	0	72
0.4;0.1;	3158	01011	11011	72	0
0.4;0.1;	3158	10111	00111	0	72
0.3;0.3;	3158	11111	11111	140.4	129.6
0.3;0.3;	3158	10111	10111	49.14	67.86
0.2;0.4;	3158	01101	11101	72	0
0.2;0.4;	3158	11011	01011	0	72
0.2;0.2;	3158	11111	11111	97.2	82.8
0.2;0.2;	3158	01111	01111	9.9	8.1
0.1;0.4;	3158	11111	01111	0	216
0.1;0.4;	3158	11101	01101	0	72
0.1;0.4;	3158	11011	01011	0	72
0.1;0.4;	3158	10111	00111	0	72

13 alpha çiftinde ise Nash dengesi olmadığından⁴⁴ alt oyunlarda karma strateji

⁴⁴İlgili sonuç için çalıştırılan sorgu aşağıdaki gibidir;
select f1.reportalpha reportalpha, f1.reportid reportid, f1.avgvalue avgvalue1, f2.avgvalue avgvalue2

dengesi kullanılmıştır (Tablo 5.4)

Tablo 5.4: $id = 3158$ numaralı raporun ödeme matrisi için denge değerlerine sahip olmayan alpha çiftleri

ReportAlpha	Reportid	AvgValue1	AvgValue2
0.8;0.7;	3158	76.9	261.94
0.7;0.8;	3158	248.33	88.37
0.7;0.6;	3158	55.22	149.18
0.6;0.7;	3158	136.93	64.21
0.6;0.5;	3158	25.07	48.45
0.6;0.2;	3158	11.73	-171.94
0.5;0.6;	3158	43.97	28.67
0.5;0.4;	3158	-12.79	-37.17
0.5;0.3;	3158	-15.27	-95.49
0.4;0.3;	3158	-58.35	-114.25
0.3;0.2;	3158	-108.62	-187.3
0.2;0.6;	3158	-172.06	11.91
0.2;0.3;	3158	-187.63	-109.73

Bütün bu alpha çiftleri ödeme matrisinin değerlerini oluşturur. Bu değerler üzerinden Nash dengesi analizi yapılır. Yapılan analiz sonucu $id = 3158$ numaralı rapor için denge alpha çifti birinci firma için 0.3 diğer firma için de 0.3 çıkmıştır. Bu alpha değerlerine karşılık gelen ödeme değerleri de sırası ile 140.4 ve 129.6 bulunmuştur.⁴⁵

```
from
(select reportalpha, reportid, firmid, avgvalue
from t_alpha
where reportid = 3158 and firmid = 1 and reportalpha not in(
select reportalpha from t_payoffmatrix where reportid = 3158 group by reportalpha)) f1,
(select reportalpha, reportid, firmid, avgvalue
from t_alpha
where reportid = 3158 and firmid = 2 and reportalpha not in(
select reportalpha from t_payoffmatrix where reportid = 3158 group by reportalpha)) f2
where f1.reportalpha = f2.reportalpha (+) and f1.reportid = f2.reportid (+) and f1.firmid !=
f2.firmid (+)
order by f1.reportalpha desc
```

⁴⁵İlgili sonuç için çalıştırılan sorgu aşağıdaki gibidir;
select reportid, reportalpha, value1, value2
from t_nash
where reportid = 3158

Diğer bir analiz de sistemin belirtilen alpha değerleri için üretebileceği maksimum ve minimum toplam kar düzeyine bakılabilir. Denge değerinin belirlendiği alpha çifti için sistemin potansiyel toplam maksimum ve minimum çıktı seviyesi aşağıdaki gibidir (Tablo 5.5). Sistem maksimum çıktı seviyesinde dengeye ulaşmıştır.⁴⁶

Tablo 5.5: $id = 3158$ numaralı raporun ilgili reportalpha değeri için sistemin maksimum ve minimum çıktı seviyeleri

ReportAlpha	Reportid	MaxSum	MinSum
0.3;0.3;	3158	270	-495

Başlangıç koşullarına göre değerlendirildiğinde simülasyonda kullanılan 1296 başlangıç koşulu kombinasyonundan 152 tanesinde Nash dengesinden⁴⁷ söz edilebilir. Bu başlangıç koşullarından 1 tanesinde⁴⁸ (reportid=3133) çoklu Nash dengesi ile karşılaşılmıştır. Bu rapor için 2 adet Nash dengesi oluşmuştur (Tablo 5.6).⁴⁹ Bu hali ile koordinasyon başarısızlığı durumu ihtimali vardır. 0.3;0.3 alpha çiftinin çıktı düzeyi, 0.5;0.5 alpha çiftinin çıktı düzeyinden fazladır ancak sistemin düşük denge seviyesinde dengeye gelme ihtimali vardır.

Diğer 1144 başlangıç koşulu kombinasyonu için çalıştırılan raporlarda pür Nash

⁴⁶Tablodaki değerler aşağıdaki sorgunun sonuçlarından alınmıştır;
select * from t_aggregate
where reportid = 3158 and reportalpha = '0.3;0.3;'

⁴⁷ Tablodaki değerler aşağıdaki sorgunun sonuçlarından alınmıştır;
select distinct reportid from t_nash;

⁴⁸Tablodaki değerler aşağıdaki sorgunun sonuçlarından alınmıştır;
select reportid, count(*) from t_nash group by reportid having count(*) > 1;

⁴⁹ $id = 3158$ numaralı simülasyon sonuçları için kullanılan başlangıç koşulları şu şekildedir;
REPORTID KEY VALUE
3133 "CONNECTION_PROBABILTY" "0.3"
3133 "DELTA" "1"
3133 "GAMMA" "1.0"
3133 "INVEST_RULE_COUNT" "3"
3133 "LEARNING_PARAMETER" "1.1"
3133 "LEARNING_VELOCITY" "0.5"
3133 "LOCATIONS" "0.7767832587644451;0.27590643373027923;....
3133 "NETWORK" "1-3;1-6;1-7;1-8;1-9;1-10;1-17;1-18;....
3133 "NUM_CUST" "100"
3133 "NUM_FIRMS" "2"
3133 "PHI" "0.9"
3133 "PRODUCTVALUE" "100"
3133 "TOTAL_PERIOD" "5"
3133 "UNLEARNING_PARAMETER" "1.0"
3133 "UNLEARNING_VELOCITY" "1.2"

Tablo 5.6: $id = 3133$ numaralı raporun Nash dengeleri

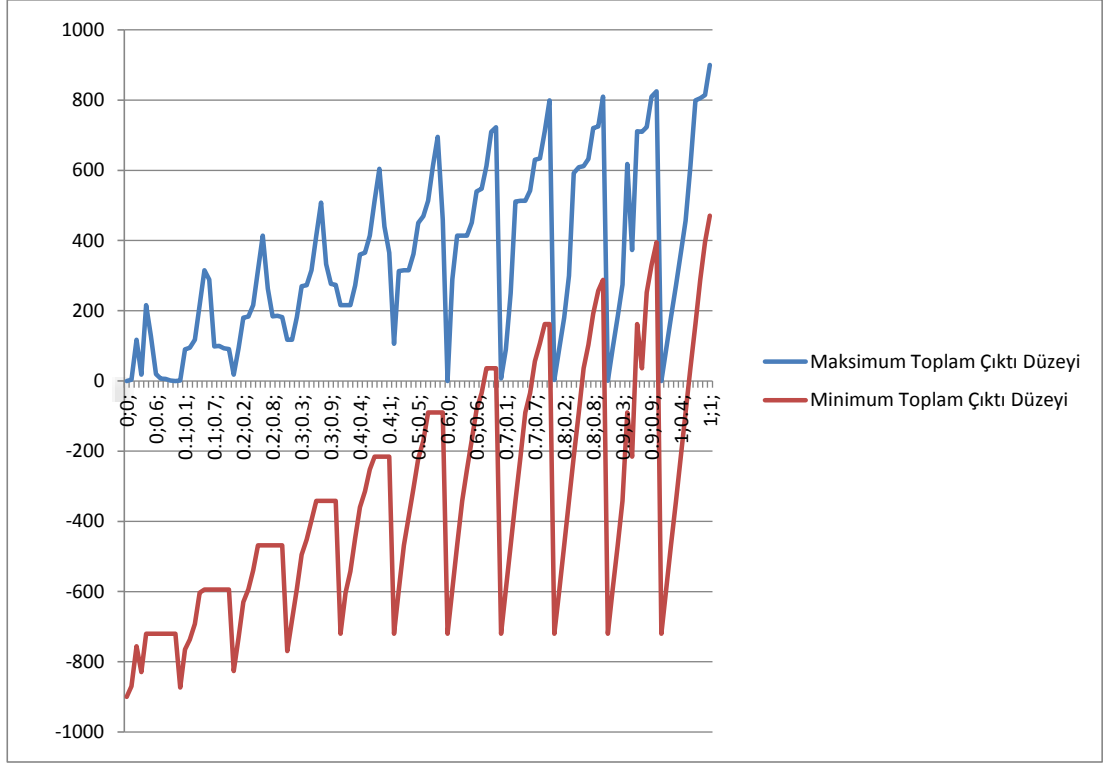
ReportAlpha	Reportid	Value1	Value2
0.3;0.3;	3133	133.95	151.05
0.5;0.5;	3133	91.65	103.35

dengesine rastlanmadığından karma strateji dengesi aranmıştır. Bu dengelerin hepsi pozitif çıkmıştır. Bu da literatürü destekleyen durumdadır.

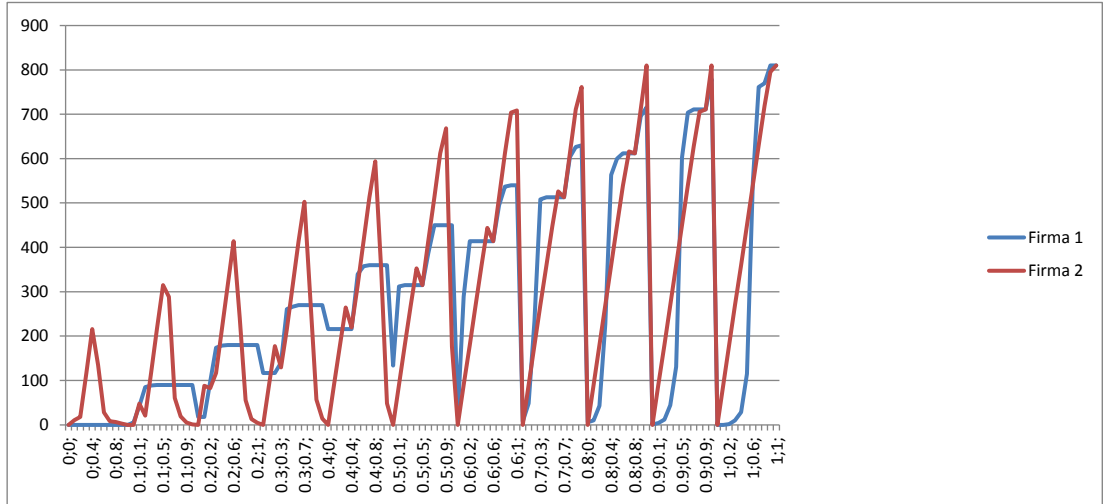
5.4.2 Eksik Bilgi Altında Simülasyon Sonuçları (Sistem Çıktıları)

Eğer ajanlar çevre şartları ve diğer ajanların tercihleri ve konumları hakkında tam bilgiye sahip değilseler, sistemden dengeden uzakta başka bir çıktı düzeyinde sonuçlanabilir. Bu hali ile oyuncular daha iyi bir strateji seçmek adına dış dünyadan aldıkları sinyalleri ve geçmiş deneyimlerini takip ederler. Ajanlar aldıkları sinyalleri geçmiş deneyimleri ile harmanlayarak bilgi kümesindeki eksiklikleri telafi etme yoluna gideceklerdir. Analitik modelleme tekniklerinde ajanların ya tam bilgiye sahip olduğu varsayılır ya da eksik parçaları doldurabilecek örüntüler hakkında fikir sahibidirler. Ayrıca ajanlar bu örüntüleri değerlendirirken hem bilişsel yetenekleri yorumlamak için yeterlidir, hem de tam bir rasyonalite içinde hareket ederler. Ajanların bu özellikleri çoğunlukla denk tanımlanır. Heterojenlik bilişsel becerilerde değil, fayda fonksiyonlarını ölçebilecekleri kantitatif değerler için geçerlidir. Bu tezin konusu olan model çok büyük bir yelpazedeki potansiyel çıktı sonuçları içerisinde ajanların karar almalarını simüle etmeyi hedeflemektedir. Bu simülasyonun analitik yöntemlerde kullanılan varsayımları bir önceki bölümde kabul edilerek aktarılmıştır. Eğer bu varsayımlar dışlanırsa çıktı çeşitliliği çok olur. Firmaların pozitif kar seviyelerinde olması garanti altına alınmayacağı gibi düzeyleri de çok çeşitli olabilir (Şekil 5.4,5.5,5.6,5.7,5.8).

Bu modelde çok çeşitli başlangıç koşulları altında firmaların çıktı seviyeleri bulunmuştur. Bu başlangıç koşulları daha da çeşitlendirmek mümkündür. Bu sayede sistemin davranışının duyarlılığı da arttırılmış olur. Örneğin komşuluklar için verilebilecek ağ yapısı kararı sistemin çıktılarında radikal değişikliklere gidebilir. Tam ağ yapısı (complete network structure) ile seyrek komşuluklar içeren dağınık bir yapı firmaların karar almasında değişikliklere yol açar. Başlangıç koşullarını çeşitlendirmek ajanların davranışları üzerindeki inceleme için bir veri değildir. Ağ yapısının farklılaştığı bir başlangıç koşulu değerleri neticede graf teorisinin imkanları ile çözümüm modele eklenebilir. Bunun gibi çeşitlilikler model sahibinin ihtiyacına göre kurgulanması olasıdır. Bu modelde bu ihtiyaçlar ile başa çıkabilecek bir mimari de tasarlanmıştır. Karar almadaki beceri ya da kısaca bilişsel



Şekil 5.4: Toplam kar düzeyleri

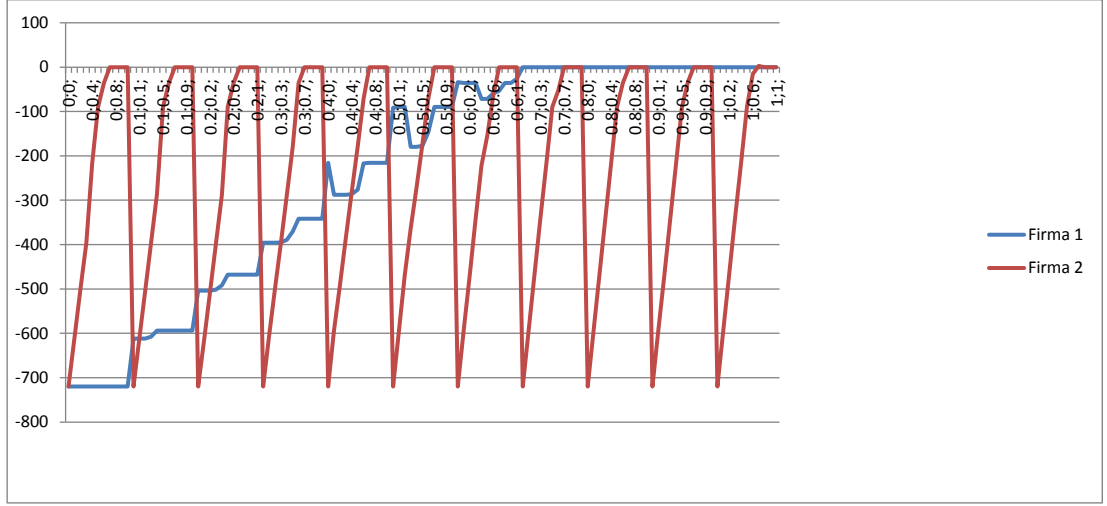


Şekil 5.5: Firmaların maksimum karları

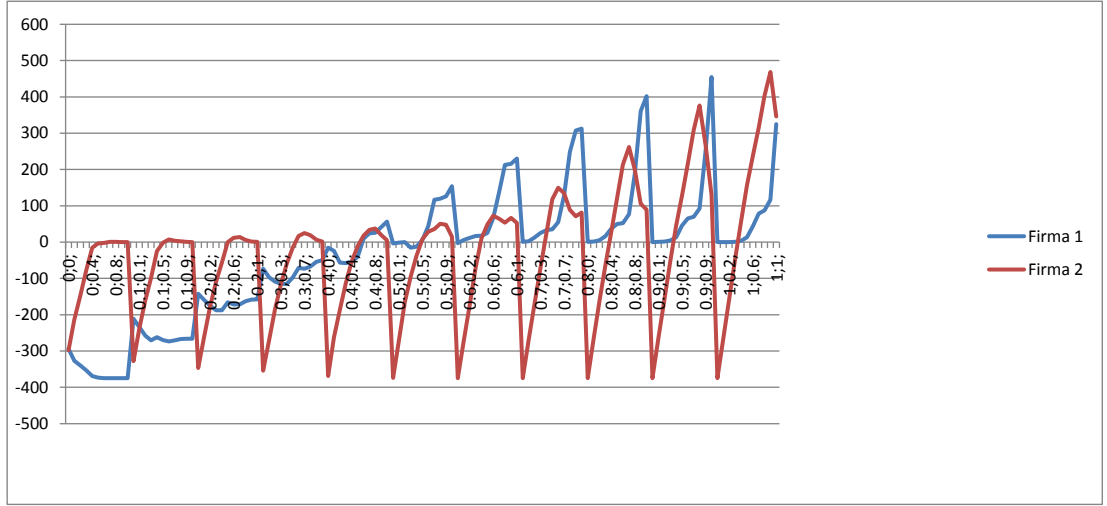
farklılıklar ise ayrı bir konudur.

Bilişsel farklılıklar modelde kullanılan ajanların karar alma düzeylerinin yorumlanmasını sağlar. Aynı zamanda ajanların zaman içindeki değişimini de garanti altına alacak öğrenme becerilerinin göstergesidir. Öğrenme yolu ile karar alma becerileri arasında yakın ilişkiler vardır. Sistemin evrilmesinin içsel dinamiği bu mekanizma ile ortaya çıkar.

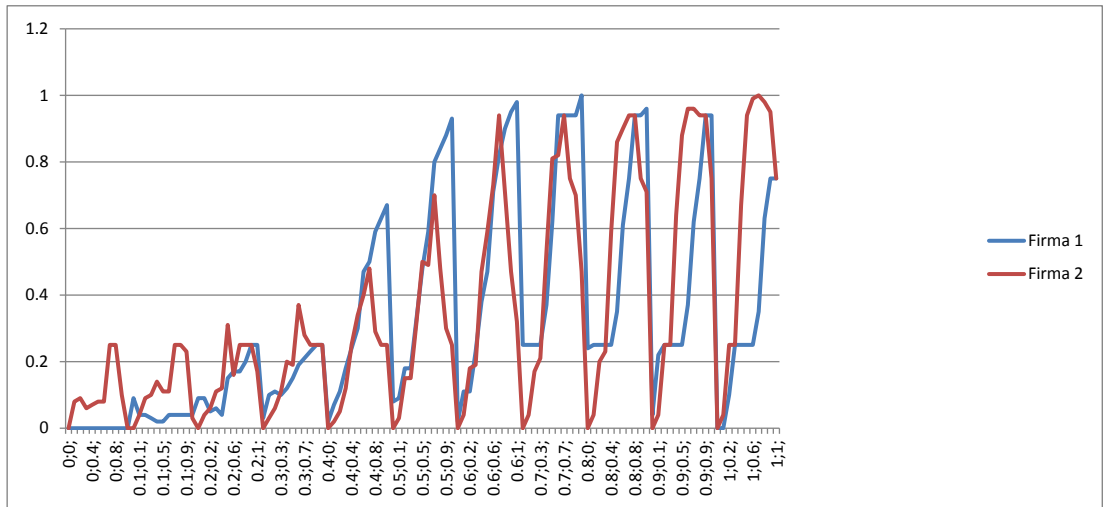
Sanal zeka serüvenini içselleştiren bir dal da kompleksite iktisadıdır. Etkileşim-



Şekil 5.6: Firmaların minimum karları



Şekil 5.7: Firmaların ortalama karları



Şekil 5.8: Firmaların pozitif kar yüzde değerleri

lerin doğasını ve karmaşıklığı idealde çözebilecek ve yorumlanmasını sağlayacak temel gösterge bu serüvende ne aşamada olduğu ile ilintilidir. Bu çalışmanın ilerisinde planlanan da bu serüvenin mütevazi bir parçası olabilmektedir.⁵⁰

⁵⁰Yapay sinir ağları ve genetik algoritmalar ileride tasarlanan öğrenme algoritmaları için düşünülen araçlardandır.

6 SONUÇ

Kompleks bir sistem için tasarlanmış olan model, ajanların etkileşim halinde olduğu çoklu ajan yapısını barındırmalıdır. Ajanların arasındaki etkileşim global dinamikleri ve sistemin bütüncül davranışını belirleyen bir faktördür. Bu kompleks sistem davranışını modelleme imkanı sunan araç ajan bazlı metodolojilerdir. Analitik yöntemlerle karmaşık bir mimariyi kurgulamak çoğu zaman imkanı değildir. Ajan bazlı hesaplamalı modelleme, analitik modellere göre çok daha az ve daha esnek varsayım kullanarak gerçek dünya şartlarını taklit etme becerisini sunar. Ajan bazlı modellemenin analitik modellere göre üstünlüğü ortada olsa da Laubenbacher ve Ravi (2009)'in belirttiği gibi simülasyon teknikleri tek başına formel olarak sistemin davranışının kanıtını sunamaz. Ajan bazlı modeller de beraberlerinde ajan davranışlarını ve etkileşimleri fonksiyonel olarak ifade edebilecek bir matematiksel yapı kurgulamak ve bunu kullanmak durumundadır. Ajanların mikro ölçekteki bu tanımları matematiksel ifadelerle gösterilir. Bu matematiksel tanımlar simülasyon sonuçlarının kanıt niteliği taşımasını kolaylaştırır. Ancak burada dikkat edilmesi gereken nokta bu mikro ölçekli tanımlar beraberinde makro ölçekli bütüncül çıktılar ortaya çıkartırken, aslında mikro tanımların tek tek toplandığı lineer bir sonuç içermez. Mikro ölçekli etkileşimler çoğunlukla kestirilemez bütüncül çıktılar ortaya çıkartır. Bu durum kompleksite biliminin çıkış noktalarından biri olan bütünün toplamdan farklı olduğu ifadesidir. Mikrodan makroya doğru ilerleyen bu karmaşık ilişki, çoğunlukla makrodan mikroya doğru bir geri besleme mekanizmasını da içerir. Bu mekanizma mikro ölçekli iktisadi bireyleri veya grupların karar mekanizmalarını etkiler. Gerçek dünya şartlarının kurgulanması sadece ajan etkileşimleri üzerinden bahsedilebilecek bir zorluk içermez. İktisadi bireylerin zevkleri, tercihleri, sahip oldukları imkanlar ve en önemlisi bilişsel becerilerinde farklılıklar olması da çok olasıdır. Genel olarak heterojen bir mimari kurgusu ajan bazlı modellemelerde kullanılır.

Bilgisayar yazılımları yardımı ile yapılan simülasyonlar, ajan bazlı modellemeler için altın değerinde imkanlar sunar. Ajanlar arasındaki heterojen nitelikteki ve dinamik etkileşim ajan sayısı ve tanımları arttıkça analitik metotlar ile çözümü çok zorlaşır. Ayrıca bu etkileşimler ve ajan özellikleri sistemin başlangıç değerleri ile sıkı sıkıya bağlıdır. Bu başlangıç değerleri model sahibi için kontrol parametre-

treleridir ve analitik metotların ceteris paribus davranışı olarak nitelendirilebilir. Başlangıç koşullarının her bir kombinasyonu için tanımlı olan bu ilişki ağına sahip olan iktisadi bireyler piyasa şartlarında ilişkiye geçer, bütüncül çıktılar üretir ve bir sonraki basamakta bu bütüncül çıktılarından etkilenerek hem kararları değişebilir hem de karar mekanizmaları evrilebilir.

Ajan bazlı iktisadi modelleme tekniğinin temel prensibi iktisadi ajanları bir yazılım dili aracılığı ile tanımlamasıdır. Bu tanım içerisinde hem ajanların karakteristikleri hem de diğer ajanlar ve çevre ile olan etkileşimleri vardır. Tanımların temel özelliği ajanların çevre şartlarına olan uyumluluğunu, sosyal etkileşimleri, ajanın otonom özellikleri ile belirli bir amaca dönük olarak ortaya çıkmış olmalarıdır. Bilgisayar programları bu mikro tanımlar vasıtası ile çok sayıda ajanı ve beraberinde gelen kuralları eş zamanlı işletir ve belirlenmiş olan zaman dilimi içerisinde sonuçları oluşturur. Bu sonuçlar tekrarlı zaman dilimlerinde, bir sonraki zaman diliminin verisi niteliğindedir. Mikro-makro etkileşimler bu tekrarlı simülasyonun içerisinde gerçekleşir.

Bu çalışma heterojen ajanları ve bu ajanların düzensiz etkileşimlerini hesaba katarak hem simülasyon teknikleri ile kurgulanmıştır, hem de bu teknikleri destekleyecek formel yapıyı modele katarak genellenebilir bir kompleks mimari sunmuştur. Bu kompleks sistem geçiş maliyetleri ve ağ etkisi altında piyasa ve rekabet şartlarını incelemiştir. Bu incelemeler hem formel ifadelerle hem de ajan temelli hesaplamalı iktisat teknikleri kullanılarak pseudo kodlar yardımı ile anlatılmıştır.

Hem geçiş maliyetleri hem de ağ etkileri üzerine yazılmış kaynaklarda ajan bazlı simülasyon tekniklerine çok nadiren rastlanır. Bu iki konunun beraber işlendiği geleneksel yöntemleri benimseyen çalışmalar da oldukça yeni ve azdır. Bu iki piyasa fenomeni teknolojik ürünler konu olduğunda birbirlerinden kopuk bir şekilde düşünölmeleri zordur. Endüstriyel iktisat içinde çok önemli iki kavram olan geçiş maliyetleri ve ağ etkileri, bu çalışmada aynı model içerisinde birlikte incelenmiştir. Çalışmanın çıkış noktalarından bir tanesi de, bu iki kavramın rekabet üzerindeki etkilerinin, geleneksel tekniklerde kullanılan varsayımlarla yani indirgemeci bir anlayış ile iyi kavranamayacağının düşünölmesidir. Bu nedenle varsayımları mümkün olduğu kadar esneterek, bu iki kavramı piyasa oyuncularının ödeme fonksiyonlarında değerlendirilmesi sağlanmıştır. Bu kavramlar incelenirken düşünölen en önemli hususlar, iktisadi bireyleri heterojen, etkileşimli ve adaptif bir yapıda hareket etmelerini sağlayacak olan kavramlardır. Tüketicilerin farklı firmalara farklı yakınlıklar içinde olması, farklı geçiş maliyetlerine maruz kalması sağlanmıştır. Ağ etkisi tarafında ise tüketicilerin bulunduğu ağ ortamı oldukça heterojen tasarlanmış ve tüm etkileşimler yerel bazda kabul görmüştür.

Bu sayede bilgi akışındaki yerel etkiler global etkilerin önüne geçmiş ve tüketiciler ağ etkisi özelinde de heterojen bir yapıya kavuşmuştur. Tüketicilerin verdikleri kararlar gelecek kararları içinde bağlayıcılık oluşturur. Kullanılan ürünün teknolojik bir ürün oluşu öğrenme ve unutma gibi farklı maliyet türleri ile analiz edilerek adaptif bir yapı modele katılmıştır. Tüketiciler dışında firmalar özelinde de farklı teknikler kullanılmıştır. Firmaların strateji yaklaşımları literatürdeki firma davranışlarına adapte edilmiştir. Piyasadaki oyuncular bu yaklaşımla oluşturulduktan sonra oligopol piyasa yapısında başlangıç koşulu olarak verilen tüm değerlerin kombinasyonları tek tek çalıştırılmış ve çıktı değerleri raporlanmıştır.

Raporlanan veriler geleneksel varsayımlar ve bunların dışlandığı iki ayrı durum için değerlendirilmiştir. Öncelikle geleneksel kabuller içerisinden sınırlı rasyonellik ve tam bilgi varsayımları kabul edildiğinde, iş akış temelli yaklaşım (process based approach) benimsenmiştir. Bu hali ile yapılan analiz literatürün kabullerinin bir denemesi olarak görülebilir. Bu denemede literatür ile uyumlu sonuçlar ortaya çıkmıştır. Geçiş maliyeti ve ağ etkileri beraber pozitif bir karlılığı getirir. Raporlarda hem pür Nash dengesi hem karma denge hem de çoklu denge durumlarına rastlanmıştır. Çoklu denge durumları da koordinasyon başarısızlığının oluşma ihtimalini yansıtır. Eğer tam bilgi durumu dışlanırsa piyasada oluşacak olan toplam çıktı miktarı geniş bir aralıkta yer almaktadır. Bunların önemli bir kısmı da firmaların bu rekabet ortamında zarar ettiği durumu gösterir. Ana akım iktisadın kullandığı geleneksel metodolojinin dışına çıkıldığında beklenenden çok farklı sonuçlar görülebilmektedir. İktisadi bireylerin çevrelerinden aldıkları bilgiyi ne düzeyde yorumlayabildiğini ölçen bilişsel beceriler de bu bağlamda önem kazanır. Bu becerilerin ve evrimci yaklaşımın daha derinlemesine kullanıldığı yeni çalışmalar, bu iktisadi modeli ve onun yazıldığı mühendislik uygulamalarını alt yapı olarak kullanacaktır.

KAYNAKÇA

- AFUAH, A. (2013): “Are network effects really all about size? The role of structure and conduct,” *Strategic Management Journal*, 34(3), 257–273.
- AMIR, R., VE N. LAZZATI (2011): “Network effects, market structure and industry performance,” *Journal of Economic Theory*, 146(6), 2389–2419.
- ARIFOVIC, J. (1994): “Genetic algorithm learning and the cobweb model,” *Journal of Economic Dynamics and Control*, 18(1), 3–28.
- ARMSTRONG, M. (2006): “Competition in two-sided markets,” *The RAND Journal of Economics*, 37(3), 668–691.
- ARTHUR, W. B. (1989): “Competing technologies, increasing returns, and lock-in by historical events,” *The economic journal*, 99(394), 116–131.
- (1994): “Inductive reasoning and bounded rationality,” *The American Economic Review*, 84(2), 406–411.
- (1999): “Complexity and the economy,” *Science*, 284(5411), 107–109.
- (2013): “Complexity economics: a different framework for economic thought,” dans *Complexity Economics*. Oxford University Press.
- ARTHUR, W. B., J. H. HOLLAND, B. LEBARON, R. G. PALMER, VE P. TAYLER (1996): “Asset pricing under endogenous expectations in an artificial stock market,” dans *The Economy as an Evolving Complex System*, ed. S. D. W. Brian Arthur, ve D. Lane, vol. Volume XXVII. Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity.
- AUYANG, S. (2005): “Synthetic analysis of complex systems I-Theories,” <http://www2.econ.iastate.edu/tesfatsi/Auyang.ComplexSystemsTheories.htm>, accessed 05.05.2016.
- AXELROD, R. (1984): *The evolution of cooperation*. Basic Books, Basic Books, New York, NY.

- (1987): “The evolution of strategies in the iterated prisoner’s dilemma,” dans *Genetic Algorithms and Simulated Annealing*. Morgan Kaufman Publishers, Inc., Los Altos, CA.
- AXTELL, R. (2000): “Why Agents? on the Varied Motivations for Agent Computing in the Social Sciences,” , Center on Social and Economic Dynamics Working Paper No. 17.
- (2005): “The complexity of exchange,” *The Economic Journal*, 115(504), 193–210.
- AYDIN, S., G. ÖZER, H. KAZAN, VE C. DOĞRUER (2009): “The measurement of switching costs as a perception of customers in the Turkish credit card market,” *Journal of Electrical & Electronics Engineering*, 9(2), 1015–1028.
- BAILEY, J., L. MCKNIGHT, VE P. BOSCO (1995): “The economics of advanced services in an open communications infrastructure: Transaction costs, production costs, and network externalities,” *Information Infrastructure and Policy*, 4, 255–278.
- BAK, P., C. TANG, VE K. WIESENFELD (1987): “Self-organized criticality and explanation of $1/f$ noise,” *Physical Review Letters*, 59(4), 381–384.
- BAKOS, J. Y., VE C. F. KEMERER (1992): “Recent applications of economic theory in information technology research,” *Decision Support Systems*, 8(5), 365–386.
- BALA, V., VE S. GOYAL (2000): “A noncooperative model of network formation,” *Econometrica*, 68(5), 1181–1229.
- BANERJI, A., VE B. DUTTA (2009): “Local network externalities and market segmentation,” *International Journal of Industrial Organization*, 27(5), 605–614.
- BAR-YAM, Y. (2002): *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*chap. Complexity rising: From human beings to human civilization, a complexity profile. UNESCO, EOLSS Publishers, Oxford, UK.
- BARR, J. M., T. TASSIER, L. J. USSHER, B. LEBARON, S.-H. CHEN, VE S. SUNDER (2008): “The Future of Agent-Based Research in Economics: A Panel Discussion, Eastern Economic Association Annual Meetings, Boston, March 7, 2008,” *Eastern Economic Journal*, 34(4), 550–565.
- BEGGS, A., VE P. KLEMPERER (1992): “Multi-period competition with switching costs,” *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 60(3), 651–666.

- BESSEN, S. M., VE J. FARRELL (1994): "Choosing how to compete: Strategies and tactics in standardization," *The Journal of Economic Perspectives*, 8(2), 117–131.
- BIGLAISER, G., J. CRÉMER, VE G. DOBOS (2013): "The value of switching costs," *Journal of Economic Theory*, 148(3), 935–952.
- (February 2014): "Heterogenous switching costs," , CEPR Discussion Paper No. DP9809.
- BILLARI, F., T. FENT, A. PRSKAWETZ, VE J. SCHEFFRAN (2006): "Agent-based computational modelling: An introduction," dans *Agent-Based Computational Modelling: Applications in Demography, Social, Economic and Environmental Sciences*, ed. F. Billari, T. Fent, A. Prskawetz, ve J. Scheffran, pp. 1–16. Springer.
- BIRKE, D., VE G. P. SWANN (2006): "Network effects and the choice of mobile phone operator," *Journal of Evolutionary Economics*, 16(1-2), 65–84.
- (2010): "Network effects, network structure and consumer interaction in mobile telecommunications in Europe and Asia," *Journal of Economic Behavior & Organization*, 76(2), 153–167.
- BORRILL, P. L., VE L. TESFATSION (2010): "Agent-Based Modeling: The Right Mathematics for the Social Sciences?," , Department of Economics, Iowa State University, Working Paper No. 10023.
- BRESNAHAN, T. (2002a): "Network effects and Microsoft," , Stanford Law and Economics Olin Working Paper.
- (2002b): "The economics of the Microsoft case," , Stanford Law and Economics Olin Working Paper.
- BULUTAY, T. (1982): "Rasyonallite ve Belirsizlik Üzerine," *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 37(3), 25–63.
- CABRAL, L. (2011): "Dynamic price competition with network effects," *The Review of Economic Studies*, 78(1), 83–111.
- CALEM, P. S., VE L. J. MESTER (1995): "Consumer behavior and the stickiness of credit-card interest rates," *The American Economic Review*, 85(5), 1327–1336.

- CANDOGAN, O., K. BIMPIKIS, VE A. OZDAGLAR (2010): “Optimal pricing in the presence of local network effects,” dans *Internet and Network Economics*, pp. 118–132. Springer.
- CARLSSON, F., VE Å. LÖFGREN (2006): “Airline choice, switching costs and frequent flyer programmes,” *Applied Economics*, 38(13), 1469–1475.
- CASON, T. N., VE D. FRIEDMAN (2002): “A laboratory study of customer markets,” *Advances in Economic Analysis & Policy*, 2(1).
- CHEN, J. (2016a): “How do switching costs affect market concentration and prices in network industries?,” *The Journal of Industrial Economics*, 64(2), 226–254.
- (2016b): “Switching Costs and Network Compatibility,” *Available at www.socsci.uci.edu/%7Ejiawei/compatible.pdf*.
- CHEN, J., U. DORASZELSKI, VE J. E. HARRINGTON JR (2009): “Avoiding market dominance: Product compatibility in markets with network effects,” *The RAND Journal of Economics*, 40(3), 455–485.
- CHEN, P.-Y., VE C. FORMAN (2006): “Switching costs, network effects, and buyer behavior in IT markets,” , Working Paper, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA.
- CHEN, S.-H. (2012): “Varieties of agents in agent-based computational economics: A historical and an interdisciplinary perspective,” *Journal of Economic Dynamics and Control*, 36(1), 1–25.
- CHEN, Y. (1997): “Paying customers to switch,” *Journal of Economics & Management Strategy*, 6(4), 877–897.
- CHEN, Y., VE R. W. ROSENTHAL (1996): “Dynamic duopoly with slowly changing customer loyalties,” *International Journal of Industrial Organization*, 14(3), 269–296.
- CHWIF, L., M. R. P. BARRETTO, VE R. J. PAUL (2000): “On simulation model complexity,” dans *Proceedings of the 32nd Conference on Winter Simulation*, pp. 449–455. Society for Computer Simulation International.
- ÇILINGIROĞLU, H. K. (2010): “Makroekonomide Koordinasyon Başarısızlıkları,” Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.

- COLANDER, D., A. HAAS, K. JUSELIUS, T. LUX, H. FÖLLMER, M. GOLDBERG, A. KIRMAN, VE B. SLOTH (2009): "The Financial Crisis and the Systemic Failure of Academic Economics," , Kiel Institute for the World Economy Working paper No. 1489, Düsternbrooker Weg 120, 24105 Kiel, Germany.
- COMOLA, M. (2016): "Estimating local network externalities," http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=946093, accessed 05.05.2016.
- COOPER, R. (1999): *Coordination Games: Complementarities and Macroeconomics*. Cambridge University Press, Cambridge.
- COOPER, R., VE A. JOHN (1988): "Coordinating coordination failures in Keynesian models," *The Quarterly Journal of Economics*, 103(3), 441–463.
- CUSUMANO, M. A., Y. MYLONADIS, VE R. S. ROSENBLOOM (1992): "Strategic maneuvering and mass-market dynamics: The triumph of VHS over Beta," *Business History Review*, 66(01), 51–94.
- CZAJKOWSKI, M., VE M. SOBOLEWSKI (2013): "Switching Costs and Network Effects - How Much Do they Really Matter in Mobile Telecommunications?," Working Papers 2013-29, Faculty of Economic Sciences, University of Warsaw.
- DAVID, P. A. (1985): "Clio and the Economics of QWERTY," *The American economic review*, 75(2), 332–337.
- DOGANOGLU, T., VE L. GRZYBOWSKI (2004): "Diffusion of mobile telecommunication services in Germany: a network effects approach," *Ludwig Maximilians Universität München*.
- (2013): "Dynamic duopoly competition with switching costs and network externalities," *Review of Network Economics*, 12(1), 1–25.
- DOGANOGLU, T., VE J. WRIGHT (2010): "Exclusive dealing with network effects," *International Journal of Industrial Organization*, 28(2), 145–154.
- ECONOMIDES, N. (1989): "Desirability of compatibility in the absence of network externalities," *The American Economic Review*, 79, 1165–1181.
- (1996): "The economics of networks," *International journal of industrial organization*, 14(6), 673–699.
- EDLIN, A. S., VE R. G. HARRIS (2013): "Role of Switching Costs in Antitrust Analysis: A Comparison of Microsoft and Google," *Yale Journal of Law & Technology*, 15(2), 171–213.

- EPSTEIN, J. M. (2002): "Modeling civil violence: An agent-based computational approach," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(3), 7243–7250.
- EPSTEIN, J. M. (2006): *Generative social science: Studies in agent-based computational modeling*. Princeton University Press.
- EPSTEIN, J. M., VE R. AXTELL (1996): *Growing artificial societies: Social science from the bottom up*. Brookings Institution Press: MIT Press, Washington, D.C.
- EREN, E. (2011): "'Yeni' İktisatta Ortak Noktalar," dans *İktisatta Yeni Yaklaşımlar*, ed. E. Eren, ve M. Sarfati, pp. 13–46. İletişim Yayınları, 1 edn.
- FAGIOLO, G., VE A. ROVENTINI (2012): "Macroeconomic policy in DSGE and agent-based models," *Revue de l'OFCE*, 5(124), 67–116.
- FARMER, J. D. (2012): "Economics needs to treat the economy as a complex system," http://ineteconomics.org/uploads/papers/farmer_berlinpaper.pdf, Complexity Research Initiative for Systemic instabilities (CRISIS), accessed 05.05.2016.
- FARRELL, J., VE P. KLEMPERER (2007): "Coordination and lock-in: Competition with switching costs and network effects," dans *Handbook of Industrial Organization*, ed. M. Armstrong, ve R. Porter, vol. 3, pp. 1967–2072. Elsevier.
- FARRELL, J., VE G. SALONER (1985): "Standardization, compatibility, and innovation," *The RAND Journal of Economics*, 16(1), 70–83.
- (1986a): "Installed base and compatibility: Innovation, product preannouncements, and predation," *The American economic review*, 76(5), 940–955.
- (1986b): "Standardization and variety," *Economics Letters*, 20(1), 71–74.
- FARRELL, J., VE C. SHAPIRO (1988): "Dynamic competition with switching costs," *The RAND Journal of Economics*, 19(1), 123–137.
- (1989): "Optimal contracts with lock-in," *The American Economic Review*, 79(1), 51–68.
- (1992): "Standard setting in high-definition television," dans *Brookings Papers on Economic Activity, Microeconomics*, pp. 1–77. JSTOR.
- FERNANDES, P. (2001): "Essays on costumer loyalty and on the competitive effects of frequent-flyer programmes," , European University Institute Phd Thesis.

- FJELDSTAD, Ø., E. R. MOEN, VE C. RIIIS (2009): “Competition with local network externalities,” *Working Paper, Norwegian School of Management*.
- FOLEY, D. K. (2010): “What’s wrong with the fundamental existence and welfare theorems?,” *Journal of Economic Behavior & Organization*, 75(2), 115–131.
- FONTANA, M. (2006): “Computer simulations, mathematics and economics,” *International Review of Economics*, 53(1), 96–123.
- GALEOTTI, A., VE S. GOYAL (2009): “A theory of strategic discussion,” *RAND Journal of Economics*, 40(3), 509–532.
- GALEOTTI, A., S. GOYAL, VE J. KAMPHORST (2006): “Network formation with heterogeneous players,” *Games and Economic Behavior*, 54(2), 353–372.
- GALLAUGHER, J. M., VE Y.-M. WANG (1999): “Network effects and the impact of free goods: an analysis of the web server market,” *International Journal of Electronic Commerce*, 3(4), 67–88.
- GENÇER, M., VE B. OZEL (2010): “Agent-Based Modeling of Economic Systems: The EURACE Project Experience,” , ECOMOD.
- GILBERT, N. (2004): “Agent-based social simulation: dealing with complexity,” *The Complex Systems Network of Excellence*, 9(25), 1–14.
- (2008): *Agent-based models*, no. 153 in Quantitative Applications in Social Sciences. Sage Publications.
- GINTIS, H. (2006): “The emergence of a price system from decentralized bilateral exchange,” *Contributions in Theoretical Economics*, 6(1), 1–15.
- (2007): “The dynamics of general equilibrium,” *The Economic Journal*, 117(523), 1280–1309.
- (2010): “The dynamics of generalized market exchange,” , Santa Fe Institute Working Paper.
- GRAJEK, M. (2003): “Estimating network effects and compatibility in mobile telecommunications,” *WZB markets and political economy working paper No. SP II*, 26.
- GRAJEK, M. (2010): “Estimating network effects and compatibility: Evidence from the Polish mobile market,” *Information Economics and Policy*, 22(2), 130–143.

- GRUBER, H., VE F. VERBOVEN (2001): "The diffusion of mobile telecommunications services in the European Union," *European Economic Review*, 45(3), 577–588.
- GRZYBOWSKI, L., VE P. PEREIRA (2011): "Subscription choices and switching costs in mobile telephony," *Review of Industrial Organization*, 38(1), 23–42.
- HARRELSON, B. (2000): "The B2B standards war: Connect or die?," *EAI Journal*, pp. 42–48.
- HARRIS, R. G. (2012): "The Role of Switching Costs in the Markets for PC Operating Systems, Online Search, Internet Access and Mobile Service: Implications for Australian Competition and Consumer Protection Policy," http://works.bepress.com/robert_g_harris/5/, Melbourne University Business School, accessed 05.05.2016.
- HAYEK, F. A. (1948): *Individualism and economic order*. University of Chicago Press.
- HELBING, D. (2010): "Pluralistic modeling of complex systems," *Science and Culture*, 76, 315–329.
- HOLT, R. P., J. B. ROSSER JR, VE D. COLANDER (2011): "The complexity era in economics," *Review of Political Economy*, 23(3), 357–369.
- HUBERMAN, B. A., VE N. S. GLANCE (1993): "Evolutionary games and computer simulations," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 90(16), 7716–7718.
- JACKSON, M. (2006): "The Economics of Social Networks," dans *Advances in Economics and Econometrics: Theory and Applications*. Ninth World Congress of the Econometric Society, Cambridge University Press.
- JACKSON, M. O. (2008): *Social and economic networks*. Princeton University Press, Princeton.
- JANG, S.-L., S.-C. DAI, VE S. SUNG (2005): "The pattern and externality effect of diffusion of mobile telecommunications: the case of the OECD and Taiwan," *Information Economics and Policy*, 17(2), 133–148.
- JUDD, K. L. (2006): *Handbook of Computational Economics* vol. 2, chap. Chapter 17: Computationally intensive analyses in economics, pp. 881–893. Elsevier.
- KARAÇAY, T. (2004): "Determinizm ve Kaos," dans *Mantık, Matematik ve Felsefe II. Ulusal Sempozyumu 21-24 Eylül 2004*, pp. 1–10.

- KARAÇUKA, M., A. N. ÇATIK, VE J. HAUCAP (2013): “Consumer choice and local network effects in mobile telecommunications in Turkey,” *Telecommunications Policy*, 37(4), 334–344.
- KATZ, M. L., VE C. SHAPIRO (1985): “Network externalities, competition, and compatibility,” *The American economic review*, 75(3), 424–440.
- (1986a): “Product compatibility choice in a market with technological progress,” *Oxford Economic Papers*, 38, 146–165.
- (1986b): “Technology adoption in the presence of network externalities,” *The Journal of Political Economy*, 94(4), 822–841.
- (1994): “Systems competition and network effects,” *The Journal of Economic Perspectives*, 8(2), 93–115.
- KAWASAKI, A. (2008): “Network effects, heterogeneous time value and network formation in the airline market,” *Regional Science and Urban Economics*, 38(4), 388–403.
- KIKUCHI, T., VE C. KOBAYASHI (2005): “Network effects and international trade in a small open economy,” *Kobe University Economic Review*, 51, 57–63.
- KIM, H.-S., VE N. KWON (2003): “The advantage of network size in acquiring new subscribers: a conditional logit analysis of the Korean mobile telephony market,” *Information Economics and Policy*, 15(1), 17–33.
- KIRMAN, A. (2011): *Complex economics: individual and collective rationality*. Routledge Taylor & Francis Group.
- KIRMAN, A. P. (1992): “Whom or what does the representative individual represent?,” *The Journal of Economic Perspectives*, 6(2), 117–136.
- (1997): “The economy as an interactive system,” dans *Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity -Proceedings Volume-*, vol. 27, pp. 491–532. Addison-Wesley Publishing Co.
- KIRMAN, A. P., VE N. J. VRIEND (2001): “Evolving market structure: An ACE model of price dispersion and loyalty,” *Journal of Economic Dynamics and Control*, 25(3), 459–502.
- KLEMPERER, P. (1987a): “Entry deterrence in markets with consumer switching costs,” *The Economic Journal*, 97, 99–117.

- (1987b): “Markets with consumer switching costs,” *The Quarterly Journal of Economics*, 102(2), 375–394.
- (1987c): “The competitiveness of markets with switching costs,” *The RAND Journal of Economics*, 18(1), 138–150.
- (1988): “Welfare effects of entry into markets with switching costs,” *The Journal of Industrial Economics*, 37, 159–165.
- (1995): “Competition when consumers have switching costs: An overview with applications to industrial organization, macroeconomics, and international trade,” *The Review of Economic Studies*, 62(4), 515–539.
- KLOS, T. B. (1999): “Decentralized Interaction and Co-Adaptation in the Repeated Prisoner’s Dilemma,” *Computational & Mathematical Organization Theory*, 5(2), 147–165.
- KOLLMAN, K., VE J. H. MILLER (1997): “Computational political economy,” dans *The Economy as an Evolving Complex System II*, ed. S. D. W. Brian Arthur, ve D. Lane. Citeseer, Addison-Wesley: Reading MA.
- KOSKI, H., VE T. KRETSCHMER (2005): “Entry, standards and competition: Firm strategies and the diffusion of mobile telephony,” *Review of Industrial Organization*, 26(1), 89–113.
- LAUBENBACHER, REINHARD, A. S. J. H. M., VE S. RAVI (2009): “A Mathematical Formalism for Agent-Based Modeling,” in *Robert A. Meyers (ed.), Encyclopedia of Complexity and Systems Science*, Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, 160–176.
- LEBARON, B. (2002): “Building the Santa Fe artificial stock market,” *Physica A*.
- LI, G. (2008): “Economic sense of Metcalfe’s Law,” dans *Proceedings of the First International Workshop on Understanding Web Evolution*, pp. 55–59., Beijing, China. ISBN 978 085432885 7.
- LIEBOWITZ, S. J., VE S. E. MARGOLIS (1994): “Network externality: An uncommon tragedy,” *The Journal of Economic Perspectives*, 8(2), 133–150.
- (1998): “Network externalities (effects),” *The New Palgrave’s Dictionary of Economics and the Law*.

- LINSTER, B. G. (1992): "Evolutionary stability in the infinitely repeated prisoners' dilemma played by two-state Moore machines," *Southern Economic Journal*, 58(4), 880–903.
- LYONS, S. (2006): "Measuring the benefits of mobile number portability," <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.571.9222&rep=rep1&type=pdf>, Citeseer, accessed 05.05.2016.
- MACAL, C. M., VE M. J. NORTH (2010): "Tutorial on agent-based modelling and simulation," *Journal of simulation*, 4(3), 151–162.
- MAICAS, J. P., Y. POLO, VE F. J. SESE (2009a): "Reducing the level of switching costs in mobile communications: The case of Mobile Number Portability," *Telecommunications Policy*, 33(9), 544–554.
- MAICAS, J. P., Y. POLO, VE F. J. SESE (2009b): "The role of (personal) network effects and switching costs in determining mobile users' choice," *Journal of Information Technology*, 24(2), 160–171.
- McFADZEAN, D., D. STEWART, VE L. TEFATSION (2001): "A computational laboratory for evolutionary trade networks," *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 5(5), 546–560.
- McSORLEY, C., A. J. PADILLA, VE M. WILLIAMS (2003a): "Switching Costs," , Office of Fair Trading (OFT), Economic Discussion Paper No:5, Fleetbank House, 2-6 Salisbury Square, London EC4Y 8JX.
- (2003b): "Switching Costs: Annexes," , Office of Fair Trading (OFT), Economic Discussion Paper No:5, Fleetbank House, 2-6 Salisbury Square, London EC4Y 8JX.
- MENDRITZKI, S. (2011): "Review of Alan Kirman's complex economics: individual and collective rationality," *Erasmus Journal for Philosophy and Economics*, 4(2), 67–73.
- MILLER, J. H. (1996): "The coevolution of automata in the repeated prisoner's dilemma," *Journal of Economic Behavior & Organization*, 29(1), 87–112.
- MILLER, J. H., VE S. E. PAGE (2004): "The standing ovation problem," *Complexity*, 9(5), 8–16.
- (2007): *Complex adaptive systems: An introduction to computational models of social life*. Princeton University Press.
- MITCHELL, M. (2009): *Complexity: A Guided Tour*. Oxford University Press.

- NESSET, E., VE Ø. HELGESEN (2014): “Effects of switching costs on customer attitude loyalty to an airport in a multi-airport region,” *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 67, 240–253.
- OHASHI, H. (2003): “The role of network effects in the US VCR market, 1978–1986,” *Journal of Economics & Management Strategy*, 12(4), 447–494.
- ONUĞLU, N. N. (2007): *Geçiş maliyetlerinin firma davranışı ve pazar üzerindeki etkileri: Ardıllpazarda pazar gücü*, Rekabet Kurulu Yayın no: Uzmanlık tezleri serisi. Rekabet Kurumu, Ankara.
- OREN, S. S., VE S. A. SMITH (1981): “Critical mass and tariff structure in electronic communications markets,” *The Bell Journal of Economics*, 12, 467–487.
- PADILLA, A. J. (1992): “Mixed pricing in oligopoly with consumer switching costs,” *International Journal of Industrial Organization*, 10(3), 393–411.
- (1995): “Revisiting dynamic duopoly with consumer switching costs,” *Journal of Economic Theory*, 67(2), 520–530.
- PAGE, W. H., VE J. LOPATKA (1999): “Network Externalities,” dans *Encyclopedia of Law and Economics 952*, ed. B. Bouckaert, ve G. D. Geest, pp. 952–980.
- PARK, M. (2011): “The economic impact of wireless number portability,” *The Journal of Industrial Economics*, 59(4), 714–745.
- PARK, S. (2004): “Quantitative analysis of network externalities in competing technologies: The VCR case,” *Review of Economics and Statistics*, 86(4), 937–945.
- RHEE, K.-E. (2014): “What types of switching costs to create under behavior-based price discrimination?,” *International Journal of Industrial Organization*, 37, 209–221.
- RIECHMANN, T. (2002): “A model of boundedly rational consumer choice,” dans *Genetic Algorithms and Genetic Programming in Computational Finance*, ed. S.-H. Chen, chap. Chapter 15, pp. 311–333. Springer, 1 edn.
- ROCHET, J.-C., VE J. TIROLE (2006): “Two-sided markets: A progress report,” *The RAND Journal of Economics*, 37(3), 645–667.
- ROHLFS, J. (1974): “A theory of interdependent demand for a communications service,” *The Bell Journal of Economics and Management Science*, 5, 16–37.

- RYSMAN, M. (2004): "Competition between networks: A study of the market for yellow pages," *The Review of Economic Studies*, 71(2), 483–512.
- SHELLING, T. C. (1971): "Dynamic models of segregation," *Journal of Mathematical Sociology*, 1(2), 143–186.
- (1978): *Micromotives and Macrobehavior*. WW Norton & Company.
- SCHMIDT, R. C. (2010): "On the value of a large customer base in markets with switching costs," *The Journal of Industrial Economics*, 58(3), 627–641.
- SHANTHI, M., VE E. RAJAN (2012): "Agent based cellular automata: A novel approach for modeling spatiotemporal growth processes," *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEEM)*, 1(3), 56–61.
- SHAPIRO, C., VE H. R. VARIAN (1998): *Information rules: a strategic guide to the network economy*. Harvard Business Press, Boston.
- SHI, M., J. CHIANG, VE B.-D. RHEE (2006): "Price competition with reduced consumer switching costs: The case of "wireless number portability" in the cellular phone industry," *Management Science*, 52(1), 27–38.
- SHY, O. (1996): "Technology revolutions in the presence of network externalities," *International Journal of Industrial Organization*, 14(6), 785–800.
- (2001): *The economics of network industries*. Cambridge University Press.
- (2002): "A quick-and-easy method for estimating switching costs," *International Journal of Industrial Organization*, 20(1), 71–87.
- SOBOLEWSKI, M., VE M. CZAJKOWSKI (2012): "Network effects and preference heterogeneity in the case of mobile telecommunications markets," *Telecommunications Policy*, 36(3), 197–211.
- SOH, P.-H. (2010): "Network patterns and competitive advantage before the emergence of a dominant design," *Strategic Management Journal*, 31(4), 438–461.
- SPULBER, D. F. (2008): "Consumer coordination in the small and in the large: Implications for antitrust in markets with network effects," *Journal of Competition Law and Economics*, 4(2), 207–262.

- SQUAZZONI, F. (2010): “The impact of agent-based models in the social sciences after 15 years of incursions,” *History of Economic Ideas*, 18(2), 197–233.
- STANGO, V. (2002): “Pricing with consumer switching costs: Evidence from the credit card market,” *The Journal of Industrial Economics*, 50(4), 475–492.
- STIGLITZ, J. E., VE M. GALLEGATI (2011): “Heterogeneous interacting agent models for understanding monetary economies,” *Eastern Economic Journal*, 37(1), 6–12.
- SUAREZ, F. F. (2005): “Network effects revisited: the role of strong ties in technology selection,” *Academy of Management Journal*, 48(4), 710–720.
- SULEYMANOVA, I., VE C. WEY (2011): “Bertrand competition in markets with network effects and switching costs,” *The BE Journal of Economic Analysis & Policy*, 11(1).
- SUNDARARAJAN, A. (2007): “Local network effects and complex network structure,” *The BE Journal of Theoretical Economics*, 7(1).
- TESFATSION, L. (1997a): “A Trade Network Game with Endogenous Partner Selection,” dans *Computational Approaches to Economic Problems*, ed. H. Amman, B. Rustem, ve A. Whinston, pp. 249–269. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- (1997b): “How Economists Can Get A life,” dans *The Economy as an Evolving Complex System II*, ed. S. D. W. Brian Arthur, ve D. Lane, pp. 533–564. Citeseer, Addison-Wesley: Reading MA.
- (2000): “Agent-based computational economics: A brief guide to the literature,” dans *Reader’s Guide to the Social Sciences*, ed. J. Michie, vol. 1. Fitzroy Dearborn Publishers, London.
- (2001a): “Introduction to the special issue on agent-based computational economics,” *Journal of Economic Dynamics and Control*, 25(3), 281–293.
- (2001b): “Structure, behavior, and market power in an evolutionary labor market with adaptive search,” *Journal of Economic Dynamics and Control*, 25(3), 419–457.
- TESFATSION, L. (2002a): “Agent-Based Computational Economics,” , Iowa State University Economics Working Paper No. 1, revised July.
- TESFATSION, L. (2002b): “Agent-based computational economics: Growing economies from the bottom up,” *Artificial Life*, 8(1), 55–82.

- (2002c): “Economic agents and markets as emergent phenomena,” *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(3), 7191–7192.
- (2003): “Agent-based computational economics: Modeling economies as complex adaptive systems,” *Information Sciences*, 149(4), 262–268.
- (2006): “Agent-based computational economics: A constructive approach to economic theory,” dans *Handbook of Computational Economics*, ed. L. Tesfatsion, ve K. L. Judd, vol. Volume 2: Agent-Based Computational Economics of *Handbooks in Economics Series*, pp. 831–880. North-Holland, Elsevier, Amsterdam.
- (2011): “Agent-based modeling and institutional design,” *Eastern Economic Journal*, 37(1), 13–19.
- TESFATSION, L. (2013): <http://www2.econ.iastate.edu/tesfatsi/acetutorial.pdf>[Erisim: 2016/05/16].
- TESFATSION, L. (2016): “Elements of Dynamic Economic Modeling: Presentation and Analysis,” , Iowa State University Department of Economics Working Paper No. 14001, Ames, Iowa.
- TESFATSION, L. (2016/05/12): <http://www2.econ.iastate.edu/tesfatsi/ace.htm>[Erisim: 2016/05/12].
- TUBARO, P. (2009): “Agent-based Computational Economics: A Methodological Appraisal,” *EconomiX Working Papers 2009-42*, University of Paris West - Nanterre la Défense, EconomiX.
- VIARD, V. B. (2007): “Do switching costs make markets more or less competitive? The case of 800-number portability,” *The RAND Journal of Economics*, 38(1), 146–163.
- VILLAS-BOAS, J. M. (2004): “Consumer learning, brand loyalty, and competition,” *Marketing Science*, 23(1), 134–145.
- VRIEND, N. J. (1995): “Self-organization of markets: An example of a computational approach,” *Computational Economics*, 8(3), 205–231.
- WEIERGRÄBER, S. (2014): “Network Effects and Switching Costs in the US Wireless Industry: Disentangling sources of consumer inertia,” , Center for Doctoral Studies in Economics, University of Mannheim.
- WEST, G. (2012): “More is Different,” , Nanyang Executive Centre, Nanyang Technological University 26-29 February 2012, Singapore.

- WILSON, C. M. (2006): “Markets with search and switching costs,” 131, Centre for Competition Policy Working Paper.
- XU, L. (2014): “Platform Competition with Local Network Effects,” http://leixu.org/Xu_Platform_Competition.pdf, accessed 05.05.2016.
- YANG, Y. (2014): “Understanding household switching behavior in the retail electricity market,” *Energy Policy*, 69, 406–414.
- YANG, Y.-N. (1997): “An introduction to network externalities: A recent literature review,” , Department of Economics, Utah State University.
- ZHANG, Y., X. CHEN, Y. ZHAO, VE Q. YAO (2014): “Exploring the Impact of Switching Costs on Customer Retention in the Technology Standard Competition Market,” *Journal of Service Science and Management*, 7(4), 267–276.
- ZHAO, T., K. MATTHEWS, VE V. MURINDE (2013): “Cross-selling, switching costs and imperfect competition in British banks,” *Journal of Banking & Finance*, 37(12), 5452–5462.

EKLER

EK I

Çalışmada anlatılan simülasyon modeli Java programlama dili ile yazılmıştır. Yazılmış olan programlar tamamı ile işletim sisteminden bağımsız olarak tasarlanmıştır. Verinin saklanması ve rapor olarak sunulması için ise veritabanı kullanılmıştır. Analistin istediği başlangıç koşulları ile geçiş maliyeti ve network etkisinin birlikte analiz edilebilmesi için yazılan bilgisayarlı simülasyonun ilerleyeceği basamaklar sırası ile anlatılacaktık.

1. Dijital kaynaktaki tüm dosyalar dizin yapıları korunacak şekilde çalıştırılacak bilgisayarda bir dizin altına atılır.
Örnek olarak; "C:/SCNE_Simulation" dizini tercih edilebilir.
2. Veritabanı¹: Simülasyon için bir veritabanı kurulumu yapılmış olması gerekmektedir. Veritabanına, program parçalarının (*.jar dosyaları) ulaşabilir olması sağlanmalıdır.²
3. Veritabanı Kullanıcısı: Sistemde tanımlı bir veri tabanı olması ile birlikte bu veri tabanının üzerinde çalışılacak olan kullanıcı/şema gibi ayarların yapılmış olması gerekmektedir.³ Bu ayarlara dijital kaynaktaki "SimulationModel/createUser.txt" dosyasından ulaşılabilir.
4. Veritabanı Nesneleri: Raporlama için gerekli olan tablo (table), görüntü (view) ve fonksiyon (function/procedure) gibi nesneler dijital kaynaktaki

¹Genel Veritabanı ve SQL dili bilgisi ön koşuldur.

²Bu çalışmada Oracle Express Edition, veritabanı (<http://www.oracle.com/technetwork/database/database-technologies/express-edition/overview/index.html>) olarak tercih edilmiştir. Bağlantı için gerekli olan konfigürasyon dosyasına dijital kaynaktaki "conditions/dbConnectionInfo" dosyasından ulaşılabilir. Bu dosyaya veritabanı bağlantı bilgileri doğru şekilde girilmelidir.

³Oracle alt yapısı kullanıldığı için bu teknolojiye özel komutlar kullanılmıştır. Başka teknoloji tercihlerinde ona özel komutlar kullanılması gerekmektedir.

"SimulationModel/DBScript.txt" dosyasından alınıp veritabanı bağlantısı sağlayan bir program aracılığı ile çalıştırılması gerekmektedir. "C_" ön eki ile başlayan tablolar başlangıç koşullarını tutan tablolardır. Her bir başlangıç koşulu tablosunda ilgili başlangıç koşulu için birden fazla ayrı değer farklı satırlarda olmak üzere tutulabilir. Örneğin gamma (γ) değerini tutan C_GAMMA tablosu için 1.0, 1.1, 1.2 gibi üç farklı ifade girilebilir. Aşağıda başlangıç koşullarının girilebileceği tablo listesi verilmiştir. Dijital kaynaktaki komutların eksiksiz takibi önemlidir. "SimulationModel/condInsert.txt" dosyasında başlangıç koşullarının yaratılması ile ilgili bilgi bulunabilir. Ayrıca bu dosyada konum ve ağ bilgilerini yaratan kod parçalarının nasıl çalıştırılacağı anlatılmaktadır.

- (a) C_CONDITIONS ⁴
- (b) C_CONNECTION_PROBABILITY ⁵
- (c) C_DELTA ⁶
- (d) C_GAMMA ⁷
- (e) C_INVEST_RULE_COUNT ⁸
- (f) C_LEARNING_PARAMETER ⁹
- (g) C_LEARNING_VELOCITY ¹⁰
- (h) C_LOCATIONS ¹¹
- (i) C_NETWORK ¹²

⁴Bu tablo tüm başlangıç koşulları için varsayılan değeri tutar. Örneğin bir başlangıç koşulu tablosuna bir değer girilmedi ise bu tabloda girilmiş olan başlangıç koşulu sistemde işlenir. Bu tablonun üzerinde tek kayıt olması zorunludur. Bu tablo ve diğer tabloların doldurulması için yapılacak adımlara dijital kaynaktaki "SimulationModel/condInsert.txt" dosyasından ulaşılabilir.

⁵Ajanlar arasındaki ilişki ihtimalini tutar.

⁶Delta değişkeninin başlangıç koşullarını tutar.

⁷Gamma değişkeninin başlangıç koşullarını tutar.

⁸Bir firmanın üst üste kaç dönem yatırım stratejisini devam ettirebileceğini tutar.

⁹Ürünün öğrenme fonksiyonunun parametresidir.

¹⁰Ürünün öğrenme fonksiyonunun hız parametresidir.

¹¹Tüketici konumları bu tablo üzerinde farklı değerler alabilir. Bu ilişkileri oluşturacak olan karakter seti el yordamı ile değil, ayrı bir program parçası ile oluşturulur. Bu program parçasına "GNC1.jar" ismi ile ulaşılabilir. Dijital kaynaktaki "SimulationModel/condInsert.txt" dosyasından ayrıntılara ulaşılabilir.

¹²Bir tüketicinin ilişki kurduğu diğer tüketiciler bu tabloda tutulur. Bu ilişki ağı C_CONNECTION_PROBABILITY ile ifade edilen değerlerin bir sonucu olarak üretilir. Bu ilişkileri oluşturacak olan karakter seti el yordamı ile değil, ayrı bir program parçası ile oluşturulur. Bu program parçasına "GNC1.jar" ismi ile ulaşılabilir. Dijital kaynaktaki "SimulationModel/condInsert.txt" dosyasından nasıl çalıştırılacağına bakılabilir.

- (j) C_NUM_CUST ¹³
- (k) C_NUM_FIRM ¹⁴
- (l) C_PHI ¹⁵
- (m) C_PRODUCTVALUE ¹⁶
- (n) C_TOTAL_PRIOD ¹⁷
- (o) C_UNLEARNING_PARAMETER ¹⁸
- (p) C_UNLEARNING_VELOCITY ¹⁹

Bu tablolar araştırmacının isteğine göre doldurulduktan sonra, tüm bu farklı başlangıç koşullarının beraber çalışacağı, kartezyen çarpımlarının beraber tutulduğu, ayrı bir tabloya (C_ALLSCENARIOS) ihtiyaç vardır. Bunun için veritabanına bağlanan uygulama aracılığı ile ayrı bir komut çalıştırılır. Dijital kaynaktaki "SimulationModel/totalconditions.txt" dosyasından takip edilebilir. Bu tabloda oluşacak olan kayıt sayısı, simülasyon kodunun kaç sefer çalışacağını da ifade eder.²⁰

5. Simülasyonun alıştırılması: "conditions/dbConnectionInfo" dosyası içindeki <> alanları yerine uygun veritabanı bağlantı bilgileri yazılmalıdır. Daha sonra işletim sistemi üzerindeki komut satırına girilip, (1). maddedeki dijital kaynağın kopyalandığı dizine gidilmesi gerekmektedir. Bu dizin üzerinde aşağıdaki komut çalıştırılmalıdır.

java -jar prod1.jar <alpha> <thread> ²¹

6. Rapor Dosyalarının Oluşturulması: Simülasyon uygulamasının (5. madde) bitiminden sonra, oluşan tüm alt oyun sonuçlarının nihai matris üzerinde değerlendirilmesini ve Nash dengelerinin hesaplanmasını sağlayan uygulamanın çalıştırılması aşağıdaki şekildedir;

¹³Tketicisi sayısı başlangıç koşullarını tutar.

¹⁴Firma sayısı başlangıç koşullarını tutar. Bu çalışmada firma sayısı iki değerine sabitlenmiştir.

¹⁵Phi değişkeninin başlangıç koşullarını tutar.

¹⁶rnn sabit faydasına bu tablo üzerinden bakılır.

¹⁷Simlasyonda geçecek olan toplam periyot bilgisi burada tutulur.

¹⁸rnn unutma fonksiyonunun parametresidir.

¹⁹rnn unutma fonksiyonunun hız parametresidir.

²⁰Bu çalışmada kartezyen çarpım sonu toplam 1296 başlangıç koşulu kombinasyonu çalışmıştır.

²¹alpha değeri strateji aralığının kaç parçaya bölüneceğini ifade eder. Uygulamada 10 olarak dşnlmştir. thread değeri ise kaç ayrı bacadta programın ilerleyeceği şeklindeyir. Tavsiye edilen değer 2'dir.

run nashreport1.jar <alpha> ²²

7. 6. maddenin yapılması ile ortaya çıkan T_NASH ²³ ve T_PAYOFFMATRIX ²⁴ tabloları denge analizleri için kullanılabilir.

²²alpha değeri bir üst maddedeki alpha değeri ile aynı olmalıdır.

²³Başlangıç koşullarının her biri için ortaya çıkan denge değerlerini gösterir.

²⁴Alt oyun dengelerinin strateji tercihleri ile gösterildiği tablodur.

ÖZ GEÇMİŞ

PROFİL

Başta telekomünikasyon endüstrisi olmak üzere, birçok farklı sektörde bilişim çözümleri üzerine çalışmıştır. Kompleks iş dünyası problemlerinde başta analiz ve yazılım geliştirme olmak üzere, bilişim süreçlerinin tamamında bulunmuştur.

Temel uzmanlıklar;

Sistem geliştirme

İş zekası

Büyük veri çözümleri

Dizayn örüntüleri

Nesne tabanlı dizayn ve geliştirme

Yazım mühendisliği ve proje yönetimi

Karmaşık olay işleme (complex event processing)

Gerçek zamanlı sistem geliştirme

Ajan temelli modelleme (agent based modelling)

Matematiksel modelleme

Beceriler

Teknik Uzmanlık;

Sistem Geliştirme, Dizayn Örüntüleri, Veritabanı Dizaynı, Gerçek Zamanlı Geliştirme, Nesne Tabanlı Programlama, Yazılım Mühendisliği, Sistem Optimizasyonu, Hadoop, Hive, Hbase, IBM InfoSphere Streams, IBM InfoSphere BigInsights, Matematiksel Modelleme, Ajan Temelli Modelleme

Programlama Dilleri;

Java, MS.NET, C++, JavaScript, Latex, R

Veritabanı Bilgisi;

SQL, PL/SQL, MSSQL, Oracle 9i, 10g, 11g, 12c, MySQL, Teradata

Diğer Beceriler;

Web Servisleri, Kaynak Kontrolü, JDBC, J2EE, JSP, JSF, Oracle ADF-Faces, CSS, HTML, UML, XHTML, XML, Ext-Js, Hibernate, Repast, Mason, Eclipse, Office, Open Office

PROFESYONEL DENEYİMLER**I2i Systems, İstanbul****TTNet Bigdata (12/2013-)**

Müşterinin gerçek zamanlı akan verisi için analitik çözümleri IBM InfoSphere Streams (Hadoop, NoSQL, Stream Computing), veri ambarı ve veritabanı aracılığı ile hayata geçirilmesi

Büyük veri üzerinde tüm veri yapısı kararlarının verilmesi, geliştirilmesi, optimizasyonu ve takip edilmesi (HIVE, HBASE)

I2i Systems, İstanbul**SmartCopy (TURKCELL) (06/2014 -)**

Müşterinin kompleks veri transfer süreçlerini JAVA, HIBERNATE, JSF gibi teknolojiler yardımı ile yöneten SmartCopy ürününün geliştirilmesi, tasarımı ve müşteri ihtiyaçlarına adaptasyonunun sağlanması

I2i Systems, İstanbul**SMART (FCBS Invoice Control System - AVEA) (03/2012 - 12/2014)**

Müşterinin faturalandırma süreçlerinin kontrolü için fatura kontrol ürünü olan SMART'ın PL-SQL, JAVA teknolojileri kullanarak tasarımı ve geliştirilmesi.

I2i Systems, İstanbul**FCBS Charging and Billing System (TTNET) (10/2011 - 09/2012)**

Telekomünikasyon sektöründe faturalandırma ve kullanım hesaplama ürünü olan FCBS için müşteri tarafında gereksinimleri analiz etme, ürün geliştirme ve uygulama süreçleri içinde bulunma.

Gerger Yazılım, İstanbul (02/2006 - 09/2011)

Ürünün tüm tasarım, mimari, geliştirme, analiz ve test süreçlerinin Swing, Javascript, Ext-Js, AJAX, Java, PL/SQL ve Oracle Teknolojileri ile yapılması

(www.theformspider.com)

Oracle, PL/SQL, Java, Oracle ADF, Oracle ADF Faces, JSF, UML ve Web servis teknolojileri kullanarak müşterilerin tüm iş süreçlerinin dizaynı, yazılım geliştirme süreçleri ve destek süreçleri üzerine çalışma yapılması

İş geliştirme faaliyetleri kapsamında var olan müşteri ihtiyaçlarının yönetilmesi ve yeni müşterilerle iletişim kurulmasının temini

EĞİTİM

Yüksek Öğrenim

Yıldız Teknik Üniversitesi, İSTANBUL, 2010 - 2016 İktisat Doktora Programı
Yıldız Teknik Üniversitesi, İSTANBUL, 2006 - 2010 İktisat Yüksek Lisans Programı
Anadolu Üniversitesi, ESKİŞEHİR, 2002-2006 İşletme Lisans Programı
Yıldız Teknik Üniversitesi, İSTANBUL, 2001-2006 Matematik Mühendisliği

Yayınlar

Çilingiroğlu, Kutay, 2016. "Bertrand Competition with Network Effects and Switching Costs: An Agent-based Computational Approach", YILDIZ Social Science Review, Volume: 2, Issue: 1, (May 2016), pp:65-86

Yabancı Dil

İngilizce