



# **TÜRKİYE EKONOMİ KURUMU**

TARTIŞMA METNİ 2013/3

[http ://www.tek.org.tr](http://www.tek.org.tr)

## **KOMPLEKSİTE İKTİSADI VE AJAN-TEMELLİ MODELLEME: METODOLOJİK BİR YAKLAŞIM**

**Ercan Eren**

**Şubat, 2013**

## **Kompleksite İktisadı ve Ajan-Temelli Modelleme: Metodolojik Bir Yaklaşım**

Prof.Dr.Ercan Eren

Yıldız Teknik Üniversitesi, İktisat Bölümü

[eren@yildiz.edu.tr](mailto:eren@yildiz.edu.tr)

### **Özet**

Son yıllarda iktisat yazınında disiplinler arası çalışmaların sayısı giderek artmaktadır. Bu ilginin altında, doğrusal ve statik modellere dayanan klasik iktisat teorisinin modellerinin, gerçekte kompleks/karmaşık özellik gösteren yapıları çözümlemede yetersiz kalması yatmaktadır.

Ekonomi doğası gereği heterojen aktörlerden müteşekkil, birbirinden etkilenen ve birbirini etkileyen çeşitli değişkenler üzerine kurulu sistemlerden ve yapılardan oluşmaktadır.

Son yıllarda birçok iktisatçı klasik iktisat teorisinin yetersizliğinin farkına vararak, doğrusal olmayan süreçlerin anlaşılmasına yönelik modeller geliştirmeye çalışmışlardır. Oyun teorisi, davranışsal iktisat, davranışsal oyun teorisi, evrimci oyun teorisi, nöro-iktisat, deneysel iktisat, ağ iktisadı, hesaplanabilir iktisat gibi yeni alanlarla birlikte özellikle karmaşıklık iktisadı ve ajan-temelli hesaplanabilir iktisadın (AHİ) giderek önem kazanmaya başlaması bu gelişmelerin bir sonucudur. Karmaşıklık iktisadı ve AHİ, özellikle doğrusal olmama ve çoklu denge gibi unsurları içermeleri açısından iktisat bilimine önemli açılımlar getirmektedirler.

Bu çalışmada ilk önce 1930'lu yıllardaki Avusturya Okulu-Neo Klasik iktisat tartışmalarına kompleksite, AHİ tartışmaları çerçevesinde yeniden bakılacaktır. Tartışma birçok açıdan Post Keynesci iktisat ve Neo klasik iktisat tartışmasını da çağrıştırmaktadır. Daha sonra Kompleksite iktisadı ve AHİ ele alınacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Rekabet, Kompleksite, Ajan-temelli Modelleme

**JEL Kodları:** B41, D50, C60

## **Abstract**

The number of interdisciplinary studies in the economics literature is increasing in the recent years. The reason for this increasing interest is the inadequacy of the linear and static models of classical economics for representing the complex structures of the real world.

Economy is composed of systems and structures that consist of heterogeneous agents and variables interacting with each other.

In recent years, many economists have come to realize the insufficiency of the classical economic models and started to develop new models for understanding the nonlinear processes. Along with the new topics such as game theory, behavioral economics, behavioral game theory, evolutionary game theory, neuroeconomics, experimental economics, network economics, computational economics; especially the rise of complexity economics and agent-based computational economics (ACE) is a result of these developments. Since complexity economics and ACE include the concepts such as nonlinearity and multiple equilibrium, they provide new opportunities to the theory of economics.

In this study, firstly, Austrian School of Economics and Neoclassical Economics debate of 1930's will be reconsidered from the viewpoint of complexity and ACE. This debate also evokes the Post-Keynesian and Neoclassical economics debate in many respects. Then complexity economics and ACE will be discussed.

**Keywords:** Competition, Complexity, Agent-Based Modeling

**JEL Codes:** B41, D50, C60.

*Klasik teorikiler, Öklit olmayan dünyada yaşayan, paralel gözüken doğruların çoğunlukla birleştğini gören, ama talihsiz çarpışmaları çözmenin tek çaresi olarak düz durmayan doğruları azarlamayı gören Öklit geometriciler gibidir. Aslında paralellik aksiyomunu bırakıp Öklit olmayan geometriyi kullanmanın dışında başka çare yoktur. Bunun benzeri de bugün ekonomi için yapılmalıdır.*

**John Maynard Keynes**

*The General Theory of Employment, Interest and Money, s. 16*

*Piyasa deneyleri ve ajan-temelli simülasyonlar, Marhall ve Keynes'in yalnızca üzerinde konuşabileceği problemler hakkında araştırma yapmayı olanaklı kılmaktadır.*

**Axel Leijonhufvud**

*Episodes in a Century of Macroeconomics, s.44. 2006*

*İnsan iktisat teorisi için piyasanın kendi kendini düzeltici olduğuna inanmak ister, ama belki, tıpkı finansal piyasalarda olduğu gibi, öyle değildir.*

**R.Solow, 2010**

Son yıllarda iktisatçılar, klasik iktisat teorisinin sınırlarını aşan çalışma alanlarına ilgi göstermeye başlamışlardır. İktisat yazınında özellikle disiplinler arası çalışmaların sayısı giderek artmaktadır. Bu ilginin altında, doğrusal ve statik modellere dayanan klasik iktisat teorisinin modellerinin, gerçekte kompleks/karmaşık özellik gösteren yapıları çözümlemede yetersiz kalması yatmaktadır. Karmaşıklık iktisadı ve ajan-temelli hesaplanabilir iktisadın (AHİ) giderek önem kazanmaya başlaması bu gelişmelerin bir sonucudur. Karmaşıklık iktisadı ve AHİ, özellikle doğrusal olmama ve çoklu denge gibi unsurları içermeleri açısından iktisat bilimine önemli açılımlar getirmektedirler.

Bu çalışmada ilk önce 1930'lu yıllardaki Avusturya Okulu-Neo Klasik iktisat tartışmalarına kompleksite, AHİ tartışmaları çerçevesinde yeniden bakılacaktır. Tartışma birçok açıdan Post-

Keynesçi iktisat ve Neo klasik iktisat tartışmasını da çağrıştırmaktadır.<sup>1</sup> Daha sonra Kompleksite iktisadı ve AHİ ele alınacaktır.

## 1. Avusturya Okulu-O.Lange Tartışmasının Metodolojik Yönleri

1930'larda önemli tartışmalardan biri O.Lange, L.Von Mises ve F.A.Von Hayek arasındaki piyasa sosyalizmi tartışmasıdır. Tartışmada O.Lange, Walrasgil geleneğin bir temsilcisidir. Mises ve Hayek<sup>2</sup> ise Avusturya okulu'nun "bir anlamda" kurucuları konumundadırlar.

Bu bölümde ilk önce Walrasgil çizgi öne çıkartılarak O.Lange'nin görüşleri özetlenecek, daha sonra Mises ve Hayek'in görüşleri ele alınacaktır.

### 1.1.O.Lange'nin Görüşleri

Lange'nin modelinin arkasında L.Walras vardır. Walras, iki açıdan modelin arkasındadır; ilki Lange'nin modelinin Walrasgil olmasıdır, ikincisi Walras'ın aynı zamanda piyasa sosyalizmi modelinin de kurucusudur. (Eren, 1991, s.137-154). Lange öncesinde Weiser ve Pareto da, ideal bir sosyalist toplumda muhasebe fiyatları vasıtasıyla iktisadi etkinliğin sağlanabileceği görüşünü öne sürmüşlerdir. Hemen belirtelim ki, Hayek Pareto'nun bu biçimde yorumlanmasına karşıdır; Pareto bunun için binlerce matematiksel denklemin gerektiğini, ancak bu denklemler sisteminin çözülmesinin olanaksız olduğunu söylemiştir (Eren, 1991, s.27).

1930'lardaki piyasa sosyalistlerinde hemen dikkati çeken bir nokta, piyasa sosyalizminin Walrasgil denge modeli üzerine kurulmasıdır. Neo-Klasik statik denge vardır. Walrasgil genel denge analizinin sosyalizme uyarlanması sonucu olarak bilginin (kısmi bilgi) piyasadan çok, tek elde toplanması (merkezi bilgi) söz konusudur. Walras'daki müzayedecinin yerini Lange örneğinde *merkezi planlama kurulu (MPK)* almaktadır (Eren, 1991, s.25).

Lange tarafından önerilen piyasa sosyalizmi, özel mülkiyetin olmadığı bir toplumda tüketim malları ve emek fiyatının piyasada rekabet halinde belirlenmesini öngörür. Diğer fiyatlar arz ve talep eşitlenecek biçimde sabitlenir. Üretim kararlarını ise, marjinal maliyet (sabit) fiyata eşit olacak biçimde ( $MC=P$ ) endüstri idarecileri verir (Eren, 1991, s.26).

---

<sup>1</sup> Avusturya Okulu ve Post Keynesçi iktisat açısından ölçülemezlik, öznellik ve belirsizliği ortak kalkış noktası olarak alabiliriz; fark politik bireysellik – toplumculuk ve ekonomiye müdahale üzerinedir.

<sup>2</sup> Özellikle Hayek, AHİ'nin öncüsü kabul edildiğinden, Avusturya okulu-Lange tartışması ile çalışma başlatılmıştır.

Çözümüm özü, MPK'nın Walrasgil tatonnement sürecinde müzayedecinin işlevini yerine getirerek, fiyatları deneme yanılma yöntemiyle merkezi olarak tespit etmesidir (Eren, 1991, s.29).

Lange'ye göre iktisadi sorun alternatifler arasında seçim olduğundan: a) seçim faaliyetlerine yol gösteren başlangıç tercih ölçeği, b) kaynakların miktarı hakkında elde bilgi mevcutsa üretim fonksiyonları (üretimin teknik koşulları) yoluyla muhasebe fiyatları hesaplanabilir. Muhasebe fiyatları anlamında piyasaya gerek yoktur (Eren, 1991, s.30).

Sosyalizmde MPK doğru denge fiyatlarını daha kısa zamanda bulur. Çünkü MPK daha geniş, daha fazla bilgiye sahiptir.

Lange'ye göre benzer avantaj daha geniş bilgi nedeniyle endüstri idarecilerinin müteşebbislere nazaran yatırım fırsatlarını değerlendirmelerinde de söz konusudur. Kapitalizmde firma ortalama maliyet fiyata eşit olacak biçimde üretimde bulunur. Dışsallıklar göz önüne alınmaz. Sosyalizmde ise kararlar alınırken tüm endüstri göz önünde bulundurulduğu için dışsallıklar otomatik olarak hesaba katılarak, endüstri çapında  $MC = P$  gerçekleşir (Eren, 1991, s.31).

Lange'nin piyasa sosyalizmi ve bugünkü tartışmalar açısından önemli bir vurgusu bilgisayarlar hakkındadır. "...O.Lange, ölümünden sonra (1967'de) yayınlanan bir makalesinde, üretim güçlerinin yaygın bilgisayar kullanımına imkân verecek bir gelişmişlik düzeyine geldiği sosyalist toplumlarda, ekonomik yönetimde piyasa mekanizmasının gereksiz olacağı görüşüne kaymış görünmektedir. "(1936'daki) denememi bugün kaleme almış olsaydım... Hayek ve Robbins'e şu yanıtı verirdim: Simultane denklemi bir bilgisayara verelim, çözümü kısa bir zamanda alırız. Hantal tatonnements ile piyasa süreci bugün demode görünüyor. Gerçekten de bu elektronik öncesi çağın bir hesaplama aleti olarak kabul edilebilir." (Eren, 1991, s.97) Lange'nin bu görüşü aynı zamanda, Pareto tarafından ileri sürülen, ekonomide etkinliği sağlayacak fiyatları bulmak için binlerce denklemden oluşan sistemin çözülmesi gerektiği, ancak pratikte bunun çözümünün imkansız olduğu görüşüne de bir yanıt niteliğindedir.

Lange'nin görüşlerinin arkasındaki metodolojik duruşu nasıldı? Lange, "Piyasa sosyalizmi" tartışmasına katıldığı yıllarda, a priorizme karşı, a posteriorizme, amprizme büyük önem veren bir kişi olarak dikkat çekmektedir. Bu açıdan Neo-Klasik iktisat nesneliği, bilimsel hakikati temsil etmektedir. Sistem sorunu onun dışındadır. İktisat ilkeleri her iki sisteme de uygulanabilir. Amaç kaynakların optimal dağılımını sağlamaktır (Eren, 1991, s.33).

Lange'ye göre iktisat, kaynakların idaresinde genel tam benzerlik (uniformity) kalıplarını anlamaya çalışır. İktisadi yasalar, diğer bilimsel yasalar gibi koşullu ifadelerdir. Genelde, doğal bilimlerdeki yasalarla aynıdır. Arada derece farkı vardır. Aynı yöntem geçerlidir. Ona göre, iktisadi yasalar nedensel, fonksiyonel ve birlikte oluşma (yapı) yasalarıdır. Asıl önemlisi nedenselliklerdir. Yasalar a) nesnel, b) istatistikeldir, c) insanların bilinç ve iradesinden bağımsızdır (Eren, 1991, s.34).

Lange'ye göre iktisat ampirik bilimdir. Bu çerçevede varsayımlar veya postülalar ampirik gözlemlerin yaklaşık (approximative) genellemeleridir. Yani basitleştirme yöntemi geçerlidir. Bu anlamda varsayımlar a priori değil, ampirik varsayımdır. Ampirik gözlemlerle varsayımların gerçekliliği görüşü, tümevarımsal çıkarımların tümdengelimden öncülleri olduğu yaklaşımından kaynaklanmaktadır (Eren, 1991, s.34).

Ekonometrinin öncü kurucularından birisi olarak önemli bir konuma sahip olan Lange'ye göre (Eren, 1991, s.33) iktisadi önermeler doğrulanır veya reddedilir. Ekonometri bu açıdan önemlidir. Bu çerçevede ölçülebilirliğe verilen öneme bağlı olarak istatistikî doğrulamaya büyük değer verilmektedir. İstatistikî doğrulama olasılık hesapları temelinde yapılır (Eren, 1991, s.34).

Lange üç bilimsel yöntem olduğunu belirtmektedir: Tümevarım, tümdengelim ve indirgeme (soyutlama, ileri soyutlama ve gerçekleştirme-doğrulama). İktisat bunların üçünü de barındırır. Bu, bütün bilimler için geçerlidir. Barındırma ayrı ayrı olmak değil, üç yöntemin birlikteliği anlamındadır. Tümdengelimci bölümde mantık ve matematik kullanılır. Tümdengelimden öncülleri, tümevarımın çıkarımları, sonuçlarıdır (Eren, 1991, s.35).

Öznelliğe şiddetle karşı çıkarak iktisadi yasaların nesnellikliğini savunan Lange, iktisatçılar arasında anlaşmazlık çıkacağını teslim etmektedir. Ona göre anlaşmazlık nedenleri şunlardır:

1. Toplumsal amaçlar arasında anlaşmazlık. Toplumsal amaçlar kesin olarak belirtilirse anlaşmazlık ortadan kalkar.
2. Gerçekler arasında anlaşmazlık. Daha fazla gözlem ve ampirik çalışma ile çözülür.
3. Mantık, tanımlama ve doğrulama kurallarına uymada başarısızlık. Kurallara uymakla sorun çözülür (Eren,1991,s.35).

Görüldüğü gibi Lange'de bilimsel nesnellikliğin görüş ayrılıklarını ortadan kaldıracığı yaklaşımı egemendir; tarihsel veya istatistikî doğrulama ile nesnel bilgiye ulaşılır. Bu çerçevede hakikat ve/veya tümevarım sorunu kendini bütün boyutlarıyla hissettirmektedir. Ona göre "bilim için bilinemez şeyler yoktur" (Eren, 1991,s.35).

Lange'de denge yaklaşımı, yaptığı analiz için temeldir.

Lange'de rasyonellik postülası önemli bir yer tutmaktadır. Rasyonellik postülası teorik analizin basitleştirilmesi için güçlü bir araçtır. Firmalar kâr, hanehalkı fayda, sosyal rasyonellik ise kamu refahının maksimizasyonunu amaçlar. Ona göre rasyonellik varsayımı a priori değil, ampirik varsayımdır. Ampirik gözlemlerle geçerli olduğu görülebilir. Muhasebe, teşebbüs çabasının tam gelişmiş rasyonelliğini anlatır. İktisadi rasyonelliğin bütünüyle işlenmesi için toplumsal mülkiyet zorunludur (Eren, 1991,s.35).

Lange apriorizme karşıdır. Bilimsel nesnellik, ölçülebilirlik ve doğrulamaya verdiği öneme bağlı olarak özneliği kabul etmemektedir. L.Von Mises tarafından ileri sürülen iktisadın prakseolojinin parçası olduğu görüşünü şiddetle eleştirmektedir; iktisat tercih mantığına indirgenmediğinde ampirik bir bilim olmaktan çıkmaktadır (Eren, 1991,s.36).

Ölçülebilirliğe verilen değer çerçevesinde ekonometri Lange'de çok önemlidir (Eren,1991, s.36).

Lange'ye göre bilimsel bilgi, yeni gözlem ve deneylerin sonuçlarını var olan bilimsel görüş ve teorilerle karşılaştırma yolu ile ilerler (Eren,1991 s.36).

Özetle, Lange'de hakikate, nesnel bilgiye ulaşmak asıldır. Var olan nesnel bilgi çeşitli sistemlere uygulanabilir.

## **1.2.Avusturya Okulu: Öznellik ve Bireysellik**

Avusturya okulunun görüşlerinin O.Lange'den bir hayli farklı olduğu görülmektedir.

Mises için iktisat *sui generis* bir bilim iken, Hayek ortak bir metodolojiden hareket ederek doğal ve toplumsal bilimler arasındaki ayrımların üstünü çizmektedir. (Hayek 1937 sonrasında biraz K.Popper'in etkisiyle apriori yerine aposteriori yaklaşıma kaymıştır.) (Eren,1991, s.36)

Kabaca Avusturya okulu için şunları söyleyebiliriz: Apriorist, tümdengelimci, uygulama yerine teori, öznelci, yöntemsel ve siyasi bireysellik, ölçülemezlik (Eren,1991,s.36).

Avusturya okulunda;

1. Nesnel dünya teorik yapılarında özel bir rol oynamaz. Öznellik ve birey öne çıkmaktadır. Önemli olan (bireyselci ve öznelci) amaçlı insan faaliyetlerinin niyet edilmeyen sonuçlarıdır (Eren, 1988; Eren,1991, s.19).



Yöntemsel bireysellik sonucu mikro iktisat vardır. Kolektivismi reddedişle birleşerek makro iktisada karşı çıkmaktadırlar. Onlara göre, toplumsal bilimler bağlamında nesnellik, kolektivizm ve tarihsellik (bilimcilik) bütünleşir.

2. İktisat miktarı değildir ve ölçmez. Toplumda sürekli değişim ampirik teste olanak tanımaz. Bu bağlamda “dengesizliğin dengesini”<sup>3</sup> yaparak durağan denge analizine ve ekonometriye karşı çıkmaktadırlar.

Ölçülemezliğe önemli bir neden insan faaliyetlerinin (insan tasarımı olmayan) niyet edilmeyen, beklenmeyen sonuçlarıdır.

GSYİH, fiyat endeksi gibi makro ekonomik büyüklüklere derin şüphe ile bakmaktadırlar.

3. Öndeyi yerine, açıklama önemlidir. Öndeyi yerine seçiş mantığı, prakseoloji önemlidir.
4. Doğal ve toplumsal bilimlerin yöntemi farklıdır. (apriorizmden hareketle) Varsayımların kanıtlanmasını önemli bulmazlar.
5. Kurumların evriminde insan faaliyetlerinin niyet edilmeyen sonuçları çok önemlidir. Piyasa da bu faaliyetlerin sonucudur. Bu aynı zamanda müdahaleciliğe karşı çıkmamanın ve kurumların kurulmasına (piyasa gibi!) karşı çıkmamanın önemli gerekçesi olmaktadır.
6. Piyasaya bir süreç olarak bakılır ve bilgi bu süreç içinde elde edilir. Süreç içinde sürekli değişim, bilgide de değişimi içerir. Dolayısıyla merkezi bilgi yerine, kısmi bilgi çok daha önemlidir (Eren,1991,s.37).

Bilgi sorununu biraz açalım. Avusturya okulunda bilgi ve zaman sorununa belirsizliği ve tarihsel zamanı içerecek biçimde yaklaşılır (Eren, 1988, s.19).

Hayek bilgi sorunundan hareketle denge analizini eleştirmekte ve bir ilk yaklaşım olarak görmektedir. Piyasa devamlı değişen bir süreçtir. Süreç planlanmayan, beklenmeyen değişmeyi de içerir. Bu açıdan bilgi (kapasite, teknoloji, zevkler hakkında bilgi) tek elde toplanamaz ve merkezi otoritenin hesaplamalarında kullanım için elde mevcut değildir. Çünkü merkezi otoritenin milyonlarca kişinin kafasındaki bilgiyi bilmesi olanaklı değildir. Bilgi-işlem ve iletişim araçlarındaki gelişmeler piyasanın sağladığı bilgideki etkinliği

---

<sup>3</sup> Bugün dengesizliğin dengesi yerine, evrim kavramını kullanmak tercih edilmektedir.

sağlayamaz. Piyasa süreci, kısmi bilgiler arasındaki iletişimin eşgüdümünü gerçekleştirir. Piyasa, bireylerin diğer bireylerin faaliyetlerine bakarak kendi faaliyetlerini ayarlamalarını sağlar. Bireylerin tepkisi enformasyon ve ileriye görme üzerine kurulur. Bilgi piyasa sürecinde elde edilir ve öngörülebilir bulunur. Piyasa ve dolayısıyla (endüstriler arası ve endüstri içi rekabet bilgi kalıbındaki sürekli değişimleri yansıtır. Bu ise beklenti ve beklentilerin sürekli değişmesi anlamına gelmektedir. Yeni haber alma aynı zamanda bilgi gelişimi ve önceki hataların düzeltilmesini sağlamaktadır (Eren,1991, s.38).

Âdemi-merkeziyetçi haber alma, etkinliğin ve dinamizmin temelidir (Eren,1991, s.43).

Hayek'in analizinin temeli tek tek bireylerin bütün bilgiye sahip olmadıkları, genellikle bilgilerin birbiriyle çeliştiğidir. Bilgi çeşidine göre, bilgi sahiplerinden bazıları diğerlerine avantaj sağlayabilir. Yer ve zaman konusundaki bilgi ve ondaki değişimlere hızlı adaptasyon, merkezi kurul (MPK) tarafından bilginin dağıtım sürecinde sağlanamaz. Merkezi otorite bütün bilgileri toplar ve sonra çözüme gider. Sorunun çözümü için daha çok bilgi ister. Halbuki âdemi-merkeziyetçi bir sistemde (piyasa) bütün bilgiye gerek yoktur (Eren,1991, s.43).

Bir bireyin öznel değerlendirmesi diğer bireylerin öznel değerlendirmeleriyle doğrudan kıyaslanamaz. Değişim değeriyle bu olanaklı olur (Eren,1991, s.39).

Statik denge analizinde sorun çözülemez; denge analizinde belirsizlik, risk (spekülasyon), değişim, inisiyatif yoktur. Asıl olan dinamizm içinde "dengeye ulaşmadan" iktisadi etkinliğin sağlanmasıdır (Eren,1991,s.40).

Bu çerçevede Mises ve Hayek'in O.Lange'ye ve dolayısıyla Walrasgil iktisada (Neo klasik iktisada) getirdiği eleştirilerin başlıcaları şunlardır; Lange'nin çözümü statik dengedir; dinamik koşullarda etkinlik sağlanamaz. Etkinlik için üretim araçlarında özel mülkiyet ve paranın kullanımda olması zorunludur.

Mises'e göre iktisadi hesaplama durağan değil, dinamik koşulların sorunudur. Somut dünyada durağanlık yoktur. Bugünkü koşullar üzerine inşa edilen fiyatlar yolu ile elde edilen iktisadi hesaplama gerçek iktisadi hesaplama değildir. Önemli olan değişime tepki yeteneğidir ve etkinlik budur.

Bir iktisadi sistemde bütün iktisadi faaliyet değişim süreci, belirsiz gelecek üzerine kuruludur. Riske bağlıdır. Bunun adı da spekülasyondur (Eren,1991,s.42).

Spekülasyon ve/veya risk neden önemlidir? Halkın çoğu tahmin yeteneğine sahip değildir. Bir kısmı ileriye görebilir. Piyasa onları başarısından dolayı kârla ödüllendirir. Bu “selektif süreç” Mises’in teorisinin kalbidir. Selektif süreçte tüketici tercihleri nihâî belirleyicidir. Tüketicilerin acil isteklerini görenler başarılı olur. Herkes gelecek hakkında farklı bilgiye sahiptir. Aynı haber alışıta bile farklı değerlendirmelerde bulunulur. Değişmeyi gerçekten algılayan başarılı olur (Eren,1991, s.43).

Kısaca O.Lange (Neo Klasik iktisat) ile Mises ve Hayek’i (Avusturya okulu) karşılaştırsak; Mises ve Hayek’te “bir başlangıç” olan denge analizi, Lange modelinin temelini oluşturmaktadır.<sup>4</sup>

Lange’de ölçülebilirlik ve nesnel bilgi temeldir. Öznellik eleştirilmektedir. Ekonometri önemlidir. İktisadi yasalar üzerine iktisat politikaları önerilir.

Özellikle Mises’de iktisat *sui generis* bilimdir. Öznellik asıldır. Nesnel bilgiye şüpheyile bakılmaktadır. Beklentiler analizde merkezi bir konuma sahiptir. İktisadi faaliyetler ölçülemez, çünkü niyet edilmeyen sonuçlara neden olabilirler ve sürekli değişme vardır (Eren,1991, s.45).

Avusturya okulunun görüşlerinin birçoğunun post-Keynesci iktisatçılar tarafında da paylaşıldığını söyleyebiliriz. Belirsizlik, öznellik, dengesizlik konusunda post-Keynesci iktisatçılar da Avusturya okuluna yakın görüştedirler. Post-Keynesci iktisatta vurguların daha kuvvetli olduğunu dahi söyleyebiliriz. Post-Keynesci iktisatta diğer noktaların yanında, istikrarsızlık, kendini ayarlayan mekanizmalardan yoksunluk, dengesizlik, maksimum olmayan dinamiklik, sistematik belirsizlik, kompleksite, tarihsel zamanın altı çizilir (Velupillai, 2011). Ayrıca Avusturya okulundan farklı olarak ekonomik müdahaleye olumlu bakılır.<sup>5</sup>

Bugünkü literatürle tartışmayı değerlendirirsek, iktisadi ajanlar arasında ilişkiler ağı, heterojen iletişim, ağ ve iletişimin evrimi, ajanların birbirini etkilemesi, birbirini etkileme hafızalarının bilgiyi değiştirmesi, gelecekteki birbirini etkileme kalıplarını etkilemesi gerçeği söz konusudur. Kısa ifade ile sosyal sistemler heterojen ve patika bağımlıdır (Borrill ve

---

<sup>4</sup> İlginç bir not H.Minsky hakkındadır. Minsky, O.Lange’nin öğrencilerindendir ve doktora tez danışmanı J.Schumpeter’dir. Minsky, kendini etkileyen iktisatçılar arasında Lange ve Schumpeter’i başlarda saymıştır. Minsky’nin görüşlerinin Schumpeter (yaratıcı yıkıcılık) ve Lange’nin bir sentezi olduğu söylenebilir.

<sup>5</sup> Avusturya Okulu ve Post Keynesci iktisat arasında ortak bir nokta da paranın içselliği ve yanlılığı hakkındadır. Avusturya Okulu da paranın bankacılık (kredi arzı) tarafından belirlendiği ve yalnız kısa dönemde değil, her zaman yanlı olduğu görüşündedir. Bir anlamda her iki okulda bankacılık –nakit okul (banking- currency school) tartışmalarında bankacılık okulun temsilcisi konumundadırlar.

Her iki okulda da finansal krizler önemli bir yer tutmaktadır. Finansal yaratıcı yıkıcılığa temkinli yaklaşmaktadırlar.

Tesfatsion, 2010, s.16). 1930'lu yıllarda sosyal bilimciler, iktisatçılar bu gerçeklere işaret etmişlerdir. Bunu Avusturya okulu ölçülemezlikle ifade etmektedir; kompleks - kompleks, öznelciliği, evrimi, patika bağımlılığını içeren, sosyal sistem gerçeğine uygun matematik yoktur!

1930'lardaki bu tartışmalar 2012 yılında nasıl değerlendirilebilir? Bu tartışmalara başkaları da eklenebilir. Örneğin A. Smith'deki artan getiri kavramı ve insanların yalnızca rekabetçi değil aynı zamanda dayanışmacı olduğu, A.Marshall'da iktisadın kompleks olduğu ve biyolojiyi temel alması gerektiği, J.Schumpeter'deki yaratıcı yıkıcılık (doğrusal olmama) görüşü, F.Knight'da olasılık terimleriyle ifade edilemeyen belirsizlik (gerçek belirsizlik), Keynes'de belirsizlik kavramı ve ekonometriye getirdiği eleştiriler aslında her zaman iktisatçıların gündeminde olmuştur, fakat yakın zaman kadar çok fazla karşılık bulmamışlardır. 1990'lar sonrası özellikle fizik ve bilgisayar bilimindeki gelişmelerin iktisadı çok daha fazla etkilemesi ve 2008 krizi sonrası gelişmeler, "eleştiriler" temelinde bilim yapılmasını hızlandırmıştır. Bunda bilgisayar bilimindeki gelişmelerin çok önemli bir yeri vardır.

Bugün iktisat, H.Simon'ın 1950'lerde gördüğü (sınırlı rasyonelliğin algoritma ile ifade edilmesi) algoritmik ve hesaplanabilir ekonomi "devrimi" yaşamaktadır. (Velupillai, 2010; 2011a)<sup>6</sup> Algoritma iktisadı ile örneğin post-Keynesci iktisat, miktarla ifade edilebilir hale gelmiştir (Velupillai, 2011). Aynı durum diğerleri için de geçerlidir.<sup>7</sup> Bir anlamda sosyal sisteme uygun "matematik" oluşturulmaktadır.<sup>8 9 10</sup>

Bütün bu tartışmalardan hareketle doğrusal olmayan, içsel, stokastik olmayan modelleri kurabilir miyiz? Bu modeller sorunların çözümünde ne derecede yardımcı olabilir? Bu sorulara verilecek yanıtlar 1980 sonrası iktisatta gelişmeleri ve 2008 krizi sonrasında iktisatta olası gelişmeleri açıklayabilir.

---

<sup>6</sup> Algoritmik davranışsal iktisat, algoritmik olasılık teorisi, algoritmik finans teorisi, algoritmik öğrenme teorisi, algoritmik oyun teorisi, algoritmik istatistik, algoritmik iktisadi dinamiklik.

<sup>7</sup> AHİ araştırmasının Hayek'in metodolojik görüşlerinin bir uygulaması olduğu iddiası örnek olarak verilebilir. Özellikle Hayek'teki kendiliğinden düzen fikri, AHİ açısından önemlidir (Vriend, 1999). Kompleksite, AHİ ve Avusturya okulu ilişkisi üzerine bkz. J.B.Rosser, 2012, s.122-128; P.Lewis, 2012, s.368-378; D.A. Harber ve P.Lewis, 2012, s. 329-337. Avusturya okulunun AHİ çizgisi çerçevesinde gelişebileceği konusunda Avusturya Okulundan bir yaklaşım konusunda bkz. G.L.Nell, 2010, s.127-145.

<sup>8</sup> Aynı şekilde O.Lange- Avusturya okulu tartışmasının, mekanizma tasarımı literatürünün kalkış noktasının olduğunu söyleyebiliriz. Mekanizma tasarımı çalışmalarında genellikle O.Lange'nin MPK'sı kalkış noktasıdır.

<sup>9</sup> Mekanizma tasarımının kurucusu Nobel ödüllü iktisatçı Leo Hurwicz, Chicago Üniversitesi'nde O.Lange'nin asistanı idi. Hurwicz, Mises ve Hayek ile de iletişim içinde idi.

<sup>10</sup> Son yıllarda mekanizma tasarımı davranışsal mekanizma tasarımı ve kompütasyonel mekanizma tasarımı doğru gelişmeler göstermektedir.

1980'lerden sonra neoklasik dönemin sona erdiğini söyleyebiliriz. Yeni dönemde kompleksite öne çıkmaktadır. Değişim Kuhncu anlamda paradigma değişikliğinden çok kendine özgüdür. Neoklasik iktisatın kendi içindeki ve heterodoks gelişmeler böyle bir dönüşüm yaratmıştır. Aslında A.Marshall bu gelişimi görmüştür. İktisadın tarihsel ve analitik olması gerektiğini belirtmiştir. Ama yakın zamana kadar Walras, Edgeworth, Samuelson çizgisindeki matematiksel yaklaşım egemen olmuştur. Bugün bu çizginin dışına çıktığını söyleyebiliriz (Holt, Rosser, Colander, 2010).

## 2.1980 Sonrası İktisatta Gelişmeler

İktisatta ilerleme kavramını, özellikle fen bilimleri ile ilişkisi bağlamında ele almak gereklidir. Genellikle iktisatta yeni şeyler söylemek, fizik, matematik,<sup>11</sup> bilgisayar bilimi ve biyolojideki gelişmeleri iktisada uygulamak anlamına gelmektedir. Bu, iktisadın kendi içinde gelişmeler yoktur demek değildir. Ama baskın olan birincisidir.

İktisatta son 20–25 yıldaki değişime iktisat-fizik ilişkisi açısından bakıldığında şu söylenebilir: 20.yy.'ın ilk on yılında görelilik ve kuantum mekaniği kuramları, dengesizliğin termodinamiği, deterministik kaos alanları fizik bilimini kökten değiştirmiştir. Bu dönemde birçok teknolojik yenilik ve icat gerçekleştirilmiştir. Bu gelişmeler ancak 1980'li yıllardan sonra daha belirgin olarak iktisada yansımıştır.

Benzer durum matematik, oyun kuramı, (evrimci) psikoloji, davranış bilimleri, nörobilim vb. açısından da geçerlidir. Örneğin matematikte, uygulamalı matematik, oyun kuramı, doğrusal olmayan matematikteki gelişmeler iktisatta karşılığını bulmuştur. Oyun kuramı, çoklu denge analizlerinin öne çıkmasına yardımcı olmuştur.

İktisatta son yıllarda bambaşka kavramlar, teknikler, analitik araçlar kullanılmaktadır. Örneğin son yıllarda çok sık kullanılan kavramlardan bazıları heterojen ajanlar<sup>12</sup>, doğrusal olmama, rassalık, stokastisite (rastgele, olasılıksal) gibi kavramlardır. Gerçekte bu kavramlar termodinamiğin 2. yasasından hareketle geriye dönmezlik, entropi (dengesizliğin ölçümü) yazını çerçevesinde özellikle istatistiksel fiziğin geliştirdiği kavramlardır. Nitekim son yıllarda ekonofizik, termo-iktisat, kompleksite iktisadı (doğrusal olmama, çoklu denge, artan getiri, küçük olayların önemini içeren dengesizlik iktisadı) gibi yeni alanlar ortaya çıkmıştır. Bu

---

<sup>11</sup> E.R.Weintraub'a göre iktisadi düşüncede devrimler, matematik tarihindeki devrimleri yansıtır. Bkz. B.J.Rosser, 2009, s.5

<sup>12</sup> Ajan kelimesi birey, hanehalkı, firma, kurumlar gibi kavramları çağrıştırmalıdır.

gelişmeler finansal iktisattan başlayarak yerleşik iktisadı da hızla etkilemektedir. Yerleşik iktisat, yeni ortak çerçeve **dinamik stokastik genel denge** modelleri vasıtasıyla bu gelişmelerin bir kısmını içselleştirmiştir.<sup>13</sup>

Fizik, matematik, biyoloji, psikoloji, bilgisayar bilimi, vb. alanlarındaki gelişmelerin daha hızlı iktisada yansması iktisatta içerik kaymasına neden olmaktadır. Yansımanın aracı genellikle “yeni” heterodoks iktisattır.

İktisattaki gelişmeleri heterodoks - ortodoks iktisat ayırımından hareketle ele alabiliriz. Heterodoks iktisat, yeni ve geleneksel heterodoks iktisat olarak ikiye ayrılmaktadır. Yeni heterodoks iktisat, yerleşik heterodoks iktisat olarak da adlandırılmaktadır. Bir başka ayırım yerleşik iktisat içinde heterodoks iktisat, yerleşik iktisat dışında heterodoks iktisattır. Geleneksel heterodoks iktisat okullarının başlıcaları (eski) kurumsalcı iktisat, Marxist (ve radikal) iktisat, post-Keynesci iktisat, neo-Ricardocu iktisat, sosyal ekonomi ve sosyo-ekonomi, Avusturya okulu, feminist iktisat, eleştirel gerçekçilik, postmodernist iktisattır.

Yeni heterodoks iktisat; klasik oyun teorisi, evrimci oyun teorisi, davranışsal oyun teorisi, evrimci iktisat, davranışsal iktisat, deneysel iktisat, nöro iktisat ve ajan-temelli kompleksite iktisadını kapsar. Yeni heterodoks iktisat alanlarının orijinleri, iktisat dışındaki diğer bilimlerdir. Örneğin nöro-iktisat, nöro-bilim; davranışsal iktisat ise psikolojinin kavramlarını iktisada uygulamıştır. Klasik oyun kuramı dışında hemen hiçbirinde pür rasyonellik söz konusu değildir. Hatta sıfır rasyonellik durumları dahi söz konusu olabilmektedir.

Yeni heterodoks iktisat, yerleşik iktisadı hızla etkilemektedir (Davis, 2008, s.249-366; Colander, 2009).

Yeni heterodoks iktisat içinde öne çıkan akım Kompleksite iktisadıdır<sup>14</sup> (Fontana, 2008; Colander, 2003; Colander, 2008; Day, 2006; Rosser,2003; Rosser 2006; Rosser,2008). 1984 yılında Santa Fe Enstitüsünün kurulması kompleksite iktisadının gelişimini hızlandırmıştır. Santa Fe Enstitüsü kurulmasını teşvik edenler arasında K.Arrow’un da olması önemlidir. Arrow, bir süre bilim kurulu üyeliği yapmış ve 1987 yılında on iktisatçı ve on fen bilimcinin bir çalıştayda bir araya gelmelerine yardımcı olmuş ve iktisatçı grubunun kaptanlığını üstlenmiştir.

---

<sup>13</sup> Fiyat yapışkanlıkları, heterojen ajanı içeren modellerdeki gelişmeler örnek olarak verilebilir. Fakat DSGD modellerinde, şokların dışsallığı ve her şeyden öte denge arayışı nedeniyle kısmi bir içselleştirme söz konusudur.

<sup>14</sup> Kompleksite ve kompleksite iktisadı hakkında daha ayrıntılı bilgi için bkz. Eren ve Ögüt, 2009; Eren, Eser ve Kırer, 2011

Kompleksite analizlerinde çokça kullanılan kelimeler; bütünün toplamdan farklı olması, düzen, kendiliğinden organizasyon, türbülans, endüksiyon, evrim, (kendiliğinden organize olmuş) aşağıdan yukarıya yöntem (criticality, endüksiyoncu analitik metot), adaptif, şebekeler(ağlar), tersinemezlik(geriye dönmezlik) ve dengesizliktir (Velupillai, 2012, s.166).

Kompleksite iktisadı konveks olmayan (nonconvex) dünyada kendi kendini organize eden ve bütünün toplamdan büyük olmasıyla karakterize edilir. (Al-Suwailem, 2012, s.105)

Kompleksite ekonominin deterministik, öngörülebilir ve mekanistik olmadığını söyler. Ekonomi süreç bağımlı, organik ve her zaman evrilmektedir (Arthur, 2009, s.19).

Ekonofizik ve kaos kuramlarındaki gelişmeler, kompleksite iktisadının yaygınlaşmasına katkıda bulunmuştur. “4C” -sibernetik, katastrofi, kaos, kompleksite- sürecinin sonuncusu olarak da adlandırılır.<sup>15</sup>

Kompleksite iktisadı neoklasik iktisattan ayıran özellikleri Tablo 1’deki gibi gösterilebilir.

---

<sup>15</sup> Kaos ve kompleksite genellikle karıştırılan kavramlardır. Genel olarak kompleksitenin kaos sonrası gelişme olduğunu söyleyebiliriz. Kaos ve kompleksitede ortak özellikler; doğrusal olmama, indirgenemezlik (irreducibility) ve evrenseldir (universality).

Farklar şunlardır;

1. Kompleks sistem birbirini etkileyen birçok değişkene ihtiyaç duyar. Bir sistem yalnız bir değişken ile kaotik olabilir. Çok değişken ile kaotik olabilir, fakat yalnız bir değişken ile kompleks olmayabilir. Kompleks sistem bir çeşit ağıdır (network); kaotik sistem için bu zorunlu değildir.
2. Kaotik sistem rastlantısal (random) sürecinden tam olarak ayrılamaz. Kompleksite rastlantısal süreçten açıkça farklıdır.
3. Kompleksite adaptifdir, değişen çevre içinde kendiliğinden organize olur. Kaotik sistem adaptif olmak zorunda değildir.
4. Kaotik sistem ergodiktir. Komplekstif sistem genellikle ergodik değildir (non-ergodic).
5. Kompleks sistem evrensel kompütasyona uygun, kaotik sistem evrensel kompütasyona uygun değildir.
6. Kompleks sistem davranışı önceden (peşinen) sistematik olarak karakterize edilemeyebilir. Kaotik sistemin davranışı ise karakterize edilebilir. Bundan dolayı kompleks sistemde simülasyon önemlidir.
7. Kompleks sistem patika bağımlıdır. Başlangıç koşulları önemlidir. Başlangıç koşullarının etkisi uzun vadede devam eder. Kaotik sistem başlangıç koşullarına duyarlı olduğunda, aynı çekici (attractor) setini sürdürür.
8. Kompleks sistemde bütün toplamdan büyüktür. Kaotik sistemde ise bütün toplamdan küçüktür (Al-Suwailem, 2012, s.92, 93).

Tablo 1. Kompleksite iktisadı ve neoklasik iktisadın farkları (Montgomery, 2003, s.227–228; Al-Suwailem, 2012, s.90).

Neo Klasik İktisat	Kompleksite İktisadı
Lineer	Non-lineer
Temsili ajan (birey)	Heterojen (somut) ajan
Denge	Dengesizlik-çoklu denge
Rasyonel beklentiler	Adaptif, evrimci, tümevarımcı, grup görüşü
Azalan getiri	Artan getiri
Kurumlar yok, akıcı	Patika bağımlılığı, adaptif evrim, kurumlar
Serbest (rekabetçi) piyasa	Piyasa başarısızlığı
Konveks	Konveks değil
Çok sınırlı	Sürekli yenilik
Yalnız azalan getiri	Azalan ve artan getiri
İlişkisiz- patika bağımsız	Bağımlı- patika bağımlı
Maksimizasyon	Yetinmeci

Kompleksite iktisadı-geleneksel iktisat ayrımı da Tablo 2’deki gibi gösterilebilir.

Tablo 2. Kompleksite iktisadı ve Geleneksel iktisadın farkları (Beinhocker, 2006, s.97).

	Kompleksite İktisadı	Geleneksel İktisat
<b>Dinamik</b>	Dengeden uzak açık, dinamik, doğrusal olmayan sistemler.	Dengede kapalı, statik, doğrusal.
<b>Ajanlar</b>	Ajanlar bireysel olarak modellenir, karar almak için tümevarımcı göz kararı (tahminen) uygular, hatalar ve önyargılara duyarlıdır, öğrenir ve adapte olur.	Ortaklaşa modellenir, karar almak için tüm dengelimi hesaplamalar yapar, tam bilgiye sahiptir, hata yapmaz ve önyargıları yoktur. Öğrenmeye ve adaptasyona ihtiyacı yoktur (mükemmeldir).
<b>Ağlar</b>	Bireyler arasında birbirini etkileyen ağlar açık olarak modellenir. İlişkiler ağı zamanla değişir.	Ajanlar piyasa mekanizmaları (örneğin müzayedeler) ile dolaylı olarak etkileşim içindedirler.
<b>Oluşum</b>	Mikro ve makro iktisat arasında fark ortaya çıkmaz; makro kalıplar, mikro düzey davranışlar ve birbirini etkilemelerin sonucunda oluşur.	Mikro ve makro iktisat ayrı disiplinler olarak kalır.
<b>Evrim</b>	Farklılaştırma, seçim ve gücünü artırmanın evrimci süreci yeniliğe sahip sistemi sağlar, aynı süreç büyüme ve kompleksiteden sorumludur.	İçsel olarak yeniliğin yaratılması, büyüme ve kompleksite için mekanizma yoktur.



Komleksite iktisadı, Neo Klasik iktisatta yapılan konveksite varsayımına (üretim ve tüketim setlerinin konveksliği) getirilen eleştirilerin toparlanması ve ekonomide konveks olmayan durumlarında olduğunun ve bunların öne çıkartılması açısından da önemlidir. Eleştirilerin bazıları şunlardır:

1. Konveks durumunda yenilik ve yaratıcılık eksiktir, zordur.
2. Artan getiriler. Uzmanlaşma ve verimlik artışının artan getiri sağlaması yanında, bilgi ve enformasyonun artan getiri özelliği vardır. Bilgi birikimi, öğrenme marjinal getiriyi arttırır. Bilgi birikimi ve öğrenme neoklasik iktisada yabancı kavramlardır.
3. Konveks olmama arz ve talep fonksiyonlarının süreksizliğine neden olmaktadır. 2008 krizinde gözleendiği gibi, likitidenin kesilmesi (freze up, donması), global kriz yaratmış ve piyasaların çökmesine neden olmuştur.
4. Pozitif geri besleme. Ağ yapısı kendini destekleyebilir. Azalan getiri durumunda pozitif geri besleme yoktur.
5. Patika bağımlılığı, entegreabilite ve ekonomik olmayan faktörler. Pozitif geri beslemenin nihai sonuçları başlangıç koşullarına duyarlı olabilir; seçim patika bağımlıdır. Seçim ayrıca sosyal ve psikolojik faktörlerden etkilenebilir. Neoklasik iktisatta patika bağımlılığı yoktur ve seçim yalnız gelir ve fiyat gibi ekonomik faktörlere bağlıdır. Tercihlerin konveks olmadığı durumda, talep fonksiyonları yalnız tercihlerin konveks olduğu koşulda entegreabil olur; Tercihlerin bağımlılığı entegreabilite koşullarını geçersiz kılmaktadır.
6. Konveks olmamanın bir diğer neden bölünemezliktir. Gerçek hayatta bir kimse 1 veya 2 otomobil satın alabilir, fakat 1.78 otomobil alamaz. Bir şirket 3.51 elaman kiralayamaz. Bölünemezlik, ölçek ekonomilerine, o da konveks olmayan üretim setine neden olur.
7. Rasyonel seçim. Sınırlı rasyonellik, öğrenme, icat ve yenilik gerçeği karşısında ekonomik ilişkiler polinomlar ile değil, diyofantus (diophantine) denklemler ile temsil edilebilir. Rasyonel seçim, öğrenme, keşif ve yaratıcılığı içeren, deneme yanılma (endüksiyon) ve diğer dedüktif olmayan araçlar ile çözülebilir (Al-Suwailem, 2012, s.89).

Komleksite kavramının Türkçedeki karşılığı olan karmaşıklık; içinde aynı cinsten birçok öge bulunan, birbirine az çok aykırı birçok şeyden oluşma durumu olarak tanımlanmaktadır

(Israel, 2005, s.479–504). Ancak sözü edilen kompleksite kavramı, karmaşıklık tanımından çok daha geniş bir alanı kapsamaktadır. Kompleksite, evrenin bütünleşik, ama aynı zamanda alışılmış mekanik ya da doğrusal yollardan anlayamayacağımız kadar zengin ve çeşitli olan durumunu ifade etmektedir. Bu yollardan evrenin birçok parçasını anlayabiliriz, ama daha büyük ve içsel ilişkileri daha geniş olan olgular, ayrıntılara bakılarak değil ancak ilke ve kalıplarla anlaşılabilir. Kuantum kuramının temel görüşü olan “her şey başka şeylerle ilişki halindedir ve ilişkiler sürekli değişmektedir” anlayışına dayanmaktadır. Kendi kendini uyarlayan kompleks sistemler, kendilerini çevreye uyarlarlarken örgütlenme davranışı da gösterirler. Karınca kolonileri kendi kendini örgütlemenin klasik örnekleridir. Herhangi bir mühendislik ya da sosyal bilim alanında eğitim almadıkları halde, her karınca, yaşadığı çevre ve türdeşleri ile etkileşimini sağlayan birkaç temel kurala uyarak işini yapmaktadır. Çok sayıdaki karıncanın etkileşiminden, kompleks ve düzenli bir topluluk ortaya çıkmaktadır (Carbone vd.,2007, s.7).

Kompleksitenin fizikte bundan başka birçok tanımı bulunmaktadır. Fizikçi **Seith Miller** fizikte 45 farklı kompleksite tanımı olduğunu ifade etmektedir. Ancak bu tanımların çok az bir kısmı iktisat için uygundur ve geçerlidir. Kompleksite tanımlarından çoğu bilgisayar biliminden iktisada geçmiştir.<sup>16</sup>

Kompleks sistem sabit bir noktaya veya limit çevrime yakınsanmaz veya içsel faktörlere bağlı olarak sürekli değişir (Colander vd., 2004).

Kompleksite hareketi 1970’lerin sonunda, 1980’lerin başında çıkmıştır. Neden bu tarihler diye sorulduğunda yanıt basittir. Genellikle kompleks sistemler analitik çözüme sahip değildir. Bilgisayar bilimi ile ajan-temelli modelleme olanaklı hale gelmiştir (Arthur, 2009, s.12).

Bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler, simülasyon yolu ile kompleksite iktisadını modellemeye olanak sağlamıştır. Bu nedenle bilgisayarların gelişimi ile kompleksite iktisadının gelişimi arasında yakın ilişki vardır.

Bilgisayar teknolojisindeki ve simülasyon yöntemlerindeki gelişmelerin katkısıyla çok kompleks modeller kurulabilmektedir. Bu modellerde temsili ajan yerine heterojen ajan ile çalışmak olanaklı olmaktadır. Hesaplanabilir ekonomi örneğinde olduğu gibi birbirinden

---

<sup>16</sup> Bunda Nobel iktisat ödülü alan ve sınırlı rasyonellik kavramını geliştiren H.Simon öncü role sahiptir. Simon, algoritma yazarak sınırlı rasyonellik kavramını geliştirmiştir.

etkilenen heterojen ajan ile hareket edilmektedir. Daha kompleks, daha gerçekçi modeller kurulmaktadır.

Kompleksite iktisadında öne çıkan birçok analiz ve kavramlar, hızla yerleşik iktisatta da kullanılmaktadır. Örneğin hesaplanabilir iktisat analizlerinde heterojen birey (Hommes,2006:1110–1146) ile çalışılmaktadır.

Kompleksite ile birlikte özellikle iktisatta öne çıkan iktisat ajan-temelli hesaplanabilir iktisattır (AHİ). Kompleks adaptif sistemlerin iktisatta uygulanması olan AHİ (Vriend, 1999) mevcut teorileri ikame edici değil, tamamlayıcı (Tsfatsion, 2005) olma iddiasıyla hızla yaygınlaşmaktadır.

AHİ çalışmalarının arkasında da Santa fe kompleksitesi vardır. AHİ’de bilgisayar bilimi, evrim ve bilişsellik öne çıkmaktadır. Bir anlamda kompleks, doğrusal olmayan süreci içeren hesaplanabilir simülasyonlar yapılmak istenmektedir. Bunu süper bilgisayarlar olarak adlandırabiliriz (Buchanan, 2009, s.680-682).

AHİ modellerinde ilk bölümde sözünü ettiğimiz, iktisatta her zaman gündemde olan, Walras, tatonnement, sosyalist hesaplama tartışmasında da öne çıkan şu noktalar çözülmeye çalışılmaktadır (Chen, 2012,s.2):

- Derneştirme problemi, Avusturya okulunun dikkat çektiği makro iktisat yoktur, “GSYİH, fiyat endeksi gibi büyüklüklere kavramlara derin şüpheyile bakmaktadırlar” ifadelerinin karşılığıdır. Ayrıca niteliksel büyüklüklerin derneştirilmesinde de önemli sorunlar vardır.
- Heterojen ajanlar, Neoklasik iktisattaki temsili ajan eleştirisinin karşılığıdır; iktisadi ajanların rasyonelliği, beklentileri farklıdır. Ajanlar aynı zamanda birbirini etkilemektedir; kompleks adaptif sistemler geçerlidir.  
Derneştirmeyi, heterojenliği, kompleks adaptif sistemleri içeren uygun matematik olmalıdır (Borrill ve Tsfatsion, 2010, s.16).
- Ajan-temelli modeller, sosyal bilimler için doğru matematiktir (Chen, 2012, s.2) Sosyal sistem ilişkiler ağının evriminde heterojen iletişimden oluşur. Graf (graph) teorisi ve küme teorisinin takipçisi olarak kategori teorisi bunları yansıtır (Borrill ve Tsfatsion,2010 s.3). Ajan bazlı modellerde öne çıkan matematik graf ve kategori teorisine dayanmaktadır.

AHİ’nin arkasında evrimci algoritmalar, evrimci oyun teorisi, davranışsal oyun teorisi, genetik algoritmalar, öğrenme algoritmaları, birbirini etkileyen ağlar (ağların içsel oluşumu)

(Tesfatsion, 2003) vardır. Otonom heterojen ajanlar ve ajanların birbirini etkilemesi söz konusudur. Temsili ajan, Robinson Crusoe mikro iktisadidir (Oeffner, 2008, s.32). Ajanlar birbirini doğrudan ve doğrusal olmayan biçimde etkilerler. Ajanlar sınırlı rasyonelliğe sahiptirler. Sınırlı rasyonellik şu anlamdadır; Ajanlar ne tüm bilgiye, ne de sınırsız hesaplama gücüne sahiptir (Oeffner, 2009, s.39). AHİ'de sınırlı rasyonellik daha çok H. Simon anlamındadır. Yani algoritmiktir.<sup>17</sup>

AHİ'nin orijinleri:

- Piyasalar orijini (Walras, tatonnement, Hayek vb.)
- Hücrel automata (özdevinir) orijini. (Hücrel otomasyon, robot) (1970'ler)
- Ekonomik turnuvalar orijini. (Oyun teorisi, 1980'ler.)
- Deneysel iktisat orijini. (1990'lar.) (Chen, 2012)

Gelişmiş biçimiyle AHİ modelleri temsili ajan temelli DSGD modellerine karşı alternatiftir. Bu çerçevede AHİ simülasyon tekniği, sofistike programlama dilleri geliştirilmeye çalışılmaktadır. Bir başka anlamda ortodoks iktisatta soyutlamaya eleştiri getirilerek, kompleks ve doğrusal olmayan mikro ve makro etkileşimleri (Oeffner, 2008, s.15) kucaklayan simülasyonları geliştirilmektedir.

AHİ modellerinde ekonomi evrilen, kompleks, adaptif ve dinamik bir sistemdir. (Oeffner, 2008, s.17) Zaman dinamiktir. Öğrenme süreci ve patika bağımlılığını içermektedir.

AHİ modellerinin ortak özellikleri;

1. Aşağıdan yukarıya perspektif (Bottom–up perspective). Mikro temellerden hareketle makro sonuçlar elde edilmektedir. Temsili ajan, denge ve rasyonellikle ilgili varsayımlarda olduğu yukarıdan (fazla bilgi) aşağıya bakış açısının tersi olarak; aşağıdan (kısmi bilgi) yukarıya bir bakış açısı söz konusudur; bütün toplamdan farklıdır.
2. Heterojenlik. Ajanlar bütün yönleriyle heterojendirler.
3. Evrilen kompleks sistem (ECS) geçerlidir.
4. Doğrusal olmama. Mikro ve makro düzeyde doğrusal olmama, geri besleme (feedback) vardır.
5. Doğrudan (içsel) etkileşimler. Ajanlar doğrudan birbirini etkilemektedir.
6. Sınırlı rasyonellik. Sınırlı rasyonellik ve adaptif beklenti üzerine model kurulur.

---

<sup>17</sup> H.Simon'da bilgisayar ve insan rasyonelliği birbirine benzer, ikisi de sınırlı hesaplama olanaklarına sahiptirler.(Fiori, 2011)

7. Öğrenme. Öğrenme ile ajanların yaklaşımları değişebilir, değişen çevreye açık olma durumu vardır.
8. “Gerçek” dinamiklik. Gerçek, tersinemez dinamiklik ve patika bağımlılığı üzerine analiz yapılır.
9. İçsel ve kalıcı yenilik (novelty, değişme). Sosyo-ekonomik sistemler durağan olmamayı miras olarak alırlar. Sürekli değişme, yeni davranış kalıpları vardır. Öğrenme ve adaptasyon kalıpları değiştirir.
10. Piyasa temelli mekanizmada (üretim, tüketim) seçim yapılıdır. Seçim komplekstir (Fagiola ve Roventini, 2008, S.14-14).

AHİ modellerini ve neoklasik iktisadı Tablo 3’teki gibi karşılaştırabiliriz.

Tablo 3. Neoklasik iktisat ve evrimci iktisadın varsayımlarının karşılaştırılması (Oeffner,2008 s.29).

<b>Varsayımlar</b>	<b>Neoklasik</b>	<b>Evrimci</b>
<b>Sistem Davranışı</b>	Mikro düzeyden türetilir. Zaman ve mekândan bağımsız. Dinamik değil.	Mikro düzeyden çıkarılabilmektedir. Zaman ve mekâna bağımlı. Dinamik.
<b>Bireysel davranış</b>	Optimize eden, mekanik.	Tatmin edici. Tahmini (Göz kararı, rules of thumb) ve rutinler (routines).
<b>Birbirini etkileme</b>	Tam kabiliyetler ve bilgi. Aktörler birbirini ikame edebilir.	Eksik yetenekler ve bilgi. Aktörler ikame edemeyebilir. Öğrenme, patika bağımlılığı, birlikte evrimler (co-evolutions).
<b>Aktörler</b>	Hiper-rasyonel ajanlar. Tarih yok. Genellikle homojen.	Sınırlı rasyonel robotlar. Tarih var. Tipik heterojen.

O. Lange ile Mises ve Hayek arasındaki tartışmaya geri dönersek, AHİ modelleri onların görüşlerinin sentezi gibidir. O. Lange açısından bakarsak, bilgisayar bilimindeki gelişmeler onu doğrulayacak düzeydedir. Bilgisayar bilimi donanım, yazılım ve programlama olarak

büyük gelişme göstermektedir. Lange'nin ifadesiyle "bilgisayarlar hantal tatonnementlerin" yerini kolayca almaktadır.

Asıl önemlisi, bilgisayar biliminde gelişmeler kompleks-kompleks ilişkilerin, değişimin, heterojen ajanların, ajanlar arasında etkileşimin, evrimin, patika bağımlılığının, doğrusal olmayan süreçlerin programlanmasına olanak vermesidir. "AHİ araştırmasının Hayek'in metodolojik görüşlerinin bir uygulaması olduğu iddiası" (Vriend, 1999), AHİ'nin Avusturya Okulunun Lange'ye getirdiği eleştirileri de içerdiği anlamına gelmektedir.

### 3.Olası Gelişmeler

*Yeni yerleşik iktisat açısından şu gelişmeler olabilir: Keynesci iktisatçılarca da dikkat çekilen iki gelişme yeni davranışsal iktisat ile de öne çıkan H. Simon'un ortaya attığı sınırlı rasyonellik (Dow, 2008, s.23-30) ve ajan-temelli, kompleks adaptif dinamik modelledir. (Leijonhufvud, 2009, s.741-757) Kompleksite iktisadıdır.*<sup>18</sup>

Sınırlı rasyonellik, heterojen ajan temelli kompleks adaptif dinamik modellerin yaygınlaşmasını bekleyebiliriz.

Bu konuda birbirini tamamlayan iki gelişme olabilir. Birinci hemen kriz öncesinde D. Colander ve diğerleri (2008a, s.236-240) tarafından değinilen gelişmelerdir. Colander dışında, P. Howitt, A. Kirman, A. Leijonhufvud ve P. Mehrling'inde imzası olan çalışmaya göre cari yaklaşımda iktisat; rasyonel, kendi çıkarını güden temsili ajan üzerine kurulmuştur. Gerçekte sorun, ajan davranışlarının derneştirilmesidir. Fizikte, biyolojide, vb. temsili ajan (temsili molekül, nöron vb.) yoktur. Bireylerin karakterlerinin yanında, birbirlerini etkilemelerinin yapısını içeren modeller kurulmalıdır. Heterojen ajan ile çalışılmalıdır. Fizik, biyoloji, bilgisayar bilimi, psikoloji, DSGD ötesinde model kurmaya olanak sağlamaktadır. Yeni makro iktisat heterojen ajan, istatikselsel dinamiklik, çoklu denge (veya dengenin olmayışı) ve içsel öğrenme üzerine olmalıdır. Özellikle ajan-temelli hesaplanabilir iktisat bu konuda önemlidir.

ACE evrimci iktisat, bilgisayar bilimi ve bilişsel bilim üzerine temellenmektedir.<sup>19</sup>

---

<sup>18</sup> Avrupa Merkez Bankası örneğinde (Avrupa Merkez Bankası uzmanları da kompleksitenin önemine dikkat çekmektedirler.(G.Kenny ve J.Morgan, 2011)) olduğu gibi son zamanlarda kompleksiteye yakın ilgi vardır.

<sup>19</sup> ACE ile ilgili olarak, <http://www.econ.iastate.edu/tesfatsi/ace.htm> internet adresinden geniş bilgi alınabilir.

İkincisi, küresel bunalım sonrası kompleksite ve ekonofizik iktisatçıları D.Colander ve diğerleri (2008)<sup>20</sup> şu noktalara dikkat çekmişlerdir: Yerleşik iktisat, rasyonel beklentiler ve temsili ajan üzerine kuruludur. Davranışsal iktisat ve deneysel iktisada rağmen genellikle rasyonel beklentiler temeldir. Temsili ajan yerine interaktif, bilgileri, enformasyonları, motivasyonları, yetenekleri farklı heterojen ajan modelleri ile çalışmak gereklidir. Ajanların heterojenliği temelinde, davranışsal mikro temellerde, beklentilerin ve ekonomik faaliyetlerin birlikte evrimini içeren modeller kurulmalıdır. Modeller dinamik denge dışı durumları ve adaptif ayarlamaları içermelidir. Kesinliği içermeyen yeni matematik araçlar kullanılmalıdır.

Yerleşik iktisatta, F. Knight'da ifadesini bulan belirsizlik ve risk ayrımı sorunu devam etmekte midir? Özellikle post-Keynesci iktisatçılara göre DSGE modellerinde şok, sürpriz, belirsizlik gibi kavramlar "risk" anlamında kullanılmaktadır. Bu konuda kompleksite iktisadındaki gelişmeler, bilgisayar bilimi ve simülasyon tekniklerindeki gelişmelerle yeni bir yön yakalayabilir. Ekonometri, hesaplanabilir iktisat, matematik ve fizikteki gelişmeler buna yardımcı olabilir.

Bir diğer nokta şokların dışsallığı ile ilgilidir. Yerleşik iktisatta şoklar (genellikle) dışsaldır. Krizlerin nedeni dışsal şoklardır. Kompleksite iktisadı ve AHI modellerinde krizler içselleştirilebilir.

Gerçekte piyasa ekonomilerinde krizlerin içselliği ile ilgili geniş bir literatür mevcuttur. Örneğin Marx ve Marxist analizde piyasa ekonomilerinde krizler kaçınılmazdır. Keynes, Schumpeter, Minsky gibi iktisatçılar tarafından da, piyasa ekonomilerinde istikrarsızlık, dengesizlik nedenleri içseldir.

#### **4.Sonuçlar**

1980'lerden sonra neoklasik dönemin sona erdiğini söyleyebiliriz. Yeni dönem kompleksitedir. Değişim Kuhncu anlamda paradigma değişikliğinden çok kendine özgüdür. Neoklasik iktisat içinde ve heterodoks iktisatta gelişmeler böyle bir dönüşüm yaratmıştır. Aslında A.Marshall bu gelişimi görmüştür. İktisadın tarihsel ve analitik olması gerektiğini belirtmiştir. Ama yakın zamana kadar Walras, Edgeworth, Samuelson çizgisinde, matematiksel yaklaşım egemen olmuştur. Bugün bu çizginin dışına çıkıldığını söyleyebiliriz. (Holt vd., 2010.)

---

<sup>20</sup> D.Colander ve diğerlerinin değerlendirmesi için bkz. Lawson, 2009, s.759-777

Kompleksite iktisadı ve AHİ modellerindeki gelişmeler 1930'lu yıllarda O.Lange-Avusturya okulu tartışmasında ortaya çıkan sorunların önemli bir kısmının çözülmesine olanak sağlamıştır. İktisatta tarihsel zamanı içeren, birbirini etkileyen ajanlardan oluşan, doğrusal olmayan, kompleks adaptif sistemlerle çalışan, evrimi ve patika bağımlılığını içeren kompleks- kompleks modeller kurmak olanaklıdır. Bu gelişimde bilgisayar biliminin, algoritma devriminin çok önemli rolü vardır.

Kompleksite ve AHİ modellerindeki gelişmeler; deneysel iktisat, davranışsal iktisat, davranışsal finans ve nöro iktisattaki gelişmelerin daha fazla karşılığını bulmasına yardımcı olacaktır.

İktisatta denge kavramı özel bir durum olarak algılanacaktır.

Makro iktisatta mikro temellere daha fazla önem verilecektir. (Heterojen) Ajan-temelli modellerin önemi artacaktır.

Son zamanlarda çalışmalarda derneştirme (aggregation) problemi, bireysel ve toplumsal rasyonellik çelişkisi, bireysel rasyonellik varsayımının gerçekliliğinin sorgulanması (davranışsal iktisat ve finans), temsili ajan yerine heterojen ajan ile çalışılması (ajan temelli modeller, örneğin ajan temelli hesaplanabilir iktisat yazınındaki hızlı artış), iktisadi ajanlarının birbirini etkilemesinin önemi (kompleks adaptif sistemler), ağ ekonomisi, davranışsal makro iktisat üzerine yoğunlaştığını söyleyebiliriz; “Yeni” mikro temelli makro iktisat gelişmektedir.

## **KAYNAKÇA**

Al-Suwailem, Sami., (2012), “Behavioural Complexity”, S.Zambelli ve D.A.R. George, der içinde, **Nonlinearity, complexity and Randomness in Economics** içinde, Wiley- Blackwell, s.85-111

Arthur, W.B., (2009), “Complexity and the Economy,” J.B.Rosser, içinde, **Handbook of Research on Complexity**, EE, s.12-2

Beinhocer, E.D., (2006), **The Origin of Wealth: Evoluton, Complexity and The Radical Economics**, Harward Business School Pres.

Buchanan, M., (2009), “Meltdown Modelling. Could Agent-Based Computer Models Prevent Another Financial Crisis?.” **Nature**, Vol. 460, No. 7256. (05 August 2009), s. 680-682.



Borrill, P.L. ve Tesfatsion, L., (2010) "Agent-Based Modeling: The Right Mathematics for the Social Sciences?", Iowa State University, **Working Paper** No. 10023, November.

Carbone, A. vd., (2007) Kaniadekis G, Scarfone A.M, "Where Do We Stand On Econophysics", **Physica A**, 38

Chen, S-H., (2012) "Varieties Of Agents In Agent-Based Computational Economics: A Historical And An Interdisciplinary Perspective", **Journal of Economic Dynamics & Control**, 36, s. 1-25

Colander, D., (2003), "The Complexity Revolution and the Future of Economics", **Middlebury College DP**, 03-04.

Colander, D., (2008), "Complexity and the history of Economic Thought", **Middlebury College, DP**, 08-04.

Colander, D., (2009), "Moving Beyond The Rhetoric of Pluralism: Suggestions for an "Inside-the Mainstream" Heterodoxy", **Middlebury College Economics Discussion Paper**, No. 09-15, August.

Colander, D. vd., (2004), "The Changing Face Of Mainstream Economics", **Review of Political Economy** 16(4), s. 485-499

Colander, D. vd., (2008), "The Financial Crisis and the Systemic Failure of Academic Economics", [http://www.debtdeflation.com/blogs/wp-content/papers/Dahlem\\_Report\\_EconomicCrisis021809.pdf](http://www.debtdeflation.com/blogs/wp-content/papers/Dahlem_Report_EconomicCrisis021809.pdf)

Colander, D. vd., (2008a), "Beyond DSGE Models: Toward an Empirically Based Macroeconomics", **American Economic Review: Papers & Proceedings**, 98(2), s. 236-240

Davis, J.B., (2008), "The Turn in Recent Economics and Return of Orthodoxy", **Cambridge Journal of Economics**, 32, s. 349-366

Day, R., (2006) "The Complex Problem of Modelling Economic Complexity", M. Setterfield, der içinde, **Complexity, Endogenous Money and Macroeconomic Theory**, EE, 2006, s.63-73

Dow, S., (2008), "Mainstream Methodology, Financial Markets and Global Political Economy", **Contributions to Political Economy**, 27, s.13-30.

Eren, E., (1988), "Piyasa Sürecinde Bilgi ve Zaman Sorunu: Neo-Avusturya Okulu", **İktisat Dergisi**, Kasım-Aralık, s.18-25

Eren, E., (1987, 1991) “İktisadi Etkinlik Sorunu: O.Lange ve Avusturya Okulu”, İktisat Dergisi, Ocak-Şubat 1987, s.3-20 ve E.Eren,der içinde, **Piyasa, Özgürlük ve Eşitlik** , Ezgi Kitabevi, 1991, s.22-54.

Eren, E., (2011), “L.Walras’ın İktisadi Düşüncesi ve Yansımaları: “Fransa’nın K.Marx’ı mı, Kapitalizmin Savanucusu mu?”,O.İşler ve F.Yılmaz,der içinde, **İktisadi Felsefeyle Düşünmek**, İletişim Yayınları.

Eren, E. ve Öğüt, K., (2009), ”Matematik ve Fizik Etkileşimi Çerçevesinde Yerleşik İktisadın Değişimi ve “Yeni İktisat”, **Yönetim ve Ekonomi Bilimleri Konferansı**, 24-25 Eylül.

Eren, E. Vd., (2011), “Kompleksite İktisadi ve Ekonofizik”, M Kaymak ve A. Şahinöz, (der) içinde, (2011), **Darwin ve Evrimsel İktisat Sempozyumu 19-20** Kasım 2009, Hacettepe Üniversitesi Yayınları.

Fagiola,G. ve Roventini,A.,(2008), “On The Scientific Status of Economic Policy: A Tale of Alternatives”, **Sant’Anna School of Advances Studies WP**.

Fiori, S., (2011), “Forms Of Bounded Rationality: The Reception And Redefinition Of Herbert A. Simon's Perspective”, **Review of Political Economy**, 23(4) ,s. 587-612

Fontana, M., (2008), “The Complexity Approach to Economics: A Paradigm Shift”, **CESMEP,WP**.

Harper, D.A. ve Lewis, P., (2012) “New Perspectives On Emergence İn Economics”, **Journal of Economic Behaviour and Organization**, 82(2-3), s. 329-337.

Holt, R.P.F. vd., (2010, 2011), “The Complexity Era in Economics”, Middlebury College Discussion paperi No: 10-01, January 2010, <http://www.middlebury.edu/~econ> veya **Review of Political Economy**, 23(3), s.357-369

Hommes, C. H., (2006), “ Heterogenous Agent Models in Economics and Finance”, Tesfatsion L,W ve K.I.Judd, (der) içinde, **Handbooks of Computitional Economics**, V.2 içinde, North Holland, s.1100-1146

Israel, G., (2005), “ The Science of Complexity: Epistemological Problems and Perspectives”, **Science in Context**, 18(3) , s.479-509

Kenny, G ve Morgan, J., (2011), “Some Lessons From the Financial Crisis for the Economic Analsis”, **ECB, Occasional Paper Series**, No.130, October.

- Lawson, T., (2009), "The Current Economic Crisis: its Nature and the Course of Academic Economics", **Cambridge Journal of Economics**, 33, s.759-777
- Lejonhufvud, A., (2009), "Out of the Corridor: Keynes and the Crisis", **Cambridge Journal of Economics**, 33, s.741-757.
- Lewis, P., (2012), "Emergent Properties in the Work of Friedrich Hayek" **Journal of Economic Behaviour and Organization**, 82(2-3), s. 368-378
- Montgomery, M.R., (2000), "Complexity Theory: An Austrian Perspective", D. Colander, (der) içinde, **Complexity and History of Economic Thought**, Routledge, s.227–240
- Nell, G.L., (2010), "Competition as Market Progress: An Austrian Rationale for Agent-Based Modeling", **Review Austrian Economics**, 23, s.127–145
- Oeffner, M., (2008), **Agent-Based Keynesian Macroeconomics; An Evolutionary Model Embedded In An Agent-Based Computer Simulation**, Universitat Wurzburg, Doktora Tezi.
- Rosser J.B, (2003), "Complexity in Economics", <http://cob.jmu.edu/rosserjb>
- Rosser, J.B., (2006), "Complex Dynamics and Post Keynesian Economics", M.Setterfield (der) içinde, **Complexity, Endogenous Money and Macroeconomic Theory**, EE, s.74-98
- Rosser, J.B., (2008), "Computational and Dynamic Complexity in Economics", Mart <http://cob.jmu.edu/rosserjb>
- Rosser, J.B., (2008a) "Econophysics and Economic Complexity", Mayıs. <http://cob.jmu.edu/rosserjb>
- Rosser, J.B., (2009), "Introduction" J.B.Rosser, (der) içinde, **Handbook of Research on Complexity**, EE, s.3-11
- Rosser, J.B., (2012), "Emergence and complexity in Austrian economics", **Journal of Economic Behaviour and Organization**, 81, s.122-128.
- Tesfatsion, L.S., (2003), "Agent-based Computational Economics", **Iowa State University Economics Working Paper 1**.
- Tesfatsion, L.S., (2005), "Agent-Based Computational Modelling And Macroeconomics", **ISU, Working Paper # 05023**.
- Vriend, N.J., (1999), "Was Hayek an Ace?", **Southern Economic Journal**, 68(4), 2002, s.811-840 veya <http://ciclamino.dibe.unige.it/wehia/papers/vriend.pdf>

Velupillai, K.V., (2010), **Computable Foundations for Economics**, Routledge.

Velupillai, K.V., (2011), “Postkeynesian Precepts for Nonlinear, Endogenous, Nonstochastic, Business Cycle Theories”, **ASSRU**, 11-07.

Velupillai, K.V., (2011a), “Towards An Algorithmic *Revoluion* In Economic Theory”, **Journal of Economic Surveys**, 25, s.401-430.

Velupillai, K.V., (2012),“Non-Linear Dynamics, Complexity and Randomness: Algortitmic Foundations”, ed. S.Zambelli ve D.A.R.(der) içinde, George **Nonlinearity, complexity and Randomness in Economics** , Wiley- Blackwell, s. 151-172

ACE sayfası, <http://www2.econ.iastate.edu/tesfatsi/ace.htm>