

-ARAŞTIRMA MAKALESİ-

**İKTİSATTA FORMALİZM, AKSİYOMATİZASYON, OPTİMİZASYON
ve MATEMATİZASYON AKIMI
(Matematiksel İktisadın Doğuşu ve Gelişiminin Kısa Tarihi)***

Coşkun Can AKTAN

Prof. Dr.

Dokuz Eylül Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi

E-mail: ccan.aktan@deu.edu.tr

ORCID ID: 0000-0003-4294-2314

Sema YILMAZ GENÇ¹

Doç. Dr.

Kocaeli Üniversitesi, Ali Rıza Veziroğlu Meslek Yüksekokulu

E-mail: semayilmazgenc@gmail.com

ORCID ID: 0000-0002-3138-1622

Özet

Bu çalışmada matematiksel formalizm ve matematiksel iktisadın doğuşu ve tarihsel gelişimi incelenmektedir. Formalizm, aksiyomatizasyon, optimizasyon, modeller vs. birbirinden farklı ama birbiriyle alakalı kavramlar olarak matematiksel iktisadın gelişmesine hizmet etmişlerdir. Augustin Cournot, William Stanley Jovens ve Léon Walras 19. Yüzyılda matematiksel iktisadın gelişmesinde öncü rolü üstlenen yazarlardır. Bu belirttiğimiz isimler ve diğerleri ((Francis Y.

* Bu makalede bilimsel araştırma ve yayın etiği ilkelerine uyulmuştur.

¹ **Sorumlu Yazar:** semayilmazgenc@gmail.com

Atf (APA): Aktan, C. C. & Yılmaz Genç, S., (2020), İktisatta Formalizm, Aksiyomatizasyon, Optimizasyon ve Matematizasyon Akımı (Matematiksel İktisadın Doğuşu ve Gelişiminin Kısa Tarihi), Ekonomi Bilimleri Dergisi, 12 (2): 233-262.

Lisans: Bu makalenin kullanım izni Creative Commons Attribution-NoCommercial-NoDerivs 3.0 Unported (CC BY-NC-ND3.0) lisansı aracılığıyla bedelsiz sunulmaktadır.

Edgeworth, Vilfredo Pareto vd.) bireylerin tercihlerini ortaya koyarken izledikleri fayda maksimizasyonu amacını matematiksel ifadelerle ve formüllerle açıklamaya çalışmışlardır. Ragnar Frisch, Paul A. Samuelson ve Gerard Debreu gibi Nobel ekonomi ödülü sahibi iktisatçılar ise matematiksel iktisat, ekonometri ve diğer kantitatif araçların yaygın olarak kullanılmasında oldukça etkili olmuşlardır. Bugün matematiksel iktisat hala iktisat biliminde yapılan araştırmalardaki hakimiyetini sürdürmektedir, fakat aynı zamanda ağır eleştirilere de muhataptır.

Anahtar Kelimeler: *Matematiksel Formalizm, Aksiyomatizasyon, Optimizasyon, Matematiksel İktisat, Ekonometri, İktisadın Matematizasyonu.*

Alan Tanımı: *İktisadi Düşünce*

**FORMALISM, AXIOMATIZATION, OPTIMIZATION and
MATHEMATIZATION MOVEMENTS IN ECONOMICS
(The Birth of Short History of the Development of Mathematical Economics)**

Abstract

This paper aims to explore the birth and short history the development of mathematical formalism and mathematical economics. Formalism, axiomatization, optimization, modelling etc. have been different, but inter-related movements in the history of mathematization of economics. Augustin Cournot, William Stanley Jovens and Léon Walras are considered the precursors to modern mathematical economics in the 19th century. Those scholars along with others (Francis Y. Edgeworth, Vilfredo Pareto etc) built the tools of the discipline around utility, arguing that individuals sought to maximize their utility across choices in a way that could be described mathematically. The Nobel laureates Ragnar Frisch, Paul A. Samuelson and Gerard Debreu were the most influential economists for the use of mathematical economics, econometrics and other quantitative methods in economic science in the 20th century. No doubt that mathematical economics still dominates the research in economics, but is not free of harsh criticism.

Key Words: *Mathematical Formalism, Axiomatization, Optimization, Mathematical Economics, Econometrics, Mathematization Of Economics.*

JEL Codes: *B16, B23, B40, B41, C01, C02, C18, C6*

I.GİRİŞ

Matematiksel iktisat, iktisadi meselelerin ve sorunların tanımlanması ve çözümlenmesinde matematiksel yöntemlerin uygulandığı bir araştırma metodolojisidir. Ekonometri ise matematik, istatistik ve bilgisayar gibi araçları bir araya getirerek iktisadi analizlerde bulunan bir araştırma disiplindir. Sözkonusu kantitatif araçların iktisat biliminde kullanılmasının gerisinde formalizm, aksiyomatizasyon, optimizasyon gibi akımlar etkili olmuştur. Bu çalışmamızda matematiksel iktisadın doğuşu ve gelişiminde etkili olan akımlar, felsefi yaklaşımlar ve teknikler özetlendikten sonra matematiksel iktisadın doğuşunda önemli rol oynayan bilim insanları ve başlıca katkılarını ele almaya çalışacağız.

II. FORMALİZM ve AKSİYOMATİZASYON

*“Formalizme itirazımız yok, ama o da yerini/haddini bilmeli.
İktisatçıların formalizmin yeri ve sınırlarını daha fazla tartışmaları gerekir.”*
Victoria Chick

Bilimlerin sınıflandırılmasında, “formal” yani düşüncenin formu ile ilgilenen araştırma türünün hakim olduğu matematik ve mantık gibi disiplinlere formal bilimler denir. Formal bilimlerin özelliği konu ve kavramlarının duyularla kavranamaz, ancak zihinsel olarak var oldukları kabul edilen kuramsal ilke ve sembollerden oluşmasıdır. Formal bilimlerin konusu, zaman ve mekandan bağımsız varlıklardır. Somut olmayan yalnızca düşüncede yer alan ideal objeleri konu edinen, bilginin içeriğinden çok biçimsel doğruluğuyla ilgilenen formal bilimlerde koşullu-tümdengelim yöntemiyle sonuca gidilir. Tümdengelim; yanlışlığı ispatlanamayan bir takım öncül olgulardan tutarlı çıkarımlar yaparak yeni doğrulara ulaşabilmeyi amaçlayan bir akıl yürütme biçimidir. Kısaca genelden özeli çıkarsayan bir düşünme yoludur.

Sınıflandırmanın diğer tarafında verilerin derlenmesi ve yorumlanması konusunda gözlem ve deneylerden yararlanan, olguların ve ilkelerin tümünü bu yoldan sağlayan ya da geliştiren doğa bilimleri yer alır. Doğa bilimleri, formal bilimlerin akıl yürütme biçimi olan tümdengelim yerine önce kendisine ulaşacağı bir takım genel önermeler içeren tümevarımı kullanır. Bir akıl yürütme biçimi olarak tümevarım; aynı koşullar altında tekrarlanan, sınanan, gözlemlenen ve çözümlenen tek tek olgulardan varsayımsal bir genellemeye ulaşabilmek için izlenen düşünme yoludur.

Formal bilimler, kuram, sembol ve kurallardan oluşurlar. Doğa bilimleri ile formal bilimlerin arasındaki fark, formal bilimlerin kuramlarla başlaması ve bir düşünme süreciyle farklı kuramlara ulaşmasıdır. Aksiyom, ispata gerek duymadan doğruluğu kabul edilen önermedir. Aksiyomatizasyon, bir bilimsel kuramın bazı başlangıç aksiyomlarıyla temellendirilmesi ve kurama ilişkin diğer kuramların bu aksiyomların mantıksal sonuçlarıyla türetilmesidir. Formal bilimlerde aksiyomatizasyon, kuramı temellendirmenin bir dayanağıdır. Aksiyomatizasyonun özellikleri; bağımsızlık, tutarlılık ve tamlıktır. Bir aksiyom dizgesinin hiçbir aksiyomunun diğerinden türetilmemesi (bağımsızlık), bir aksiyom dizgesinde hem bir önerme hem de onun olumsuzunun türetilmemesi yani dizgenin çelişkisiz olması (tutarlılık) ve her önerme ya da onun olumsuzunun aksiyom dizgesinden türetilmesi (tamlık) gerekir (Ersel, 2016:7-8).

Formalizm ve matematik arasında karmaşık bir ilişki vardır. Öne sürülen herhangi bir kuramın mantıksal yapısını belirgin hale getirmeyi amaçlayan bir yaklaşım olan formalizmin mutlak surette matematik kullanımını gerektirmediği ifade edilir (Kutlu, 2018:405). Aksiyomatizasyon; mantıksal sistemde, başka önermelerin üretilmesi için gerekli olan, yeni önermelerin başlangıç noktası olarak alınan ve tanımı gereği doğru kabul edilen önermelerin ispat sürecidir (Demir, 2012:38-39). Aksiyomatizasyon, formalizmin güçlü yönüdür. Biçimi düşünsel özden üstün tutan, parçanın bilgisine karşı bütünsel şeklin bilgisini temel alan ve kural geliştirmeye dayalı formalizme göre matematik soyut nesne ve ilişkileri konu alan simgesel bir sistemdir. Formalizm, matematiksel gerçekliğin evrenselliğini yadsır ve matematiği bazı mantık kuralları çerçevesinde bir entelektüel uğraş olarak görür (Öğüt, 2019:247).

19. yüzyılın ikinci yarısında uygulamalı matematik ve saf matematik arasındaki ayrımın belirgin hale gelmesiyle matematik dünyasında büyük dönüşümler yaşanmaya başlanmıştır. 19. yüzyılın sonlarına doğru temel kavramları, aksiyom ve kuramlarıyla dünya hakkında doğrular sunan uygulamalı matematik eğilimi gün geçtikçe zayıflamış, saflaşma eğilimi ise güçlenmiştir. Artan saflaşma eğilimiyle birlikte halihazırda matematiğin temellerine dair tartışma da şiddetlenmiştir. Bu tartışmalar 20. yüzyılın ortalarına kadar devam etmiştir. Bu gelişmeler ve tartışmalar üç yaklaşımı ortaya çıkarmıştır (Öztürk, 2019:48-49): Gottlob Frege ve Bertrand Russell'ın mantıksalcı yaklaşım, Jan Brouwer'in öncülüğünü yaptığı sezgici yaklaşım ve David Hilbert ile takipçilerinin sürdürdüğü formalist yaklaşım. Mantıksal ve sezgici yaklaşımın analizi bu çalışmanın kapsamı dışındadır. David Hilbert'e göre matematik, simgesel aksiyomatik bir yapıya dönüştürülerek temellendirilmelidir (Öğüt, 2019:247).

Matematikte formalist akımın öncüsü Hilbert; 1899'da yayınladığı “Geometrinin Temelleri” adlı eserinde “Aksiyomatik Sistemler”in önemini vurgular. Hilbert; “nokta”, “doğru”, “düzlem” kavramlarını tanımsız soyut mantıksal kavramlar olarak ele alıp bunlar arasındaki ilişkileri beş grupta (ait olma, sıra, eşitlik-denklik, paralellik, süreklilik) topladığı 21 aksiyomla ortaya koyar. 1927'de yayınladığı “Matematiğin Temelleri” adlı eserinde tam formalizm ve aksiyomatik sistem kavramlarını açıklar. Hilbert öncülüğündeki formalist yaklaşım, “*İnsan tını bütün matematiksel sezgileri formüle etme yetisine sahip değildir*” diyen Kurt Gödel’in “Eksiklik Kuramı” ile sarsılmış olmasına karşın, saf matematiğin en önemli karakteristiğini sergiler, akıl yürütmelere karışabilecek mantık dışı etkenleri ortadan kaldırarak paradokslara düşmeyi önler ve sezginin yol açabileceği yanlış bilgilenmeleri ortadan kaldırır. Formalizm tam olarak gerçekleştiğinde, daha önce karşılaşılan ya da karşılaşılabilecek olası tutarsızlık ve çözümsüzlük nedenleri ortadan kalkar; üstelik hangi dili konuşursa konuşsun herkesçe aynı anlama gelen bir evrensel düşünsel sistem ortaya koyulmuş olur. Formalizmin, matematiğin “az sayıda varsayımdan hareketle, çok sayıda yeni ve güvenilir bilgilere ulaştıran en üstün bilimsel disiplin” olduğu düşüncesiyle, matematiğe özgü kesinlik, dakiklik ve evrenselliği, tam anlamıyla gerçekleştirebilir (Güney & diğerleri, 2016).

David Hilbert (1862-1943) Adına *Kanıt Kuramı (Proof Theory)* dediği biçimsel bir matematik dili geliştirmiştir (1927). Ona göre sezgisel matematik yaparken konuştuğumuz dil, duygularımız, özne (madde) geleneksel çıkarım yöntemlerimize dışarıdan etki etmektedir. Dış etkileri yok etmek için bir matematik dili, yapay bir dil oluşturdu. Yedi ana grupta topladığı 17 formül ile matematik teoremlerini kanıtlatabiliyordu. Ortaya attığı kuramın ilk sunumunu yaparken şöyle diyordu:

*“Matematik önyargısızdır. Onu bulmak için Kronecker’in yaptığı gibi Tanrıya, Poincare’nin yaptığı gibi yeteneklerimize hitabeden varsayımlara, Brouwer’in yaptığı gibi temel sezgilere, Russell’in yaptığı gibi belitlere gereksinim yoktur. Matematik formüllerden oluşan kendi içinde kapalı bir sistemdir.”*²

² Karaçay,2004’den aktarılmıştır. Yazar orijinal kaynağa atıfta bulunmamıştır.

Bilimsel araştırmada; açıklık, özenlilik ve tutarlılık ölçütlerini sağlayan aksiyomatizasyon, matematik ötesinde çeşitli bilim alanlarında, bu arada iktisatta, oldukça yaygın uygulama alanı bulur. Bu yöntemi uygulayabilecek zenginlikte aksiyomların ortaya konulabilmesi gelmektedir. Bunun değerlendirmesi zordur. Bu yolda hem düşünme araçlarının (matematik, mantık) doğru kullanılması hem de, söz konusu bilim alanının amaçlarına yönelimin sağlanması gerekir (Ersel; 2016:19).

III. MATEMATİKSEL İKTİSADIN DOğUŞU ve GELİŞİMİ

“Her tür bilimsel disiplin, eğer belli derecede bir olgunluğa erişmişse, kendiliğinden matematiğin bir parçası olur.”

David Hilbert

Matematiksel iktisattaki gelişmeler, İkinci Dünya Savaşı'nın bittiği yıllara kadar “kalkülüs” analizine dayalı “Marjinalist” dönem (1838-1947), İkinci Dünya Savaşı sonrası 1960'lı yıllara kadar doğrusal modeller ile “Küme Kuramı” dönemi (1948-1960) ve 1961 sonrası “İntegral” dönemi (1961'den bugüne) olarak adlandırılır (Arrow & Intriligator, 1981:1).

Neoklasik İktisadın ortaya çıkmasında öncü rol oynayan Marjinalizm; birbirlerinden habersiz olarak 1871-1877 yılları arasında “marjinal fayda kuramı” üzerine yazılan İngiltere'de William Stanley Jevons'un “Politik İktisat Kuramı”, Avusturya'da Carl Menger'in “İktisadın İlkeleri” ve İsviçre'de Leon Walras'ın “Ekonomi Politieęin Unsurları veya Toplumsal Zenginlik Kuramı” kitapları ile başlar (Bocutoğlu, 2016:158). “Marjinalist Devrim” sürecinin ortaya çıkışı ve iktisatçılar tarafından yeni bir paradigma olarak algılanışı 1870'li yıllarda başlar. Marjinal fayda kavramının ilk defa talep kuramına uygulanması (Birinci Kuşak Marjinalistler), “marjinal” ilkesinin mikro iktisat alanındaki üretim ve bölüşüm kuramları gibi bir çok kurama da uygulanabileceğini gösterir (İkinci Kuşak Marjinalistler³). Tarihsel süreç içinde “marjinal fayda” kavramını talep kuramına uygulayan, aynı dönemde ancak farklı ülkelerde birbirlerinden habersiz olarak hareket eden düşünürler (Jevons, Walras ve Menger) “Birinci Kuşak Marjinalistler” olarak bilinir. Ortak noktaları; değişim değerini belirleyen etkenin “üretim maliyeti” değil “marjinal fayda” olduğunu öne sürmeleridir (Savaş,

³ İkinci Kuşak Marjinalistler: Francis Ysidro Edgeworth, Philip Henry Wicksteed, Alfred Marshall, Friedrich Freiherr von Wieser, Eugen Böhm-Bawerk, Johan Gustaf Knut Wicksell, John Bates Clark ve Irving Fisher.

2000:519). Matematiğin iktisat kuramlarını açıklamadaki önemi, özellikle Walras ve Jevons öncülüğünde Marjinalist Devrim sürecinde artar ve bu süreçten itibaren modern iktisadi analizlerde en sık kullanılan *araç* haline gelir. Gerçek dünyada meydana gelen iktisadi olayların çok boyutlu olması ve karmaşıklığı, bu olayların mikro düzeyde ele alınarak anlaşılmasını amaçlanır. Ancak yoğun matematik kullanımının bu amaca ulaşma önünde bir engel olduğu aşikardır. Bu eleştirinin temelinde matematiğin bir araç olmaktan çıkıp bir amaç olmaya evrilmesi yatar.

Kalkülüs; Latince “calculus” saymak ya da hesap yapmak için kullanılan çakıl taşı anlamına gelir. Fonksiyon, limit, türev, integral, diziler, seriler vb. konuları içerir. Kalkülüs, cebir, trigonometri ve analitik geometri konularının üzerine inşa edilir (Holz, 2015:15). Temel fikri değişimi ölçülen bir niceliğin değişkenlerinin değerine dayanmasıdır. Tarihin en önemli bilimsel kitaplarından biri olan “Doğal Felsefenin Matematiksel İlkeleri” kitabının yazarı Isaac Newton ve matematik tarihinde önemli bir yer edinen Gottfried Wilhelm Leibniz, kalkülüsü birbirinden bağımsız olarak keşfeden ilk matematikçilerdir. Newton, genel olarak kalkülüsü fizikte kullanan ilk kişidir. Leibniz, kalkülüs terimini ortaya atan, kurallar dizisini oluşturan ve bugün kullanılan işaretlerin çoğunu bulan kişidir. “Diferansiyel kalkülüs” ve “İntegral kalkülüs” kalkülüsün birbirini tamamlayan iki yönüdür. Diferansiyel kalkülüs ayırmakla, integral kalkülüs ise birleştirmekle ilgilidir (Centro di Ricerca Matematica, 2011).

İkinci Dünya Savaşı sonrası, Marjinalizm döneminde başlayan “kalkülüs” analizine dayalı matematiğin iktisattaki “araçsallık” işlevi ve 1960’lı yıllardan sonra gelişip değişerek iktisadın her alanına yayılır. Bu süreç bir yandan iktisatta matematiğin kullanımının vazgeçilmezliğini vurgulayan değerlendirmeleri diğer yandan da buna yönelik eleştirileri içinde barındırır. Matematiğin iktisada hakim olmasına rağmen matematiğin kullanımına karşı ve yanında olanlar arasındaki tartışmanın tarihi matematiğin ilk kullanıldığı yıllara kadar uzanır. Samuelson’a göre, John Elliot Cairnes 1800’lü yılların sonunda, o dönemde kullanılan matematiğin geometrik grafikler düzeyinde olmasına rağmen, matematiğin iktisatta kullanımını eleştirir (Doğruel, 2012:2).

İlk süreçten sonra doğrusal modeller ile “küme kuramı” dönemi olarak adlandırılan ikinci döneme geçişte İkinci Dünya Savaşı’nın önemli rolü bulunmaktadır. Bu geçiş sürecinde, matematiğin kendi iç yapısından ötürü, matematiğin temeli olduğu için kalkülüs, hiçbir zaman tam anlamıyla sona ermez. Diğer dönemlerin ve alanların gelişmesi için kalkülüse daima ihtiyaç duyulur. İkinci Dünya Savaşı sonrası dönemde kalkülüsün yerini lineer modeller alır. Bu

dönemde tüm basamakları sürekli türevlenebilir düzgün fonksiyonların klasik varsayımları genelleştirilerek yerini daha geniş tanımlı fonksiyonlara bırakır. Bu yeni yaklaşımla iktisatta; genel denge kuramı başta olmak üzere, rekabet kuramı, büyüme kuramı ve tüketici kuramına ilişkin lineer modeller içeren bir dizi çalışmalar⁴ yapılır (Arrow & Intriligator, 1981:4-5). İntegral dönemde ileri matematik İktisat kuramında hegemonyasını ilan eder.

İktisat Kuramında Matematiksel Formalizmin Tarihi

Tarihsel süreçte yaşanan iktisadi krizler toplumları derinden sarsar. İktisat biliminin, krizlerle evrimi sonucu ortaya çıkan sorunlara gerçekçi ve etkili çözüm üretememesi yerleşik iktisat kuramının öngörüsüzlüğüne dayanır. İktisat ve matematiğin etkileşimi sürecinde matematiksel formalizmin iktisatta kullanımının bir araç olmaktan uzaklaşıp amaç halini gelmesi tartışmaları da beraberinde getirir. Tartışmaların odağında iktisadın matematiğin hegemonyasına girerek güvenirliliğini yitirme sorunu vardır. Matematiksel yöntemler günümüzde birçok iktisatçı tarafından yerleşik iktisat kuramında yoğun bir şekilde kullanılmaya başlanır. Son yıllarda yapılan iktisadi çalışmaların büyük çoğunluğunun ekonometrik modellerle kurgulanması ve analiz edilmesi yerleşik iktisat kuramını gerçeklikten uzak soyut bir boyuta taşır.

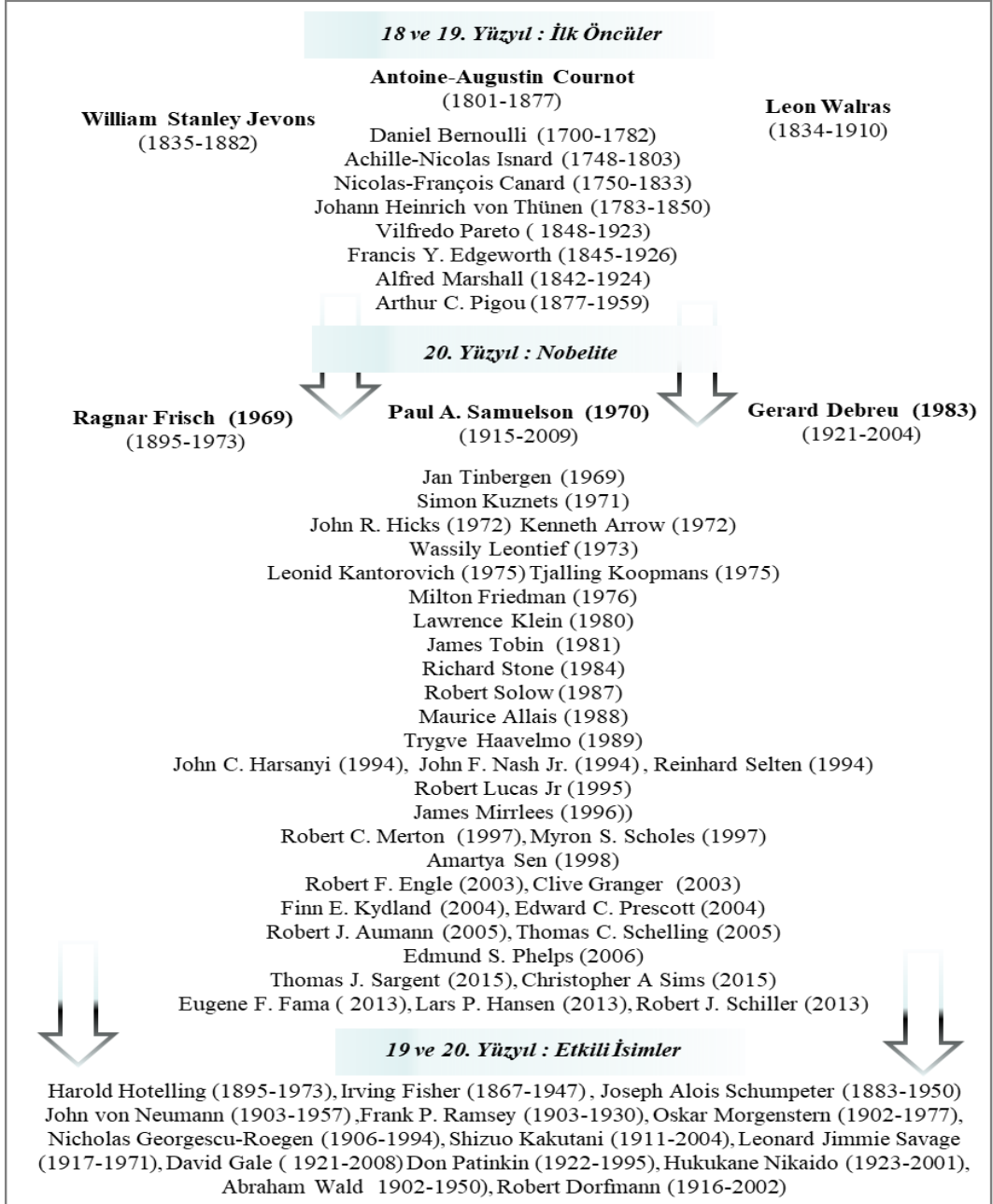
İktisadın formelleşme sürecinin tarihsel gelişimine bakıldığında matematiksel iktisadın, “sembolik” doğum yılı Cournot’unun “Refah Kuramının Matematiksel İlkeleri Üzerine Araştırma” kitabının yayınlandığı 1838 yılı ise, çağdaş döneminin sembolik başlangıcı da John von Neumann ve Oskar Morgenstern’in “Oyun ve İktisadi Davranış Kuramı” kitabının yayınlandığı 1944 yılıdır. İlk dönemin önemli isimleri, genel iktisadi dengenin matematiksel kuramını kuran Walras (1834-1910) yanında, Vilfredo Pareto (1848-1923) ve Francis Ysidro Edgeworth

⁴ Bu çalışmalar arasında John von Neumann’un *Ekonomik Denklemler Sistemi ve Brouwer Sabit Nokta Kuramı’nın Genelleştirilmesi* (1937), Abraham Wald’ın *Yeni Üretim Fonksiyonlarının Pozitif Çözülebilirliği Üzerine* (1933-34), Kenneth Joseph Arrow’un *Sosyal Bilimlerde Matematiksel Modeller* (1951), David Gale’nin *Mathematica Scandinavica*’da yayınlanan *Arz ve Talep Yasası* (1955), Hukukane Nikaido’nun *Metroeconomica*’da yayınlanan *Klasik Çok Yönlü Değişim Problemi Üzerine* (1956), Shizuo Kakutani’nin *Brouwer’in Sabit Nokta Kuramı’nın Bir Genellemesi* (1941), Lionel Wilfred McKenzie’nin *Econometrica*’da yayınlanan *Rekabetçi Bir Ekonomi İçin Genel Denge’nin Varlığı Üzerine* (1959), Wassily Wassilyevich Leontief’in *Amerikan Ekonomisi’nin Yapısı* (1941), Frank Plumpton Ramsey’in *Gerçek ve Olasılık* (1926), John von Neumann and Oskar Morgenstern’in *Oyun Teorisi ve İktisadi Davranış* (1944), Jacob Marschak’ın *Rasyonel Davranış, Beklentiler ve Kardinal Fayda* (1950), Israel Nathan Herstein ve John Milnor’un *Kardinal Faydaya Belitsel Bir Yaklaşım* (1953), Leonard Jimmie Savage’in *İstatistiğin Temelleri* (1954) vb. birçok çalışma gösterilebilir.

(1845-1926)'dür. İkinci dönemde ise iktisat kuramında derin ve önemli değişimlerin tetiklenmesi, Neumann ve Morgenstern'in kitapları yanında, Wassily Leontief'in "Girdi-Çıktı Analizi", Samuelson'un "İktisadi Analizin Temelleri", 1975 yılında Nobel İktisat Ödülü'nü alan Tjalling Charles Koopmans'ın "Üretim ve Bölüşümün Faaliyet Analizi" ve George Bernard Dantzig'in simpleks algoritmasının ortaya çıkması ve özellikle Amerika'da Cowles Komisyonu'nunca yapılan entelektüel çalışmalarıyla olmuştur (Yay, 2005:19).

İktisatta matematiksel yöntemlerin yoğun olarak kullanımı (iktisadın matematizasyonu) konusunda en etkili isimleri geliştirdiğimiz Şekil-1 üzerinde görmek mümkündür. Açıklamalarımızı bu şekili esas alarak devam ettireceğiz.

Şekil-1: Matematiksel İktisadın Kronolojik Tarihi: Formalizm-Matematizasyon-Optimizasyon-Aksiyoematizasyon Akımlarının Modern İktisada Entegrasyonunda En Etkili İsimler



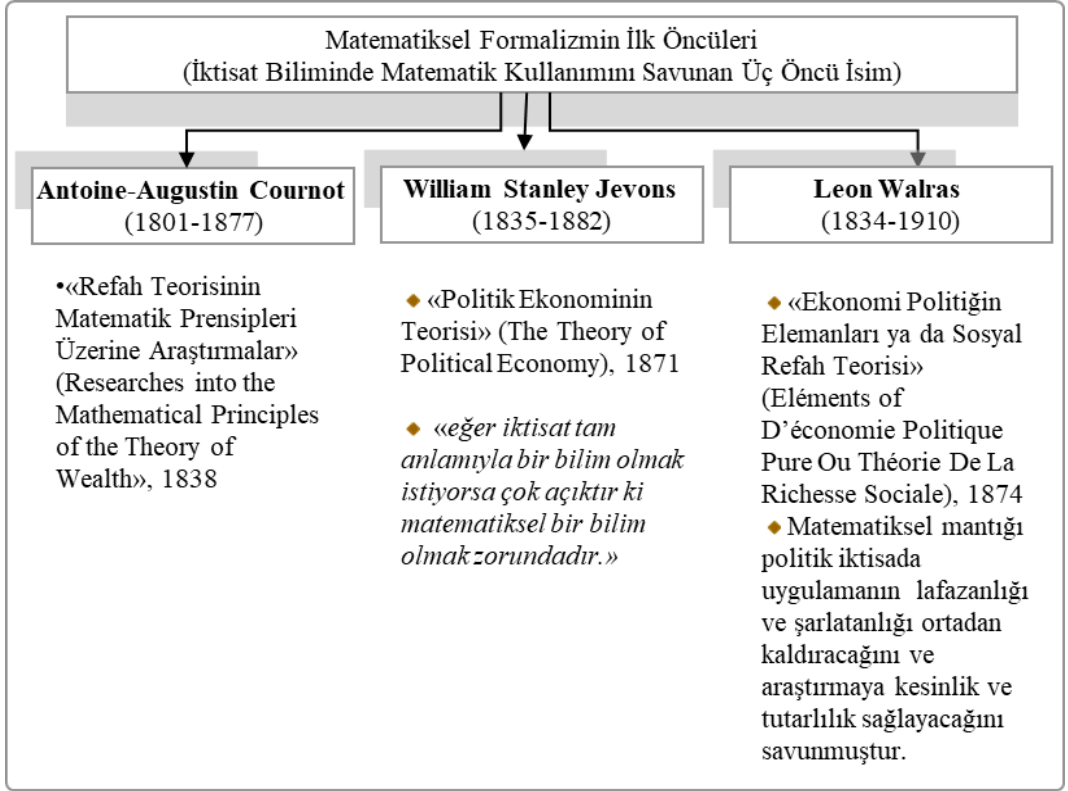
İktisat Kuramında Matematiksel Formalizmin İlk Öncüleri: Antoine-Augustin Cournot, William Stanley Jevons ve Leon Walras

Neoklasik İktisadın ortaya çıkmasında öncü rol oynayan Marjinalizm; birbirlerinden habersiz olarak 1871-1877 yılları arasında “marjinal fayda” kuramı” üzerine yazılan İngiltere’de William Stanley Jevons’un “Politik İktisat Kuramı”, Avusturya’da Carl Menger’in “İktisadın İlkeleri” ve İsviçre’de Leon Walras’ın “Ekonomi Politigin Unsurları veya Toplumsal Refah Kuramı” kitapları ile başlar. 1871’de başlayıp 1920’ler arasında yaşanan ve “Marjinalist Devrim” döneminde bir dizi gelişme yaşanır. Tarihsel süreç içinde marjinal fayda kavramını bulan “Birinci Kuşak Marjinalistler” 1871-1874 yılları arasında birbirlerinden habersiz olarak hareket eden ve önemli bir kısmı mühendis ve matematik kökenli olan çeşitli uluslara mensup düşünürlerin görüşleriyle ortaya çıkar (Bocutoğlu, 2016:158). Bu çalışmaların ortak noktası değişim değerini belirleyen etkenin “üretim maliyeti” değil “marjinal fayda” olduğunu öne sürmeleridir. Bu gelişmelerle birlikte yaşanan paradigma değişimi matematiğin iktisattaki öneminin artmasına sebep olur. Walras ve Jevons matematiksel yöntemi benimserken Menger matematiksel yöntemi kullanmaktan kaçınır. Jevons ve Walras dışında Antoine-Augustin Cournot matematiksel iktisadın ortaya çıkmasına öncülük yapan bir başka isimdir. (Şekil-2)

İlk Öncü: Antoine-Augustin Cournot (1801-1877)

Cournot, matematiksel yöntemleri iktisadi analize uygulayan ilk düşünürdür. İktisat kuramına olan katkıları ölümünden sonra fark edilen Cournot’un çalışmaları Jevons, Marshall ve Fisher tarafından geliştirilir. Marjinalizmin öncüsü olan Cournot iktisada marjinal maliyet, marjinal hasılat ve negatif gelir transferi kavramlarını kazandırır. Cournot’un geliştirdiği ve tek eksiğinin fiyat farklılaştırılmasını dikkate almadığı saf monopol kuramı günümüz iktisatçılarının fikir birliğine vardığı mikro iktisat konuları arasındadır (Bocutoğlu, 2016:165). Ayrıca, 1838 yılında Cournot, oyun kuramının akıl yürütme biçimini iktisada kazandırır, duopol özel durumunu inceler ve daha sonra Nash dengesi olarak adlandırılacak konseptin sınırlı bir versiyonunu kullanarak dengeyi ortaya koyar (Şahin& Eren, 2012:267).

Şekil-2: Matematiksel İktisadın Öncüleri: Cournot, Jevons ve Walras



Cournot *Refah Teorisinin Matematik Prensipleri Üzerine Araştırmalar* (1838) adlı eserinde iktisatta matematiksel notasyonların kullanılmasının yararlarını şu sözlerle özetlemektedir:

“Politik Ekonomi konusunda yazan Smith ve Say gibi yazarlar, sözlü anlatımın bütün güzelliklerini korumuştur Fakat bazı yazarlar, Ricardo gibi, en soyut konulara incelerken veya sonuçlarının daha güvenilir olmasını istediklerinde matematiğe başvurmaktan kurtulamamıştır... Matematik notasyonu anlayan herhangi bir kimse. uzun ve zahmetli çalışmalarla elde edilecek sonucu, bir denkleme ilk bakışta anlayabilir.”⁵

⁵ Şu kaynaktan aktarıyoruz. V. F. Savaş, (2007) *Varsayalım Ki İktisat*, İstanbul :Nobel Yayın Dağıtım.s.36. V. Savaş Ekelund & Hébert,1997:260'dan yararlanarak Türkçe'ye tercüme yapmıştır. Bkz. Robert B. Ekelund, and Robert F. Hébert. 1997. A History Of Economic Theory And Method. New York: McGraw-Hill.

Marjinalistler: William Stanley Jevons (1835-1882) ve Leon Walras (1834-1910)

*“Söz konusu pür teori olduğunda, benim için
iktisatçıların en büyüğü Leon Walras’tır”
Joseph Alois Schumpeter*

William Stanley Jevons İngiliz iktisatçı ve mantıkçıdır. Irving Fisher, Jevons’un “Politik İktisat Kuramı” kitabını iktisatta matematiksel yöntemin başlangıcı olarak tanımlar. Jevons kitabında iktisadın, nicelik ve fiyatlarla ilgili bir bilim olarak matematiksel yöntemlerle açıklanması gerektiğini vurgular. Jevons’a göre iktisat bir bilim olarak değerlendirilecekse, matematiksel yöntemleri kullanılmalıdır. Bu düşüncesinden hareketle Jevons çalışmalarıyla ilgili şöyle bir açıklama yapar (Jevons, 1879:7): *“Kısacası, bir matematikçi olarak değil, diğer iktisatçıları bilimlerinin ancak açıkça matematiksel bir temelde tatmin edici bir şekilde ele alınabileceğine ikna etmek isteyen bir iktisatçı olarak yazıyorum.”* Jevons’a göre matematiksel yöntemler iktisat kuramının gelişiminde önemli yararlar sağlar. Bunun nedeni iktisadın uğraş konularının büyük çoğunluğunun (fiyat, arz-talep miktarları gibi) ölçülebilir olmasından kaynaklanır. Bu düşüncelerine rağmen, kuramında en önemli rolü subjektif fayda kavramına verir (Savaş, 2000:530). Ancak *“benim iktisat kuramım karakter itibariyle pür matematikseldir”* diyen Jevons, beşeri hislerin sayısal etkilerini matematiksel yöntemlerle ölçerek açıklanabileceğini savunarak bu çelişkiyi ortadan kaldırır (Ersoy, 2015:505). William Stanley Jevons, 1879 yılında yayınlanan Politik İktisat Teorisi (The Theory of Political Economy) adlı eserinde *“Açıktır ki ekonomi, bir bilim olacaksa, matematiksel bir bilim olmalıdır”*⁶ şeklinde iddialı bir görüşü dile getirir. (Jevons, 1879:7)

Profesörlüğünü 1870’de İsviçre’de Lozan Üniversitesi’nde alan Leon Walras ise burada matematiksel yöntemlerin iktisadi analize uygulanmasını esas alan Lozan Okulu’nu kurar. Faydanın ölçülebileceğini savunan kardinalist görüşe sahip olan Walras, Jevons ve Menger ile birlikte Marjinalizmi kuran üç iktisatçıdan biridir. Cournot’un “Refah Kuramının Matematiksel İlkeleri Üzerine Araştırma” kitabından etkilenen Walras, “Salt Politik İktisadın Unsurları ve “Uygulamalı Politik İktisat Çalışmaları” adlı eserleriyle tanınır (Bocutoğlu, 2016:180).

⁶ *“It is clear that economics, if it is to be a science at all, must be a mathematical science.”*

Çözümlemelerini matematiksel fonksiyon ve denklemler sistemi ile açıklayan Walras, iktisadı doğa bilimleri ve özellikle fizik gibi tahayyül eder ve iktisadi analizde matematiğin kullanılmasının zorunlu olduğunu savunur. Neoklasik iktisadın kurucusu Alfred Marshall'ın kısmi denge analizinin yanında genel bir denge olması gerektiği görüşü 19. yüzyıl iktisatçıları Antoine Augustin Cournot ve Jules Dupuit'e kadar götürülüyor olsa da, bu düşüncüyü bugün anlaşıldığı biçimiyle ortaya koyup, formülize eden Leon Walras'dır. Genel denge kuramının kurucusu olan Walras, klasik mekanikteki statik denge kuramından etkilenir (Günay, 2016:284).

Walras, Fransız iktisatçı Charles Gide'ye 3 Kasım 1889 tarihinde yazdığı bir mektupta şunları söylemektedir (Marchionatti, 2007:291): *“Matematiksel mantığı politik iktisada uygulama lafazanlığı ve şarlatanlığı ortadan kaldıracak ve araştırmaya kesinlik ve tutarlılık sağlayacaktır.”* Walras'a göre matematiğin nesnel amacı genel olarak büyüklükleri incelemektir bu nedenle iktisadın değişim kuramı da matematiğin bir dalıdır. Her yönden fiziko-matematiksel bilimleri anımsatan iktisadın pür kuramı, uygulamalı iktisattan üstün olmalıdır. Matematiksel yöntem deneysel bir yöntem değil, rasyonel bir yöntemdir bu nedenle iktisada uygulanmasında bir sorun yoktur ve iktisatçılar matematik dilini ve matematiksel yöntemleri kullanmaktan korkmamalıdır (Walras, 1954:70-71).

Çözümlemelerini matematiksel yöntemlerle açıklayan Walras'ın “Genel Denge” denklemi ile ilgili çalışması iktisat yazınında önemli bir aşama oluşturur. Artık, iktisadi birimlerin kendileri için en yüksek faydayı elde etme koşulları, “Genel Denge Analizi” çerçevesinde açıklanmaya çalışılmaktadır. Genel Denge Kuramı ile birlikte, matematiksel yöntemlerin iktisat alanında kullanımı da hız kazanır. Kullanılan matematiksel denklemler ve formüller; kuramın açıklanmasında, algılanmasında ve yaygınlaşmasında belirleyici rol oynarlar ve sonraki süreçte “Girdi Çıktı Analizi”, “Doğrusal Programlama”, “Oyun Kuramı” gibi konularda da yaygın olarak kullanılmaya başlanırlar. Walras'a göre iktisat miktarlarla ilgilendiğinden dolayı matematiksel olmalıdır ve eğer iktisat, astronomi ve mekanik gibi rasyonel bir bilimse, o zaman iktisatçılar matematiği kullanmaktan imtina etmemelidir (Altıntaş, M. ve diğerleri, 2008:125).

Matematiksel Formalizmin Modern İktisat Kuramına Entegrasyonu

İktisat kuramının özellikle 20. yüzyılın başından itibaren somut reel dünya sorunlarıyla bağlantısını koparıp, soyut bir yapıya bürünmesinin nedeni matematiksel yöntemlerin bir amaç olmaktan uzaklaşıp bir amaç haline

gelmesidir. Bu sürecin anlaşılması için iktisat ve matematiğin etkileşiminin tarihine bakılması gerekir. İktisat ve matematiğin etkileşimi differansiyel hesabın iktisada uygulanışı ile başlar. Sonrasında John von Neumann ve John Nash'ın oyun kuramı ve matematik programlama yöntemleri ile Arrow-Debreu'un genel denge kuramı ve bu kurama Debreu yoluyla Fransa'daki "Bourbaki" matematik grubunun katkısıyla devam eder. (Bulutay, 2015:32). İktisadın matematiksel yöntemlerle geçirdiği dönüşümde Frisch ve Jan Tinbergen'in öncülük ettikleri ekonometrinin etkisi yadsınamaz. Özellikle 1929 bunalımı ile birlikte devresel hareketlerin gerçek iktisadi verilerle açıklama çabaları önemli bir dönüm noktasıdır. İktisatçılar arasında iktisadi bunalımların ve dalgalanmaların ekonometrik modellerle açıklanabileceği düşüncesi yaygınlık kazanmaya başlar. 1929 Bunalımı Keynesyen Kuram'ın doğuşuna da zemin hazırlar. Frisch ve Tinbergen Keynes'in görüşlerinden oldukça etkilenirler. Bu anlamda ekonometri ve Keynesyen Makro İktisat aynı dönemde oluşurlar ve birbirlerini etkilerler. Frisch, 1933 yılında yayınlanan çalışmasında, devrevi hareketleri inceler ve makro ekonomi kavramını ilk kez kullanır. Frisch'in çalışmaları ekonometrik model oluşturmaya öncülük eder. Tinbergen'in kriz dönemlerinde görülen iktisadi dalgalanmaları açıklamaya yönelik çalışmaları da makro ekonometrik modeller içerir. Keynes, 1939 yılında, Tinbergen'in çalışmalarına çok sert eleştiri getirir. Keynes'e göre kuramsal modeller mantık ve işleyiş olarak doğrudur ve ekonometrik modeller bunların doğruluğunu ve yanlışlığını gösteremez. Bu nedenle Keynes, ekonometrik modeller kuramlarla uyuşmuyorsa, o zaman yöntemde ve verilerde sorun olduğuna inanmaktadır. Bu eleştiriye rağmen Keynes'in "Genel Kuramı" ile ekonometri arasında oldukça yakın ilişki kurulur. Bu yönde en önemli adım Hicks'in IS-LM Modeli ile Genel Kuramı açıklayıp yorumlamasıyla gerçekleşir (Altıntaş ve diğerleri, 2008:126-127).

20. yüzyılın başında Vito Volterra, Henri Poincare, Albert Einstein gibi uygulamalı matematiksel kuramcılara göre bir olgunun matematiksel modelinin sağlam ve modelin somut sonuçlarının deneysel temelini olması, test edilebilir sonuçlar üretmesi anlamına gelir. Modelin sağlam olması "sınırlanmamış" olması anlamına gelir. Newton fiziğine dayanan bu yaklaşım, Fransa'da Jules Dupuit ve Cournot, İsviçre'de Walras ve Pareto ya da İngiltere'de Jevons, Marshall ve Edgeworth gibi önemli iktisatçılar tarafından benimsenir. İktisadın matematikselleşme yönündeki dönüşüm sürecinde matematikçiler de bir kriz içinde mantıkçılar, formalistler ve sezgiciler olarak üçe ayrılır. 19. yüzyılın sonunda Walras'ın, iktisadın kendisini rasyonel mekaniğe benzetmeye çalışması ve iktisadi düşüncenin yapısı ile güç, enerji, denge, istikrar kavramları ve bunların ampirik benzerleri arasında bağlantı ya da benzerlik kurma çabası bilimsel bir

temel oluşturmak amacıyla iktisadın matematikleştirilmesi, olarak algılanır. Ancak 20. yüzyıla girerken bir yandan matematikte formalizm ön plana çıkarken, 19.yüzyıl fiziğinin yerini, görelilik ve kuantum fiziği alır. Bu matematikle doğal bilimler arasındaki ilişkiyi değiştirir. Weintraub'a göre bu değişimin mimarı Alman Matematikçi David Hilbert'tir (Yay, 2005: 15-17). Hilbert'in "Aritmetik Temelilerin Sınırlanması Programı" ve "Aksiyomatik Yaklaşımı" 1920'lerde formalizmin temelini oluşturur. Formalizmin iktisat çevrelerinde genel kabul görmesi 20.yüzyılın ortalarını bulur. Başta Samuelson olmak üzere, Roy Forbes Harrod, John Richard Hicks, Neumann, Morgenstern gibi iktisatçılar iktisadi akıl yürütmeye standart formel modeller kullanarak formalist iktisatçılar jenerasyonunun öncüleri olurlar (Kutlu, 2018:403).

Hilbert'in öğrencisi John von Neumann'ın Shizuo Kakutani'nin sabit nokta kuramını kullandığı büyüme modeli, Morgenstern ve Neumann'ın Oyun Kuramı'nın temellerini atmaları, Hilbert'in formalist matematik yaklaşımını benimsemiş Bourbaki Matematik Okulu'ndan yetişmiş Debreu'nun ABD'deki Cowles Komisyonu'na katılması ve Kenneth Joseph Arrow'la birlikte refah iktisadının temel kuramlarını ispatlamaları, John Nash'in Oyun Kuramı'nı geliştirmesi, Arrow-Debreu'nun da Nash'in sonuçlarını genelleştirerek bir sosyal sistemin dengesinin var olduğunu kanıtlamaları iktisadın formalleşmesi yolundaki önemli gelişmelerdir (Yay, 2005: 21-22).

Neoklasik iktisadın temelini oluşturan pek çok kuramda 1972 yılında ekonomi dalında Nobel İktisat Ödülü'nü kazanan almaya hak kazanan Amerikalı iktisatçı Arrow'un izlerini bulmak mümkündür. Arrow'a göre matematik, kuramların açıklıkla ortaya konmasını ve ampirik olarak test edilmesini kolaylaştırmaktadır. Bugün genel denge kuramının üzerine oturduğu şablon Arrow-Debreu dengesi olarak adlandırılmaktadır. Genel denge kuramının temelini oluşturan Arrow-Debreu modelinin yükselişi, açık bir biçimde formalizmin iktisatta zirveye çıkışını temsil etmektedir. Arrow ve Debreu'nün, Walras'ın da daha önce üzerinde durduğu çoklu piyasa dengesinin varlığına ilişkin çalışmaları, iktisattaki formalizme yeni bir şekil verir ve bu durum 20. yüzyılın ikinci yarısında iktisat kuramının en prestijli dönemini geçirmesinin de önünü açar (Kutlu, 2018:403).

Paul Anthony Samuelson (1915-2009)

“Matematik virüsü iktisada bir kez bulaştığında bundan çok şikayet edenler olacak öngörüm gerçekleşti... Bilim birbirini izleyen cenaze törenleriyle ilerler”

Paul Anthony Samuelson

“Matematiğin yardımıyla, çıplak gözden gizlenmiş boyutlu yüzeylerin özelliklerinin doksan dokuzunu görebiliyorum.”

Paul Anthony Samuelson

Paul Samuelson, matematiksel yöntemleri iktisadın mikro ve makro alanına sistemli biçimde uygulayan ilk iktisatçı olarak kabul edilebilir. Samuelson, 1947’de İktisadi Analizin Temelleri’ni yazmasının ardından modern matematiksel iktisadın kurucusu olarak kabul edilir. Sonrasında, ekonometri olarak bilinen formüllü model kurma ve bu modelleri test etme, iktisadın bir bilim olma yolundaki ayrılmaz bir parçası olur (Kutlar & Yılmaz, 2000:58). Samuelson, iktisatta matematiğin kullanılmasını savunanların başında gelir. Ona göre Walras ve Cournot, geçen yüzyılın sonunda matematiğin kullanımına öncülük etmişlerse de, Cambridge’li İngiliz iktisatçıların sözlü açıklamaları tercih etmeleri bu gelişimi engeller. John Maynard Keynes ve Alfred Marshall ise matematiği sadece kavramları ve kuramları kısa yoldan tanımlamak amacıyla kullanırlar. Samuelson matematiğin sadece bu amaçla kullanılmasına karşı çıkar ve matematiğin sezgi yolu ile elde edilmesi olanaksız sonuçları elde etmek için kullanılabileceğini savunur. Ona göre iktisadi problemlerin çoğu refah, maliyet ve kar gibi bazı değişkenlerin maksimizasyonu veya minimizasyonu ile ilgilidir. Dolayısıyla eğer bir davranış, örneğin bir firmanın kar maksimizasyonu, matematiksel problem olarak ele alınırsa araştırmacı matematiksel ifade biçiminden çok önemli bazı kuramlar elde edebilir (Savaş, 2000: 814).

Samuelson’a göre, 1870’lerden bu yana iktisat yazını tarandığında, üretilen gerçekliklerin büyük kısmının matematiksel yöntemleri kullanan kuramcıların ürünü olduğu görülür. Samuelson’a göre, matematik bir dil, iletişim aracıdır. Doğa bilimleri tümevarımdan hareket etse de, gerçekliğin araştırılmasında biyoloji ve iktisat gibi bilimler, tümevarım yanında tümdengelim yöntemine de ihtiyaç duyarlar. Tümdengelim yöntemi iktisatta gereklidir ve sözel tümdengelim çıkarım mantığı ile matematiksel mantığın sembolik mantığı özdeştir: Mantıksal bir ifade, matematiksel olarak ifade edilebilir. Ancak matematiğin kurallarını bilerek yapılacak çıkarım, sonuca ulaşmada zamandan tasarruf sağlar. Samuelson, matematiğin işlevinin sözel olarak kanıtlanamayacak gerçeklik üretmek değil, tarihsel olarak hiç yaşanmamış ve sözel olarak kanıtlanmamış gerçeklik üretmek olduğunu belirtir (Yay, 2005:10).

Ragnar Anton Kittil Frisch (1895-1973)

“Matematik, istatistik ve ekonomi arasındaki bağlantıları daha iyi bir ifade edecek bir isim olmadığı için ekonometri adını verdiğimiz yeni bir disiplin buluyoruz. Ekonometrinin amacı, teorik ekonomi politiğin veya "saf" ekonominin soyut yasalarını deneysel ve sayısal doğrulamaya tabi tutmak ve böylelikle mümkün olduğunca saf ekonomiyi kelimenin tam anlamıyla bir bilime dönüştürmektir.”

Ragnar Frisch

“Ekonometri hiçbir şekilde iktisadi istatistiklerle aynı şey değildir. Ekonometri, hatırı sayılır bir kısmı nicel bir karaktere sahip olan genel iktisat teorisi ile de tamamen aynı değildir. Ekonometri, matematiğin ekonomiye uygulanmasıyla eşanlamlı olarak da ele alınmamalıdır. Deneyimler göstermiştir ki, istatistik, ekonomi teorisi ve matematiğin her biri, modern iktisadi yaşamdaki niceliksel ilişkilerin gerçek anlamda anlaşılması için tek başına yeterli değildir. Bu üç disiplinin birleşmesi önemlidir. Ve ekonometriyi oluşturan bu birleşmedir.”

Ragnar Frisch

İktisat bilimi alanında dünyanın en prestijli ödülü kabul edilen Nobel İktisat Ödülü ilk defa 1969 yılında Norveçli Frisch ve Hollandalı Tinbergen'e verilir. Frisch ve Tinbergen bu ödülü iktisadi süreçte dinamik modellerin analiz uygulamalarına katkılarından dolayı hak ederler. Frisch, ekonometri terimini ilk olarak kullanan iktisatçı olarak ekonometri bilimi için ayrı bir öneme sahiptir. 1926 yılında iktisat ve istatistik ile ilişkilendirdiği tüketim kuramını yazar. Bu çalışmayı 1932 yılında yazdığı tüketici talebine işaret ettiği ve marjinal faydayı ampirik olarak ölçmeye imkan veren kitabı izler. “Ekonometri” terimi ilk olarak burada kullanılır. 1926'da ilk defa üretim kuramı konusunda ders verir ve kuramın matematikleşmesini sağlar. Ayrıca Frisch'in doktora tezi Oslo Üniversitesi'ne verilen ilk kuramsal istatistik tezdur. Frisch, Oslo Üniversitesi'nde modern istatistiksel yöntemlerini başlatan kişi olarak kabul edilebilir (Tarı & Koç, 2010:43). İktisattaki yeni kuramların konuşulacağı bir topluluk ve bu topluluğun bir yayın organının olması fikri ilk defa Frisch'in François Divisia'ya yazdığı 1926 tarihli mektupla ortaya atılır. Bu süreç Ekonometri biliminde en saygın kurumlardan biri olma özelliğini halen sürdürmekte olan Ekonometri Cemiyeti'nin 29 Aralık 1930'da kurulması ile sonuçlanır. Sonrasında 1933'te Econometrica dergisini kurar (Bjerkholt, 1995:755-756).

Frisch, mikro iktisat, makro iktisat, ekonometri gibi günümüzde hala kullanılmakta olan birçok terimin isim babasıdır. Frisch 1929 Buhranı'ndan sonra yaşanan durgunluk döneminde devletin faaliyetlerini artırmasını, böylece kamu harcamalarının artırılmasıyla talebin yükseltilebileceğini savunan ilk ve öncü iktisatçılardandır. Frisch'in önemli katkılardan bir diğeri de ekonometri alanındadır. Bu konudaki katkısı iktisat kuramını matematiksel formülasyon teknikler ile istatistiksel verinin uygulamalarına bağlı olarak ortaya koymasındır. Ekonometriyi kullanarak iktisadi hipotezleri test eder ve dolaylı içsel ilişkileri tahmin eder. Tinbergen ve Frisch'in ortak noktaları iktisadi sorunların çözümünde matematiksel yöntemlerden yararlanmaları ve bunda da çok önemli bir başarı sağlamış olmalarıdır. Onların bu gayreti yeni bir bilim dalı olan Ekonometri'nin oluşmasını sağlar. (Tarı & Koç, 2010:45-46).

Ekonometri; iktisat kuramı, istatistik ve matematiğin birleşmesidir. Ekonometri, kuramsal politik iktisadın veya "salt" iktisadın soyut yasalarını deneysel ve sayısal doğrulamaya tabi tutmayı ve böylece salt iktisadı mümkün olduğunca kelimenin tam anlamıyla bir bilime dönüştürmeyi amaçlamaktadır (Chipman, 1998:58).

Ekonometrinin önemli bir kısmı kesinlikle niceliksel bir karaktere sahip olsa da, genel iktisadi teori olarak adlandırdığımız disiplinle de aynı değildir. Ekonometri aynı zamanda iktisatta uygulanan matematiksel yöntemlerle eş anlamlı olarak kullanılmamaktadır. Deneyimler göstermiştir ki, istatistik, iktisat kuramı ve matematiğin dahil olduğu üç alanın her biri, modern iktisadi hayattaki nicel ilişkilerin gerçek anlamda anlaşılması için gerekli bir durum olmakla birlikte tek başına yeterli değildir. Güçlü olan alan üçünün de birleşmesidir ve ekonometriyi oluşturan da bu kesişimdir (Frisch, 1933:2).

Gérard Debreu (1921-2004)

“Genel ekonomik dengenin matematiksel teorisiyle tanıştığım da ömür boyu adanmışlığa dönüşen ekonomi ile ilgilenmeye başladım.”

Gérard Debreu

Fransız asıllı olan Debreu, 1975'te ABD vatandaşlığına geçmiş olan bir matematikçi ve iktisatçıdır. Debreu, 1983 yılında iktisat kuramına yeni analitik yöntemler kattığı ve genel denge kuramının özenli bir yeniden formülasyonunu yaptığı için Nobel İktisat Ödülü'nü alır (Çakır, 2010:217). Debreu'un “Değer Kuramı: İktisadi Dengenin Aksiyomatik Bir Analizi”, “Matematiksel İktisat” ve İktisat Kuramının Matematikleştirilmesi” isimli çalışmalarıyla matematiği iktisat kuramının temel dayanağı haline getirdiği görülür (Ersoy, 2015:675-676).

II. Dünya Savaşı sonrasında iktisadın matematikleşme süreci, bazı özellikleri itibariyle ne öncesi olan ne de sonrası olacak olan bazı tesadüflerden ibarettir. Söz konusu bu dönüşüm öncesinde fiziğin iktisat kuramına ulaşılmaz-ideal olarak seçilmesi, iktisadın matematikleşmesinin temel etkenidir. Debreu'ya göre, fizikle matematiğin etkileşimi, fiziğin, somuta ilişkin açık sorunlarına matematiğin soyut dünyasından hazır-yanıtlar bulmasına neden olur. Fizik, matematiğin mantıksal sertliği ve matematikleşme baskısına, fiziğin deneyleri ve olgusal gözlemleri ile karşı koyarak bir denge kurarken, iktisat kuramı bu modeli kuramaz. İktisat kuramının ampirik yanının yeterince sağlam olmaması iktisat kuramını, mantıksal yapısını ve içsel tutarlılığını sağlamlaştırmaya yönelir. Bu bağlamda sözel tümdengelim mantığının hatalarını minimuma indirmede matematik önemli bir işlev görür (Yay, 2005:13).

Adam Smith'in; fiyatın bir görünmez el gibi arz ve talep arasında bir denge kurduğu düşüncesini matematiksel bir ifadeye dönüştürme yolundaki çabası Genel Denge Kuramı'nın ilk adımı sayılır. Bu süreçte, iktisada bilimsel bir nitelik kazandırma iddiasındaki Walras, iki ünlü Fransız matematikçi Henri Poincare ve Emile Piccard tarafından matematik kullanımı ile iktisadın, mekanik ve matematiksel fizik ile aynı mertebeye ulaşabileceği yönünde cesaretlendirilir ve Walras 1874'te kuramın ilk matematiksel formülasyonunu sunarak kuramın gelişimi yolunda önemli bir adım atar. Ancak Walras'ın açtığı yolun hemen hemen yarım yüzyıl boyunca kullanılmadığı, bu dönemde marjinalist ekolden gelen Neoklasik iktisatçıların Marshall'ın kısmi denge yaklaşımını benimsedikleri söylenebilir. Bunun bir nedeni İngilizce yazar iktisatçıların 1920'lerde Walras'dan henüz haberdar olmamaları olabilir (Öğüt, 2019:248-250). Karl Gustav Cassel'in 1918 yılında yazdığı "Sosyal İktisat Kuramı" Walras'ın Genel Denge Kuramı'nın basit bir biçimidir ve Cassel'in modeli Arrow-Debrue modeline öncülük eder (Garrison, 1997:91).

1954 yılında Chicago Üniversitesi'nde Arrow ile Debrue'nin "Rekabetçi Bir Ekonomi İçin Genel Dengenin Varlığı" başlıklı ortak çalışmalarında topoloji yöntemlerini kullanarak mevcut genel dengeyi tanımlayıcı matematiksel bir kanıtlama yöntemini sağlamaya çalışırlar (Ersoy, 2015: 676). Bu çalışmanın temel çabası, açık şekilde ifade edilmiş varsayımlar çerçevesinde rekabetçi bir ekonominin dengeye sahip olduğunun ispatlanmasıdır ve bu yerleşik iktisatta yeni bir dönemin habercisidir. İktisatta eş zamanlı matematiksel denklemlerin çözemediği sorunları piyasaların ürettiği benzersiz çözümlerde bulmaya çalışırlar. Artık Genel Denge Kuramı'nın asıl amacı iktisadın bilimselleşmesi değil tam bir matematiksel tutarlılığı yakalamasıdır (Öğüt, 2019:250).

Debreu'nun Genel Denge Kuramı'na adapte ettiği matematiksel yöntem Bourbaki⁷'nin formalizmine dayanır. Bourbaki, Hilbert'in formalizminden etkilenecek az sayıda iyi seçilmiş aksiyomla matematiğin büyük bölümünün mantıklı ve verimli bir şekilde türetilbileceğini savunur. Debreu'nun akıl yürütme tarzı Bourbaki tarafından belirlenir (Çakır, 2010). Debreu'nun formalist yaklaşımının kökleri Euclides'e dayanan ve Hilbert'in geliştirdiği aksiyomatik programında ortaya konan aksiyomatik geleneğe aittir. Debreu'nun Bourbakist geçmişinin bir yansıması olarak, aksiyomatik metodunda matematiksel yaklaşım ile iktisadi içerik birbirinden tamamen ayrıdır ve Debrue bu ayrımı metodolojik olarak da savunmakla iktisatçılar arasında da özel bir yere sahiptir. Debreu'ya göre aksiyomatikleştirmenin iktisatçıları, üzerinde çalıştıkları sorunları daha derinden anlamaya ve sorunlarına daha iyi uyan matematiksel teknikler kullanmaya yönelttiğini savunur (Öğüt, 2019:249). Debrue'ye göre iktisat kuramının aksiyomatikleşmesinin faydaları arasında; kuramın varsayımlarının net olarak ortaya konması, kuramın özel bir duruma ne derece uygulanabileceği konusunda karar verilmesini sağlaması, iktisatçıların ele aldığı problemlerin daha derinlemesine anlaşılmasını sağlaması, basitlik ve genellik özellikleri sayesinde kuramların daha estetik olmasını, daha fazla kişi tarafından kullanılmasını ve daha geniş problemlere uygulanmasını sağlaması yer alır (Yay, 2005:16).

Debreu'nun hatası ise Bourbaki'yi izleyerek, matematiksel kanıtlama yoluyla elde edilen sonuçların "ebedi doğrular" olduğunu kabul etmesidir (Ersel, 2016:16). Bunun hata olarak görülmesinin nedeni ise Aristoteles'ten sonra gelmiş en büyük mantıkçi olarak kabul edilen Kurt Gödel'in, Hilbert'in matematikteki tüm ispatların belli bir sabit yöntem veya yöntemler bütünüyle elde edilebileceği savını çürütmesidir. Gödel'in "eksiklik kuramı" matematiksel akıl yürütmenin kusursuz olarak biçimselleştirilemeyeceğini açığa çıkarır (Öğüt, 2019:253).

⁷ Fransız matematikçi Nicolas Bourbaki tartışmalar yaratan ve çığır açan birçok eser verir. Ancak bu dahi aslında hiç yaşamadı. Hikaye 1935 yılında Fransa'da Capoulade adlı bir kafede başlıyor. Çevre okullardaki hocaların ve öğrencilerin buluşma noktası olan bu kafede Henri Cartan, Claude Chevalley, Jean Delsarte, Jean Dieu-donne, Rene de Possel ve Andre Weil öğle yemeği için buluşuyor. Toplantının amacı üniversitede okutulan analize giriş kitabının yetersizliğine çare olarak yeni bir kitap yazmak. Bu altı genç sonunda ortaklaşa bir kitap yazmaya karar veriyorlar ancak yazar olarak kimin adının yazılması konusunda anlaşamıyorlar. Akıllarına okulda bir şaka esnasında duydukları Fransa'da pek çok savaşta askeri başarılar gösteren bir kahraman olan Charles-Denis Bourbaki'den esinlenerek, Nicolas Bourbaki takma adı geliyor ve bu biçimde matematik çalışmaları ile ses getiren Bourbaki grubu kurulmuş oluyor (Sertöz, 2016:67-68).

Nobelite ve İlave Katkılar

20. yüzyılda modern iktisada matematiğin ve ekonometrinin entegrasyonunda en etkili üç isim yukarıda görüş ve katkılarını özetlediğimiz Paul Anthony Samuelson, Ragnar Anton Kittil Frisch ve Gérard Debreu olmuştur. Ekonomi alanında verilen Nobelite'nin ilk sahipleri Frisch, Tinbergen ve Samuelson olunca iktisatçılar adeta çalıştıkları disiplinin bir bilim hüviyetini kazanmasının kantitatif araçlar kullanılmasıyla mümkün olacağını düşünmeye başlamışlar ve 1970'li yılların başlarından itibaren "iktisadın matematizasyonu" adı verilen akım hız kazanmıştır. Girdi-çıkıtı analizi, doğrusal programlama, ekonometri, genel denge analizi, oyun teorisi, sosyal tercih gibi kantitatif araştırma programları alanında araştırmalar yapan öncü bilim insanları ard arda Nobel ekonomi ödülü ile taltif edilmişlerdir. (Şekil-3)

Samuelson'dan hemen iki yıl sonra (1972) genel denge teorisine ve refah teorisine yönelik çalışmaları dolayısıyla Sir John R. Hicks ve Kenneth J. Arrow Nobelite'nin sahibi olmuşlardır. 1973 yılında Wassily Leontief girdi-çıkıtı analizi alanındaki öncü katkıları dolayısıyla Nobel ekonomi ödülünü almıştır. 1975 yılında ise Leonid Kantorovich ve Tjalling Koopmans optimum kaynak tahsisi konusunun matematiksel analizini yapmışlardır. Liberal iktisadın 20. Yüzyıldaki en önemli temsilcilerinden biri olan Milton Friedman'ın 1976 yılında büyük ölçüde matematiksel analizler içeren tüketim teorisi ve parasal iktisat araştırmalarının Nobelite ile onurlandırılması iktisat biliminde matematiksel iktisadın çok daha yaygınlaşmasında ve ivme kazanmasında etkili olmuştur. Genel denge analizi ve matematiksel iktisadın gelişmesinde bir diğer önemli ve etkili isim yukarıda özetlediğimiz üzere Gérard Debreu'dur. Debreu'nun 1983 yılında Nobel kazanmasının ardından oyun teorisi adı verilen bir başka kantitatif araştırma programı iktisat bilimine dahil olmuştur. John C. Harsanyi, John F. Nash Jr. Reinhard Selten, Robert J. Aumann ve Thomas C. Schelling oyun teorisine katkıları dolayısıyla Nobel ekonomi ödülü ile taltif edilmişlerdir. (Tablo-1).

Şekil-3: Matematiksel İktisadın Farklı Alanlarına Katkı Sunan Öncüler

<p style="text-align: center;">Genel Denge Analizi</p> <p>Léon Walras, Kenneth Arrow, Gérard Debreu, Francis Ysidro Edgeworth, Alfred Marshall, David Gale, John Hicks, Leonid Kantorovich, Tjalling Koopmans, Maurice Allais</p>	<p style="text-align: center;">Ekonometri</p> <p>Ragnar Frish, Jan Tinbergen, Gerhard Tintner, Trygve Haavelmo, Lawrence Klein, Abraham Wald, Henry Moore</p>
<p style="text-align: center;">Girdi-Çıktı Analizi</p> <p>Wassily Leontief, Alexander Bogdanov, Vladimir Groman, Vladimir Bazarov, Maurice Potron</p>	<p style="text-align: center;">Doğrusal Programlama</p> <p>Leonid Kantorovich, Tjalling Koopmans, Frank Lauren Hitchcock, George B. Dantzig, John von Neumann, Paul Samuelson, Robert Solow</p>
<p style="text-align: center;">Oyun Teorisi</p> <p>John Von Neumann, Oscar Morgenstern, John C. Harsanyi, John F. Nash Jr, Reinhard Selten, Robert Aumann, Thomas Schelling...</p>	<p style="text-align: center;">Sosyal Tercih</p> <p>Kenneth Arrow, Amartya Sen, Allan Gibbard, Mark Satterthwaite ...</p>

Tablo-1: Kantitatif Araştırma Metodolojisinin Kullanılması ve Yaygınlaşmasında Etkili Olan Nobel Ekonomi Ödülü Sahipleri

Yıl	Nobel Ödülü Sahipleri	Ödüle Hak Kazanma Gerekçesi
1969	Ragnar Frisch Jan Tinbergen	İktisadi süreçlerin analizine yönelik dinamik modellerin geliştirilmesine katkıları dolayısıyla
1970	Paul Samuelson	Statik ve dinamik iktisat teorisine katkıları dolayısıyla
1972	Sir John R. Hicks Kenneth J. Arrow	Genel iktisadi denge ve refah iktisadına yönelik çalışmaları dolayısıyla
1973	Wassily Leontief	Girdi-çıkış yönteminin geliştirilmesi ve bu yöntemin iktisadi sorunlara uygulanması alanındaki katkıları dolayısıyla
1975	Leonid Kantorovich ve Tjalling Koopmans	Kaynakların optimum tahsisi teorisine yönelik çalışmaları dolayısıyla
1976	Milton Friedman	Tüketim analizi, parasal tarih ve teori alanındaki ve onun istikrarlılık politikasının karmaşıklığını göstermesi alanındaki çalışmaları dolayısıyla
1980	Lawrence R. Klein	Ekonometrik modellerin oluşturulması ve ekonomik dalgalanmalar ile ekonomik politikaların analiz edilmesine yönelik çalışmaları dolayısıyla
1981	James Tobin	Finansal piyasaları analizi ve bunların harcama kararları, istihdam, üretim ve fiyatlarla ilişkisi üzerine analizleri dolayısıyla
1983	Gerard Debreu	Yeni analitik metotları ekonomi teorisine dahil etmesi ve genel denge teorisini ilave katkıları dolayısıyla
1988	Maurice Allais	Piyasalar teorisine ve kaynakların verimli kullanılmasına yönelik katkıları dolayısıyla
1989	Trygve Haavelmo	Ekonometrinin olasılık teorisinin temellerini açıklığa kavuşturması ve eşzamanlı ekonomik yapıları analiz

		etmeye yönelik çalışmaları dolayısıyla
1994	John C. Harsanyi, John F. Nash Jr. Reinhard Selten	İşbirlikçi olmayan oyun teorisine katkıları dolayısıyla
1995	Robert Lucas Jr.	Rasyonel beklentiler teorisine katkıları dolayısıyla; ayrıca makroekonomik analizi değiştirip ekonomik politika konusunda kavrayışımızı derinleştirdiği için
1997	Robert C. Merton Myron S. Scholes	Türevlerin değerini belirlemek için yeni bir yöntem geliştirmeleri dolayısıyla
2003	Robert F. Engle Clive Granger	Zaman serilerinin (kointegrasyon) analizi alanında yaptıkları katkılar dolayısıyla
2005	Robert J. Aumann Thomas C. Schelling	Oyun teorisi ve bu çerçevede çatışma, uzlaşma ve işbirliğini anlamamıza yaptıkları katkılar dolayısıyla
2006	Edmund S. Phelps	Makroekonomik politikadaki zamanlar-arası değişimleri analiz etmeye katkıları dolayısıyla
2011	Thomas J. Sargent Christopher Sims	Makroekonomi alanında neden ve sonuç üzerindeki ampirik araştırmaları dolayısıyla

Kaynak: The Nobel Foundation, All Prizes in Economic Sciences,
<https://www.nobelprize.org/prizes/lists/all-prizes-in-economic-sciences/>

IV. SONUÇ

Bu çalışma içerisinde matematiksel formalizm ve matematiksel iktisadın doğuşu ve tarihsel gelişimini ortaya koymaya çalıştık. Gerçek şudur ki, ekonomi alanında ilk Nobel ödülünün 1969 yılında ekonometri ve iktisadi modeller alanındaki çalışmaları dolayısıyla Ragnar Frisch ve Jan Tinbergen'e verilmesi ve bir sonraki yıl statik-dinamik ekonomik modeller ve iktisadi konuların ele alınmasında matematiksel analizi çok aktif olarak kullanan Paul Samuelson'un Nobel ile taltif edilmesi "*iktisadın matematizasyonu*" adı verilen akıma ivme kazandıran en önemli faktör olmuştur. İktisatçılar iktisat araştırma programının ya da disiplininin Nobel ödüllerinden birisi olarak belirlenmesini elbette çok önemsemişlerdir. Üstelik ilk ödüllerin ard arda kantitatif araştırma konularına verilmesi

(matematiksel iktisat, ekonometri, genel denge analizi, girdi-çıkıtı analizi vs.) iktisatçıların “*matematizasyon*” yoluna adeta sevk etmiştir.

1970’li yıllardan günümüze iktisatta matematiğin hakimiyeti ve ağırlığı artmıştır. İktisat ders kitapları, araştırma kitapları ve özellikle akademik dergilerin neredeyse tamamı matematiksel analizlerle, modellerle, formüllerle, grafiklerle vs. adeta dolup taşmıştır. Bugün bile iktisat alanında yayınlanan dergilerde matematiksel iktisadın hakimiyeti sözkonusudur ve görünen odur ki iktisat bilimine dal budak salmış bu akımın kolay bir şekilde ortadan kalkacağını söylemek güç görünmektedir.

Kanaatimizce, iktisatçıların geçen bu zaman zarfında yaptıkları en büyük yanlış iktisadi araştırmalarda kullanılan matematiği bir “amaç” değil, bir “araç” olarak kabul etmiş olmalarıdır. Denilebilir ki, iktisat bugün hala matematiğin, kantitatif araştırma metodlarının ve ampirik çalışmaların adeta esiridir (Blaug, 2002, 2004; Hodgson, 2004; Lawson, 2004). Matematiğin iktisat bilimi için “*yararsız*” olduğunu söylemek fazlasıyla yanlıştır; fakat doğru olan ve cesurca söylenmesi ya da dile getirilmesi gereken gerçekler kanaatimizce şunlardır:

1. Matematik, iktisat biliminin “gerekli” fakat “zorunlu” bir koşulu değildir.
2. Matematik bilmeden iyi bir iktisat kariyerine sahip olunamayacağı söylemi fazla abartılıdır ve hatta gereksiz bir iddiadır.
3. Kantitatif araçlar iktisat biliminde ancak gerekli olduğu yerde ve gerektiği kadar kullanılmalıdır.
4. “Matematik, istatistik, ekonometri vs. kantitatif araçlar iktisadi hipotezlerin “kesin” olarak doğruluğunu ortaya koyar” iddiasını ihtiyatla karşılamak gerekir.
5. Matematiksel iktisat vs. kullanılarak yapılan ampirik çalışmaların teorik, analitik, tarihsel, kurumsal vs. çalışmalara üstünlüğü asla iddia edilemez.
5. Basit gözlemlerle doğruluğu tespit edilebilecek bazı hipotezlerin “*a priori*” olarak ampirik çalışmalara ihtiyaç göstermeyeceği kabul edilmelidir. İktisatçıların araştırmalarında kullandıkları onlarca soyut modeller, formüller, grafikler vs. yaşadığımız dünyanın sorunlarını anlamakta ve çözmekte bir yarar sağlamamıştır. Bu araştırmaların önemli bir kısmı bize göre boşuna ya da beyhude yapılmış çalışmalardır; bir kısmı ise aşırı teorik, anlaşılmaz grafikler, karmaşık denklemler, formüllerle doludur.

6. İktisat bir “bilim” olacak diye illaki ampirik çalışma yapmak gereklidir gibi bir saplantıya ya da aşağılık kompleksine girmenin bir manası yoktur.

7. İktisat bir doğa bilimi değildir; konusu insan ve insan davranışları, karar ve tercihleri olan bir sosyal bilimdir. Doğa bilimlerindeki yöntemlerin ısrarla iktisada uyarlanması ya da uygulanmasının başarısının sınırlı olabileceği gerçeği kabul edilmelidir. Biyoloji, fizik gibi bilim dalları ile iktisat arasındaki “flört”ün tamamen gereksiz ve yararsız olduğu söylenemez; fakat bu ilişkinin belirli sınırlarının ya da kısıtlarının olabileceği hatırlatmasına kulak verilmesine yarar vardır. Örneğin, matematiksel iktisat gibi deneysel iktisat da iktisat bilimini yörüngesinden ve amacından uzaklaştıran bir disiplin olarak gelişimini göstermektedir. Bu konuda da ihtiyatlı olmak gerekir.

8. İktisat bilimi sürekli değişebilen konjonktür ve karmaşık insan davranışlarını konu edinir; bundan dolayı “kesin” ve “matematiksel” yasalarla açıklanamayacak durumlar ve konular olduğu gözden uzak tutulmamalıdır.

9. Günümüzde iktisat eğitiminde hakim olan neo-klasik matematiksel iktisat metodolojisi gerçek dünyadan tamamen uzak ve kopuktur. İktisatçıların yaptıkları soyut modellerin, deneylerin, formüllerin, denklemlerin, grafiklerin, diyagramların vs. gerçek dünyada hiçbir karşılığı yoktur. Ana-akım iktisat 1970’li yıllardan bu yana somut gerçekliği bilerek gözardı ederek ve ihmal ederek soyut kantitatif araştırma yöntemleri ile ilerlemektedir.

10. Matematiksel formalizmin iktisattaki hegemonyası kanaatimizce bir büyük sorun olarak karşımızda durmaktadır. İlginç olan şudur ki, iktisat diğer bilim dalları üzerindeki hegemonya kurarak iktisadi emperyalizm peşinde koşarken; kendisi matematiğin, ekonometrinin vs. altında ezilmiştir. Matematiksel formalizm ve matematiksel iktisat maalesef iktisadi iktisat olmaktan uzaklaştırmıştır; ruhunu öldürmüştür; felsefeden uzaklaştırmıştır; gerçek dünyadan koparıp götürmüştür.

Kaynaklar

Altıntaş, M. ve diğerleri (2008). Ekonomi Biliminde Dönüşümün Nobel Ekonomi Ödüllerine Yansıması. *Ekonomik Yaklaşım*, 19(66), 119-153.

Arrow, K. J., & Intriligator, M. D. (1981). *Handbook of Mathematical Economics*. Sole Distributors for the USA and Canada, Elsevier North-Holland.

Bjerkholt, O. (1995). Ragnar Frisch, Editor of *Econometrica* 1933-1954. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 755-765.

- Blaug, M. (2002). Ugly Currents in Modern Economics in: Facts and Fiction in Economics, ed. Uskali Mäki.
- Blaug, M. (2004). Formalizmin Sorunları. Post Otistik İktisat, İFMC İktisat Dergisi Yayınları, İstanbul.
- Bocutoğlu, E. (2016). İktisadi Düşünceler Tarihi. Ekin Yayınevi.
- Bulutay, T. (2015). İktisatta Genel Kuramsal Düşünceler ve Karmaşıklık Kuramı (No. 2015/4). Discussion Paper.
- Centro di Ricerca Matematica (2011). Edizione Nazionale Matematica Italiana, Pietro Mengoli (1626-1686). <http://mathematica.sns.it/autori/1362/>
- Chick, V. (1998). On Knowing One's Place: the Role of Formalism in Economics. The Economic Journal, 108(451), 1859-1869.
- Chipman, J. S. (1998). The Contributions of Ragnar Frisch to. In Econometrics and Economic Theory in the 20th Century: The Ragnar Frisch Centennial Symposium (No. 31, p. 58). Cambridge University Press.
- Çakır, N. (2010). Gerard Debrau, İçinde: Tahir Büyükakın, Yaşar Bülbül, Necip Çakır, (ed). Nobelin İzinde İktisat Kuramının Gelişimi, İstanbul: İTO Yayını.
- Demir, Ö. (2012). İktisat Metodolojisi. Sentez Yayıncılık.
- Doğruel, F. (2012). Matematiğin İktisat Öğretiminde Matematik, TEK Tartışma Metni (No. 2012/48).
- Ersel, H. (2016). Belitsel Yaklaşım, İktisat ve Von Neumann'ın Kaygıları. Ekonomi-tek-International Economics Journal, 5(1), 1-24.
- Ersoy, A. (2015). İktisadi Teoriler ve Düşünceler Tarihi. Nobel Akademik Yayıncılık.
- Frisch, R. 1933. Editorial. Econometrica 1: 1–4.
- Frisch, R. 1926. "On a Problem in Pure Economics: Translated by JS Chipman." Preferences, Utility, and Demand: A Minnesota Symposium. 1926.
- Garrison, R. W. (1997). Encyclopedia of Keynesian Economics Aldershot, England: Edward Elgar.
- Günay, N. (2016). Bir Fizikçinin Gözüyle Ekonomi Bilimine Termodinamik Bir Bakış. International Conference on Eurasian Economies. Azerbaijan.
<https://www.avekon.org/papers/1559.pdf>

Güney, Z., Özkoç, M., & Korkmaz, N. (2016). Matematik Felsefesi ve Eğitimine Dair. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 3(2).

Hodgson, G. M. (2004). İktisat Nasıl Bu Hale Geldi?. Post-Otistik İktisat: İktisada Eleştirel Bir Bakış, İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Mezunları Cemiyeti İktisat Dergisi Yayınları, İstanbul.

Holz, H. H. (2015). Felsefenin Aşılması ve Gerçekleştirilmesi-I, Yordam Yayınevi.

Jevons, W. S. 1879. The Theory of Political Economy, 2nd ed. Macmillan.

Karaçay, T. 2004. "20.yy'da Matematiğin Temellerini Sarsan Düşünceler", Matematikçiler Derneği, Matematik Etkinlikleri - 2004, 05-07 Mayıs 2004, Milli Kütüphane, Ankara

<http://mail.baskent.edu.tr/~tkaracay/etudio/agora/math/20yy.html>

Kutlar, A. & G. Yılmaz (2000). Paul A. Samuelson, İçinde: Tahir Büyükkakın, Yaşar Bülbül, Necip Çakır, (ed.). Nobelin İzinde İktisat Kuramının Gelişimi, İstanbul: İTO Yayını.

Kutlu, S. (2018). İktisatta Formalizm Sorunu Üzerine Bir İnceleme. Felsefe ve Sosyal Bilimler Dergisi (Flsf), (25).

Lawson, T. (2004). Gerçeğe Dönüş. Post-Otistik İktisat: İktisada Eleştirel Bir Bakış, Ed: Kaya Ardiç, İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Mezunları Cemiyeti İktisat Dergisi, İstanbul.

Marchionatti, R. (2007). On the Application of Mathematics to Political Economy. The Edgeworth–Walras–Bortkiewicz Controversy, 1889–1891. Cambridge Journal of Economics, 31(2), 291-307.

Nobel Foundation. "Gerard Debreu - Biographical". in: Les Prix Nobel. The Nobel Prizes 1983, Editor Wilhelm Odelberg, [Nobel Foundation], Stockholm, 1984; Republished at Nobelprize.org. Nobel Media AB 2014.

Öğüt, K. (2019). İktisadın Formalist Aksiyomatik Bir Disiplin Dönüşüm Sürecinde Hilbert–Bourbaki Yerine Poincare–Brouwer Yaklaşımı Benimsenebilir miydi?. Yıldız Social Science Review, 5(2), 247-262.

Öztürk, A. B. (2019). David Hilbert'in Biçimselci Matematik Felsefesinden Rudolf Carnap'ın Analitik Felsefesine: Formalizm ve Doğrulanabilirlik Ölçütü. ETHOS: Felsefe ve Toplumsal Bilimlerde Diyaloglar. Temmuz, 12(2), 44-68.

Savaş, F. V. (2000). İktisadın Tarihi. Siyasal Kitabevi, 4.

Savaş, F. V. (2005). Varsayalım ki İktisat. Yeditepe Üniversitesi.

Sertöz, A.S. (2016). Olmayan Matematikçi: Bourbaki, Bilim Teknik. Sayı: 585.

Şahin, S., & Eren, E. (2012). Oyun Teorisinin Gelişimi ve Günümüz İktisat Paradigmasının Oluşumuna Etkileri. Hukuk ve İktisat Araştırmaları Dergisi, 4(1), 265-274.

Tarı, R. & S. Koç (2010). Jan Tinbergen Ve Ragnar Anton Kittil Frisch, İçinde: Tahir Büyükkakın, Yaşar Bülbül, Necip Çakır, (ed). Nobelin İzinde İktisat Kuramının Gelişimi, İstanbul: İTO Yayını.

Walras, L. (1954). Elements of Pure Economics: Or, the Theory of Social Wealth. Translated by William Jaffe. Published for the American Economic Association and the Royal Economic Society.

Yay, Turan (2005). İktisadın Kapsamı ve Yöntemi Üzerine. Ekonomik Yaklaşım, 16(57), 1-33.