

TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT AND SMES: A GENERAL LITERATURE REVIEW AND MODELING THE PROCESS OF ADAPTATION TO TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT WITH EVOLUTIONARY GAME THEORY

TEKNOLOJİK GELİŞİM VE KOBİ'LER: GENEL BİR LİTERATÜR İNCELEMESİ VE TEKNOLOJİK GELİŞİME UYUM SAĞLAMA SÜRECİNİN EVRİMSEL OYUN TEORİSİ İLE MODELLENMESİ

Aras Yolusever¹

Öz

Bu çalışmanın amacı, küçük ve orta ölçekli işletmelerin (KOBİ) küreselleşme çağının önemli belirleyicilerinden olan teknolojik gelişmeleri benimsemelerinin avantajlarını ve teknolojik gelişmelerin benimsenme süreçlerinin önündeki temel engel ve zorlukları incelemektir. Günümüzde dünya daha az yoksulluk, daha fazla istihdam ve sürdürülebilir üretimi içeren yeni ekonomik modeller geliştirmek konusunda çalışmaktadır. Bu hedeflere ulaşmada KOBİ'lerin önemi büyüktür. Ne var ki KOBİ'ler ülkelerin ekonomik büyüme hızlarının artmasında hayati bir bileşen olmalarına rağmen, teknolojik gelişimden yeterince faydalanamadıkları durumda tam potansiyellerine ulaşmakta sorun yaşamaktadır. Bu durum, ülkelerin de potansiyel büyüme seviyelerine ulaşmalarının önündeki engellerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Dolayısıyla KOBİ'lerin teknolojik değişim ve gelişime ayak uydurmasının önündeki engeller tespit edilmeli ve giderilmelidir. Çalışmanın ilk bölümünde teknolojik gelişimin önemi ve tarihi tartışılacak, ikinci bölümde teknolojik gelişimin KOBİ'lere etkileri üzerine bir literatür taraması sunulacak ve son bölümde evrimsel oyun teorisi araçları kullanılarak yeni teknolojinin benimsenme süreci modelleneyecektir. Çalışma sonucunda teknolojik yatırımın KOBİ'ler arasında yaygın hale gelebilmesi için en önemli koşulun, bu sürece duyulan güven olduğu tespit edilmiştir. Getiri odaklı karar veren işletmeler olduğu gibi teknolojik yatırıma duyulan koşulsuz güven, teknolojik gelişime duyarsızlık, hukuki ve iktisadi engeller de yatırım yapma güdüsünü ve yatırım başarısını doğrudan etkilemektedir.

Anahtar Kelimeler: Teknolojik Gelişme, KOBİ'ler, ekonomik büyüme, evrimsel oyun teorisi

JEL Sınıflandırılması: C73,C70, O10, O14

Abstract

The aim of this study is to examine the advantages of small and medium-sized enterprises (SMEs) in adopting technological developments, which are one of the important determinants of the globalization era. We are also going to examine the main obstacles and difficulties in the adoption of technological developments. Today, the world is working to develop new economic models that include less poverty, more employment and sustainable production. SMEs are of great importance in achieving these goals. However, although SMEs are a vital component in increasing countries' economic growth rates, they have problems reaching their full potential if they cannot benefit from technological development sufficiently. This situation appears as one of the obstacles

¹ Arş. Gör., Dr. T.C. İstanbul Kültür Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, a.yolusever@iku.edu.tr, ORCID : 0000-0001-9810-2571

Gönderilme Tarihi : 07.12.2023

Kabul Tarihi : 29.05.2024

to countries reaching their potential growth levels. Therefore, the obstacles that prevent SMEs from keeping up with technological change and development should be identified and eliminated accurately. In the first part of the study, the importance and history of technological development will be discussed, in the second part, a literature review on the effects of technological development on SMEs will be conducted, and in the last part, the adoption process of new technology will be modeled using evolutionary game theory tools. According to the results, trust is the most crucial factor for the widespread adoption of technological investments among SMEs. Some businesses tend to make decisions based on returns, but having trust in technological investments, being aware of the latest technological advancements, and overcoming legal and economic hurdles can significantly impact the motivation to invest.

Keywords: Technological Development, SMEs, economic growth, evolutionary game theory

JEL Classification: C73,C70, O10, O14

Extended Summary

Background

Today, the impact of technology on our daily lives is undeniable. According to mainstream economics, human needs are unlimited, and production is of critical importance in meeting this unlimited need. For this reason, one of the most important conditions for economic development is technological progress. Nation states and companies that can integrate technological progress externally or internally have a competitive advantage. SMEs, like technology, are a vital part of economic development. For this reason, SMEs should adopt technological developments accurately. However, not all SMEs can internalize technological developments equally. The reasons for this situation include uncertainty (political or economic), legal order, geopolitical risks, lack of human and/or physical capital, and low research and development expenditures.

Purpose

The aim of this study is to examine the advantages of small and medium-sized enterprises (SMEs) in adopting technological developments, which are one of the important determinants of the globalization era. We are also going to examine the main obstacles and difficulties in the adoption of technological developments. In the first part of the study, the importance and history of technological development will be discussed, in the second part, a literature review on the effects of technological development on SMEs will be conducted, and in the last part, the adoption process of new technology will be modeled using evolutionary game theory tools. Evolutionary game theory differs from classical game theory by questioning the existence of rational decision makers, incorporating people's special histories, emotionality, stubbornness, altruism, conformism and other emotions into modeling. With replicator dynamics, it allows the creation of realistic models.

Method

The article is based on literature review and game theoretical modeling. After a literature review on the emergence of the concept of technology and the changes it has experienced in the historical process, an examination will be made regarding the positive effects of technological development on SMEs and country economies. In the rest of the study, evolutionary game theory will be used to model technological adaptation processes.

Findings

The study reveals the importance of technological development for SMEs through literature review and mathematical analysis. The findings obtained in the literature study show that the reason why SME performances in developing countries and developing countries cannot converge is not only economic, but also legal, sociological, cyclical, and political. Businesses in developed countries have sufficient human and physical capital. In these countries, the legal system provides justice and SMEs engage in technological initiatives with government incentives. On the other hand, in developing countries, SMEs experience problems. Therefore, there are serious obstacles to technological investment for businesses in these countries. In the analysis which conducted with evolutionary game theory tools, the equilibriums that the integration and discovery of technological development are successful and unsuccessful revealed, the positive and negative consequences of segmentation are examined, and evolutionary stable balances are sought.

Important results are obtained with evolutionary modeling starting with the third chapter:

- In evolutionary stable equilibrium, the effects of conformism are balanced by the effects of the payoff difference. For example, if the prevailing opinion in society is that technological investment will definitely be beneficial in the long run, technological investment will not decrease and continue despite the return advantage of businesses that do not invest in technology. In other words, the short-term return advantage of businesses that do not prefer technological investment is balanced by the trust in technological investment.
- The opposite is also possible. In this case, the return advantage of companies making technological investments is balanced by the conformist advantage of SMEs, which agree that technological development is not beneficial. This shows how strategies with low returns (here, not following or failing to follow technological development) continue to exist.
- When the opinion about the necessity of technological investment prevails among SMEs, if the returns of SMEs that have doubts about technological investment exceed the returns of SMEs that

make technological investments less than $\frac{\theta(1 - (\varphi + \omega))}{(1 - \theta)}$ technological investment remains an evolutionary stable equilibrium. Therefore, the idea that technological investments will produce successful results in the long term is necessary for the sustainability of this investment.

- As the effect of conformism increases, sensitivity to return decreases. In this case, unconditional trust in technological investment or insensitivity to technological development, legal and economic obstacles become important.
- As the effect of conformism decreases, businesses start to think return-oriented, and in this case, the importance of businesses that design their investments in a return-oriented way become important.
- As the effect of conformism decreases, return sensitivity begins to affect preferences. Nevertheless, some of the businesses may insist on not changing their technological investment strategies due to the obstacles and deficiencies mentioned and examined throughout the study. The model shows that the $\alpha + \lambda = 0.5$ equilibrium is stationary if and only if it is achieved by the conformist effect.
- Businesses that want to make technological discoveries bear R&D costs under all circumstances, but imitative businesses only accept the cost of acquiring information when they interact with businesses that provide technological development. The underlying reason for this is the desire to benefit from businesses that provide technological development. In the pairing of two imitator businesses, old strategies are copied.
- As expected, imitator businesses give up this strategy as costs and environmental uncertainty increase. Likewise, the number of businesses making technological discoveries will rise in an environment where imitation costs and environmental uncertainty increase. Increasing environmental uncertainty makes it difficult to determine the customer type of businesses. For this reason, accurate determination of R&D expenditures and customer structure becomes important.
- Increasing segmentation will increase the balance level of businesses investing in technology. A positive segmentation in favor of technological discovery investments will increase the likelihood of these businesses interacting with each other, and the positive external benefits of imitator businesses will thus decrease, and their frequency will also be affected.
- Positive segmentation could be protection of copyright and intellectual property rights, increased government incentives and tax deductions.
- However, increasing positive segmentation may reduce efficiency and average return. The slowdown in the flow of information from enterprises engaged in technological discovery to imitator enterprises and problems in accessing up-to-date information may reduce the efficiency of

imitator companies as well as enterprises that want to use existing information before investment for exploration.

Conclusion

The information and results obtained clearly reveal the positive effects of technological development on SMEs. However, these businesses are far behind the industry 5.0 process we are in today. Important suggestions can be made to combat this problematic situation:

- The legal structure, especially in developing countries, should be reformed in favor of SMEs, and the quantity and quality of government incentives should be increased.
- Intellectual property rights and patents must be secured.
- Financial support should be provided for technological investments of SMEs. This support can be provided through a fund that will be established, unlike government incentives.
- To accurately follow technological developments in developed countries, information and communication technologies should be studied.
- Training should be provided to SME management to enable them to be innovative and to increase their sensitivity to technological development.
- The education system should be strengthened to increase the quality of human capital.
- Another major obstacle to technological investments is infrastructure costs. This problem can also be overcome with government support.
- Organizational structures and hierarchical orders of SMEs should be rearranged, and workflow charts and job descriptions should be made more modern.

Considering that the contribution of SMEs to the country's economies is at a non-negligible level, increasing the economic efficiency of these enterprises will directly affect the country's economies, the employment level, and the financial system, especially exports and foreign trade, will show positive developments and the quality of economic growth will increase. Undoubtedly, this should be among the most important goals of developing countries.

Giriş

Bugün teknolojinin gündelik yaşamımıza etkisi yadsınamaz düzeydedir. Ana akım olarak kabul edilen iktisada göre insan ihtiyaçları sınırsızdır, bu sınırsız ihtiyacın karşılanması yolunda üretim kritik öneme sahiptir. Bu sebeple iktisadi gelişmenin en önemli koşullarından biri teknolojik

ilerlemedir. Teknolojik ilerlemeyi dışsal veya içsel olarak entegre edebilen ulus devletler ve firmalar rekabet avantajına sahip olmaktadır (Ansal,2004:37-38).

KOBİ'ler de teknoloji gibi iktisadi gelişmenin ayrılmaz parçalarından biridir. İktisadi etkisi yüksek katma değer elde etmenin doğru yolu da bu işletmelerin teknolojik gelişimin bir parçası olmaları veya dünyadaki teknolojik gelişmeleri doğru şekilde içselleştirmeleridir (Türkoğlu & Çelikkaya, 2011:57). KOBİ'ler değişen çağa ayak uydurabilmek, katma değeri yüksek üretim yapabilmek ve etki alanlarını genişletebilmek için üretim yapılarını değiştirmeli ve bu süreçte teknolojiyi dışsal veya içsel (teknoloji yapıcı davranış) olarak kullanmalarınıdır.

Ne var ki tüm KOBİ'ler teknolojik gelişmeleri eşit şekilde içselleştirememektedir. Bu durumun sebebi olarak belirsizlik (siyasi veya iktisadi), hukuki düzen, jeopolitik riskler, beşerî ve/veya fiziksel sermaye eksikliği, araştırma ve geliştirme harcamalarının istenen düzeyde olmaması sayılabilir.

Çalışmamızda bahsedilen teknoloji ve teknolojik gelişim kavramları, antik Yunan'daki haliyle değil, özellikle Sanayi Devrimi sonrasında yaşanan gelişmeler doğrultusunda evrilen haliyle kullanılmıştır. Bu konu hakkında birinci bölümde detaylı bir analiz sunulmuştur.

Teknolojik gelişim KOBİ'lere önemli faydalar sağlamaktadır. İşlem maliyetlerinde azalma ve bununla beraber ürün kalitesindeki artış, rekabet avantajı, düşük maliyet ile kaliteli malların tedarikinde ilerleme kaydedilmesi, verimliliğin artırılması, kaynakların daha doğru kontrolü, stok maliyetlerinin azaltılması, operasyonel ve stratejik kararların daha isabetli alınması ve kurumsal imajda iyileşme bu faydalara örnek olarak verilebilir (Gökalp ve diğ., 2006:120).

KOBİ'lerin, sağladığı bu faydalara rağmen teknolojik gelişime ayak uyduramamalarının nedenlerinin incelenmesinde özellikle işletmelerin dışındaki gelişmelerin- özellikle hukuki, konjonktürel ve siyasal- de analize dahil edilmesi önem arz etmektedir. Örneğin hukuki düzen patent haklarını, sınai mülkiyeti yeterli derecede korumuyorsa, devlet teşvikleri yeterli düzeyde değilse veya savaş ve siyasal kriz gibi riskler varsa, kısacası işletmeler için yatırım yapılabilir bir ortam sağlanmamışsa, yatırım düzeyi istenen seviyede olamayacaktır. Bu durum, bireysel düzeydeki eşitsizliğin (yani farklı coğrafyalarda doğmuş bireylerin yaşamış olduğu eşitsizliklerin), işletmeler için de geçerli olduğunu, gelişmiş ülkedeki işletmeler ile gelişmemiş ülkedeki işletmelerin yatırım potansiyelinin aynı olmadığını göstermektedir.

Modellemede evrimsel oyun teorisinin seçilmesinin sebebi de budur. Evrimsel teori, klasik oyun teorisinin aksine getiri dışı etkilerin modellenmesine olanak sağlamaktadır. Yatırım yapılmamasının tek nedeni maddi boyut değildir, maddiyatın dışında ve üstte kısaca değinilen ancak son bölümde derinlemesine incelenecek olan getiri-dışı boyutun modellenmesi elzemdir. Replikatör dinamikleri aracılığı ile takip eden dönemler birbirine bağlanmış, en başarılı stratejinin kopyalanması mekaniği ile evrimsel durağan denge aranmıştır.

Çalışmanın ilk bölümünde teknoloji kelimesinin kökeni ve teknolojik gelişmenin tarihi tartışılacaktır. Bugün insanlığın modern teknoloji çağında olduğu kabul edilirse, teknolojinin bugüne dek yaşadığı devrimlerin tümü önem kazanmaktadır. Bu sebeple bugüne gelen süreç dikkatlice incelenmelidir. İkinci bölümde teknolojik gelişimin KOBİ'lere etkileri üzerine bir literatür taraması sunulacaktır. Bu etki ülkeden ülkeye büyük farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıkların nedenleri incelenecek ve özellikle karşılaştırmalı boyutun varlığı sağlanacaktır.

Son bölümde ise KOBİ'lerin teknolojik gelişime uyum sağlama süreçleri evrimsel oyun teorisi ile modellenecektir. Evrimsel oyun teorisi temelde replikatör dinamikleri ile en iyi stratejinin kopyalanması düşüncesine dayanmaktadır. İşletmeler yeni bir teknolojiyi ya da üretim sistemini içselleştirirken belirli bir riski kabul etmektedirler. Dolayısıyla eski sistem ile devam etmek veya belirsizlik karşısında belirliliği tercih etmek de olası seçenekler arasında yer almaktadır.

Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler ile gelişmiş ülkeler arasındaki KOBİ ölçekleri farklılık gösterebilmektedir. Örneğin Türkiye özelinde bu ölçek küçük işletme için 50'den az çalışan ve yıllık net satış hasılatı veya mali bilanço limiti 100 milyon TL ve büyük işletme için 250'den az çalışan ve yıllık net satış hasılatı veya mali bilanço limiti 250 milyon TL olarak belirlenmiştir (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı). Avrupa Birliği içinse çalışan sayıları ile ilgili sınır aynı olmakla beraber ciro limiti küçük işletme için 10 milyon Euro ve büyük işletme için 43 milyon Euro'dur (European Commission). Bu açıdan kıyaslandığında gelişmiş ülkeler için ciro sınırının görece daha yüksek olduğu sonucuna varılabilir. Bu ayırım dikkate alınarak, literatür bölümünde hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler için yapılan çalışmalar incelenmiş ve son bölümdeki modellemede gelişmekte olan bir ülkede faaliyet gösteren bir KOBİ modellenmiştir.

Çalışma sonucunda teknolojik yatırımın KOBİ'ler arasında yaygın hale gelebilmesi için en önemli koşulun, bu sürece duyulan güven olduğu tespit edilmiştir. Teknolojik yatırıma başlayan işletme yönetimi, kısa vadede getiri avantajı sağlayamasa da sürece güven duyuyorsa yatırım yapmaya

devam edecektir. Bu davranış da uzun vadede teknolojik yatırımın işletmeler arasında yaygınlaşmasını sağlayacaktır. Bunun gibi, yatırım yapılmasının önünde hukuki, siyasal veya toplumsal engeller olduğu düşünülüyor ise, getiri avantajı hedefine rağmen teknolojik yatırım için kaynak tahsis edilmeyebilir.

Getiri odaklı karar veren işletmeler olduğu gibi teknolojik yatırıma duyulan koşulsuz güven, teknolojik gelişime duyarsızlık, hukuki ve iktisadi engeller de yatırım yapma güdüsünü ve yatırım başarısını doğrudan etkilemektedir. Bu faktörlerin de modele dahil edilmesi ile gerçeğe uygun sonuçlar elde edilmiştir.

Bu çalışma, KOBİ'lerin teknolojik yatırım sürecini evrimsel oyun teorisi ile modelleyen ilk çalışmadır. Çalışmanın özellikle maddi boyutun dışında kalan faktörlerin teknolojik devrimin önündeki en büyük engeller olduğunu göstermesi açısından literatüre katkıda bulunmasını umuyoruz.

1. Teknolojinin Kavramsal Boyutu, Tarihsel Gelişimi ve Günümüzdeki Etkisi

Teknoloji, Yunanca tekno (τέχνη, kelime anlamı ile beceri veya el sanatı) ve loji(λογία) kelimelerinin birleşiminden oluşmuştur (Liddell ve diğ., 1980). Görüldüğü gibi teknolojinin kelime kökeni bugünkü anlayışla tam örtüşmemektedir. Ne var ki antik dünyada gerek üretimin gerekse onarımın el sanatı ve becerisine bağlı olduğu bilinmektedir. Bu sebeple teknoloji kelimesinin de bu anlamda kullanılması anlaşılabilir.

Bugün teknolojik gelişimin başlangıcı olarak Tarım Devrimi görülse de aslında Sümerler ve Babillere kadar uzanan bir analiz daha doğru olacaktır. Doğal kaynaklar ve su bakımından verimli topraklarda kurulan Sümerler, şehir uygarlığını kuran ilk halklardan biri olarak görülmektedir (Childe, 1995:82).

Çivi yazısının Sümerler tarafından icat edilmesi ile tarımsal üretim ve vergilendirme süreçlerinin kayıt altına alınmasında bu yazı tipi kullanılmaya başlanmıştır (Doğruyol, 2021, 104). Yazının bulunmasından sonra matematiksel gelişimin de sağlanması ile sadece tarımsal üretim ve vergilendirme süreçleri değil, ağırlıklar, ölçüler, hava durumları, doğal kaynaklar ve ticaret hakkındaki veriler de kaydedilmiştir. Bunların tümü tarımsal işçiliğin ortaya çıkmasına ve gelişmesine yol açmıştır (Ifrah, 1999).

Tarımsal işçiliğin ortaya çıkması, tarım devriminin de başlangıcı olarak görülebilir. Bu süreçte insan toplulukları avcılık ve toplayıcılıktan tarıma ve yerleşik düzene geçiş yapmışlardır. Bir başka ifade ile insanlar çevrelerini değiştirmeye başlamışlardır. El sanatı ve becerisinin önemi de anlaşılmaya başlanmıştır (Harvard Üniversitesi, 2004). Yine de bu tarımsal (kavramsal olarak teknolojik) devrim ile iktisadi manada artı ürünün ortaya çıktığı söylenemez (Şenel, 1985). Bu teknolojik devrime olanak sağlayan bazı önemli gelişmeler, tarımı yapılabilen bitkilerin yaygınlaşması, sosyal organizasyonun sağlanmış olması ve insanların beslenme alışkanlıklarının değişmeye başlamasıdır (Baskıcı, 1998:73). Avrupalılar ve Doğu Asyalılar, coğrafi avantajlarını da kullanarak bu devrime öncülük etmişlerdir. Tarım devrimi sonrasında yaşanan süreçte el işçiliğine ve becerisine dayalı üretim sistemleri gelişmiştir.

Süreç içerisinde Galileo ve Kepler gibi önemli bilim insanlarının çalışmaları modern bilim devrimini hızlandırmıştır zira bu devrim teknolojik gelişimin bir başka mihenk taşıdır. Bu devrimin Sir Isaac Newton'un 5 Temmuz 1687'de yayımlanan 'Doğa Felsefesinin Matematiksel İlkeleri' kitabı ile başladığı kabul edilmektedir (Günay, 2002:8). Newton eserinde, Kepler kanunlarını matematiksel olarak ispatlamış, hareket yasalarını tanıtmış ve iyi bir gemi tasarımı için önerilerde bulunmuştur (Demir, 1973:19-22).

Modern bilim devriminin başlaması ile teknoloji ve bilim kavramları birbirine yaklaştırmaya ve teknoloji bugünkü kavramsal boyutuna ulaşmaya başlamıştır (Günay, 2002:8). Bu yaklaşım Sanayi Devrimi (1765-1850) ile daha belirgin hale gelmiştir. İlk sanayi devriminin son döneminde (1831) icat edilen elektrik motoru teknolojinin bugünkü manada bilime dayalı ilk ürünü olarak kabul edilmektedir (Günay, 2002:12).

İngiltere'de başlayan bu teknolojik devrimi Belçika ve Fransa'daki devrimler izledi. Almanya, Amerika Birleşik Devletleri, Sovyetler Birliği, Japonya, Çin ve Hindistan da kendi sanayi devrimlerini gerçekleştirdiler. Bu süreçte bilim ve teknoloji kavramlarının birbiri ile olan yakın ilişkisi artarak devam etti.

Bugün 1850-1975 dönemi ikinci, 1975-2011 üçüncü ve 2011'den bugüne kadarki süreç dördüncü sanayi devriminin başlangıcı ve stratejik planlaması olarak kabul edilmektedir. İkinci sanayi devriminde Henry Ford'un üretim bandı tasarımı ile üretim hattı genişlemiş, 1970'lerde başlayan üçüncü devrim ile programlanabilir makineler kullanılmaya başlanmıştır (Ege, 2014). Dördüncü sanayi devrimi ise siber fiziksel sistemler, nesnelerin interneti, büyük veri, katkı yaratan üretim

modeli, bulut depolama sistemi, simülasyon, merkezi olmayan sistemler, siber güvenlik, radyo frekans tanımlaması gibi önemli teknolojiler sunmaktadır (Kaygın vd., 2019: 1069:1072).

Teknoloji kavramı, yaşamış olduğu tarihsel evrilme ile günümüzdeki halini aldıktan sonra, kendi içerisinde gelişimini sürdürmüştür. Bu doğrultuda bilgi ve iletişim teknolojileri geliştirilmiş ve üretim süreçlerine dahil edilmiştir. Bugün inovasyon, teknolojinin ve ekonomik verimliliğin ayrılmaz bir parçasıdır. Dolayısıyla gerek bir bütün olarak ekonomi ve devletlerin ve gerekse KOBİ'lerin üretkenliği için teknolojik gelişmenin içselleştirilmesi elzemdir.

Nitekim Neo-Klasik İktisat teknolojik gelişimi dışsal kabul etse de teknolojik gelişim ile aynı girdi sonucunda daha çok ve verimli çıktı elde edileceğini savunmuştur (Ansal,2004:39). Bu anlayışa göre teknolojinin karmaşık bir yapısı yoktur, kolayca elde edilebilir, kamusal nitelik taşır ve işletmeler arasındaki transferi maliyetsizdir (Çalışkan, 2015: 650). Schumpeter'in kavramsal teorisi de zayıflayan sektörlerin yaratıcı yıkım ile yok edilmesi sonucunda yeni endüstrilerin gelişmesini içeren bir evrimsel süreci ortaya koymuştur. Bu evrimsel süreç, iktisadi büyüme ve yapısal reformlar için teknolojik ilerlemenin önemini göstermektedir (Justman & Teubal, 1991:1167).

Teknolojik gelişimi içsel kabul eden evrimse yaklaşıma göre ise teknolojik ilerleme süreci belirsizlikleri de içermektedir (Ansal,2004:42). Her işletmenin AR-GE yatırımlarından elde ettiği fayda aynı olmayabilir ve bu durum işletmeler arasındaki kalite ve büyüme farkını ortaya koymaktadır. Dolayısıyla bu yaklaşıma göre KOBİ'ler ve diğer işletmeler kendi bünyelerinde yaptıkları yatırımlar ile teknolojik ilerleme kaydedebilirler.

Bugün sanayileşmiş ülkeler teknolojik devrimlerin merkezi ve gelişmekte olan ülkeler teknolojinin uydu ülkeleri olarak nitelendirilebilir. Bu düşünce bağımlılık kuramında işlenmektedir (Ansal,2004:46). Gelişmiş ülkelerde ortaya çıkan teknolojik gelişmeler, gelişmekte olan ülkeleri teknolojik gelişmelere ve dolayısıyla gelişmiş ülkelere bağımlı hale getirmektedir. Neoklasik kuramın aksine teknolojinin dışsal olarak entegresinin maliyeti de göz önüne alındığında gelişmiş ülkelere ait şirketlerin rekabet avantajına sahip olduğu sonucuna varılabilir.

Küreselleşme ile önem kazanan teknoloji transferi KOBİ'lerin başarısını ve dolayısıyla genel ekonomik konjoktüre etkisini belirleyen ana faktörlerden biri olmayı sürdürmektedir. Teknolojinin yaşamış olduğu tarihsel ve kavramsal değişim, onu bugün büyümenin de anahtar parçalarından bir tanesi haline getirmiştir.

2. Teknolojik Gelişimin KOBİ'lere Etkileri

Teknolojik gelişimin KOBİ'ler üzerindeki etkisini inceleyen önemli çalışmalar bulunmaktadır. Windrum ve Berranger (2002), tarafından gerçekleştirilen çalışmada internet ve e-iş teknolojisinin KOBİ'ler tarafından benimsenmesini etkileyen temel faktörleri incelenmiştir. Bu faktörler ağ dışsallıklarının boyutu ve içsel faktörler olarak belirtilmiştir. Teknolojik yatırımların zamanlaması verimlilik için elzemdir ve bu karar stratejik kabul edilmelidir. KOBİ'ler teknolojik yatırımlarını erken yaparsa, başka ifade ile mevcut ve potansiyel müşteriler ilgili teknolojiyi benimsemeden yatırım yapılırsa ağ dışsallıkları devreye girmeyecek ve rekabet avantajı sağlanmayacaktır. Geç yatırım yapılması durumunda ise doğru zamanda yatırım yapan KOBİ'ler ile rekabet etmek mümkün olmayacaktır. Dolayısıyla teknolojik yatırımın en doğru zamanda yapılması elzemdir.

Drew (2003) İngiltere'deki farklı türdeki KOBİ'ler üzerine yaptığı araştırmada internet teknolojisindeki gelişmelerin etkilerini incelemiştir. Buna göre yüksek teknoloji ve bilgi yoğun sektörlerdeki KOBİ'ler, internet teknolojisindeki gelişmeleri benimseme ve içselleştirme süreçlerinde öncüdür. Çalışma, tüm KOBİ türlerinin stratejik düşüncelerinde ve gelecek planlarında e-ticaretin dönüştürücü doğasını fark ettiğini ve bu tür firmalarda internet teknolojisinin iş stratejisinin ve büyüme hamlelerinin merkezi bir bileşeni olmaya başladığını göstermektedir (Drew, 2003).

Aruwa (2004) az gelişmiş bir ülke olan Nijerya'da yaptıkları araştırmada, KOBİ'lerin ekonomik kalkınmanın önemli bir bileşeni ve sürdürülebilir büyümenin kaynağı olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle sürdürülebilir büyümenin sağlanabilmesi için yerel teknolojinin teşvik edilmesi ve içselleştirilmesi gerekmektedir.

Jalava ve diğ. (2005) tarafından Finlandiya'da yapılan bir çalışmada KOBİ'ler için bilgi ve iletişim teknolojilerinin, çıktı düzeyi ile işgücü verimliliğinin artışı üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Çalışmada 1990'lı yıllardan sonra bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmelerin işgücü verimliliği ve iktisadi büyümeye katkısının arttığı ve bu katkının KOBİ'lerin uluslararası rekabet gücünü artırdığı sonucuna varılmıştır.

Çin'de yapılan bir başka çalışmada Chen (2006), KOBİ'lerin tarihsel gelişimine ve mevcut durumuna genel bir bakış sunmuş ve bu işletmelerin gelişimi için bazı önerilerde bulunmuştur. Chen, KOBİ'lerin endüstriyel yapısını kurmasının ve korumasının teşvik edilmesinin zorunluluğunu ve devletin bu süreçte aktif rol alması gerektiğini savunmuştur. Teşviklerin içinde

teknolojik gelişimin içselleşmesine yönelik devlet yardımının da mutlaka yer alması gerektiği üzerinde durulmuştur.

Xiangfeng (2008) çalışmasında KOBİ'lerin küresel ekonomide daha rekabetçi hale gelebilmesi için ana bileşenin yeniliklerin üretilmesi ve teknolojik gelişmeler olduğu sonucuna ulaşmıştır. Yerel yönetimlerin küçük ve orta büyüklükteki işletmelerin teknolojik gelişmeleri bünyelerine entegre edebilmeleri için finansman ve yenilik sisteminin geliştirilmesi gerektiği savunulmuştur. KOBİ'ler için özel bir devlet bütçesi tahsisi, vergi teşvikleri, KOBİ geliştirme fonlarının kurulması, teknoloji tabanlı KOBİ'lere özel inovasyon fonlarının sağlanması gibi öneriler de getirilmiştir.

Pipitone (2009) toplam faktör verimliliği yöntemini kullanarak gerçekleştirdiği çalışmada teknolojik gelişme, işletme performansı ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Buna göre fiziksel sermayenin ve teknolojik gelişimin KOBİ'lerin performansına ve ekonomik büyümeye etkisinin beşerî sermayeye kıyasla daha fazla olduğu ve teknoloji ile nitelikli hale gelen toplam faktör verimliliğinin yüksek büyüme oranları için temel bileşenlerden olduğu sonucuna varılmıştır.

Daude ve Fernandez-Arias (2010), Latin Amerika ülkelerindeki KOBİ'lere ilişkin araştırmalarında teknolojik gelişmelerin önemini vurgulayarak, gelişmekte olan ülkelerdeki KOBİ'lerin gelişmiş ülkelerdeki KOBİ'lere kıyasla daha başarısız olmalarının sebebini beşerî sermaye ve teknolojik gelişim yetersizliği ve finansal kısıtlamalar olarak açıklamışlardır. Bu problemler, farklı ülkelerdeki KOBİ başarısının birbirine yakınsamasını da olanaksız hale getirmektedir.

Hau (2016) Güney Kore'deki KOBİ'leri incelediği çalışmasında, 2000 KOBİ'den elde ettiği veriler ile inovasyon perspektifine dayalı bir model geliştirmiştir. Modele göre KOBİ'lerin teknolojik ağ çeşitliliğinin, teknolojiyi ticarileştirme üzerinde olumlu etkilerinin baskın olduğu sonucuna varılmıştır. KOBİ'lerin dışsal bilgi ağı çeşitliliği teknolojik etkiyi artırmakta ve sürecin içselleştirilmesini sağlamaktadır.

Prasanna ve diğ. (2019) KOBİ'lerde sürdürülebilir büyüme ile teknoloji arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Romer'in de (1986) belirttiği gibi, teknolojik yenilik, büyüme kaynaklarının temel belirleyicileri arasındadır, dolayısıyla büyüme, öncelikle araştırma ve geliştirmeye (Ar-Ge) ayrılan bütçe tahsisine bağlıdır. KOBİ'ler ekonomideki teknolojik yeniliğe önemli ölçüde katkıda

bulunmaktadır, çünkü teknolojik yenilik, KOBİ'lerin rekabet avantajı kazanması veya küreselleşmiş pazarda hayatta kalabilmesi için gereklidir.

De Vrande ve diğ. (2019) Hollanda'daki 605 yenilikçi KOBİ'nin veri tabanını analiz ederek iki teknolojik yeniliği faaliyete geçirmiştir: teknoloji kullanımı (yararlanma) ve teknoloji keşfi. Teknolojiden yararlanma, (Ar-Ge dışı) çalışanların girişimlerinden ve bilgilerinden fayda elde edildiğini gösterir. Bu fayda firmaların mevcut teknolojik kapasitelerini artırmalarını sağlamaktadır. Teknoloji keşfi sürecinde KOBİ'ler, ürün modifikasyonlarına ilişkin görüşlerini kullanarak müşterilerini inovasyon süreçlerinde kullanabilirler. Bu süreç temel olarak teknolojik yeniliklere dayanan, ürünün kalitesini artırma ve şeklini değiştirme nedenleri arasında yer alan bilgi edinme süreci olarak da kabul edilebilir. Böylece teknolojik keşif süreci, KOBİ'lerin ürün teknolojisi araştırmalarını teşvik etmektedir. Bu araştırmalar sonucunda elde edilen bulgular, teknolojik keşif olarak nitelendirilmektedir. Dolayısıyla bu keşifler rekabet avantajını ve sürdürülebilir büyümeyi beraberinde getirmektedir.

Bayerçelik ve diğ. (2014), Herliana (2015) ve Bonito ve Pais (2018) benzer çalışmalarda teknolojik açıdan yenilikçi faaliyetlerin, KOBİ'lerin sürdürülebilir rekabet avantajı elde etmelerini sağladığını ve hızlı teknolojik değişimler ile daha hızlı üretim döngüleri sayesinde pazar sürdürülebilirliğini iyileştirdiğini ortaya koymuşlardır. Teknolojik yenilik, ekonomik çıktının artmasına, kaynakların (özellikle emek ve sermaye) daha verimli kullanılmasını, azalan marjinal üretimin büyüme üzerindeki olumsuz etkisinin azalmasına ve üretkenliğin artmasını sağlamaktadır. Bu bağlamda teknolojik ilerleme sosyal ağlar, bilgiye ücretsiz erişim (internet) ve iş operasyonlarındaki sanayileşmiş makineler aracılığıyla yenilik yapma aracı olarak tanımlanmaktadır.

Shahadat ve diğ. (2023) Bangladeş'te gerçekleştirilen güncel bir araştırmada gelişmekte olan ülkelerdeki KOBİ'lerin dijital teknolojisi benimsemesini etkileyen çevresel ve organizasyonel faktörleri incelemiştir. Teknoloji-organizasyon-çevre adı verilen yeni bir çerçevenin kurulduğu çalışmada yeniliğin yayılması ve özellikle dijital teknolojinin KOBİ'lerce içselleştirilmesinin yolları aranmıştır. Yapılandırılmış bir anket yoluyla KOBİ firmalarının üst ve orta düzey yöneticilerinden amaca yönelik 535 örnek toplanmış ve analiz edilmiştir. Sonuçlar, göreceli rekabet avantajının, kurumsallığın, gözlemlenebilirliğin, doğru maliyet analizinin, üst yönetim desteğinin, üst yönetimin yenilikçiliğinin, rekabet baskısının ve hükümet desteğinin KOBİ'lerde bilgi iletişim teknolojilerinin benimsenmesinde önemli belirleyiciler olduğunu göstermektedir.

Yukarıda bahsedilen çalışmalar, KOBİ'lerin teknolojik gelişmeleri benimsedikleri takdirde rekabet avantajına ve sürdürülebilir büyüme performansına sahip olacağını göstermektedir. Gelişmiş ülkelerdeki beşerî sermaye avantajı, teknolojik keşifleri de daha olası kılmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler ise çoğunlukla teknolojik gelişmeleri dışsal olarak transfer etmektedir. Ne var ki hükümet desteğinin az olması, hukuki yapı, organizasyonel problemler, kurumsallaşamama ve çevresel faktörler, transfer sürecini maliyetli hale getirebilmektedir. Bu durum KOBİ'lerin teknolojik gelişime ayak uyduramamaları ile sonuçlanmaktadır.

Bahsedilen bu problemler Shaikh ve diğ. (2021) tarafından detaylıca incelenmiştir. Dünyanın Sanayi 5.0'a ilerlediği günlerde KOBİ'lerin henüz 2. Sanayi Devrimini dahi tam olarak benimseyemediğinin vurgulandığı çalışmada COVID 19 pandemisinin sürece etkisi tartışılmıştır. Pandemi sürecinde uzaktan çalışma metotları internet teknolojisinde bazı gelişmelere yol açmıştır. Pandemi öncesinde teknolojik gelişimini tamamlayamayan işletmelerin kaybı daha fazla olmuştur. Bu çalışmanın bulguları, teknolojinin benimsenmesindeki önemli engellerin teknoloji ve altyapı maliyeti, teknik beceri ve verimlilik, organizasyonel destek eksikliği ve hükümet desteğinin yetersizliği olduğunu göstermiştir.

3. Teknolojik Gelişmelerin Benimsenme Sürecinin Evrimsel Oyun Teorisi Araçları ile İncelenmesi

Bu bölümde teknolojik gelişmelerin KOBİ'lerce benimsenme süreci evrimsel oyun teorisi araçları ile incelenecektir. Evrimsel oyun teorisinin teorik altyapısı incelendikten ve literatür taraması yapıldıktan sonra modelleme yapılacaktır.

3.1 Evrimsel Oyun Teorisi

S. Bowles'a göre evrimci teorinin, klasik teoriden bazı farkları bulunmaktadır. Bu farklar Tablo 1'de özetlenmiştir (Bowles, 2006):

Tablo 1. Klasik ve Evrimsel Teorinin Farkları

Klasik Teori	Evrimsel Teori
Ortak bilgi ve ortak rasyonalite	Eksik bilgi ve irrasyonel karar vericiler

Klasik Teori	Evrimsel Teori
Sistemik hatanın olmaması	Bireylerin sistemik hata yapabiliyor olması
Rasyonel beklentiler	Uyarlayıcı beklentiler, özel tarihin (bireylerin kendi yaşamlarının ve tecrübelerinin) önemi
Ekonomik kurum ve bireysel davranışların dar analizi	Oyunların örtüşmesi, sosyal etkileşimlerin sıklığı, oyunların yinelenen yapısı
Utangaçlık, müteakabiliyet, diğerkâmlık vb. duyguları modelleme zorlukları	Duyguların da modellere dahil edilebilmesi

Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Evrimsel teorinin ilk çalışmalarından biri W. Hamilton (1964) tarafından gerçekleştirilmiştir. Hamilton aynı türe sahip canlılar arasındaki etkileşimlere izin veren genetik matematiksel bir model geliştirmiştir. Bu model, dönemler arası dinamik bir yapı sunduğu için önemlidir.

John Maynard Smith ve George Price (1973) tarafından oluşturulmuş şahin-güvercin oyununda ise şahin ve güvercinler rastgele olarak eşleşmektedir. Şahinler doğaları gereği saldırgan yapıdayken, güvercinler barışçıldır. Smith ve Price neredeyse her zaman kavga maliyetinin ödülünden büyük olduğunu varsaymıştır. Şahinler herhangi ciddi bir yaralanma ile karşılaşmadıkları sürece kavgayı tırmandırırlar, güvercinler ise kavgadan kaçınırlar. Eğer kavga sonucunda elde edilecek getiri, kavganın maliyetinden az olursa güvercin morfu yayılacak ve daha barışçıl bir ortam oluşacaktır.

Evrimsel teori ortaya çıktığı 80'li yıllardan günümüze kadar pek çok önemli çalışmada kullanılmıştır. Bu çalışmalar ve sonuçları Tablo 2'de özetlenmiştir:

Tablo 2. Evrimsel Oyun Teorisi Literatürü

Çalışma Alanı	Temel Sonuçlar
<p>Tercihlerin evrimi, koordinasyon problemleri, evrimsel dinamiklerin Nash dengesine yakınsaması, baskılanmış stratejilerin evrimsel süreçteki konumu, mülkiyet haklarının evrimi, evrimsel hisse senedi piyasaları ve evrimsel durağan yatırım stratejileri</p>	<ul style="list-style-type: none">• Replikatör dinamiği evrimsel süreçte baskılanmış stratejileri ortadan kaldırabilir (Akin, 1980; Gilboa & Matsui, 1991; Samuelson & Zhang, 1992). Bu sonuç, iş birliğine dayanmayan oyunlarda da geçerlidir (Gilboa & Matsui, 1991)• Bir oyunda getiri baskın ile risk baskın dengelerin aynı anda varlığı koordinasyon problemlerine sebep olabilir (Straub, 1995).• İnsanların tercihleri yalnızca nesnel başarı ve getiri tarafından etkilenmez, öznel değerler önemlidir. Nesnel başarılarından öznel tercihlere pozitif bir geri besleme vardır. Bu sebeple tercihlerin oluşumu evrimsel bir dinamik olarak modellenmelidir (Güth & Klient, 1998).• Ajanlar, atalet ve bazı rassal hatalara tabi olarak ve bilgileri dahilinde en iyi tepki kuralını uygulurlar. Uzun vadede bu uyarlanabilir öğrenme süreci, verimli ve eşitlikçi sözleşmeleri seçme eğilimindedir (Young, 1998).• Mülkiyet hakları üzerindeki çekişme güçlü ise, barışçıl strateji sahibi mutantlar popülasyonda çoğalabilir (Bowles, 2006).• Koordinasyon oyunlarında tesadüfler evrimsel dinamiği etkileyebilmektedir (Bowles, 2006).• Koordinasyon oyunlarında, oyuna özgü rassal olmayan koşullar tarafından seçilen stokastik durağan durum Nash pazarlık çözümüdür (Naidu vd., 2010)• Parametrelerin çok çeşitli olduğu popülasyonlarda aynı tip davranışların koordinasyon başarısızlığına neden olabilir. Bu nedenle, gerçek toplumlarda iş birliğinin ortaya çıkması ve koordinasyon başarısızlıklarının önlenmesi için model ağlarının mezoskopik yapıları içerecek şekilde modellenmesi gerekmektedir (Roca vd., 2010).
<p>Tercih ve normların evrimi, koordinasyon başarısızlıkları, kültürel öğrenme modelleri ve süreçleri, inovatif yatırımlar, stratejik inovasyonlar</p>	<ul style="list-style-type: none">• Koalisyon dinamiği ile genişletilmiş modelde stokastik olarak istikrarlı durumlar Nash çözümüne yakınsamaktadır (Newton, 2012).• Her oyuncunun belirli bir stratejiyi benimseme konusunda ortak çıkara sahip olduğu durumlarda, koalisyon (iş birliği) davranışı yeni bir stratejinin benimsenmesi sürecini yavaşlatabilir (Newton & Angus, 2015).• Dinamik evrimci bir sistemde etkileşime giren kişi sayısının artması ile stratejik planlamana da artmakta ve dışsal kabul

edilen kamu sektörü de koordinasyon problemlerini Pigou vergisine benzer bir caydırıcı önlem ile dengenin sosyal optimumdan uzaklaşmasını önleyerek ve koordinasyon başarısızlığının önlenmesi ile sağlanan getiri sayesinde azaltabilir (Santos vd., 2016).

- İş birliği içermeyen koordinasyon oyunlarının genelde getiri baskın bir dengede koordine olamamasının sebebi belirsizliktir. Belirsizliğin azaltılması için getiri yapısı değiştirilebilir veya sübjektif olasılıklar dikkate alınabilir (Mielke & Steudle, 2018).
- Evrimsel süreçte iki ayrı kültürel gruba bölünmüş heterojen bir popülasyonda farklı tercihler ve kültürel gruplar altında iş birliği elde edilebilir (Bilancini vd., 2018).
- Stratejilerin ve davranışların evrimleşebilmesinin önemli bir sebebi, farklı iki grup bireylerinin birbirlerini gözlemleyebilmesi ve en iyi davranışı öğrenebilmesidir. Böyle bir süreç sonunda deneme yanılma yöntemiyle en uygun strateji belirlenebilir iş (Fan & Hui, 2020).
- Oyuncular uyumlu, lider, takipçi ve yalnızlar olarak tanımlanmıştır. Lider oyuncular iletişim başarısının artırılmasında büyük öneme sahiptir. Lider oyuncuların iletişim başarısı ve pozitif geri beslemeler sonucunda oluşan teşvikler yalnızlar ve diğer tip oyuncular arasındaki iş birliğini de artırarak koordinasyon başarısızlıklarını azaltmaktadır. (Gou & Deng, 2021)

Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

3.2 Teknolojik Gelişimin Benimsenme Sürecinin Modellenmesi

Literatür taraması, teknolojik gelişmelerin KOBİ'lere faydalarını açıkça ortaya koymaktadır. Buna göre rekabet avantajı sağlamak ve sürdürülebilir büyümeyi başarmak isteyen KOBİ'ler mutlaka teknolojik devrimleri doğru şekilde içselleştirmelidir. Ne var ki bu süreçte KOBİ'lerin başarı oranı özellikle gelişmekte olan ülkelerde düşük kalmıştır. Bu durum ülke ekonomilerinin başarı oranını da azaltmaktadır.

Bu bölümde teknolojik gelişimin benimsenme süreci evrimsel oyun teorisi araçları ile modellenecek ve olası evrimsel dengeler araştırılacaktır. KOBİ'lerin teknolojik gelişmeleri benimsemesinin önündeki engeller devlet desteğinin yetersizliği, teknolojik gelişime duyarsızlık, hukuki sistemin yapısı, üst yönetimlerin yenilikçi olmaması ve sistematik hatalar olarak özetlenebilir. Dolayısıyla bazı ülkelerde faaliyet gösteren KOBİ'ler, teknolojik gelişimi hedefleseler de dışsal faktörler sebebi ile başarıya ulaşamamaktadır.

3.2.1 Model

Modelde iki temel strateji yer alacaktır. Bu stratejiler teknoloji takip ederek içselleştirme (yeni teknoloji öğrenme, strateji x) ve eski usul ile devam etmek (strateji y) olarak belirlenecektir. Maddi başarıya göre ilk stratejiyi benimseyen fraksiyon $(\alpha + \lambda)$ ve ikinci stratejiyi benimseyen fraksiyon (φ) ile gösterilecektir. Strateji x'i seçen fraksiyon $(\alpha + \lambda)$ iken x ve y stratejilerinin beklenen getirisi sırasıyla $g_x(\alpha + \lambda)$ ve $g_y(\alpha + \lambda)$ olacaktır. İşletmelerin alacağı kararlar da güncel siyasi, hukuki durumdan, üst yöneticilerin vizyonundan, teknolojik gelişime duyarsızlıktan ileri gelebilir. Bu durumda teknolojik yatırım getiri sağlasa dahi KOBİ'ler yatırımı tercih etmeyebilir. Modelde bu konformizm ile $(\theta, \theta \in [0,1])$ gösterilecektir. Konformizm arttıkça işletmeler getiriden çok diğer KOBİ'lerin stratejilerine dikkat etmeye başlayacaktır.

Her bir yatırım, beraberinde bazı riskleri de beraberinde getirmektedir. Teknolojik yatırımların da özellikle doğru zaman ve doğru yatırım kanalı seçimi riskleri bulunmaktadır. KOBİ'ler yatırım kararlarını alırken hatalı tercihlerde bulunabilir, bu da verimliliği azaltacaktır. Modelde yatırım kararlarının tüm risklerine rağmen, bir başka ifade ise maddi başarısızlıkla karşılaşılsa da yatırım yapmaya devam eden işletmeler λ fraksiyonu ile gösterilecektir. Bu işletmeler her koşulda yatırım yapmanın gerekliliğine inanmaktadır. Bu sebeple getiriden bağımsız biçimde yatırımlarına devam ederler.

Bu koşullar altında çoğaltma replikatörleri aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$\delta_x = 1/2 [\theta((\alpha + \lambda) - (\omega + \varphi)) + (1 - \theta)(g_x - g_y)] \quad (1)$$

$$\delta_y = 1/2 [\theta((\omega + \varphi) - (\alpha + \lambda)) + (1 - \theta)(g_y - g_x)] \quad (2)$$

1 ve 2 numaralı denklemlerdeki 1/2 ifadesi analizi matematiksel açıdan kolaylaştırmak için verilmiş keyfi bir değerdir.

Çoğaltma replikatörlerinden yola çıkılarak replikatör dinamiği belirlenebilir.

Tablo 3. Fraksiyonlar

Beklenti	Fraksiyon
Teknolojik yatırım gereklidir ve/veya maddi duruma göre tercih edilmelidir.	$\alpha + \lambda$
Teknolojik yatırım taşıdığı riskler, ülke şartları, hukuki sistem, kaynak yetersizliği ve devlet desteği gibi faktörler ve/veya maddi başarısızlık sebebi ile tercih edilmemelidir.	$1 - \alpha - \lambda = \varphi + \omega$

Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Buna göre:

$$\Delta(\alpha + \lambda) = (\alpha + \lambda)' - (\alpha + \lambda) = (\alpha + \lambda)(1 - \alpha - \lambda - \omega)\Gamma(\delta_x - \delta_y) \quad (3)$$

1 ve 2 numaralı denklemlerde yer alan ω , çalışma boyunca üzerinde durulan sebepler ile teknolojik gelişmeyi takip edemeyen veya teknolojik gelişimi benimsemeyi hiçbir koşulda düşünmeyen fraksiyonu ifade etmektedir. Bu fraksiyonun önemi, isteyerek veya istemeyerek teknolojiyi asla takip edemiyor olmasıdır. Replikatör dinamiği aşağıdaki şekilde okunabilir:

$(\alpha + \lambda)(1 - \alpha - \lambda - \omega)$ ihtimalle teknolojik gelişmeleri takip eden bir işletme ile bu gelişmeleri henüz takip etmeyen başka bir işletme iş ilişkisi veya başka bir sebep ile etkileşime girer, $\Gamma(\delta_x - \delta_y)$ ihtimalle ($\delta_x > \delta_y$ ise) teknolojik gelişmeleri takip etmeyen bu işletme bir sonraki dönemde teknolojik yatırım yapar. $\delta_y \geq \delta_x$ ise strateji değişmeyecektir. Burada dikkat edilirse değişim yapabilecek fraksiyon ω fraksiyonu olacaktır.

3 numaralı replikatör dinamiğinden kolaylıkla görüleceği üzere $\delta_x = \delta_y$ ise $\Delta\alpha = 0$ sağlanır. Bu, modeldeki üç dengeden (diğerleri $\alpha + \lambda = 0$ ve $\alpha + \lambda = 1$) bir tanesidir. Denge için gerekli şart

$$\theta((\alpha + \lambda) - (\omega + \varphi)) / (1 - \theta) = g_y(\alpha + \lambda) - g_x(\alpha + \lambda) \quad (4)$$

$$\theta((\omega + \varphi) - (\alpha + \lambda)) / (1 - \theta) = g_x(\alpha + \lambda) - g_y(\alpha + \lambda) \quad (5)$$

olarak bulunur. Bu eşitliği sağlayan $\alpha + \lambda$ evrimsel durağan dengeyi gösterir. Evrimsel durağan $\alpha + \lambda$, konformizmin etkileri ile getiri farkının etkisini dengeler. Örneğin, toplumda teknolojik yatırımın uzun vadede mutlaka faydalı olacağına ilişkin görüş hakimse, teknolojik yatırım yapmayan işletmelerin getiri avantajına rağmen teknolojik yatırım azalmayacaktır.

5 numaralı denklemleri sağlayan $(\omega + \varphi)$ de evrimsel durağandır. Bu durumda teknolojik yatırım yapan işletmelerin getiri avantajı, teknolojik gelişimin faydalı olmadığı konusunda fikir birliğinde olan KOBİ'lerin konformist avantajı ile dengelenir. Bu, getiri düşük (burada teknolojik gelişimi takip etmemek veya edememek) stratejilerin varlığını nasıl sürdürdüğünü göstermektedir. Dolayısıyla teknolojik gelişimin KOBİ'lerce içselleştirilememesinin matematiksel temeli evrimsel oyun teorisi ile gösterilmektedir.

Asimptotik durağanlık için 3 numaralı replikatör dinamiğinin kısmi türevi alınmalıdır. Buna göre:

$$\partial \Delta(\alpha + \lambda) / \partial(\alpha + \lambda) < 0 \quad (6)$$

olmalıdır. Kısmi türev alınırsa

$$(1 - \alpha - \lambda - \omega)\Gamma(\delta_x - \delta_y) - (\alpha + \lambda)\Gamma(\delta_x - \delta_y) + \partial(\delta_x - \delta_y)(\alpha + \lambda)(1 - \alpha - \lambda - \omega)\Gamma \quad (6.1)$$

elde edilir. Bu ifadenin 6 nolu şartı sağlaması için

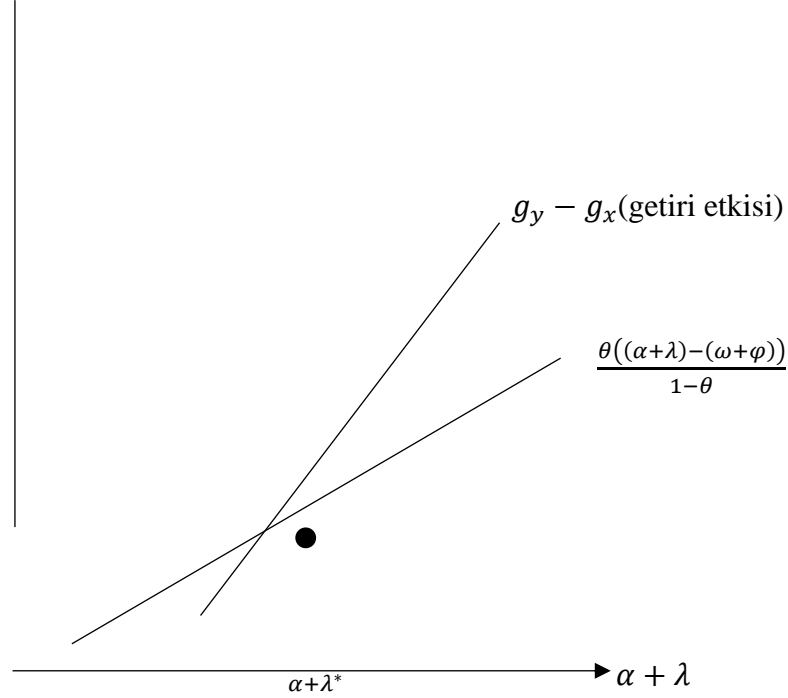
$$\theta < (1 - \theta) \left(\frac{\partial g_y(\alpha + \lambda)}{\partial(\alpha + \lambda)} - \frac{\partial g_x(\alpha + \lambda)}{\partial(\alpha + \lambda)} \right) \quad (6.2)$$

gerekir. Uyumlaştırıcı baskının olduğu durumda, düşük getiri sağlayan stratejiler kalıcı ve dirençli olabilir. Böylece maddi getiriden farklı olarak, popülasyon yapısı uyum sağlama güdüsü ile şekillenebilir.

Örneğin, KOBİ'ler arasında teknolojik yatırımın gerekliliğine dair görüş hâkim olduğunda teknolojik yatırım konusunda şüpheleri bulunan KOBİ'lerin getirileri, teknolojik yatırım yapan KOBİ'lerin getirilerini $\theta(1 - (\varphi + \omega)) / (1 - \theta)$ 'dan az aşyorsa, teknolojik yatırımın yapılması evrimsel durağan denge olmayı sürdürür. Dolayısıyla uzun vadede teknolojik yatırımların başarılı

sonuçlar doğuracağına ilişkin düşünce, başarı için elzemdir. Uyumlaştırıcı etki ve göreceli getirinin etkisi Şekil 1’de gösterilmiştir. Durağan denge bu iki etkinin eşitlenmesi ile oluşur.

Evrimsel Denge $\alpha + \lambda$ Düzeyi



Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Şekilden görüldüğü üzere evrimsel durağan denge getiri etkisi ve konformist etki ile oluşmaktadır.

Replikator dinamiğinin kısmi türevi (6.1) tekrar değerlendirilirse aşağıdaki sonuçlara ulaşılabilir:

- Konformizmin olmadığı (stratejiler arası geçişin yalnızca getiri farkına bağlı olduğu) durumlarda $\alpha + \lambda = 1$ veya $\alpha + \lambda = 0$ dengeleri durağan, $\alpha + \lambda = 0.5$ dengesi durağan değildir. Teknolojik yatırımın gerekliliği ve maddi getiri avantajı lehine ufak bir sapma, etkileşime giren tüm KOBİ’lerin yatırım yapması ile sonuçlanır. Bu, teknolojinin içselleşmesini sağlayacaktır.
- Konformizmin (uyumculuğun) çok yoğun olduğu durumda işletmelerin yatırım kararlarında getiri değil, ülkenin genel şartları, hukuki sisteme ve devlet desteğine duyulan güven, beşerî sermaye ve nitelikli eleman yeterliği etkilidir. Dolayısıyla bu durumda $\lambda = 1$ ise veya popülasyonda baskınsa (popülasyonun yarısından fazlası ise) KOBİ’ler teknolojik gelişime ayak uydurur.

Diğer dengeler Tablo 4’te gösterilmiştir. Konformizmin tam olduğu durumda işletmeler getiri odaklı hareket etmedikleri için α ve ϕ fraksiyonlarının replikator dinamiğinde etkisi olmayacaktır.

Tablo 4. Model Dengeleri

Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Koşullar ve Denge	Açıklama
$\theta \sim 1$ $\alpha + \lambda = 0$	Normal koşullar altında bu denge evrimsel durağandır. Ancak teknolojik yatırım yapmak isteyen ancak belirli şartlar sebebi ile (devlet desteğinin eksikliği, beşerî sermaye eksikliği, hukuki sistemin yapısı vb.) bunu gerçekleştiremeyen fraksiyon tüm popülasyona hakimse ($\omega = 1$) denge durağan değildir. Bu problemler gerekli teşvikler ve reformlar ile çözümlerse KOBİ'ler teknolojik yatırıma başlayacaktır.
$\theta \sim 1$ $\alpha + \lambda = 0.5$	$\lambda > \omega$ ise denge durağandır. Bir başka ifade ile teknolojik yatırımın gerekliliğini her koşulda kabul eden fraksiyon baskınsa diğer fraksiyon baskın hale gelemez.
$\theta = 0$ $\alpha + \lambda = 0.5$	Denge hiçbir şartta durağan değildir. Getiri avantajı sağlayan strateji lehine çekim havzası boyunca geçiş başlar.

Konformizmin etkisi arttıkça, getiriye duyarlılık azaldığı için λ ve ω fraksiyonlarının önemi artmaktadır. Konformizmin etkisi azaldıkça, işletmeler getiri odaklı düşünmeye başlamakta ve bu durumda ise α ve φ önem kazanır.

Konformizmin etkisi azaldıkça, getiri hassasiyeti de tercihleri etkilemeye başlar. Yine de işletmelerin bir kısmı, çalışma boyunca belirtilen ve incelenen engeller ve eksikler dolayısıyla teknolojik yatırım yapmama stratejilerini değiştirmemekte diretebilir. Model, $\alpha + \lambda = 0.5$ dengesinin de ancak ve ancak konformist etki ile sağlanması durumunda durağan olduğunu göstermektedir.

3.3 Endojen Tercihler, Rastgele Olmayan Eşleşmeler ve Teknolojik Keşif

Bir önceki bölümde işletmeler arasındaki iş ilişkilerinin rastgele kurulduğu varsayılmıştı. Ne var ki gerek sektörel bazda, gerekse iş anlayışları bazında bazı KOBİ'ler arasında daha sık ilişki kurulabilir. Bu sebeple modeldeki eşleşme mekanizması değiştirilebilir.

Teknolojik yatırımın gerekliliği konusunda hemfikir olan işletmeleri temsil eden $\alpha + \lambda$ fraksiyonunun, yine teknolojik gelişimlere ayak uyduran başarılı bir firma etkileşime girme ihtimali $\nabla + (1 - \nabla) \alpha + \lambda > \alpha + \lambda$ olur. Teknoloji yapmamayı kısa vadede getiri dezavantajı veya dışsal sebepler nedeni ile tercih eden fraksiyonda yer alan işletmelerin, teknolojik yatırım yapan bir firma ile eşleşme ihtimali bu kez $(1 - \nabla) \alpha + \lambda < \alpha + \lambda$ şeklinde yazılabilir. İki ihtimal arasındaki fark olan ∇ , segmentasyon (homojenleşme) katsayısı olarak bilinmektedir. Segmentasyon tam ise, tüm işletmeler teknolojik yatırım yapmaktadır ve bu sebeple teknoloji dostu iki işletmenin etkileşime girme ihtimali tam (1) olacaktır.

Çalışma boyunca üzerinde durulduğu üzere teknolojik girişimler ve yatırımlar KOBİ'lere rekabet ve getiri avantajı sağlamaktadır. Gelişmiş ülkelerdeki KOBİ'ler ise teknolojik gelişmeleri takip etmek yerine, yeni teknolojiler keşfetmektedir. Bu durum, teknoloji keşfinde başarılı olan ülkelerin daha büyük rekabet avantajına sahip olmasına yol açmaktadır.

Bu kez iki yeni strateji tanımlanacaktır. Teknolojik keşif yapmak isteyen KOBİ'ler (strateji x) belirli bir maliyete katlanarak AR-GE harcamalarını artırmakta ve sonucunda teknolojik ilerleme kaydetmektedir. Analizde varsayımsal olarak AR-GE maliyetinin 1 birim, teknolojik keşif sonrası getirinin 2 birim olduğu kabul edilecektir. Başka ifade ile teknolojik ilerlemeyi sağlayan işletmeler maliyet üstü bir getiri elde etmektedir. Taklit eden işletmeler (strateji y) herhangi bir ek maliyete katlanmamakta ve teknolojik ilerleme kaydeden işletmeler ile etkileşime girerek getiri sağlamaktadır. Taklitçi iki işletmenin etkileşimi ise her ikisi için de $2 - \tau$ ($\tau > 1$) getiri ile sonuçlanmaktadır. τ , teknolojik gelişime uyum sağlamanın (imitasyonun) maliyetini, çevresel değişkenliği ve belirsizliği göstermektedir. Kolayca görüleceği üzere teknolojik keşif yapmak isteyen işletmeler her koşulda AR-GE maliyetine katlanmakta ancak taklitçi işletmeler yalnızca teknolojik gelişimi sağlayan işletmeler ile etkileşime girdiğinde bilgi edinme maliyetini kabul etmektedir. Bunun altında yatan neden teknolojik gelişim sağlayan işletmeden faydalanma isteğidir. İki taklitçi işletmenin eşleşmesinde ise eski stratejiler kopyalanmaktadır.

$\alpha + \lambda$ fraksiyonunun teknolojik keşif için yatırım yapan fraksiyon olduğu, işletmelerin getiri odaklı olduğu kabul edilirse ilgili fraksiyon için durağan koşul $g_x = g_y$ olarak yazılabilir. Bunun için gerekli koşul

$$(\alpha + \lambda)^* = \tau^{-1} / (1 - \nabla)\tau \quad (7)$$

olur. Kolayca görüleceği üzere $\partial(\alpha + \lambda)^* / \partial\tau > 0$ sağlanır. Taklitçi/imitasyon yanlısı işletmeler, beklentiye uygun biçimde maliyetler ve çevresel belirsizlik arttıkça bu stratejiden vazgeçmektedir. Aynı biçimde teknolojik keşif yapan işletmelerin sayısı, imitasyon maliyetlerinin ve çevresel belirsizliğin arttığı bir ortamda yükselişe geçecektir. Çevresel belirsizliğin artması işletmelerin müşteri tipinin tespit edilmesini zorlaştırmaktadır. Bu sebeple AR-GE harcamaları ile müşteri yapısının doğru tespiti önem kazanmaktadır.

$(\alpha + \lambda)^*$ ile bir önceki bölümde incelenen $(\alpha + \lambda)^{maksimum}$ kıyaslandığında

$$(\alpha + \lambda)^* < (\alpha + \lambda)^{maksimum} \quad (8)$$

olduğu kolayca görülebilir. Başka ifade ile teknolojik keşif ve yatırım yapan işletmelerin varlığı denge düzeyinde rassal eşleşmelerde daha fazladır. Bunun sebebi taklitçi firmaların pozitif dışsallık elde etmesidir. Teknolojik keşif için yatırım yapan işletmelerin elde ettiği bilgiler, etkileşimler yoluyla taklitçi işletmelere iletilmektedir. Dolayısıyla $(\alpha + \lambda)^*$ dengesi sosyal optimumun altında kalmaya devam etmektedir.

Benzer biçimde $\partial(\alpha + \lambda)^* / \partial\nabla > 0$ elde edilir. Segmentasyonun artması teknolojik yatırım yapan işletmelerin denge düzeyini artıracaktır. Teknolojik keşif yatırımları lehine pozitif bir segmentasyon, bu işletmelerin birbirleri ile etkileşime girme ihtimalini artıracak, taklitçi işletmelerin pozitif dışsal faydaları bu yolla azalacak ve sıklıkları da etkilenecektir. Buradaki pozitif segmentasyon, telif ve fikri mülkiyet haklarının korunması, devlet teşvikleri ve vergi indirimlerinin artırılması olabilir. Bununla beraber pozitif segmentasyonun artması, verimliliği ve ortalama getiriye azaltabilir. Teknolojik keşif yapan işletmelerden taklitçi işletmelere bilgi akışının yavaşlaması, güncel bilgiye ulaşımdaki problemler taklitçi firmalar kadar keşif için yatırım öncesi mevcut bilgiyi kullanmak isteyen işletmelerin de verimini azaltabilir.

İşletmelerin farklı durumlarda (hukuki, iktisadi, çevresel belirsizlik vb.) konularda yatırım stratejileri kalıcı biçimde değişebileceği için tercihlerin içsel olduğu söylenebilir. Ne var ki

kurumsal tercih değişimleri uzun vadeli süreçler sonucunda meydana gelmekte ve çok önemli değişiklikler nadiren gerçekleşmektedir. Bu da teknolojinin içselleşme hızını özellikle gelişmekte olan ülkelerde azaltmaktadır.

Sonuç ve Tartışma

Çalışma sonuçlarına göre evrimsel durağan dengede, konformizmin etkileri ile getiri farkının etkileri dengelenir. Örneğin, toplumda teknolojik yatırımın uzun vadede mutlaka faydalı olacağına ilişkin görüş hakimse, teknolojik yatırım yapmayan işletmelerin getiri avantajına rağmen teknolojik yatırım azalmaz ve devam eder. Bir başka ifade ile teknolojik yatırımı tercih etmeyen işletmelerin kısa vadeli getiri avantajı, teknolojik yatırıma duyulan güven ile dengelenir. Bu durum, kısa vadede teknolojik yatırımdan beklenen faydayı sağlayamamasına rağmen bu yatırım portföyüne duyduğu güveni sürdüren işletmelerin uzun vadede yatırım yapmaya devam edeceği ve uzun vadeli faydaları sağlayacağı manasına gelmektedir.

KOBİ'ler arasında teknolojik yatırımın gerekliliğine dair görüş hâkim olduğunda teknolojik yatırım konusunda şüpheleri bulunan KOBİ'lerin getirileri, teknolojik yatırım yapan KOBİ'lerin getirilerini $\frac{\theta(1 - (\varphi + \omega))}{(1 - \theta)}$ 'dan az aşyorsa, teknolojik yatırımın yapılması evrimsel durağan denge olmayı sürdürür. Dolayısıyla uzun vadede teknolojik yatırımların başarılı sonuçlar doğuracağına ilişkin düşünce, bu yatırımın sürdürülebilirliği için gereklidir.

Bu sonucun tersi de mümkündür. Bu durumda teknolojik yatırım yapan işletmelerin getiri avantajı, teknolojik gelişimin faydalı olmadığı konusunda fikir birliğinde olan KOBİ'lerin konformist avantajı ile dengelenir. Bu, getiri düşük (burada teknolojik gelişimi takip etmemek veya edememek) stratejilerin varlığını nasıl sürdürdüğünü göstermektedir.

İşletmelerin yatırım kararı alma süreçlerinde konformizmin de önemli bir etkisi bulunmaktadır. Bu etki arttıkça getiriye duyarlılık azalmaktadır. Bu durumda teknolojik yatırıma duyulan koşulsuz güven veya teknolojik gelişime duyarsızlık, hukuki ve iktisadi engeller önem kazanmaktadır. Konformizmin etkisi azaldıkça, işletmeler getiri odaklı düşünmeye başlamakta ve bu durumda ise yatırımlarını getiri odaklı şekilde tasarlayan işletmelerin ağırlığı önem kazanmaktadır. Yine de işletmelerin bir kısmı, çalışma boyunca belirtilen ve incelenen engeller ve eksikler dolayısıyla teknolojik yatırım yapmama stratejilerini değiştirmemekte diretebilir. Model, $\alpha + \lambda = 0.5$

dengesinin de ancak ve ancak konformist etki ile sağlanması durumunda durağan olduğunu göstermektedir.

Teknolojik keşif yapmak isteyen işletmeler her koşulda AR-GE maliyetine katlanmakta ancak taklitçi işletmeler yalnızca teknolojik gelişimi sağlayan işletmeler ile etkileşime girdiğinde bilgi edinme maliyetini kabul etmektedir. Bunun altında yatan neden teknolojik gelişim sağlayan işletmeden faydalanma isteğidir. İki taklitçi işletmenin eşleşmesinde ise eski stratejiler kopyalanmaktadır.

Taklitçi/imitasyon yanlısı işletmeler, beklentiye uygun biçimde maliyetler ve çevresel belirsizlik arttıkça bu stratejiden vazgeçmektedir. Aynı biçimde teknolojik keşif yapan işletmelerin sayısı, imitasyon maliyetlerinin ve çevresel belirsizliğin arttığı bir ortamda yükselişe geçecektir. Çevresel belirsizliğin artması işletmelerin müşteri tipinin tespit edilmesini zorlaştırmaktadır. Bu sebeple AR-GE harcamaları ile müşteri yapısının doğru tespiti de önem kazanmaktadır.

Teknoloji lehine segmentasyonun artması ile teknolojik yatırım yapan işletmelerin denge düzeyini artıracaktır. Teknolojik keşif yatırımları lehine pozitif bir segmentasyon, bu işletmelerin birbirleri ile etkileşime girme ihtimalini artıracak, taklitçi işletmelerin pozitif dışsal faydaları bu yolla azalacak ve sıklıkları da etkilenecektir. Bahsedilen bu pozitif segmentasyon, telif ve fikri mülkiyet haklarının korunması, devlet teşvikleri ve vergi indirimlerinin artırılması olabilir. Bu temel hakların korunması ve teşvikler ile teknolojik yatırım daha cazip hale gelecektir.

Bununla beraber pozitif segmentasyonun artması, verimliliği ve ortalama getiriyi azaltabilir. Teknolojik keşif yapan işletmelerden taklitçi işletmelere bilgi akışının yavaşlaması, güncel bilgiye ulaşımdaki problemler taklitçi firmalar kadar keşif için yatırım öncesi mevcut bilgiyi kullanmak isteyen işletmelerin de verimini azaltabilir.

Elde edilen bilgi ve sonuçlar, teknolojik gelişimin KOBİ'ler üzerindeki olumlu etkilerini açıkça ortaya koymaktadır. Ne var ki bu işletmeler günümüzde içerisinde bulunduğumuz Sanayi 5.0 sürecinin çok gerisinde kalmaktadır. Bu problemlerle mücadele için özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki hukuki yapı KOBİ'ler lehine düzenlenmeli, devlet teşviklerinin nicelik ve niteliği artırılmalı, fikri mülkiyet hakları ve patentler güvence altına alınmalıdır.

Bahsedilen önlemler birincil derecede önemlidir ve öncelikle yerine getirilmelidir. İkincil olarak KOBİ'lerin teknolojik yatırımları için finansal destek sağlanmalıdır. Bu destek, devlet teşvikinden

farklı olarak kurulacak bir fon aracılığı ile yapılabilir. Bununla beraber, gelişmiş ülkelerdeki teknolojik gelişmelerin doğru biçimde takip edilebilmesi için bilgi iletişim teknolojileri üzerine çalışılmalı, KOBİ yönetimlerinin yenilikçi olabilmeleri ve teknolojik gelişime duyarlılıklarının artırılması için eğitimler verilmeli ve beşerî sermaye kalitesinin artırılması için eğitim sistemi güçlendirilmelidir.

Teknolojik yatırımların önündeki diğer büyük engel altyapı maliyetleridir. Bu sorun da devlet desteği ile aşılabılır. Son olarak KOBİ'lerin örgütsel yapıları tekrar düzenlenmeli, iş akış şemaları ve görev tanımlamaları daha modern hale getirilmelidir.

KOBİ'lerin ülke ekonomilerine katkısının ihmal edilemez düzeyde olduğu göz önünde bulundurulursa, bu işletmelerin ekonomik verimliliğinin artırılması doğrudan ülke ekonomilerini de etkileyecek, ihracat ve dış ticaret başta olmak üzere istihdam düzeyi ve finansal sistem olumlu gelişmeler gösterecek ve iktisadi büyümenin kalitesi artacaktır. Hiç şüphesiz bu, özellikle gelişmekte olan ülkelerin en önemli hedefleri arasında yer almalıdır.

Finansal Destek

Bu çalışma için herhangi bir kurumdan destek alınmamıştır.

Kaynakça

- Ahmedova, S. (2015), Factors for Increasing the Competitiveness of Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs) in Bulgaria, *Procedia Soc. Behav. Sci.*, 195, 1104–1112.
- Akin, E. (1980), Domination or equilibrium, *Mathematical Biosciences*, 50, 239–250.
- Ansal, H. (2004), *Geçmiş ve Gelecekte Ekonomik Gelişmede Teknolojinin Rolü*, Türk Mühendis ve Mimarlar Odaları Birliği 50. Yıl Yayını. Ankara: Kozan Ofset Baskı. ISBN: 975-395-766-1,35-58.
- Aruwa, S. A. (2004), Financing options for small and medium scale enterprises in Nigeria, *Nigerian Journal of Accounting Research*, 1(2), 50- 99.
- Atalay, M., Anafarta, N., ve Sarvan, F. (2013), The Relationship between Innovation and Firm Performance: An Empirical Evidence from the Turkish Automotive Supplier Industry, *Procedia Soc. Behav. Sci.*, 75, 226–235.

- Baskıcı, M. (1998), Evcilleştirme Tarihine Kısa Bir Bakış, *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 53(1), 73-94.
- Bayarçelik, E.B., Taşel, F., ve Apak, S. (2014), Research on Determining Innovation Factors for SMEs, *Procedia Soc. Behav. Sci.*, 150, 202–211.
- Bilancini, E., Boncinelli, L., ve Wu, J. (2018), The interplay of cultural intolerance and action-assortativity for the emergence of cooperation and homophily, *Eur. Econ. Rev.*, 102, 1–18.
- Bonito, A., ve Pais, C. (2018), The Macroeconomic Determinants of the Adoption of IFRS for SMEs, *Span. Account. Rev.*, 21, 116–127.
- Bowles, S. (2006), *Microeconomics: Behavior, institutions, and evolution*. Princeton: Princeton University Press.
- Chen, J. (2006), Development of Chinese small and medium-sized enterprises, *Journal of Small Business and Enterprise Development*, 13(2), 140-147.
- Childe, G. (1995), *Tarihte Neler Oldu?* (Çevirenler: Mete Tunçay ve Alaeddin Şenel), 6. Baskı, İstanbul: Alan Yayıncılık.
- Çalışkan, H.K. (2015), Technological Change and Economic Growth, *Social and Behavioral Sciences*, 195, 649-654.
- Daude, C., ve Fernandez, E. (2010), *On the Role of Productivity and Factor Accumulation in Economic Development in Latin America and the Caribbean*, IDB Working Paper 41.
- Demir, İ. (1973), 330. Doğum Yıldönümünde Bir Isaac Newton ve Bilime Getirdiği, *Bilim ve Teknik*, 64, 19-22.
- Doğruyol, A. (2021), Tarım Devrimi ve Zaman Ölçümü, *Sakarya İktisat Dergisi*, 10(1), 103-114.
- Drew, S. (2003), Strategic Uses of E-Commerce by SMEs in the East of England, *European Management Journal*, 21(1), 79-88.
- Ege, B. (2014), 4. Endüstri Devrimi Kapıda Mı? *Bilim ve Teknik*, 27-29.
- European Commission. (2020), *Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs*, 14 Mayıs 2024 tarihinde https://single-market-economy.ec.europa.eu/smes/sme-definition_en adresinden alındı.

- Fan, K., ve Hui, E.C. (2020), Evolutionary Game Theory Analysis for understanding the decision making mechanism of governments and developers on green building incentives, *Building and Environment*, 179,4.
- Gilboa, I., ve Akihiko M. (1991), Social stability and equilibrium, *Econometrica*, 59, 859–867.
- Gou, Z., ve Yansong D. (2021), Dynamic Model of Collaboration in Multi-Agent System Based on Evolutionary Game Theory, *Games*, 12,75.
- Gökçalp, F., Ada, E., ve Demirhan, D. (2006), Gelişen Bilgi Teknolojilerinin KOBİ'lere Etkisi, *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(2), 117-136.
- Günay, D. (2002), Sanayi ve Sanayi Tarihi, *Mimar ve Mühendis Dergisi*, 31,8-14.
- Hamilton, W. (1964), The genetical evolution of social behaviour, *J. Theor. Biol.*, 7, 1–16.
- Harvard Üniversitesi. (2006), *Tamed 11,400 Years Ago, Figs Were Likely First Domesticated Crop*. 18 Kasım 2023 www.sciencedaily.com/releases/2006/06/060602074522.htm adresinden alındı.
- Hau, S. (2016), An empirical analysis of the influence of external knowledge network on SMEs' new technology development and technology commercialization capabilities in the perspective of open innovation, *Journal of Digital Convergence*, 14(5), 149-156.
- Herliana, S. (2015), Regional Innovation Cluster for Small and Medium Enterprises (SME): A Triple Helix Concept, *Procedia Soc. Behav. Sci.*, 169, 151–160.
- Ifrah, G. (1999), *Çakıl Taşlarından Babil Kulesine- Rakamların Evrensel Tarihi 2:* , TÜBİTAK Yayınları.
- Jalawa, J., Pohjola, M., Ripatti, A., ve Vilmunen, J. (2005), *Biased Technical Change and Capital-Labour Substitution in Finland, 1902-2003*, Helsinki Center of Economic Reserach Discussion Paper, 56.
- Justman, M., ve Teubal M. (1991), A Structuralist Perspective on the Role of Technology in Economic Growth and Development, *World Development*, 19(9),1167-1183.
- Kaygın, E., Zengin, Y., ve Topçuoğlu, E. (2019), Endüstri 4.0'a Akademik Bakış, *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 33(4), 1065-1081.

- Liddell, H. G., ve Robert Scott (1980), *A Greek-English Lexicon (Kısaltılmış Sürüm)*. Birleşik Krallık: Oxford University Press.
- Liu, X. (2008), SME Development in China: A Policy Perspective on SME Industrial Clustering, Lim, H. (ed.) içinde, *SME in Asia and Globalization*, ERIA Research Project Report 2007-5, 37-68.
- Mielke, J., ve Steudle, G. (2018), Green Investment and Coordination Failure: An Investors' Perspective, *Ecological Economics*, 150, 88-95.
- Naidu, S., Hwang, S., ve Bowles, S. (2010), Evolutionary bargaining with intentional idiosyncratic play, *Econ. Lett*, 109, 31–33.
- Newton, J. (2012), Coalitional stochastic stability, *Games and Economic Behavior*, 75, 842-854.
- Pipitone, V. (2009), The Role of Total Factor Productivity in the Mediterranean Countries, *IJEMS*, 2 (1), 27-51.
- Prasanna, R., Jayasundra, J., Gamage, S., Ekanayake, E., Rajapakshe, P., ve Abeyrathne, G. (2019), Sustainability of SMEs in the Competition: A Systemic Review on Technological Challenges and SME Performance, *Journal of Open Innovation*, 5(4), 100-118.
- Roca, C., Sergi, L., Alex, A., ve Angel, S. (2010), Topological Traps Control Flow on Real Networks: The Case of Coordination Failures, *PLoS ONE*, 5, 1-9.
- Romer, P.M. (1986), Increasing Returns and Long-Run Growth, *Journal of Political Economics*, 94, 1002–1037.
- Santos, F., Sara, E., Francisco S., Juval, P., ve Jorge P. (2016), An Evolutionary Game Theoretic Approach to Multi-Sector Coordination and Self-Organization, *Entropy*, 18(4), 1-15.
- Samuelson, L., ve Jianbo, Z. (1992), Evolutionary stability in asymmetric games, *Journal of Economic Theory*, 57, 363–391.
- Shahadat, M. M. H., Nekomahmud, Md., Ebrahimi, P., ve Fekete-Farkas, M. (2023), Digital Technology Adoption in SMEs: What Technological, Environmental and Organizational Factors Influence in Emerging Countries?, *Global Business Review*, 1-27.

- Shaikh, A., Kumar, A., Syed, A., ve Shaikh, M. Z. (2021), A Two-Decade Literature Review on Challenges Faced by SMEs in Technology Adoption, *Academy of Marketing Studies Journal*, 25(3), 1-13.
- Straub, P. (1995), Risk Dominance and Coordination Failures in Static Games, *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 35(4), 339-363
- Şenel, A. (1985), *İlkel Topluluktan Uygar Topluma: Geçiş Aşamasında Ekonomik Toplumsal Düşünsel Yapıların Etkileşimi*. Ankara: Birey ve Toplum Yayınları.
- T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2023), *KOBİ Tanımı Güncellendi*, 14 Mayıs 2024 tarihinde <https://www.sanayi.gov.tr/medya/haber/kobi-tanimi-guncellendi> adresinden alındı.
- Türkoğlu, M., ve Çelikkaya, S. (2011), Türkiye’de KOBİ’lere Yönelik AR-GE Destekleri., *Akdeniz Üniversitesi Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 3(2), 56-71.
- Young, P. (1998), Conventional contracts, *The Review of Economic Studies*, 65(5), 773-792.
- Windrum, P., ve Berranger, P. (2002). *The adoption of e-business technology by SMEs*, 28 Kasım 2023 tarihinde <http://collections.unu.edu/eserv/UNU:1124/rm2002-023.pdf> adresinden alındı.