

SEKTÖREL İNOVASYON SİSTEMİ, ENDÜSTRİ 4.0 VE TÜRK TAKIM TEZGÂHLARI SANAYİSİNİN DURUMU¹

Cem Okan TUNCEL²

Öz

Bu çalışma takım tezgâhları endüstrisini sektörel inovasyon sistemi perspektifinden incelemektedir. Takım tezgâhları sanayi, yatırım malı üreten temel sektör olarak, mühendislik sanayilerinin rekabet gücünü ve verimliliğini belirlediği için stratejik bir öneme sahiptir. Günümüzde takım tezgâhları sanayini etkileyen en önemli olgu üçüncü endüstri devriminden dördüncü endüstri devrimine geçiş olarak tanımlanabilir. Ortaya çıkan bu yeni teknolojik yörünge sektörün geleceğinde belirleyici olacaktır. İmalat sanayisinin küresel rekabetçiliğini korumak için Türkiye, takım tezgâhları endüstrisine gereken önemi vermek zorundadır. Çalışma kapsamında, Türk takım tezgahları sektörünün durumu ve sorunları sektörel inovasyon sistemi yaklaşımının teorik çerçevesinden incelenmiştir. İncelemenin sonucuna göre Türk takım tezgâhı sanayinin sahip olduğu teknolojik yetenek birikimi, Endüstri 4.0'ın yaratacağı fırsatları kullanmak için yeterli değildir. Bu nedenle, yeni sanayi devrimini yakalamak için, politika yapıcıların, takım tezgâhı endüstrisindeki teknolojik gelişmeyi hızlandırmak için acilen teknoloji politikaları uygulaması gerekir.

Anahtar Kelimeler: Sektörel İnovasyon Sistemi, Takım Tezgâhları Sanayi, Teknolojik Yörünge, Endüstri 4.0

1 Makalenin Geliş Tarihi: 9.4.2019

Makalenin Kabul Tarihi: 1.6.2019

2 Doç. Dr., Bursa Uludağ Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi İktisat Bölümü
e-mail:cotuncel@uludag.edu.tr

Atıf: Tuncel, C. O. (2019). Sektörel inovasyon sistemi, endüstri 4.0 ve Türk takım tezgâhları sanayinin durumu. *Tesam Akademi Dergisi*, Türkiye Ekonomisi Özel Sayısı, 73-105. <http://dx.doi.org/10.30626/tesamakademi.584285>

Sectoral System of Innovation, Industry 4.0 and the Situation of Turkish Machine Tool Industry

Abstract

This study examines the machine tools industry from the sectoral innovation system perspective. The machine tools industry has a strategic importance because it determines the competitiveness and efficiency of the engineering industries as the primary sector producing investment goods. Today, the most important factor affecting the industry of machine tools is the transition from the third industrial revolution to the fourth industrial revolution. This new technological trajectory will be decisive in the future of the sector. To maintain the global competitiveness of its manufacturing industry, Turkey is obliged to give adequate attention to its machine tools industry. In the scope of the study, the situation and problems of the Turkish machine tool sector were examined from the theoretical framework of the sectoral innovation system approach. According to the results of the study, the accumulation of technological capabilities of the Turkish machine tool industry is not enough to use the opportunities created by Industry 4.0. Therefore, in order to catch up with the new industrial revolution, policy makers need to apply technology policies urgently to accelerate technological development in the machine tool industry.

Keywords: Sectoral System of Innovation, Machine Tool Industry, Technological Trajectory, Industry 4.0

Giriş

Takım tezgâhı sektörü, genel makine imalat, otomotiv ve savunma sanayi sektörü ile doğrudan ilişkili bir sektördür. Takım tezgâhları, bütün diğer makinelerin imalatını sağlayan bir ana makine ve yatırım malı olarak değerlendirilmektedir. Ülkelerin gelişme sürecinde stratejik öneme sahip, sunduğu yatırım, ara malı ve hizmetlerle girdi sağladığı sektörlerin üretim becerilerini belirleyerek ekonomik gelişmede çarpan etkisi yaratan bir sektör niteliğindedir. Takım tezgâhları sektörü güçlü olan ekonomiler, stratejik öneme sahip birçok sektörde önemli rekabet avantajı sağlamaktadır.

Takım Tezgâhları, bu açıdan makine imalat sanayi içinde özel öneme sahip alt sektörlerden birisi niteliğindedir. Takım Tezgâhları başta otomotiv, beyaz eşya, demir çelik, metal eşya, savunma ve uçak sanayi, makine imalatı, tarım makineleri, gemi ve vagon imalatı, tıbbi araç gereç vb. olmak üzere birçok sektör için üretim yapmaktadır. Takım tezgâhları sektörü gelişmiş ülkelerin sanayilerinin önceliklerindedir. Almanya, Japonya, A.B.D. ve İtalya gibi endüstri alanında dünyanın en gelişmiş ülkelerinin başında gelen devletlerin tamamı makine sektörünü özel bir kategoride değerlendirmekte ve makine sektörü içinde de takım tezgâhlarına ayrı bir önem vermektedir.

Makineler “içerilmiş (embodied)” teknolojik değişimin kaynağıdır. Üretim sürecinde kullanılan sermaye stoku, yapılan yatırımlarla büyürken hem de yenilenir. Yatırım yapan firma açısından teknolojik değişimin kaynağı makine tarafından içerilen teknik bilgidir. Makine yatırımı sonucu meydana gelen teknolojik gelişme şu şekilde özetlenebilir: *“Teknik değişim çoğunlukla belirli bir sermaye yoluyla taşınır ve iletilir. Bu durumda bu değişimin içerilen olduğu söylenir. Mikroişlemcinin keşfinin daktilo kullanmaya devam eden bir daktilografa hiçbir faydası yoktur. Bilgideki bu yeni ilerlemenin keyfini çıkarabilmesi için kişisel bilgisayara ihtiyacı vardır. En son tasarım makineler yıpranıp tükenmiş sermaye stokunun yerini aldıklarından dolayı içerilen teknik değişim gayrisafi yatırım yoluyla iletilir”* (Foley ve Michl, 2015, s.295). Bu nedenle takım tezgâhları hem teknolojik gelişmenin hem de teknolojik gelişmenin imalat sanayinin bütünde yayılmasına olanak sağlar. Bu özeliğinden dolayı takım tezgâhları endüstrisi radikal teknolojik değişimlerden en çok etkilenen ve bu tür jenerik teknolojilerin imalat endüstrisine yayılmasına olanak sağlayan bir sektör konumundadır. Jenerik teknolojik gelişmelerin ortaya çıktığı ve ekonomi içinde yapıldığı dönemlerde birçok yerleşik firma teknolojik

değişim kaynaklı geçiş sorunları ile karşı karşıya kalırlar. Örneğin elektronik ve yazılım teknolojilerinin mühendislik ofis malzemeleri sanayilerinde yayılması takım tezgahı, makine üretimi gibi sektörlerde teknolojik tabanın değişmesine neden olmuştur. Bu nedenle teknolojik kopuş dönemleri olgun firmalar açısından bir tehdit oluştururken geriden gelen firmalar için ise bir fırsat kaynağıdır. Ancak açıktır ki her iki grup firma içinde hızlı teknolojik değişim dönemlerinde teknolojinin yönetimi sorunu ama yönetsel sorun haline gelecektir. Örneğin 1970'lerde yaşanan mikroelektronik devrimi sonucu özellikle metal kesme makineleri ile elektronik kontrol sistemlerinin birleşmesi, genel amaçlı elektronik kontrollü takım tezgahları üretme konusunda yeterli teknolojik yeteneğe sahip Japon firmalarının olgun ABD firmalarının karşısında küresel pazarda paylarını artırması ile sonuçlanmıştır (Ehrnberg, ve Jacobsson, 1993; Jacobsson, 1986). Teknoloji yönetimi yazını başarı ya da başarısızlık için açıklayıcı faktörleri genellikle firma düzeyinde analiz eder. İnovasyon sistemi üzerine kurulu alanında ise teknolojik yakalama sürecindeki başarı ya da başarısızlık ulusal ya da bölgesel kurumsal yapı bağlamında analiz edilir. Ancak teknolojik yakalama gibi karmaşık bir sürecin analiz edebilmesi için çok katmanlı eş deyişle firma, sektör, teknoloji düzeylerini analize katacak bir kavramsal çerçeveye gereksinim duyulmaktadır. Sektör inovasyon sistemi yaklaşımı firma ve firma dışı aktörleri, kurumları, teknolojik resim özelliklerinin, sektörün ulusal, inovasyon sisteminden etkilenme yollarını ve talep koşullarını analize katarak, teknolojik yakalama sürecinin sektörel düzeyde nasıl vuku bulduğunu sürecin firma düzeyinde izdüşümü neler olduğunu anlaşılmasına yardımcı olur.

Bu araştırmanın amacı Türk takım tezgâhları sektöründe firma düzeyinde Ar-Ge ve inovasyon süreçlerini incelemek sektörel inovasyon perspektifinden ele almak ve sektördeki teknolojik gelişmeyi hızlandıracak politika alternatiflerini tartışmaktır. Çalışma üç ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde sektörel inovasyon sistemi yaklaşımının teorik çerçevesi çizilmektedir. İkinci bölümde takım tezgâhı sanayindeki inovasyon örüntüleri ve teknolojik gelişme yörüngeleri sektörel inovasyon sistemi çerçevesinde incelenmektedir. Üçüncü bölümde ise "ikincil veriler" yardımıyla Türk takım tezgâhları sanayinin mevcut durumu analiz edilmektedir.

Sektörel İnovasyon Sistemi ve Teknoloji Yörüngeleri

Sektörel İnovasyon Sistemi

İnovasyon sistemi yaklaşımı, son yirmi beş yıllık dönemde inovasyon araştırmalarının temel teorik çerçevesi haline gelmiştir. Bu yaklaşım ekonomik gelişme sürecinde bilim, teknoloji ve inovasyonu ortaya çıkaran kurumsal çevreye ilişkin bütünsel bir teorik içerik sağlamaktadır. İnovasyon sistemi yaklaşımı, inovasyon sürecinde aktör ve kurumların rolüne ilişkin olup Chris Freeman, Bengt-Ake Lundvall ve Richard Nelson'un ulusal düzeyde açıklama getiren öncü çalışmalarından gelişmiştir (Freeman, 1995). 1990'lı yılların başında inovasyon sistemi teorisi "Bölgesel İnovasyon Sistemine" doğru genişleme göstermiştir. Ulusal inovasyon sistemi yaklaşımına benzer tanım ve kavramlara sahip olan bu yaklaşım bölgesel gelişim sürecinde inovasyonu ortaya çıkaran aktör, kurum ve politikalara odaklanmaktadır. (Cooke vd. 1997).

İnovasyon sistemi yaklaşımına yapılan en son katkı 1990'lı yılların sonunda ortaya çıkan sektörel inovasyon sistemi kavramı olmuştur. Sektörel İnovasyon Sistemi yaklaşımı 1987 yılında İtalya'da Università Bocconi'ye bağlı olarak kurulan "Centre for Research on Innovation and Internationalization (CESPRI)", bünyesindeki çalışmalarla gelişmiştir. Sektörel sistem analizlerinin gelişmesinde, sektörleri inovasyonun kaynağına göre sınıflandıran K. Pavitt'in 1984 yılında yazdığı makalesi önemli bir yere sahiptir. Pavitt İngiltere'de 1945-1979 yılları arasında gerçekleşen yaklaşık 200 adet önemli yeniliği inceleyerek, sektörleri yeni teknolojilerin gelişmesine neden olan faktörlerin niteliğine ve niceliğine göre sınıflandırmıştır (Tuncel, 2012,s.129). Pavitt'in sınıflandırmasına göre farklı endüstrilerin teknolojik rejim özellikleri ve sektörlerin inovasyon kaynaklarına göre yapılmış sınıflandırılması Tablo 2'de özetlenmektedir. Sektörel inovasyon sistemi yaklaşımı da sektörlerin yapısal özellikleri ve teknolojik rejim örüntüleri itibarıyla birbirinden farklılaştığı argümanına dayanarak inovasyon sürecinin sektörel dinamiklerine odaklanmaktadır.

Sektörel İnovasyon Sistemi; *belirli bir kullanıma yönelik ürün grubu ile bu ürünleri geliştirmeye, üretmeye, pazarlamaya yönelik aktörlerin piyasa ve piyasa dışı etkileşiminden oluşan bir bütünsel yapı olarak* tanımlanabilir (Malerba, 2002). Bir sektörel sistem bilgi altyapıları, teknolojilere, girdiler ve talepten oluşan bir yapıya sahiptir. Sektörel sistem yaklaşımının temel avantajı; sektörün yapısının ve sınırlarının; aktörlerinin ve

bunların birbirlerine etkileşimlerinin; öğrenme, yenilik ve üretim süreçlerinin; sektörün dönüşüm dinamiklerinin; sektördeki firmaların ya da belirli sektörlerde uluslararası rekabetçi olan ülkelerin performans farklılıklarına neden olan faktörlerin daha iyi anlaşılmasına yönelik sunduğu kavramsal çerçevedir. Bu kavramsal çerçeve tüm sektörlerin benzer olduğu ve makro politikalarla düzenlenebilir desteklenebileceğini savunan yaklaşımların eksik yönlerin ortaya koyarak, belirli sektöre özgü teknoloji politikalarının geliştirilebilmesinin önünü açmaktadır. Sektörel İnovasyon Sisteminin üç temel yapı taşı vardır. (Malerba, 2004):

1. Bilgi altyapısı ve teknolojiler
2. Aktörler ve ağ yapıları
3. Kurumlar

1. Bilgi altyapısı ve teknolojiler:

Sektörel inovasyon sistemi, farklı endüstrilerde teknolojik gelişmenin kaynaklarının farklı olmasını “teknolojik rejim” kavramı çerçevesinde açıklamaktadır. Teknolojik rejim kavramı, teknolojik paradigma kavramı ile benzerlik göstermekle birlikte daha çok sektöre özgü teknolojik bilginin niteliği üzerinde durmaktadır. Teknolojik rejim; inovasyonun ortaya çıkmasında ve öğrenme sürecinde etkili olan teknolojinin doğasını, kaynaklarını ve politika çerçevesini oluşturan unsurların bileşimi olarak tanımlanabilir (Malerba ve Orsenigo, 1997, s. 84). Teknolojik rejim kavramının gelişmesinde Schumpeter’in geliştirdiği inovasyon ve ekonomik gelişme arasındaki ilişkiyi açıklayan kavramsal çerçeve etkili olmuştur. Schumpeter akademik yaşamı boyunca inovasyon süreci üzerine iki farklı temel yaklaşım geliştirmiştir. Bunlarda birincisi 1911 yılında yazdığı ve İngilizce baskısı 1934 yılında yapılan “*Ekonomik Gelişme Teorisi (Theory of Economic Development)*” adlı eserinde geliştirdiği ve inovasyon sürecinde girişimcinin rolüne odaklanan, büyüme sürecindeki kopukluklara vurgu yapan “yaratıcı yıkım” yaklaşımıdır. Diğeri ise özellikle 20. yy’ın birinci yarısından itibaren ortaya çıkmaya başlayan büyük ölçekli işletmeler ve uzmanlaşmış araştırma laboratuvarları üzerine ABD’de yaptığı gözlemleri sonucu 1942 yılında İngilizce olarak yazdığı “*Kapitalizm Sosyalizm ve Demokrasi (Capitalism, Socialism and Democracy)*” adlı eserinde geliştirdiği ve ekonomik büyümenin temel motoru olarak büyük işletmeleri merkeze koyan “yaratıcı birikim” yaklaşımıdır. Teknolojik rejim yaklaşımı da asıl olarak Schumpeter’in

ortaya koyduğu temel iki farklı inovasyon modelinden gelişmiş bir teorik yaklaşım olmaktadır (Malerba ve Orsenigo, 1999,s.85).

Tablo 1

Teknolojik Rejimin Boyutları

Fırsat Koşulları	Sahiplenme Koşulları	Teknolojik Bilginin Birikimi	Teknolojik Bilgi Tabanının Yapısı
Düzyey		Teknoloji	Jenerik/Özgül
Çeşitlilik	Düzyey	Firma Düzyeyi	Örtük/Kodlanabilir
Yayımla	Anlam	Sektör Düzyeyi	Basit/Karmaşık
Kaynaklar		Bölge düzyeyi	Bağımsız/Sistem

Kaynak: Breshi ve Malerba, 1997,s.137

Teknolojik rejim yaklaşımına göre oluşan yapı sektördeki inovasyon yoğunluğuna, yoğunlaşma oranına ve endüstriye giriş çıkış yapısına önemli etkilerde bulunmaktadır. Bunun yanında firma ve talepte endüstrideki piyasa yapısı dinamiğine ve inovasyon süreçlerine etki eden diğer faktörler olmaktadır. Sektörel inovasyon sistemi yaklaşımının teorik arka planını oluşturan teknolojik rejim temel olarak dört faktörün bileşimi olarak tanımlanmaktadır. Tablo 1’de gösterildiği gibi bu dört faktör şunlardır (Breshi ve Malerba, 1997, s. 133-35):

- Fırsat Koşulları (opportunity conditions)
- Sahiplenme Koşulları (appropriability conditions)
- Teknolojik bilginin Birikimi
- Teknolojik Bilgi Tabanının Yapısı

a) Fırsat Koşulları (opportunity conditions):

Fırsat koşulları yatırılan birim miktarda para için inovasyonun başarı olasılığını tanımlamaktadır. Bu koşulun dört temel boyutu bulunmaktadır. Bunlar düzey, yaygınlık, çeşitlilik ve kaynaklardır. Fırsat koşullarının düzeyi ile tanımlanmak istenilen fırsatların yüksek ya da düşük olmasıdır. Yüksek fırsatlar inovasyon sürecine girişmek için güçlü teşvikler sağlar ve fırsatların yüksek olduğu ekonomik ortamda firmaların inovasyon süreci

için ayırdıkları kaynaklar da fazla olacaktır. Birçok durumda yüksek fırsat koşulları aynı zamanda teknolojik çözümlerin, yaklaşımların ve faaliyetlerin de çeşitlenmesine neden olacaktır. Diğer bir boyut olan yaygınlık ise ortaya çıkan yeni bilginin farklı ürün ve piyasalarca uygulanma yeteneğini tanımlamaktadır. Yüksek yaygınlık düzeyi farklı ürün ve süreçlere yeni bilginin uygulama kabiliyetinin yüksek olmasının bir sonucu olarak ortaya çıkacaktır. Fırsat koşulları inovasyonun kaynaklarına göre de farklılaşmaktadır. Bazı endüstrilerde fırsat koşulları üniversitelerin sağlayacağı temel bilimsel bilgilerle ilişkiyken, bazı sektörlerde fırsatlar, Ar-Ge'ye, öğrenme süreçlerine, mühendislik yatırımlarına bağlı olabilmektedir.

b) Sahiplenme Koşulları (appropriability conditions):

Sahiplenme, bilginin korunma yollarını tanımlar, bu korunma patentler ya da tamamlayıcı asetlerin kontrolü biçiminde olabilir. Bu korumanın düzey ve anlam olarak iki boyutu vardır. Sahiplenme koşulu yüksek ve düşük düzeyde olabilir. Yüksek düzeyde ise inovasyonun taklitlerden korunma olasılığı yüksektir, düşük olduğu durumda ise ekonomik ortamın yaygın bilgi taşımalarına olanak tanıdığı bir durum ortaya çıkacaktır.

c) Teknolojik Bilginin Birikimi:

Birikimlilik teknolojinin özgül özelliklerine ve öğrenme süreçlerinin bilişsel doğasına vurgu yapar. Birikimlilik inovasyonlar arasındaki içsel bağıntının derecesi olarak tanımlanabilir. Eşdeyişle bir inovasyonun ortaya çıkma sürecinde bir önceki inovasyonun olası tüm katkıları birikimlilik faktörünü oluşturur. Bu tanıma göre birikimlilik düzeyinin dört boyutu vardır. Birinci boyutu teknolojik düzeydir. Firma düzeyinde bilginin birikimi, firmanın bunu sağlayacak özel yeteneklerine bağlıdır. İnovasyonun sürekliliği sektör düzeyinde ise sahiplenme koşullarına bağlıdır. Sahiplenme düzeyinin düşük olduğu endüstrilerde kritik bilgi firmalar arasında hızla yayılır. Sektörler inovasyon faaliyetinin dayandığı bilgi özelliklerine göre de farklılık gösterirler. Bu bağlamda bilgi tabanının iki önemli karakteristik özelliği bilginin doğası ve bilginin aktarımı olarak tanımlanmaktadır.

d) Teknolojik Bilgi Tabanının Yapısı:

Teknolojik bilgi özgüllük, örtüklük, karmaşıklık ve bağımsızlık özelliklerine ve derecelerine göre farklılaşmaktadır.

i. Jenerik ve Özgül Bilgi: Sektördeki bilgi tabanı jenerik bir yapıda olabileceği gibi iyi tanımlanmış uygulamalar için özgül bir yapıya sahip olabilir.

ii. Bilginin Örtüklük Derecesi: Bir sektördeki bilgi tabanı örtük ve yerel ya da ajanlar arasında kolayca transfer edilebilir kodlanabilir bir özellik gösterebilir.

iii. Bilginin Karmaşıklık Derecesi Bir sektördeki bilgi tabanı iki temel kıstasa ve yüksek ya da düşük karmaşıklık derecesine sahip olabilir. İnovasyon faaliyetinin ihtiyaç gösterdiği bilginin farklı teknolojiler, mühendislik disiplinleri ve bilimler arasındaki bütünleşme düzeyi ile inovasyon faaliyetini ortaya çıkaran Ar-Ge, mühendislik, üretim, pazarlama gibi farklı yeteneklerin çeşitliliği karmaşıklığı tanımlamaktadır.

iv. Bilginin Bağımsızlık Derecesi: İnovasyon faaliyeti ile ilişkili bilgi kolayca tanımlanabilir ve ayrıştırılabilir ya da daha düşük bir sistemin bir parçasında içerilmiş olarak bulunabilir.

v. Bilginin Aktarım Düzeyi: Bu dört boyuta göre biçimlenen teknolojinin karakteri firmaların ilgili bilgiye ulaşma olanaklarını etkilemektedir. Bir bilgi daha fazla örtük, karmaşık ve daha az bağımsız ise bu bilginin ajanlar arasında aktarımında yüz yüze ilişkiler, personel eğitimi ve personel değişimi etkili olacaktır. Eş deyişle böyle bir durumda ajanlar arasında mesafenin düzeyi bilginin aktarım olanağını belirleyecektir. Diğer tarafta bilgi daha fazla kodlanabilir, basit ve bağımsız bir özellik arz ediyorsa, lisans, patent, yayınlar gibi iletişim yollarıyla aktarılabilir.

Teknolojik rejim inovasyon sürelerinin dinamiğini, inovasyonun coğrafi dağılımını ve Sektörel İnovasyon Sistemi'nde inovasyon sürecindeki bilginin sınırlarını belirleyen yapısal faktördür. Ancak teknolojik rejim sektörel sistemin yapısını ve evrimsel yönünü belirleyen tek faktör değildir. Bunun yanında tarihsel ve kurumsal faktörler, firmaların yetkinlikleri, farklı ajanlar arasında oluşan etkileşim kanalları, yola bağımlı ve "eş-evrimci (co-evolutunary)" teknolojik gelişme dinamikleri, gibi faktörlerde Sektörel İnovasyon Sistemi'nin tarihsel süreçte oluşumu üzerinde etkili olmaktadır

2. Aktörler ve ağyapılar:

Sektörel inovasyon sistemindeki temel aktörler firmalar ve firma dışı organizasyonlar olarak ikiye ayrılmaktadır Firma inovasyon sürecinin

gerçekleştiği temel iktisadi birimdir. İnovasyon farklı aktörlerle kurulan etkileşim kanallarından, firma içi formel Ar-Ge çalışmalarından, öğrenme süreçlerinden etkilenerek ortaya çıkmaktadır (Malerba, 2002). Ama sistem düşüncesinin bir gereği olarak bu inovasyon sürecinde üniversiteler, araştırma kuruluşları, kamu kuruluşları, sektöre özgü faaliyet gösteren sivil toplum kuruluşlar, bölgesel aktörel de belirleyici bir rol üstlenmektedir. Bu bağlamda inovasyon firma bünyesinde, firma dışı organizasyonlarla kurulan ağyapı ilişkilerinden beslenerek ortaya çıkan ve sistem içinde yayılma dinamiğine sahip bir süreç olmaktadır.

3. Kurumlar:

Kurumlar, resmi ve resmi olmayan kurumlardan ve bunların uygulama niteliklerinden oluşmaktadır. Kurumların toplumda oynadığı en önemli rol, insanlar arasındaki etkileşim için istikrarlı bir yapı kurarak belirsizliği azaltmalarıdır. Kurumlar insanlar arasındaki etkileşimi biçimlendiren ve insanlar arasında etkileşimin çerçevesini oluşturan insan eylemleri sonucu biçimlenen kurallardır. Bu anlamda kurumlar belirsizliklerin ve eksik bilginin hâkim olduğu piyasada, bireylerin başka iktisadi aktörlerin ne yapacakları ya da nasıl karar verecekleri yönünde beklentilerini oluşturmalarına yardımcı olan bir tür oyun kurallarıdır denilebilir. (North 1994). Sektörel İnovasyon Sistemi literatüründe üç tür kurum öne çıkmaktadır. (Coriat ve Weinstein, 2004):

- a) İnovasyon sürecinde kullanılan ve ortaya çıkan bilginin sahiplenilmesi sorununu düzenleyen kurumlar (Fikri Mülkiyet Hakları).
- b) İnovasyonun finansmanı ile ilgili kurumlar (Finansal Kurumlar, bankalar, risk sermayesi şirketleri).
- c) Farklı endüstriyel ilişki biçimlerinde insan kaynaklarını düzenleyen kurumlar (Sektörel emek piyasası, eğitim sistemi).

Tablo 2

Sektörel Teknolojik Yörüngeler: Belirleyici Faktörler, Yönergeler ve Ölçülmüş Karakteristikler

		Teknolojik Yörüngelerin Belirleyici Faktörleri				Ölçülmüş Karakteristikler					
		Teknolojinin Kaynağı	Kullanıcı Biçimleri	Sahiplenme Koşulları	Teknolojinin Sahiplenme Koşulları	Süreç Kaynağı	Ürün ve Süreç İnovasyonu Arasındaki Görece Denge	İnovasyon Yapan Firmaların Görevli Büyüklükleri	Teknolojik Çeşitlenmenin Yoğunluğu ve Yöni		
Firmanın Kategorisi	Tipik Temel Sektörler	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Tedarikçi Egemen Firma	Tarım; İnşaat; Özel Hizmetler; Geleneksel İmalat	Tedarikçiler; Büyük kullanıcılar	Fiyat duyarlılığı (esnekliği) olan kullanıcı	Teknik Olmayan (ticari marka, pazarlama, reklam-tanıtım, estetik tasarım)	Maliyet Düşürücü	Tedarikçiler	Süreç	Küçük İşletme	Ölçekli	Düşük Entegre	Dikey
Üretim Yoğun Firma	Sert Malzeme (çelik, cam); Montaj (dayanıklı tüketim& otomotiv a na sanayi)	Üretim Mühendisliği Departmanı; Tedarikçiler: AR&GE	Fiyat duyarlılığı (esnekliği) olan kullanıcı	Üretim Süreci ve Gizliliği olan know-how, Teknik Gecekimler, Patent, Dinamik Öğrenme Ekonomileri, Ürün Tasarımı	Maliyet Düşürücü (Ürün Tasarımı)	Firma Tedarikçiler	İç: Süreç	Büyük İşletme	Ölçekli	Yüksek Entegre	Dikey
Bilim Tabanlı Firma	Elektrik/ Elektronik; İlaç ve Kimya Sanayi	AR&GE; Temel Bilimler; Üretim Mühendisliği Birimi	Karma kullanıcı tipi	AR&GE know-how'ı; Patentler; Süreç Güzelliği ve know-how; Dinamik Öğrenme Ekonomileri	Her Teknolojik Yörünge	Firma Tedarikçiler	İç: Süreç ve Ürün Bir Arada	Büyük Ölçekli İşletme		Düşük Entegre	Dikey

Kaynak: Pavitt, 1994, s.35

Sektörel Teknolojik Yörüngeler

Teknolojik değişme genellikle bir teknolojik paradigma tarafından belirlenen bir teknolojik yörünge boyunca süreklilik gösterirken, teknolojik değişme sürecindeki kopuşlar ise teknolojik paradigma değişikliğine işaret etmektedir (Dosi, 1982). Burada kullanılan paradigma kavramı, Kuhn'un Bilimsel gelişmenin modellemesinde kullandığı paradigma kavramı ile de örtüşmektedir. Kuhn'a göre, normal bilim dönemi olarak adlandırılan istikrar dönemini, bir kriz dönemi kesintiye uğratar ve bu kriz dönemi bilimsel devrimin ortaya çıkmasına neden olarak yeni bir normal bilim döneminin açılmasına olanak tanır. Mevcut bilimsel paradigma, bilim adamları tarafından paylaşılan kurallar, standartları ve bilimsel araştırma yöntemlerini tanımlar ve araştırma geleneğinin sürdürülmesi için bir uzlaşma ortamı yaratır (Kuhn, 1962). Bu yaklaşım tarzı aslında teknolojik gelişme sürecinde meydana gelen sürekli ve kopuk gelişme biçimlerini modellemektedir. Bu teknolojik paradigma içinde mevcut teknolojik problemlerin çözüm pratikleri gelişir ve paradigmaya bağlı olarak şekillenen belirli ilkeler, sorun çözme rutinleri belirleyerek teknolojik gelişmeye yön verir. Teknolojik yörünge, paradigma belirlendikten sonra paradigmanın içinde oluşan teknolojik yapı gelişme gösterecektir. İşte bu teknolojik gelişme örüntülerine teknolojik yörünge adı verilmektedir. Teknolojik yörünge, "inovasyon sürecinin gerçekleştiği ortamı belirleyen bir yol" olarak "tanımlanabilir (Hayashi, 2014). Teknolojik rejim seçim çevresine bağlı olmanın yanında belirli endüstrilerde meydana gelen gelişmenin belirli örüntülere göstermesine neden olmaktadır. Özellikle piyasaya belirleyici rol atfeden inovasyonu tek yönlü açıklamaya çalışan doğrusal modeller bu tip teknolojik paradigma değişmelerinin nasıl meydana geldiğini açıklamaktan uzaktırlar. Çünkü bu tip bir paradigma değişmeleri bilimsel ilerlemeler, ekonomik faktörler, kurumsal değişkenler ve mevcut teknolojik yolun bünyesinde meydana gelen çözülmemiş problemlerin birbirleriyle kurduğu karmaşık bir etkileşimin sonucu olarak meydana gelmektedir (Dosi, 1982). Bu teknolojik gelişme süreci belirlenen öngörülemez ve kopuşlar içeren bir değişim süreci olarak ele almaktadır. Bu kopuş ve ilerleme bütünselliğinin altında yatan ise inovasyon sürecinin farklı etki mekanizmaları olmaktadır. Bu bağlamda ekonomik evrim makro inovasyonlar (büyük çaplı teknolojik değişmeler yaratan radikal inovasyonlar) ve mikro inovasyonlar (mevcut teknoloji ile ilgili küçük iyileşmeler) ile karakterize olan çok boyutlu bir değişim sürecidir (Pol ve Carroll, 2004). İşte bu değişim sürecinin çelişkili ve bütünlük yapısı teknolojik değişimin süreklilikler yanında

kopuşlar içermesine ve teknolojik gelişmenin nihai sonucunun ex-ante olarak öngörülememesine neden olmaktadır.

Bu nedenle sektörel sistemin bilgi tabanları sektörün teknolojik gelişme yörüngeleri tarafından belirlenir. Süreklilik biçiminde görünen mevcut teknolojinin olgunlaşması bir kopuş olarak ortaya çıkacak yeni teknolojinin filizlenmesi ile sonlandırılacaktır. Bu bağlamda düşünüldüğünde bugün “Endüstri 3.0” ve “Endüstri 4.0” olarak kavramsallaştırılan teknolojik gelişme yörüngeleri makine sektörünü kendi teknolojik rejim ve sektörel özelliklerine göre biçimlendirecektir. Mikro elektronik devrimi olarak ortaya çıkan “Endüstri 3.0” makine sanayinde esnek otomasyonun önünü açmışken bugün nesnelerin interneti olarak adlandırılan “Endüstri 4.0” ise akıllı fabrikalar döneminin habercisi gibi durmaktadır (Ege, 2014).

Takım Tezgâhları Sanayinde Sektörel İnovasyon Sistemi

Takım tezgahları sanayinde inovasyon tipik olarak tekil makinenin teknolojik özelliklerine ve bunların geliştirilmesine odaklanmaktadır. Genel olarak üreticiler büyük ölçekli değildir ve birçok firma ihracat yapmalarına rağmen belirli bölgelerde yoğunlaşmaktadırlar. Üreticiler, kullanıcılar ve destek organizasyonlarından oluşan bölgesel makine kümeleri özellikle Almanya, İtalya ve Japonya’da gözlemlenirken ölçek ve kapsam ekonomisi sağlayarak ve örtük bilgi paylaşımına olanak sağlayarak önemli ölçüde rekabet üstünlüğü sağlamaktadır. Takım tezgâhları genellikle kullanıcılarla birlikte onların gereksinimleri doğrultusunda işbirliği içinde tasarlanmaktadırlar. Bu nedenle üretici ile kullanıcıların coğrafi yakınlığı takım tezgâhı teknolojisinin gelişmesinde önemli bir faktördür. Örnek olarak İtalya’nın Lombardiya ve Piedmont bölgesi ile Almanya’nın Baden Württemberg bölgesi takım tezgâhı ana üretici kullanıcıların bulunduğu bölgelerdir (Poledrini, 2006). İnovasyon sistemi tekil firmalar arasında yüksek düzeyde örtük bilgi akışının olduğu inovasyonun temel müşterilerle kurulan etkileşim içinde geliştiği bölgesel bir nitelik taşımaktadır. Endüstrinin yapısı hala küçük ölçekli firmalara dayanmaktayken, sektördeki küresel ve öncü firmalar müşterileri ve araştırma kuruluşlarıyla işbirliğine giderek yükselen oranda inovasyona yönelik işbirliği faaliyetlerine girişmektedirler.

Takım tezgahları sanayi, teknolojik rejim özellikleri ve sektördeki inovasyon örüntüleri dikkate alındığında Pavitt’in endüstri sınıflandırmasına göre üretici ile kullanıcı arasında biriken örtük bilgi birikiminin önemli olduğu tipik bir “Özelleşmiş Tedarikçi Sanayi” özelliği göstermektedir (Wengel

ve Shapira, 2004). Endüstride inovasyon sürecinin yönü büyük ölçüde müşteri talepleri tarafından belirlenmektedir. Yeni ürünler genellikle kullanıcının belirli bir gereksinimi için geliştirilmekte ve pazara sunulmaktadır. Bu nedenle makine imalat sanayinin yeni ürün geliştirme sıklığı yatırımlara daha fazla bağımlıdır. Endüstrideki rekabet koşulları tekeli rekabet piyasası özelliklerine sahiptir. İşletmeler, genellikle belirli ürün nişleri üzerinde uzmanlaşırlar ve ürün farklılaştırması yoluyla rekabet etme yolunu tercih ederler. Makine imalat sektörü pek çok sanayi sektörünün temel sermaye mallarını imal eder. Müşterilerle firmalar arasında yeni ürün geliştirmeyi amaçlayan teknoloji işbirliklerine sektörde sıklıkla rastlanır. Ancak belirli müşteri grupları için üretilen ürünler, nihai ürün üreten endüstrilere göre daha az üretildiği için ölçek ekonomisi avantajlarından yararlanmak oldukça zordur. Bu nedenle sektörde ürün inovasyonları daha sık olarak ortaya çıkmaktadır. İnovasyonlar genellikle süreklilik arz eden küçük birikimli değişikliklerden kaynaklanır. Çoğu kez inovasyon sürecinin ortaya çıkmasında üretimdeki güncel gelişmeler, müşterilerin verdiği geri beslemeler etkili olur. Yeni ürünler daha çok makine ve teçhizatların işleme süreci, esneklik gibi belli parametrelerinin iyileştirmek suretiyle geliştirilir. Dolayısıyla sektörde ani kopuşlar yaratan büyük değişimler meydana çıkaran radikal inovasyonlara sık rastlanmaz. Makine imalat sanayinde üretim sürecinde kullanılan ekipmanlar genel amaçlı teçhizat olduğu için kritik “nasıl yapma bilgisi (know-how)” makine içinde gömülü olarak kolayca aktarılamaz ve örtük bilgi özelliği taşır. Bu nedenle çalışanlar tarafından üretim sürecine yaratılan bilgi birikimi daha önemli bir faktör haline gelmektedir. Sektörde makine mühendisliği alanında bilgi birikimine sahip yüksek becerili işgücü ve yazılım inovasyon için kritik girdilerdir.

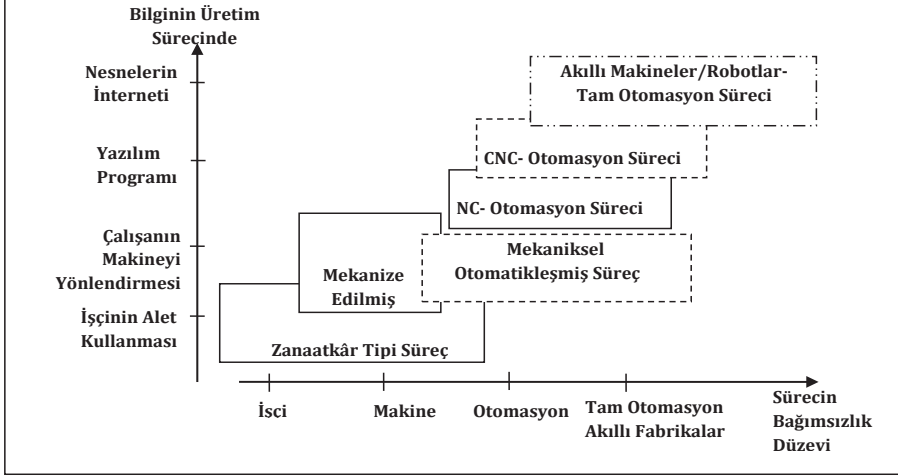
Takım tezgâhları sanayinde, sektörel inovasyon sistemi yalnızca Ar-Ge’ye dayalı ürün inovasyonlarını hedeflemez bunun yanında süreç ve organizyonel inovasyonlarında gerçekleştirilmeye çalışır. Sonuç olarak sektörün inovasyon hedefleri özel makine geliştirilmesinden daha etkin üretim ve servis çözümlerinin geliştirilmesine kadar uzanmaktadır.

Takım tezgâhı olarak adlandırılacak aletlerin kullanımı 12. yüzyılın başına kadar gitmektedir. Ahşaptan yapılan ve parçaların pedal kullanılarak döndürüldüğü bu torna tipi tezgâhı daha sonra hareketin rüzgâr ve su enerjisinden sağlandığı çeşitli tezgâhlar izler; örneğin değirmen yardımıyla döndürülen testere, 1550 yılında; su ile döndürülen delik işleme tezgâhı, 1662 yılında İngiltere’de kullanılmaya başlanmıştır. Bu tezgâhların ortak özellikleri ahşaptan yapılmış olmaları ve genellikle

de ağaç işleminde kullanılıyor olmaları idi. Endüstri devrimi ile birlikte imalat sanayinin gelişmesi takım tezgâhı teknolojisini önemli ölçüde değiştirdi. Makineler üreten makineler tarihsel olarak makinelerden daha sonra orta çıktı. İlk bağımsız makine imalatı sanayi devriminin sürükleyen pamuklu dokuma sanayinin çerperinde gelişme gösterdi (Rosenberg, 1963). Takım tezgâhları makine yapan araçlar olarak zanaatçıyı kullandığı makineden tam otomasyona doğru bir teknolojik evrim geçirmiştir. (Bkz Şekil 1) Takım tezgâhlarının teknolojik gelişimine bakıldığında zaman mekanizasyon ve otomasyon iki farklı süreç olarak ortaya çıkmış ve gelişme göstermiştir (Kaynak ve Sabanovic, 1996). İnsanın iş ve kas gücünün yerini makinelerin alması olarak tanımlanabilecek mekanizasyon süreci, takım tezgahlarının gelişiminde ilk önemli adım olmuştur. Mekanizasyon 18. Yüzyılın başından itibaren buhar makinesinin James Watt tarafından keşfiyle başlayan ilk endüstri devrimi ile birlikte ahşap tezgâhlarda metal parçalar kullanılmaya başlandı ve giderek bu tezgahların yerlerini tümüyle metal tezgâhlar aldı. Örneğin 1713 yılında Maritz adında bir İsviçreli dik delik işleme tezgâhı geliştirirken 1714 yılında da bir Rus olan M. Sidorov, namluların delinmesi için su gücü ile çalışan matkap tezgâhı icat etti. 1775 yılında İngiliz John Wilkinson'da, James Watt'ın buhar makinesinin silindirlerini istenen doğrulukta üretebilecek bir tezgah geliştirdi. Sanayi devrimini takip eden yıllarda gerçekleşen bu gibi icatlarla takım tezgâhları çağının doğuşu başlamış oldu. 19. Yüzyılın başında tezgâh üzerinde el ile gerçekleştirilen ilerleme hareketi yerini dışarıdan sağlanan güç ile ilerleme hareketine bıraktı. Bu gelişim mekanizasyonun ilk adımı oldu. Aynı yüzyılın ortalarında seri üretim için " ardışık-denetimli (sequence-controlled)" tezgahları geliştirildi. Bu tip tezgahlar tek bir parçanın üretimi için tasarlanan tezgahlardı ve yapılacak işlemler basit, sabit ve ardışık işlemlerdi. Esneklikten uzak olan bu tezgahlar seri üretim için son derece uygundu. İş gücünü oluşturan işçinin, deneyim ve el becerisine dayanan ve kas gücünü kullanarak yaptığı işlerin, sıralanabilir ve tekrarlanabilir işler olarak bölünmesi ve bu işlerin makineler veya mekanizmalar kullanılarak yapılması takım tezgahlarında mekanizasyonu getirmiştir.

Şekil 1

Takım Tezgâhı Teknolojik Gelişme Aşamaları



Kaynak: Heinrich, 2001, s.13 (Bazı eklemeler yapılarak kullanılmıştır)

Takım tezgâhlarının tarihsel gelişiminde mekanizasyon aşamasını otomasyon aşaması izlemiştir. Otomasyon insanın karar verme işlevlerinin çeşitli mekanik, elektromekanik ve elektronik elemanlar ve bilgisayarlar kullanılarak gerçekleştirilmesidir. Takım tezgahlarında otomasyon sürecinin önu açan olgu ise mikro elektronik olmuştur. Mikro elektronik devrimi 1970'lerin ortalarından sonra mühendislik sanayilerinin imalat süreçlerinin yapısında önemli değişiklikler ortaya çıkartmış elektronik teknolojisine dayanan üretim araçlarının imalat süreçlerinde kullanımı artmaya başlamıştır (Taymaz, 1989, s. 72).

Yirminci yüzyılın son çeyreğinde etkilerini gösteren bu dönüşümün temelinde 1964'de transistörlerin yerin küçük ölçekli entegre devrelerin kullanılmaya başlaması yatmaktadır. Mikro işlemcilerin 1970'lerde geliştirilmesi endüstriyel dönüşüm için yeni bir etki yarattı. 1970'lerde arzadaki artışın etkisi ile eski nesil elektrikli mekanik makinelerin yerini sayısal kontrollü makineler almaya başladı (Freeman ve Soete, 2003, 217). Üçüncü endüstri devrimi olarak da adlandırılan bu dönüşüm bir teknolojik değişim yörüngesi olarak makine imalat sanayini etkilemiştir. Sektörde yaşanmış olan bu paradigma değişimi makinelere ölçme ve kontrol araçlarının entegre edilmesinin yanında yazılım araçlarının ve

elektronik sistemlerinin de makinelere entegre edilmesini içermektedir (Kaynak ve Sabanovic, 1996, s. 102) Bu gelişmenin bir sonucu olarak “Sayısal Denetim (Numerical Control)” kavramı ve bu kavramın üretimde kullanılan takım tezgahlarına uygulanması İmalat Mühendisliğinde bir devrim niteliğindedir (Mazzoleni, 1997).

Takım tezgâhlarındaki erken dönem sayısal denetim mekanizması yazılım teknolojisine dayanmadığı için gerekli esnekliğe sahip değildi. 1970’li yılların başında sayısal denetim birimi mini bir bilgisayar sistemi haline getirildi. Bu uygulamayı ilke kez bir İsveç firması gerçekleştirdi. Ancak Japonya sahip olduğu elektronik altyapısını iyi kullanarak bilgisayar destekli sayısal denetim teknolojisini geliştirdi (Lee, 1996). Bu teknolojik gelişme takım tezgâhlarının üretimlerini yüksek hızda ve hassaslıkta yapmasına olanak sağlayarak miktoelektornığe dayalı üçüncü sanayi devriminin gelişmesine ve yaygınlaşmasına yol açtı. Özellikle Bilgisayarlı Sayısal Denetim (CNC) teknolojisi, insan el becerisi ve deneyimine bağlı küçük atölye tipi üretim biçiminden başlayarak, günümüzde bilgisayarların, üretimin çeşitli aşamalarını “gerçek zamanda denetlemek (real-time control)” için kullanıldığı esnek üretim birimlerinin ve insansız fabrikaların oluşmasına doğru giden gelişmelerde, çok önemli bir yer tutmaktadır. 1970’li yılların sonundan itibaren bilgisayar ve yazılım teknolojisine dayalı CNC takım tezgâhları Japonya tarafından başarı bir şekilde küresel piyasaya sunuldu. Özellikle Japonya fiyat kalite oranında sahip olduğu yüksek performansa bağlı olarak küresel CNC takım tezgâhi piyasasında hızla önemli bir oyuncu konumuna gelmiştir

Tablo 3

Dünya Takım Tezgâhı Üretiminde İlk On Beş Firma

1987		2000		2014		Toplam Satış Geliri (Milyon \$)
Firma	Ülke	Firma	Ülke	Firma	Ülke	
1. Yamazaki Mazak	Japonya	Siemens	Almanya	Trumpf	Almanya	2,930.3
2. Fanuc	Japonya	Unova	ABD	Shenyang	Çin	2,782.7
3. Litton Industries	ABD	Yamazaki Mazak	Japonya	Amada	Japonya	2,552.4
4. Amada	Japonya	Thyssen Krupp	Almanya	DMTG	Çin	2,380.6
5. Cross & Trecker	ABD	Comau	İtalya	Komatsu	Japonya	2,224.6
6. Comau	İtalya	Fanuc	Japonya	DMG Mori Seiki Co*	Japonya	1,606.7
7. Okuma	Japonya	Trumpf	Almanya	DMG Mori Seiki AG*	Almanya	1,604.1
8. Cincinnati Milacron	ABD	Okuma	Japonya	Schuler	Almanya	1,555.5
9. Mori Seiki	Japonya	Amada	Japonya	Jtect	Japonya	1,546.9
10. Toyoda	Japonya	Fuji Machine	Japonya	Okuma	Japonya	1,340.8
11. Ingersoll	ABD	Mori Seiki	Japonya	MAG	ABD Almanya	1,259
12. Komatsu	Japonya	Schuler	Almanya	Makino	Japonya	1,236
13. Makino	Japonya	Makino	Japonya	Doosan Infocore	G Kore	1,224
14. Gildemeister	Almanya	Toyoda	Japonya	Haas	ABD	967
15. Gleason	ABD	Gildemeister	Almanya	GF Mach'g Solutions	İsviçre	935.1

*2013'te Alman "Gildemeister AG" ve Japon "Mori Seiki" firması işbirliği yaptı. "Gildemeister AG"nin adı "DMG Mori Seiki AG", Mori Seiki firmasının adı ise "DMG Mori Seiki Co" oldu.

Kaynak: 2014 yılı için <http://www.statista.com/statistics/270234/largest-machine-tool-manufacturers> daha önceki yıllar için Heinrich, 2001, s. 5.

Mikroelektroğin yaygınlaşmasının açtığı fırsat penceresinden 1970'li yılların sonunda önce Japonya yararlanmıştı. Sahip olduğu teknoloji altyapısını başarılı bir şekilde kullanarak "Genel Amaçlı CNC Takım

Tezgâhları” üretiminde sağladığı gelişme sonucu ABD’ye karşı piyasada üstünlüğü ele geçirmiştir (Carlsson, 1984). Bu sektördeki diğer bir önemli gelişme 1990’lı yıllarla beraber Çin G Kore Tayvan gibi yeni küresel üreticilerin dünya pazarına çıkması olmuştur. Çin’in bir ulus olarak sahip olduğu büyük üretim kapasitesi bu ülkenin sektörün geleneksel liderleri olan ABD, Almanya İtalya Japonya gibi ülkelerin karşısına önemli bir rakip olarak çıkmasına olanak sağlamıştır. Çin öncelikle takım tezgâhi üretiminde iç talebi karşılamayı hedeflerken zamanla sahip olduğu düşük fiyat avantajı ile ihracatta da önemli mesafeler almıştır. Tablo 3’deki verilere göre, 1987 yılında takım tezgâhları sektöründe ilk on beş firma içinde 8 Japon, 4 ABD, birer tane de İtalyan ve Alman firması yer alırken, 2014 yılında sektördeki ilk on beş firma içinde Japon firmalarının sayısı azalırken Alman firmalarının sayısı artmış ve Çin ile G Kore firmaları da listeye girebilmiştir

Makine imalat sanayinin teknolojik yörüngeleri incelendiğinde Endüstri 3.0’e dayalı mikroelektronik devriminin olgunlaştığı nesnelere internetine dayalı Endüstri 4.0’ün yeni doğmakta olan temel teknolojik yörünge olduğu gözlenmektedir. Günümüzde sanayi ve toplum yapısını etkileyen en önemli gelişme internete bağlı araç ve ara yüzlerin çok süratli artışı olmaktadır.

Bu gelişme dinamiği imalat süreçlerinin yapısı üzerinde de büyük etkiler yaratmaktadır³. Teknolojinin gelişiminin akıllı objeleri yaratması ile internet sadece bireylerin değil tüm ekonomik metaların dijital iletişim ağı olmuştur. “Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)” olarak tanımlanan bu dijital iletişim sistemi tüm cihazların, servis ve sistemlerin internet vasıtasıyla birbirleri ile ve bireylerle etkin iletişimini tanımlamaktadır (Pepper ve Garrity, 2014). Nesnelerin interneti, tarihin ilk akıllı altyapı devrimi olduğu için üretkenlikte ciddi bir sıçrama yaratmaktadır. Nesnelerin İnterneti, bütünleşik bir küresel ağ üzerinde her şeyi herkesle birbirine bağlayacak bir platformdur. İnsanlar, makineler, doğal kaynaklar, üretim hatları, lojistik ağları, tüketim alışkanlıkları, geri dönüşüm süreçleri ve ekonomik ve sosyal yapılar birbirine bağlanabilecektir (Rifkin, 2015). 2000’li yıllarda müşteri beklentilerinin artması, ürün ve üretim süreçlerinin karmaşık olmasına neden olmuştur. Bu durum çok

3 Ancak birinciden üçüncüye kadar tüm endüstri devrimlerinin analizi yapıldığında, teknolojiyle gelişmelerin onlarca yılı aldığı gözlemlenmiştir Endüstri 4.0’da endüstri tarafından benimsenmesi biraz zaman alacak çok önemli bir atılım, devrimci bir gelişmedir. 2040 yılında birisi dönüp 2010 ve 2030 yılları arasındaki zamana baktığında bu gelişmeyi muhtemelen daha hızlı ilerleyen bir devrim olarak görecektir.

disiplinli çalışmaları da beraberinde getirerek, mühendislik ürünleri, internet ağı/bulut üzerinden bilgi sistemleri ile iletişimi veya ürünlerin birbirleri arasındaki iletişimi sonucu ortaya çıkan siber-fizik sistemlerin gerçekleştiği “Dördüncü Endüstri Devrimini (Endüstri 4.0)” ortaya çıkarmıştır (Sayer ve Ülker, 2014). Dördüncü endüstri devrimi Siber Fiziksel Sistem içeren üretim ve servis yeniliği üzerinde yoğunlaşmaktadır. Siber Fiziksel Sistemlerde, Bulut Bilişim gibi modern bilgi ve iletişim teknolojileri, imalat sektöründe verimliliği, kalite ve esnekliği artırmak için sistemlere entegre edilecek, olası verim durumlarını analiz ederek rekabet ortamında avantaj sağlayacaktır (Çelikleş, vd. 2015). İnternete dair her şey üretimde daha fazla kullanımını içeren trend ve bunun endüstriyel proseslere etkisi, Almanya ve diğer başka ülkeleri de stratejik yeni tartışmalara, yeni yönelimlere itmiştir.

Takım tezgahları sanayinde en önemli teknolojik trend “Endüstri 4.0” uygulamalarıdır. Makine sanayi geleceğin fabrikasının makinelerini de üreteceği için sektör gelecekte bu teknolojik paradigmaya göre şekillenecektir. Bu teknolojik yörünge makine imalat sanayinin 1990’lı yıllardan bu yana mikroelektronik paradigması içinde geçirdiği evrimi hızlandırarak yeni bir aşamaya taşıyacaktır. Zaten sektörde ileri teknoloji ve yazılım kullanımının artmasına bağlı olarak Tablo 4’de özetlendiği gibi sektörel inovasyon sisteminin geleneksel örüntüleri de değişmeye başlamıştır. Yine de sektördeki teknolojik gelişmelere ve yeni doğan trendlere bağlı olarak firmalar bölgelerinin dışına doğrudan inovasyon bağlantıları kurmaya çalışmaktadırlar. Kodlanabilir bilginin artan önemi, bilgi yoğun teknolojilerin sektördeki inovasyon sürecini etkilemesi, ürün ve süreç geliştirmeye yönelik sektörler arası, bölgeler arası ve uluslararası yeni partnerlerin ortaya çıkması trendler sektörel inovasyon sisteminin de dönüşmesine neden olmaktadır (Wengel ve Shapira, 2004). Bu dönüşüm dinamiği sektörde egemen olan geleneksel bölgesel orta ölçekli işletmelerin üzerinde iş stratejileri teknolojilerine ve kendi bölgeleri ve bölgelerinin dışındaki aktörlerle kurdukları şebekeleri yeniden biçimlendirme konusundaki artan oranda baskı yapmaktadır.

Tablo 4

Takım Tezgâhı Sanayinde Sektörel İnovasyon Sisteminin Değişen Özellikleri

Elementler	Geleneksel Özellikler	Yeni Ortaya Çıkan Özellikler
Dış Bağlantıların Yapısı	➤ Sınırlı, İstikrarlı	➤ Açık, Esnek
Coğrafi Kapsam	➤ Bölgesel, Ulusal	➤ Bölgesel, Uluslararası
Teknolojik Temel	➤ Mekanik	➤ Bilgi Yoğun
Ürün Geliştirme	➤ Aşamalı	➤ Aşamalı, Sistematik
Değişim İlişkisi	➤ Üreticilerin Kullanıcılarla Bağlantı Kurması	➤ Üreticiler, Kullanıcılar ve Araştırma Kuruluşları İle İşbirliği
Bilgi Tabanı	➤ Örtük	➤ Örtük Kodlanabilir
Eğitim	➤ Çeşitli	➤ Çeşitli, İçsel, Dışsal
İşletme Biçimi	➤ Bireysel, Aile	➤ Bireysel Şirket Gruplar (Çok Uluslu)
İş Organizasyonu	➤ İçsel Enformel İşbirliği	➤ Dışsal Formel İşbirliği
Piyasaya Giriş	➤ İlimli Teknik Giriş Engelleri	➤ İnovasyona Dayalı Yüksek Giriş Engelleri
Talep	➤ Konjonktürel	➤ Konjonktürel
Politika	➤ Ulusal Sektörel Politikalar	➤ Bölgesel, Ulusal Jenerik Politikalar, Ulus Üstü Politikalar (Lizbon Stratejisi vb.)

Kaynak: Wengel ve Shapira, 2004

Türkiye Takım Tezgâhları Sanayi

Türkiye 'de ilk takım tezgâhı 1984 yılı sonunda devlet tarafından üretilmiştir. Bu tarihten itibaren üniversal/dik frezeler, üniversal/revolver tornalar, silindirik/satıh taşlama tezgâhları, takım bileme tezgâhları, radyal matkaplar seri şekilde ülkemizde üretilmiştir. 1984 yılından itibaren, CNC (bilgisayarlı sayısal kontrol) takım tezgahları dünyada kullanılmaya başlanmış, ülkemiz sanayicisi de CNC takım tezgahlarını talep etmeye başlamıştır. Çünkü kullanıcı yüksek hassasiyet, imalatta standardizasyon, operatör el melekesinden bağımsızlık, emek-yoğun teknolojilerden bilgi ve sermaye yoğun teknolojilere geçiş istemektedir. (Ekonomi Bakanlığı, 2014, s. 3).

Tablo 5

Takım Tezgâhı Tüketimi (Milyon, Amerikan Doları)

ÜLKELER	2013	2014	2015*
1. Çin	\$ 31,900.0	\$ 31,700.0	\$ 28,600.2
2. Amerika	8,048.5	8,056.3	10,412.4
3. Almanya	7,573.4	6,758.2	6,232.8
4. Japonya	3,695.8	5,150.2	5,427.5
5. Güney Kore	4,320.0	4,891.0	4,959.9
6. İtalya	2,098.4	2,266.9	2,340.6
7. Rusya	2,054.5	2,030.2	1,729.9
8. Meksika	1,924.2	1,708.9	1,884.4
9. Tayvan	1,629.0	1,687.0	1,877.2
10. Hindistan	1,337.7	1,416.5	1,506.9
11. Kanada	1,342.0	1,235.0	1,361.8
12. Türkiye	1,261.0	1,227.0	1,266.9
13. İngiltere	1,077.5	1,087.2	1,362.1
14. İsviçre	1,126.1	1,081.8	1,030.4
15. Brezilya	1,464.9	1,014.6	661.1
16. Fransa	1,113.8	977.3	1,018.6
17. Avusturya	734.0	663.7	665.3
18. İspanya	426.1	534.8	605.8
19. Çek Cumhuriyeti	435.5	464.3	567.8
20. Avustralya	374.7	333.0	357.2
21. Hollanda	342.5	303.9	310.8
22. Belçika	190.4	221.2	230.4
23. Arjantin	210.0	195.7	137.3
24. Portekiz	209.6	166.5	209.3
25. İsveç	194.2	161.3	242.1
26. Finlandiya	121.9	115.5	132.6
27. Danimarka	63.0	59.6	66.2
TOPLAM	\$ 75,268.7	\$ 75,507.6	\$ 75,197.5

Kaynak: Gardner Research "The World Machine Tool Output & Consumption Survey 2015"

İlk beş ülke incelendiğinde ABD ve Almanya ikinci sanayi devriminden

bu yana önemli makine üreticisi ülkelerdir. 3. sanayi devrimi ile birlikte Japonya takım tezgâhı sanayinde küresel bir oyuncu haline gelmiştir. Bu sektörde geriden gelen bir ülke olarak G. Kore beşinci sırada yer almaktadır. Çin ise gösterdiği hızlı gelişmeye bağlı olarak endüstride en büyük üretici ülke konumunda yer almaktadır. Türkiye ise dünya sıralamasında 12. Sırada yer almaktadır. Dünyada Türkiye'nin hiç de azımsanacak bir yerde değildir.

Tablo 6

Dünya Takım Tezgâhı Dış Ticareti (Milyon, ABD Doları)

		2013			2014			İthalatın Yurtiçi Kullanıma Oranı (%)
		İhracat	İthalat	Dış Tic. Dengesi	İhracat	İthalat	Dış Tic. Dengesi	
1.	Almanya	10,707.9	3,012.6	7,695.3	8,982.5	2,783.5	6,199.0	% 41
2.	Japonya	8,382.9	745.1	7,637.8	8,397.1	715.7	7,681.4	% 14
3.	İtalya	4,369.6	992.2	3,377.4	3,828.8	1,021.0	2,807.8	% 45
4.	Tayvan	3,548.0	640.0	2,908.0	3,753.0	740.0	3,013.0	% 44
5.	Çin	2,900.0	10,100.0	-7,200.0	3,300.0	11,200.0	-7,900.9	% 35
6.	İsviçre	2,800.3	683.6	2,116.7	2,613.3	583.4	2,029.9	% 54
7.	ABD	2,176.0	5,268.4	-3,092.4	2,085.6	5,241.5	-3,155.9	% 65
8.	Güney Kore	2,216.0	1,386.0	830.0	2,236.0	1,496.0	740.0	% 31
9.	İspanya	1,183.7	324.7	859.0	953.0	404.8	548.2	% 76
10.	Belçika	985.0	857.0	127.4	944.4	911.6	32.8	% 412
11.	Avusturya	944.2	461.3	482.9	854.5	416.9	437.6	% 63
12.	İngiltere	832.5	902.9	-70.4	737.8	893.1	-155.3	% 82
13.	Çek Cum	738.7	477.0	261.7	669.3	507.7	161.6	% 109
14.	Fransa	665.8	982.3	-316.5	598.0	876.4	-278.4	% 90
15.	Hollanda	538.4	452.1	86.3	577.7	401.1	76.6	% 32
16.	Türkiye	457	1.102	-644	457	1.123.	-666	% 81
17.	İsveç	257.3	288.1	-30.8	213.6	239.2	-25.6	% 148
18.	Kanada	243.0	900.0	-657.0	238.0	902.0	-664.0	% 73
19.	Brezilya	216.4	1,263.8	-1,047.4	66.5	901.2	-734.7	% 89
20.	Finlandiya	179.5	109.6	69.9	151.9	97.2	54.7	% 84
21.	Meksika	124.1	1,907.6	-1,783.5	90.4	1,655.3	-1,564.9	% 97
22.	Danimarka	105.5	119.2	-13.7	93.6	108.2	-14.6	% 182
23.	Rusya	78.8	1,922.4	-1,843.6	73.3	1,869.1	-1,795.8	% 92
24.	Avustralya	71.3	286.0	-214.7	75.3	264.9	-189.6	% 80
25.	Portekiz	64.4	154.8	-90.4	57.1	121.6	-64.5	% 73
26.	Hindistan	35.3	797.0	-761.7	39.9	811.1	-771.2	% 57
27.	Arjantin	20.8	194.6	-173.8	8.2	166.4	-158.2	% 85

*İhracat amaçlı yapılan ithalatı da içermektedir

Kaynak: Gardner Research "The World Machine Tool Output & Consumption Survey 2015"

Türkiye'nin Takım Tezgâhları üretimi ve dış ticaret verileri tablo da yer almaktadır. Bu verilere göre 2008 yılında Türkiye üretimi/imalatı 647,8 milyon ABD Doları düzeyindedir. Üretim 2009 yılında küresel krizin yarattığı ekonomik daralmaya bağlı olarak 441,3 milyon ABD Dolarına gerilemiş ve daha sonra 2011 yılına kadar artarak 659,milyon ABD Doları düzeyine erişmiştir. 2012 yılında az da olsa düşerek 649 milyon ABD Doları düzeyinde kalmıştır. 2013 yılında yeniden artış eğilimine girmiş ve 792 milyon ABD Dolarına erişmiştir. Yapılan hesaplamalara göre 2014 yılında 815 milyon ABD Doları düzeyine çıkmıştır.

Tablo 7

Türkiye Takım Tezgâhları Üretimi Dış Ticareti (USD)

Yıl	Üretim	İhracat	İthalat	Dış Ticaret Dengesi	Yurt İçi Kullanım	İthalatın Yurtiçi Kullanıma Oranı (%)
2005	374.523.000	229.558.598	798.786.671	-569.228.073	943.751.073	84
2006	426.200.000	307.987.453	907.803.018	-599.815.565	1.026.015.565	88
2007	532.747.500	431.151.475	921.023.365	-489.871.890	1.022.619.390	90
2008	647.895.000	502.962.861	1.035.334.306	-532.371.445	1.180.266.445	87
2009	441.250.000	292.827.436	496.655.304	-203.827.868	645.077.868	76
2010	555.000.000	318.173.237	690.684.509	-372.511.272	927.511.272	74
2011	659.400.000	387.396.879	1.101.787.374	-714.390.495	1.373.790.495	80
2012	649.000.000	423.691.154	1.199.169.146	-775.477.992	1.424.477.992	84
2013	792.000.000	457.927.384	1.102.465.420	-644.538.036	1.436.538.036	76
2014	815.760.000	457.582.476	1.123.720.451	-666.137.975	1.481.897.975	81
2015	752.191.328	456.078.449	996.946.696	-540.868247	1.292.059.575	77

Kaynak: Takım Tezgâhları Sanayici ve İşadamları Derneği (TİAD)

Takım Tezgâhları ihracatının Türkiye toplam ihracatına benzer bir eğilim göstermektedir. 2005 yılı ile 2008 yılları arasında 2,5 kata yakın artan Takım Tezgâhları ihracatı, söz konusu dönemde 229 milyon ABD Dolarından 502 milyon ABD Dolarına çıkmıştır. 2009 yılında önemli ölçüde gerileyerek 292 milyon ABD Dolarına düşmüştür. Daha sonra artış eğilimine girmiş ve 2014 yılında 458 milyon ABD Dolarına erişmiştir. Sektörün ithalatı ise kriz dönemleri hariç 2004 yılından 2011 yılına kadar hızlı biçimde artarak, 2011 yılında 1,1 milyar ABD Doları olmuş aynı yıl

ihracatın ithalatı karşılama oranı ise %31 düzeyinde gerçekleşmiştir. 2013 yılında sektör ithalatı yaklaşık 1,102 milyar ABD Doları olmuştur. 2014 yılında sektör ithalatı az da olsa gerileyerek 1,123 milyar ABD Doları, ihracatı ise %1,2'lik artışla 592,1 milyon ABD Dolarına çıkmıştır. İhracatın ithalatı karşılama oranı ise % 39,9 olarak gerçekleşmiştir. 2015 yılında da sektör dış ticaret açığı vermeye devam etmiştir. Türk takım tezgâhı sektörünün dış ticaret yapısı incelendiğinde sektörün net anlamda ihracatçı bir sektör olmadığı göze çarpmaktadır. Son on yıllık veriler toplu olarak değerlendirildiğinde sektör tüm yıllarda dış ticaret açığı vermiştir. Sektör, Türkiye ihracatından yıllara göre değişmekle birlikte ortalama binde dört pay alırken, Türkiye toplam ithalatında ise binde altı paya sahiptir. Bu oranlar son üç yıldan bu yana önemli bir değişim göstermemektedir. Sektörün toplam Türkiye ihracat ve ithalatı içindeki paylarına bakıldığında ithalata bağımlılığı açıkça ortaya çıkmaktadır. Yurt içi takım tezgâhı kullanımında ithal ürün payı son on yıllık dönemde % 74 ün altına hiç düşmemiştir. Bu durum Türk sanayinin kullandığı takım tezgâhlarının önemli ölçüde ithal ürünlerden oluştuğunu göstermektedir.

Bu bulgular değerlendirildiğinde Türk takım tezgâhları sanayinin yeterli rekabet gücüne kavuşmadığı gözlenmektedir. Bir sanayi nedenli dış ticarete açık olsa da kendisini besleyecek bir istikrarlı iç talebe sahip değilse gelişme göstermesi zordur. Bu nedenle Türk imalat sanayinin yerli takım tezgâhlarını ne oranda kullandığı önemlidir.

Tablo 8

Makine - Teçhizat alımında Firmaları İthalata Yönlendiren Faktörler (Sektör İçi Ağırlıklı Ortalama - (Yüzde)

Sektörler	Daha Ucuza Temin	Daha Kaliteli ve Kesintisiz Olarak Temin	Yurt İçi Üretim Yetersizliği	Başka Şirketlerle İlişkiler	Yurt Dışı Sağlanan Kredi	Toplam
Tekstil - Giyim - Deri	5,1	14,7	71,6	1,9	6,7	100,0
Kağıt Ürü. Ve Basım	0,0	16,1	69,5	1,8	12,6	100,0
Petro - Kimya	6,4	4,5	86,8	1,3	1,1	100,0
Kauçuk - Plastik	3,1	23,7	57,5	14,6	1,1	100,0
Metal Dışı Min.	11,7	15,2	69,8	3,0	0,2	100,0
Ana Metal	8,3	34,8	52,0	0,0	4,9	100,0
İşlenmiş Metal	3,7	7,8	81,5	0,0	7,0	100,0
Makine İmalatı	6,6	28,1	59,4	3,8	2,1	100,0
Elektrikli Makine	11,7	26,1	53,4	6,6	2,1	100,0
Elektronik	18,5	23,2	56,8	1,6	0,0	100,0
Motorlu Kara Taşıtı	8,9	11,1	48,3	19,1	8,3	100,0
Diğer Ulaşım Araçları	1,5	3,7	93,1	0,2	1,5	100,0
Mobilya	12,2	23,2	64,4	0,0	0,1	100,0
<i>İmalat Sanayi</i>	<i>6,9</i>	<i>17,6</i>	<i>66,0</i>	<i>4,6</i>	<i>4,4</i>	<i>100,0</i>

Kaynak: Saygılı vd. 2014:41

Tablo 8’de imalat sanayi firmalarında makine teçhizat ithalatının nedenleri yer almaktadır. Bu bulgular ışığında, Türkiye’de makine teçhizat ithalatının ana nedenleri; yurt içi üretimdeki yetersizlikler, daha kaliteli aramalı ve yatırım malı ihtiyacı unsurları olarak karşımıza çıkmaktadır (Saygılı vd., 2014, s. 35). Özellikle imalat sanayi içinde, makine imalatı, otomotiv, işlenmiş metal sektörleri takım tezgâhlarını yoğun olarak

kullanan sanayi dallarıdır. Bu sektörlerde yurt içi takım tezgâhlarının kullanılmamasının ana nedeni yetersiz üretim olarak gösterilmektedir. Burada yetersizliğin nicelik olduktan daha çok nitelik eşdeyişle yerli takım tezgâhlarının teknolojik geriliğinin öne çıktığı düşünülebilir. İkinci ana neden olarak da kaliteli takım tezgâhlarının bulunamıyor olması yerli takım tezgâhlarının teknolojik geriliğinin bir göstergesi olarak kabul edilebilir. Çünkü takım tezgâhlarının kalitesi ve teknolojik gelişmişliği nihai ürünün kalitesi üzerinde de etkilidir.⁴ Özellikle diğer ulaştırma araçları, makine, işlenmiş metal gibi sektörlerde üreticiler daha iyi olarak gördükleri yabancı tezgahları tercih etme eğilimi içinde gözükülmektedirler. Bu nedenle yerli üretim tezgahlar daha az teknoloji yoğun segmentlerde yoğunlaşırken daha hassas ve teknoloji yoğun tezgahların ithalat yoluyla karşılandığı gözlenmektedir. Sektörde talaşlı imalat yapan takım tezgahlarındaki ithalata dayalı bir yapıya karşılık, testereler ve levha malzemeleri şekillendiren tezgahlarda (pres, giyotin, makas v.s) hızlı bir gelişme göstermektedir. Bu grupta yer alan üreticiler talaşlı imalat yapan takım tezgâhlarına oranla çok daha konvansiyonel nitelikteki ürünlerinin gamını sürekli geliştirmekte ve pazar paylarını arttırmaktadırlar. Ancak firma düzeyinde teknolojik yetenek düzeyinin geliştirilememesi nedeniyle, firmalar üst teknoloji grubunda yer alan bilgisayar destekli zımba (delme) tezgâhları ile lazer kesme, plazma kesme, su jeti ile kesme tezgâhları üretimine geçiş yapamamaktadır. CAD/CAM gibi bilgisayar destekli tasarım ve imalat teknolojileri sektörde sınırlı olarak kullanılmaktadır. Dolayısı ile özellikle bilgisayar destekli takım tezgâhi tasarım ve üretiminde yeteri kadar gelişme sağlanamaması halinde Türk imalat sanayinin makine ithalatının artarak devam edeceği beklenmelidir.

Sonuç

Takım tezgâhi sanayi, teknolojik değişimin ve imalat sanayinin rekabetçiliğinin ana kaynağı oldu için ülke ekonomi açısından kilit bir sektör konumundadır. Bugün dünya ölçeğinde makine sanayi

4 Yerli tezgâhlarının kalitesizliğinin ülkenin imalat sanayi üzerindeki etkisi ile ilgili benzer problemleri başlangıçta Japonya G Kore gibi bugün için tezgâh sektöründe lider olan ülkeler de yaşamıştır. Örneğin Japon takım tezgâhi üreticileri başlangıçta kullanıcılarından iyi geri dönüşler alamamışlardır. Honda şirketinin kurucusu Soichiro Honda bunlardan biri olarak takım tezgâhi ithalatının teşvik edilmesini istemiştir. Güney Kore ise takım tezgâhi sanayini geliştirmek için takım tezgâhi ithalatını yasaklama yoluna gitmiştir. Ancak bu yasaklama otomotiv sanayi gibi takım tezgâhi kullanıcılarının daha iyi yabancı takım tezgahlarını kullanabilmesine engel olmuştur.

incelendiğinde, Endüstri 4.0 konseptinin etkisiyle sektörün önemli bir teknolojik paradigma değişiminin eşiğinde bulunduğu gözlenmektedir. Teknoekonomik paradigmalardan değiştiği bunun gibi dönemler, bu değişim sürecine ayak uydurabilen özellikle geriden gelen ülkelerin önünde “fırsat pencereleri” açmaktadır (Perez ve Soete, 1988). Makine sektöründe yazılım ve mikro elektroniğin etkisi 1980’li yıllarla beraber artmış bu dönüşümün açtığı fırsat penceresinden özellikle Japonya ve sonrasında belirli ölçüde G Kore ve Tayvan yararlanarak takım tezgâhı sanayinde öncü konumda bulunan ABD, Almanya, İtalya gibi ülkelerin arasına katılmıştır. Günümüzde ise nesnelerin interneti kavramı ile gündeme gelen “Endüstri 4.0” paradigması sektörü de içine alan tüm imalat sanayi kollarında önemli etkileri olacak bir teknolojik yörünge sunmaktadır. Bu yeni paradigma sektör için önemli fırsat pencereleri açacak örneğin tam otomasyona dayalı akıllı fabrikaların makinelerini de takım tezgahları sektörü üretecektir.

Türk takım tezgâhı sanayinin sahip olduğu teknolojik yetenek birikimi ile yeni teknolojik yörüngeleri izleme yeteneğinin zayıf olduğu gözlenmektedir. Sektörün fırsat pencerelerinden yararlanabilmesi için özellikle firmaların teknolojik yetenek birikimine önemli ölçüde yatırım yapmaları gerekmektedir. Türk takım tezgâhı sanayinin, nesnelerin interneti çağına ayak uydurabilmesi için gerekli olan elektronik ve yazılım entegrasyonu alanında yetersizliklere sahiptir. Bu yetersizliklerin giderilmesi ve firmaların teknolojik yetenek kazanması konusunda devlete de düşen görevler bulunmaktadır. Sektörel İnovasyon Sistemi yaklaşımın en önemli politika sonucu sektörlerin birbirinden farklı inovasyon kaynaklarına sahip olduğu için farklı sektörel politika setleriyle desteklenmesi gereğine yaptığı vurgudur. Endüstri 4.0 ile beraber takım tezgâhı sektörünün insan kaynağı ihtiyaçlarının da değişecek, bilgisayar programlama mühendisleri, elektronik mühendisleri, robot programlama mühendisleri, yazılım mühendisleri, makine mühendisleri, endüstri mühendisleri, otomasyon mühendisleri sektör tarafından daha çok talep edilecektir. Bu nedenle Türk takım tezgâhı sanayi üniversiteler ile işbirliğini geliştirerek endüstri 4.0 ile uyumlu bir mühendislik eğitim programı tasarlamak zorundadır. Sektörde faaliyet gösteren firmaların sahip olduğu mühendislik becerileri, makine imalatçılarının uluslararası pazarlarda rekabet şansını arttıran unsurlardır. Önceki sanayi devrimlerini geriden takip edebilmiş olan Türkiye’nin yeni endüstri devrimini yakalaması son derece kritik bir öneme sahiptir. Türkiye’nin kendisinde mevcut olan endüstriyel avantajlarını daha iyi kullanmaya

başlaması ve bunu adım adım geliştirmesi gerekmektedir.

Kaynakça / References

Archibugi D. ve Pianta M. (1996). Innovation surveys and patents as technology indicators: The state of the art, in OECD, Innovation, patents and technological strategies, Paris, OECD.

Breschi, S. ve Malerba, F. (1997). Sectoral innovation systems: Technological regimes, Schumpeterian dynamics, and spatial boundaries. In C Edquist (ed.), *Systems of innovation: Technologies, institutions, and organizations* (pp. 130-156). Pinter, London.

Carlsson, B. (1984). The development and use of machine tools in historical perspective. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 5(1), 91-114.

Çelikaş M., Sonlu G., Atalay S. (2015). Endüstriyel devrimin son sürümünde mühendisliğin yol haritası. *Mühendis ve Makine*, 56(662), 22-34

Dosi, G. (1982). Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research Policy*, 11, 147-162

Ege B. (2014). Endüstri 4.0 devrimi kapıda mı?. *Bilim ve Teknik*, Mayıs 2014.

Ehrnberg, E. Jacobsson, S (1993). Technological discontinuity and competitive strategy-revival through FMS for the European machine tool industry?. *Technological Forecasting and Social Change*, 44, 27-48

Foley D.ve Michl T. (2015). *Büyüme ve bölüşüm* (B. Eres, Çev.). Ankara: Phoenix Y.

Hayashi A. M. (2014). Technology trajectories and the birth of new industries. MIT Sloan Management Review. <http://sloanreview.mit.edu/article/technology-trajectories-and-the-birth-of-new-industries/> (Erişim tarihi: 28 Ekim 2015).

Heinrich A. (2001). The recent history of the machine tool industry and the effects of technological change. University of Munich, Institute for Innovation Research and Technology Management.

Jacobsson, S. (1986) Electronics and industrial policy. The case of computer controlled lathes. London: Allen & Unwin.

Kaynak O. ve Sabanovic, A. (1996). Diffusion of new technologies through appropriate education and training. In John Kirkland (Ed) *Barriers to international technology transfer* (pp. 99-108). NATO ASI Series, Kluwer Academic Publishers.

Kuhn, T.S. (1962). The structure of scientific revolutions. Chicago: University of

Chicago Press.

Lee, K. (2005). Making a technological catch-up: barriers and opportunities. *Asian Journal of Technology Innovation*, 13(2), 97-131.

Lee, K. (1996). The role of user firms in the innovation of machine tools: The Japanese case. *Research Policy*, 25, 491-507.

Malerba, F. (2002). Sectoral systems of innovation and production. *Research Policy*, 31, 247-264.

Malerba, F. (2004). Sectoral system of innovation basic concepts. In F. Malerba (Ed.) *Sectoral system of innovation: Concepts issues and analyses six major sector in Europe*. UK: Cambridge Univ. Press.

Malerba, F. ve Orsenigo L. (1997). Technological regimes and sectoral patterns of innovative activities. *Industrial and Corporate Change*, 6(1), 83-117.

Mazzoleni, R. (1997). Learning and path-dependence in the diffusion of innovations: comparative evidence on numerically controlled machine tools. *Research Policy*, 26(4-5), 405-428.

North, D. (1994). Economic performance through time. *American Economic Review*, 84(13), 359-368.

Pavitt, K. (1984). Patterns of technical change: Towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, 13, 343-74.

Poledrini, S. (2006). Sectoral and regional systems of innovation: The case of the Italian machine tool industry. MSc Dissertation. SPRU. Brighton: University of Sussex.

Pepper R J. ve Garrity, (2014). The internet of everything: How the network unleashes the benefits of big data. The global information technology report. World Economic Forum.

Perez, C. ve Soete L. (1988). Catching up in technology: Entry barriers and windows of opportunity. In Dosi, G., C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg and L. Soete (Eds.) *Technical change and economic theory* (pp. 458-479). London.

Pol, E. ve Carroll P. (2004). Innovation heterogeneity, Schumpeterian growth and evolutionary theorizing. Faculty of Commerce Faculty of Commerce - Economics Working Papers.

Rifkin J. (2015). *Nesnelerin interneti ve işbirliği çağı*. İstanbul: Optimist Yayınları.

Robert P. Ve J. Garrity. 2014 The internet of everything: How the network

unleashes the benefits of big data. *The Global Information Technology Report*. World Economic Forum

Rosenberg, N. (1963). Technological change in the machine tool industry. *The Journal of Economic History*, 23(4), 414-443.

Sayer, S. ve Ülker, A. (2014). Ürün yaşam döngüsü yönetimi. *Mühendis ve Makina*, 55(657), 65-72.

Saygılı Ş. Cihan C. Yalçın C. T Brand,(2014). Türkiye imalat sanayiinde ithal girdi kullanımındaki artışın kaynakları. *İktisat İşletme ve Finans*, 29(347), 9-44.

Smith, K. (1992). Technological innovation indicators: experience and prospects. *Science and Public Policy*, 19(6), 383-392.

Saviotti P. Pyka A. (2004). Economic development, qualitative change and employment creation. *Structural Change and Economic Dynamics*, 15, 265-287.

Taymaz E. (1989). İmalat teknolojisindeki gelişmeler ve mühendislik sanayileri. 1989 Sanayi Kongresi Bildirileri, Cilt 1, Ankara: MMO, 72-76.

Türkiye Cumhuriyeti-Ekonomi Bakanlığı. (2014) Takım tezgâhları sektörü. Ankara.

Wengel J. ve Shapira P. (2004). Machine tools: the remaking of a traditional sectoral innovation system. In F. Malerba (Ed) *Sectoral system of Innovation: Concepts issues and analyses six major sector in Europe*. UK: Cambridge Univ. Pres.

Summary

The machine tools industry has a strategic importance because it determines the competitiveness and efficiency of the engineering industries as the primary sector producing investment goods. The importance of the locomotive role undertaken in the economy is shown by the fact that it provides inputs into almost all sectors of the manufacturing industry, that it is the driving force of the sectors, that has parallels with the development of the manufacturing industry, that the discipline of engineering is mobilized and that the designation of the development speed and production compositions according to the new needs and demands. In the scope of the study, the situation and problems of the Turkish machine tool sector were examined from the theoretical framework of the sectoral innovation system approach.

Sectoral System of innovation; can be defined as an integrated structure made up of the interactions of the actors in market and nonmarket, actors who are inclined to develop, product and market a product group and these products for a specific use.” (Malerba, 2002) A sectoral system has a structure consisting of information infrastructures, technologies, inputs and demand. The main advantage of the sectoral system of approach is; conceptual framework for a better understanding it provides of the structure and limits of the sector; of the actors and their interactions with each other; of learning, innovation and the manufacturing processes; of the sector’s transformation dynamics; of factors leading to differences in performance of the companies in the sector or the internationally competitive countries in specific sectors. This conceptual framework paves the way for the development of the technology policy for certain sectors by revealing the unfavorable aspects of the approaches claiming that all sectors are similar and they can be organized and be supported with macro-policies.

Today, the most important factor affecting the industry of machine tools is the transition from the third industrial revolution to the fourth industrial revolution. This new technological trajectory will be decisive in the future of the sector. “Industry 3”, emerging as the microelectronics revolution paved the way for flexible automation in the machinery industry whereas today “Industry 4”, which is called the internet of things, seems to be the harbinger of smart factories period (Ege, 2014).

Innovation in the machinery industry focuses typically on the technological properties of individual machines and their development. When the technological regime characteristics and innovation patterns of the machinery industry in the sector are considered, the industry has a typical “Specialized Supplier Industry” characteristic in which tacit knowledge accumulated in the interface between the manufacturer and the user is important for the classification of industry of Pavitt (Wengel & Shapira, 2004). The direction of innovation process in the industry is largely determined by customer requirements. New products are often developed for a specific need of the user and they are launched into the market. Therefore, the frequency of developing new product in the machinery industry is more dependent on investments. Competition conditions in the industry have monopolistic competitive market characteristics.

When the technological paths of machinery industry are analyzed, it can

be observed that the Industry 4.0 which is based on the internet of objects where the microelectronics revolution based on Industry 3.0 is matured is the basic technological path emerging. The most important technological trend in machinery industry is the “Industry 4.0” applications. The sector will be shaped according to this technological paradigm as the machinery industry will produce the machines of the factories of the future. The evolution the machinery industry has experienced in microelectronics paradigm since 1990’s will be accelerated by this technological path and will be moved to a new stage.

In the study, the situation of the Turkish machine tool sector was analyzed by using secondary data about industry. The sector provides a net foreign trade deficit. The sector cannot meet the needs of the domestic manufacturing industry. According to the results of the study, the accumulation of technological capabilities of the Turkish machine tool industry is not enough to use the opportunities created by Industry 4.0. Therefore, in order to catch up with the new industrial revolution, policy makers need to apply technology policies urgently to accelerate technological development in the machine tool industry.