



Monitoring technological changes with statistical control charts based on patent data

Nazlı Gülüm Mutlu^{1*} , Serkan Altuntaş² 

¹Department of Occupational Health and Safety, Health and Safety, Bingol University, Bingol, 12000, Turkey

²Department of Industrial Engineering, Faculty of Machinery, Yildiz Technical University, Istanbul, 34349, Turkey

Highlights:

- An approach based on statistical control charts is used in this study to monitor the change in safety technologies.
- The approach uses patent analysis, single exponential smoothing and individual-moving range control charts.
- A real life case study of safety technologies in the field of occupational health and safety is presented in detail.

Keywords:

- Statistical quality control charts
- I-MR control charts
- Patent analysis

Article Info:

Research Article
Received: 23.10.2020
Accepted: 16.03.2021

DOI:

10.17341/gazimmfd.815361

Acknowledgement:

This work was supported by Research Fund of the Yildiz Technical University. Project Number: FBA-2019-3697.

Correspondence:

Author: Nazlı Gülüm Mutlu
e-mail:
ngmutlu@bingol.edu.tr
phone: +90 426 216 00 12-1764

Graphical/Tabular Abstract

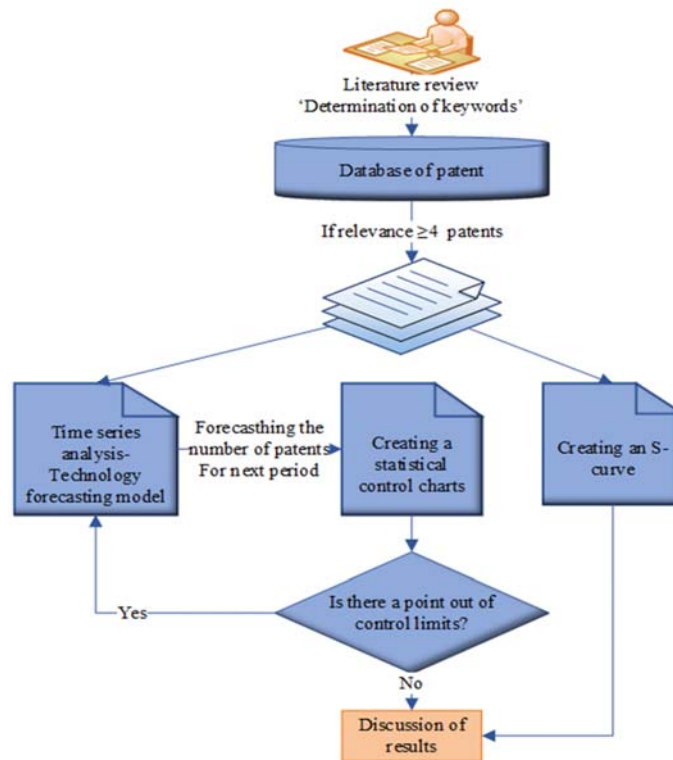


Figure A. Flow chart of the study.

Purpose: The aim of this study is to follow the development of a technology and monitoring the change of a technology. Patent analysis and statistical control chart are utilized in the field of occupational health and safety for a case study.

Theory and Methods:

Patent data related to safety technologies are used to utilize statistical quality control charts, namely, individual moving range (I-MR) control charts. A time series analysis has also been performed in this study.

Results:

The results of this study show that using a single technology forecasting model for a long period of time is misleading. Additionally, the forecast model for the period between 1942 and 2020 should be updated in various periods. Occupational health and safety technologies are an emerging technology field and appear to be incentives for policy makers and safety engineers to allocate resources.

Conclusion:

Monitoring the change in a technology enables to recognize systems that will ensure efficiency and effectiveness in manufacturing systems for decision-makers. Therefore, it is very important to follow technology development in practice. The study is unique given that the number of studies focusing on technologies in the OHS (Occupational Health and Safety) field is limited.



Teknolojik değişimlerin patent verilerine dayalı istatistiksel kontrol grafikleri ile izlenmesi

Nazlı Gülüm Mutlu^{1*}, Serkan Altuntaş²

¹Bingöl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü, 12000, Bingöl, Türkiye

²Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 34340, İstanbul, Türkiye

Ö N E Ç İ K A N L A R

- Güvenlik teknolojilerindeki değişimi izlemek için bu çalışmada istatistiksel kontrol çizelgelerine dayalı bir yaklaşım kullanılmıştır.
- Yaklaşım, patent analizi, tek üstel yumuşatma ve bireysel hareket eden aralık kontrol çizelgelerini kullanır
- İş sağlığı ve güvenliği alanındaki güvenlik teknolojilerinin gerçek hayattan bir vaka çalışması ayrıntılı olarak sunulmaktadır.

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi
Geliş: 23.10.2020
Kabul: 16.03.2021

DOI:

10.17341/gazimmfd.815361

Anahtar Kelimeler:

İstatistiksel kontrol grafikleri,
I-MR kontrol grafiği,
patent analizi

ÖZ

Teknoloji geliştirme ve teknolojiye yatırım yapma aşamalarının temelini teknoloji tahmini oluşturmaktadır. Teknolojinin hızlı bir şekilde geliştiği ve büyüdüğü dinamik bir çevrede tek bir tahmin modelinin kullanılabilirliğini denetleme ihtiyacı önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir. Bu çalışmanın amacı, istatistiksel kontrol grafiklerini kullanarak iş sağlığı ve güvenliği alanındaki güvenlik teknolojilerinin gelişimini takip etmektir. Teknoloji tahmin modelinin güvenilirliğinin izlenmesinde kullanılan I-MR grafiği ihlal kurallarının genişletilmesi ve daha önce literatürde sınırlı düzeyde ele alınan iş sağlığı ve güvenliği (İSG) alanındaki güvenlik teknolojilerinin dikkate alınması çalışmanın özgün yönlerini oluşturmaktadır. Çalışmanın başında, Amerika Birleşik Devletleri Patent ve Ticari Marka Ofisi (USPTO) veri tabanı kullanılarak 1942-2020 Aralık ayının dahil olduğu 91.580 patent verisi analiz edilmiştir. Patent verileri kullanılarak zaman serisi tahmin modellemesi yapılmış, modelin artık değerleri kullanılarak I-MR grafiği oluşturulmuştur. Elde edilen I-MR grafikleri ile önemli sapmalar kontrol edilerek modelin güvenliği izlenmiştir. Ayrıca, patent sayıları için S-eğrisi oluşturulmuştur. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre, tek bir teknoloji tahmin modelinin uzun vadeli kullanılması yanıltıcıdır. 1942 ile 2020 dönemi için tahmin modelinin çeşitli dönemlerde güncellenmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. İş sağlığı ve güvenliği teknolojileri gelişmekte olan bir teknoloji alanı olup, yatırımcılar için cazip bir alan, politika yapıcılar ve güvenlik mühendisleri için ise kaynak ayırma konusunda teşvik edici özellikte görünmektedir.

Monitoring technological changes with statistical control charts based on patent data

H I G H L I G H T S

- An approach based on statistical control charts is used in this study to monitor the change in safety technologies
- The approach uses patent analysis, single exponential smoothing and individual-moving range control charts
- A real life case study of safety technologies in the field of occupational health and safety is presented in detail

Article Info

Research Article
Received: 23.10.2020
Accepted: 16.03.2021

DOI:

10.17341/gazimmfd.815361

Keywords:

Statistical control chart,
I-MR control chart,
patent analysis

ABSTRACT

Technology forecasting constitutes the basis of technology development and investment in technology. In a dynamic environment where technology is rapidly evolving and growing, the need to check the availability of a single prediction model has become an important research topic. The aim of this study is to follow the development of safety technologies in the field of occupational health and safety by using statistical quality control charts. Expanding the I-MR control chart rules used in monitoring the reliability of the technology forecasting model and considering the safety technologies in the field of occupational health and safety (OHS), which were previously discussed in the literature, are the original aspects of the study. At the beginning of the study, 91,580 patent data, was analysed using the United States Patent and Trademark Office (USPTO) database during including 1942-2020 (December) period. Time series modeling is performed using patent data on safety technologies, and I-MR graph is created using residual values of the model. The reliability of the model is monitored by controlling significant deviations with the obtained I-MR graphics. In addition, an S-curve is created for the patent numbers. The results of this study show that using a single technology forecasting model for a long period of time is misleading. Additionally, the forecast model for the period between 1942 and 2020 should be updated in various periods. Occupational health and safety technologies are an emerging technology field and appear to be incentives for policy makers and safety engineers to allocate resources.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Küreselleşme ile birlikte dünyanın bir ucunda yaşanan teknolojik gelişmeler, dünyanın diğer ucunu etkiler hale gelmiştir. Söz konusu gelişmeler iş çevrelerinde rekabetçi çevresel koşulları artırmış [1] ve işletmelerin teknoloji çağına ayak uydurmalarını kaçınılmaz kılmıştır [2-4]. Küreselleşmenin bir sonucu olarak gittikçe şiddetlenen rekabetçi çevresel koşullar bir taraftan işletmeleri ürünlerin çeşitliliğinde [5], miktarında, kalitesinde artışa teşvik ederken diğer taraftan çalışanların sağlık ve güvenliği dikkate alınmadan [6], işçiler aşırı iş yükü gibi yeni tehlikeler ile karşı karşıya bırakılmaktadır [7-9].

Endüstride teknoloji kullanım düzeyinin artması, kalite artışı ve hata oranlarının azalması açısından oldukça önemlidir [10]. Ancak, söz konusu teknolojiler gibi yeni uygulamaların iş sağlığı ve güvenliği üzerindeki etkileri önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir [11]. Teknolojik gelişmeler toplumların gelişmesi açısından önemli olmakla birlikte, çalışan güvenliği için birçok tehlikeler barındırdığı da bilinmektedir [12, 13]. Bununla birlikte, Fernández ve Pérez [14]'de endüstride dijitalleşmenin artmasına karşın çalışanların ve işverenlerin tecrübesizliğine dikkat çekerek iş sağlığı ve güvenliğinin göz ardı edildiğini eleştirmiştir. Benzer şekilde, Song ve Suh [15] endüstride dijitalleşmeye karşın, iş sağlığı ve güvenliğinin ihmal edildiğini ve güvenlik teknolojilerinin avantajlarından yararlanılmadığını belirtmiştir. Çağımızın gerekleri doğrultusunda, günümüz ve gelecek teknolojiler dikkate alınarak çalışma koşullarının iyileştirilmesi, kaza ve risklerin azaltılması için mevzuat ve ilgili standartların güncellenmesi gerektiği su götürmez bir gerçektir [2]. Bununla birlikte, işletmelerin iş sağlığı ve güvenliğini geliştirmek için teknolojik araçlardan fayda sağlamaları kaçınılmaz hale gelmiştir [16]. Teknolojik gelişmelerin en önemli göstergelerinden birisi patentlerdir [17-19]. Patentler, şirketler için potansiyel olarak rekabet üstünlüğü sağlayabilecekleri ticari ve finansal varlıklar olup, iş stratejilerini tanımlamak ve kuruluşların stratejik karar vermelerini desteklemek için oldukça önemlidir [20, 21]. Bunun yanında patentler, yasal ve teknik değeri olan eşsiz belgeler olarak kabul edilmektedir [22]. Patent dokümanları atıf, patent yaşı, uluslararası patent sınıflama kodu (IPC), ipucu, patentin alındığı ülke gibi bilgileri içermektedir [23]. Patent verilerinin analiz edilmesi ile geçmişteki teknoloji trendleri ve teknoloji yaşam döngüleri ile gelecekte faaliyetlerine devam edip etmeyecekleri hakkında kullanışlı bilgiler sağlanmaktadır [24]. Patent verilerinin analiz edilmesi ile elde edilen bilgiler işletmelerin stratejik avantaj sağlayabilecekleri önemli bir rekabetçi zeka kaynağı olarak kabul edilmektedir [1]. Bununla birlikte, Jun [25] patentlerin, geliştirilen teknolojilerin bir sonucu olduğunu, etkin patent yönetimi için patentlerin analiz edilmesinin son derece önemli olduğuna dikkat çekmiştir. Teknoloji kullanma düzeyi giderek artan ve gittikçe karmaşık sistemler haline gelen endüstriler için insan-makine-çevre uyumsuzluğu nedeniyle iş sağlığı ve güvenliği problemlerinin yaşanılması kaçınılmaz hale gelmiştir [26].

Bu nedenle, iş sağlığı ve güvenliği alanındaki güvenlik teknolojilerinin izlenmesi ile mevcut güvenlik teknolojilerinin iş sağlığı ve güvenliği alanında kullanılmaları, ihtiyaç duyulan teknolojilerin geliştirilmesi için araştırma geliştirme kaynaklarının planlanması açısından hayati düzeyde önemli olmuştur.

Literatürde iş sağlığı ve güvenliği alanında teknolojik araçların kullanımı ve geliştirilmesi ile ilgili çalışmalar yürütülmüştür [27-29]. Ancak, iş sağlığı ve güvenliği alanındaki patentlerin analiz edildiği çok az sayıda araştırmaya ulaşılmıştır [15, 30]. Bu çalışmada, daha önce Durmuşoğlu [31] tarafından önerilen teknoloji tahmin modeli izleme yaklaşımı İSG alanındaki teknoloji göstergeleri olan patentler için uygulanmıştır. Ayrıca patent bilgileri dikkate alınarak S-eğrisi oluşturulmuştur. Daha önce İSG alanındaki teknolojilere odaklanan çalışma sayısının sınırlı olması ve uygulanan yöntemin ilk kez İSG alanındaki güvenlik teknolojiler için kullanılıyor olması, kullanılan analiz yaklaşımında I-MR grafikleri için dikkate alınan ihlal kurallarının genişletilerek daha hassas sonuçlar elde edilmesinin sağlanması nedeniyle çalışmanın literatüre katkı yaptığı değerlendirilmektedir. Yürütülen çalışma ile sırasıyla,

- İş sağlığı ve güvenliği alanındaki güvenlik teknolojileri izlenmektedir. Yıkıcı teknolojilerin etkisinin giderek arttığı günümüzde, güvenlik teknolojilerinin zaman içerisindeki önemli değişimlerin izlenmesi ve bu değişimler için itici güç olan faktörlerin araştırılması için bir fırsat sunulmaktadır.
- Teknoloji tahmin modelinin güncellenmesi gereken zaman belirlenmektedir. Bu sayede gelecek için güvenilir tahminler üretilecek, kaynak planlama sürecinde karar vericilerin hata yapma riski azaltılmış olacaktır.
- İSG alanındaki güvenlik teknolojilerinin büyüme potansiyeli S-eğrisi ile ortaya konulmaktadır. Bu bilgi sayesinde üretici, yönetici ve politika yapıcılara yatırım kaynaklarını planlama sürecinde destek olacak bilgiler sağlanmaktadır.
- Daha önce İSG alanındaki güvenlik teknolojilerini dikkate alan ve patent analizi yürüten çalışmalardan farklı olarak zaman serisi ile tahmin modeli oluşturulmuştur ve modelin zaman içerisindeki geçerliliğinin izlenmesinde istatistiksel kontrol grafikleri kullanılmıştır.

Bu çalışmanın takip eden bölümleri şu şekilde organize edilmiştir. İlgili literatür özeti ikinci bölümde sunulmuştur. Patent analizi, zaman serisi ile teknoloji tahmin modelleme ve istatistiksel kontrol grafiklerinin kullanımı hakkında genel bilgiler verilmiştir. Çalışmada kullanılan metodoloji üçüncü bölümde sunulmuştur. Yürütülen uygulama ise Dördüncü bölümde verilmiştir. Sonuçlar ise beşinci bölümde verilmiştir.

2. LİTERATÜR İNCELEMESİ (LITERATURE REVIEW)

Patentler, teknolojik gelişmelerin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir [32]. Chen vd. [33]'de patentlerin teknoloji

zekâsı için oldukça değerli bir bilgi kaynağı olduğunu ifade etmiştir. Patent analiz sonuçlarının evrenselliği için, patent verilerinin toplanacağı kapsamlı bir veri tabanına ulaşabiliyor olmak önemlidir. Teknoloji yönetimi ve tahmini kapsamında, ulaşılan patentlerin analizinde birçok yöntem kullanılmaktadır. Her bir yöntem ile patent verilerine ilişkin çeşitli zengin bilgiler elde edilebilmektedir. Daha önce yazarlar tarafından patent analiz sürecinde kullanılan yöntemler ise Tablo 1’de özetlenmiştir.

Literatürde patent analizlerinin yürütüldüğü çalışmalar, kullanılan yaklaşımlar bakımında iki sınıfa ayrılmıştır. Bunlar sırasıyla; teknoloji tahmin modeli geliştiren ve teknolojilerin olgunlaşma seviyelerini belirlemek için klasik istatistiksel yöntemlerin kullanıldığı çalışmalar (1) ve veri madenciliği yöntemleri ile patent analizini yürüten çalışmalardır (2).

Klasik istatistiksel yöntemler ile teknoloji tahmin modeli geliştiren ve teknolojilerin olgunlaşma seviyelerini belirleyen çalışmalar arasında, patentlerin analiz edildiği, patent analiz yöntemlerinin geliştirildiği çalışmalara ilişkin bir inceleme sunulmaktadır. Lokuhitige ve Brown [34] çalışmasında, nesnelerin interneti (IoT) teknolojisinin olgunlaşma seviyesini tahmin etmek için Fisher-Pry ve Gompertz olmak üzere iki tahmin modelini kullanmıştır. IoT teknolojisi ile ilgili bilimsel yayımları ve bir patent analizi yazılım olan AcclaimIP aracılığı ile elde ettiği patentleri çalışmasında kullanmıştır. IoT teknolojisinin en yaygın olduğu Amerika, Çin, Güney Kore, Hindistan ve Avrupa Birliği olmak üzere 5 ülkede, teknolojinin olgunluk seviyelerinin ülkeler arasındaki farklılıklarına dikkat çekerek

yorumlamıştır. Sheikh ve Sheikh [42] ise tıbbi teşhis-bakım ve nesnelerin interneti uygulamalarında kullanılan biyosensör teknolojileri ile ilgili makaleleri ve USPTO’dan elde ettiği patent bilgilerini kullanarak, teknoloji tahmini ve teknoloji olgunlaşma seviyesini belirlemek amacıyla Fisher-Pry ve S-eğrisi analizleri yapmıştır. Madvar vd. [44] petrol ve gaz endüstrisinde kullanılan yukarı akış enjeksiyon teknolojilerindeki teknoloji yaşam döngüsünü analiz etmek için S eğrisini kullanmış ve büyüme seviyesini belirlemeye çalışmıştır. Altuntas vd. [23] patent verilerini kullanarak teknoloji başarısını tahmin etmek için teknoloji yaşam döngüsü, yayılma hızı, patent gücü ve genişleme potansiyeli olmak üzere dört kriteri dikkate alan bir yöntem önermiştir. Farklı bir çalışmada ise Haegeman vd. [68] teknoloji analizinde kullanılan verilerin, nitel ve nicel analiz yöntemlerinin entegre edilerek yapılan analizlerin artması gerektiğine dikkat çekmiştir. Collan ve Heikkilä [60] çalışmasında, belirsizliğin fazla olduğu teknolojilere ilişkin patentlerin analiz edilmesi için geleneksel üç patent değerlendirme yöntemi olan ödeme yöntemi (pay-off), değer senaryoları (value scenarios) ve gerçek seçenekleri düşünme (real options-thinking) yöntemlerine dayanan ödeme yönteminin kullanılmasını önermiştir. Daim vd. [46] sistem dinamikleri, teknoloji yayılım modelleri ve teknolojilerin dinamik ekosistemini tahmin etmeye yarayan bir yöntem önermiş ve faydalı çıktılar elde etmişlerdir.

Veri madenciliği yaklaşımları ile patent analizi yapan çalışmalardan, Altuntaş vd. [72] patent verilerine üç farklı ağırlıklandırılmış ilişkilendirme kuralları algoritmasının uygulanmasını önermiştir. Çalışmasında elde edilen sonuçlar ile üretici, yönetici ve girişimciler için eski teknolojilere

Tablo 1. Patent analiz yöntemleri (Methods of patent analysis).

Yöntem	Yazarlar
Zaman serisi analizi ile trend belirleme ve tahmin modeli oluşturma	Smith ve Agrawal [35], Dikta [36].
Lineer regresyon analizi (Linear regression analysis), çoklu regresyon analizi (Multiple linear regression analysis)	Altuntas ve Yılmaz [37], Hou ve Lin [38].
Büyüme eğrileri (Growth curve)	Dehghani Madvar vd. [39], Mao vd [40], Hamidi ve Fazeli [41], Lokuhitige ve Brown [34], Sheikh ve Sheikh, [42], Cho ve Daim [43], Madvar vd. [44], Sepúlveda vd. [45], Altuntas vd. [23], Daim vd.[46].
Simülasyon analizi: monte carlo simülasyonu (Simulation analysis: monte carlo simulations)	Wu ve Wu [47], Ernst vd. [48], Wang vd. [49].
Karar ağacı	Doğanavşargil ve Fattori [50], Beveratos vd. [51].
Bayes ağ metodu (Bayes network method)	Xiao vd. [52], Lee vd. [53], Choi ve Jun [54], Jun ve Lee [55].
Bilgi değeri analizi (Analysis of value of information)	Lee vd. [56], Grimaldi vd. [57].
Gerçek seçenek analizi (Real option analysis)	Wang ve Carlsson [58], Collan vd. [59], Collan ve Heikkilä [60].
Metin madenciliği (Text mining)	Huang vd. [61], Lai vd. [62], Abbas vd. [63], Tseng vd. [64], Yoon ve Park [65].
Birliktelik kuralları madenciliği (Association rules mining)	Altuntas vd. [66], Jun [25], He ve Loh [67]. Altuntaş ve Akgül [82]
Sosyal ağ analizi (Social network analysis)	Altuntas ve Gök [80]
Fayda madenciliği (Utility mining)	Altuntas ve Gök [81]

yatırım yapılmasının engellediğini, hangi teknolojilerin birbirleri ile ilişkili olduğunu ifade etmiştir. Abbas vd. [63] ise patent analizinde kullanılan teknikleri, metin madenciliği ve görselleştirme teknikleri olarak sınıflandırarak, teknikleri taksonomik olarak açıklamıştır. Shih vd. [1] çalışmasında uzman bilgisi olmadan patent trendlerindeki değişiklikleri tanımlamak için patent trend değişikliği madenciliği (Patent trend change mining: PTCM) yaklaşımını önermiştir. Önerdiği tekniğin uygulanabilirliğini göstermek için USPTO veri tabanından 2001-2004 yılları için temin ettiği Tayvan'ın yarı iletken malzeme endüstrisi ile ilgili patentleri analiz etmiştir. Çalışmasında elde edilen bulguları, rekabetçi zeka olarak isimlendirerek yöneticilerin, uygun iş stratejileri geliştirmelerinde yol gösterici bir bilgi olarak kullanabileceklerini ifade etmiştir.

Song ve Suh [15] endüstrilerde karmaşık hale gelen problemlere yeni çözümler üretebilmek, çeşitli endüstriyel sistemlerdeki riskleri önlemek amacıyla geliştirilen teknoloji trendlerini tanımlamak için güvenlik teknolojileri ile ilgili patentleri analiz etmiştir.

Literatürde, patent dokümanlarını kullanarak zaman serisi analizi uygulayan çalışmalar da yürütülmüştür, bunlardan bazıları Tablo 1'de özetlenmiştir. Durmuşoğlu [31] çalışmasında, TV ile ilgili patent zaman serisini, veri setinde trendin olduğu mevsimselliğin olmadığı durumda kullanılan optimum ARIMA parametreleriyle çift üstel düzeltme metodu (Double exponential smoothing with optimal ARIMA parameters) ile modellemiş, model artıklarına dayanan I-MR grafiği ile teknoloji tahmin modelinin güncellenmesi gereken zamanları gösteren bir yaklaşım önermiştir. Bir diğer çalışmada, Durmuşoğlu [69] temiz hava yasasının, kimyasallar ile ilgili patentler üzerindeki etkisini ve değişimini belirlemek üzere kimya sektörü ile ilgili patentleri ARIMA (0, 1, 1) ile modellemiş, modeldeki sapmaları belirlemek için model artıklarını kullanarak, Dixon'un r22 oran testi gerçekleştirmiştir. Başka bir çalışmada, Smith ve Agrawal [35] patent gruplarını kullanarak Holt winters üstel düzeltme metodu (Holt winters exponential smoothing: HWES) ve Otoregresif bütünleşik hareketli ortalama (Autoregressive integrated moving average: ARIMA) yöntemleri ile teknoloji tahmin modeli oluşturmuş ve HWES'in daha iyi bir tahmin modeli olduğunu göstermiştir. Dikta [36] çalışmasında patent başvurularını tahmin etmek için zaman seri analizi yürütmüştür.

Literatürde, iş sağlığı ve güvenliği teknolojilerinin gelişiminin izlenmesi ve yeni teknolojilerin tahmin edilmesinden ziyade daha çok ihtiyaca yönelik teknoloji temelli çözüm araçları geliştirilmiştir [78, 79]. Çalışmamızda, İSG alanındaki teknolojiler ile ilgili patentlerin analiz edilmesi ile literatüre katkı sunulacağı düşünülmektedir. Bununla birlikte, kalite kontrol grafiklerini patent verilerine uygulayan son derece kısıtlı bir literatür bulunmaktadır. Bu nedenle çalışmanın, kullanılan yaklaşım ve uygulamanın yürütüldüğü alan açısından özgün olduğu değerlendirilmektedir.

İşletmeler, iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili yasal prosedürler doğrultusunda işyeri güvenliğini geliştirmek için yeni teknoloji kaynaklı risklerden korunmanın ve güvenlik teknolojilerinden faydalanmanın yollarını aramaktadır. Yeni teknolojileri kullanarak, riskleri, kaza ve yaralanmaları azaltmayı, verimliliği artırmayı beklemektedirler. Bu çalışmada, pratik bir ihtiyacı karşılamak için başlıca iki bilgi ortaya konulmaktadır. Birincisi, dinamik çevresel koşullar altında iş sağlığı ve güvenliği (İSG) alanındaki teknolojilerin değişimlerinin izlenmesi ve tahmin modelinin güncellenme zamanının belirlenmesidir. Teknoloji değişimlerinin izlenmesi ile güvenlik mühendisleri ve iş güvenliği profesyonellerine, değişime neden olan faktörleri araştırmaları ve işletmeleri için faydalı olan güvenlik teknolojilerine odaklanmaları için bir fırsat sunulmaktadır. İkinci bilgi ise İSG alanındaki teknolojilere yatırım yapılmalı mı? sorusuna, patent sayılarına dayanan büyüme eğrisi (S-eğrisi) ile cevap aranmıştır. Elde edilen bulgulara göre, İSG alanındaki teknolojilerin gelişmeye açık bir teknoloji alanı olduğu anlaşılmıştır.

3. ANALİZ YÖNTEMİ (ANALYSIS METHOD)

Bu çalışmada, iş sağlığı ve güvenliği alanındaki teknolojileri izlemek ve tahmin modelinin güncellenmesi gereken zamanı belirlemek için zaman serisi analizi ve istatistiksel kontrol grafikleri kullanılmıştır. Zaman serisi analizi, I-MR grafiklerinin oluşturulması ve artık değerlerin normal dağılıma uygunluğunun testi için Minitab 19 yazılımı kullanılmıştır. Ayrıca teknoloji büyüme potansiyelini belirlemek için S-eğrisi oluşturulmuştur.

3.1. Zaman Serisi Analizi (Time Series Analysis)

Zaman serisi tahmin modellerinin performansı zaman içerisinde dış kaynaklı olaylar nedeniyle düşebilmektedir. Performans değişimini izlemek için tahmin modeli hatası olan artık değerlere dayanan istatistiksel kontrol grafiklerinin oluşturulması önerilen yöntemlerden biridir [71]. Çalışmamızda, öncelikle patent verileri için en uygun tahmin modeline karar verilmiştir. En uygun tahmin modeline karar vermek için Eş. 1 ile hesaplanan MAPE değeri kullanılmıştır. MAPE değerinin yorumlanmasında ise Lewis [72] çalışmasından yararlanılmıştır. Lewis [72]'e göre, tahmin modelinin MAPE değeri %10'dan az ise "yüksek doğrulukta tahmin", %11 ≤ MAPE ≤ 20 ise "iyi tahmin", %21 ≤ MAPE ≤ 50 ise "makul tahmin" ve MAPE ≥ %51 ise "doğru olmayan tahmin" olarak değerlendirilmektedir.

$$(\text{Mean Absolute Percent Forecast Error}) MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (re_i(1)) \quad (1)$$

3.2. I-MR Grafiğinin Oluşturulması (Creating I-MR Chart)

Süreçteki değişimlerin izlenmesi için kullanılan örneklem büyüklüğü n=1 olduğunda, her bir verinin tekrar üretilmesinin söz konusu olmadığı durumlarda bireysel hareketli aralık grafiğinin kullanılması önerilmektedir [73]. Patent verileri de bahsedilen özelliklere sahip olduğundan,

patent sayılarındaki değişimin izlenmesi için bireysel kontrol grafiklerinden I-MR garfiği kullanılmıştır (Individual Moving Range). I-MR grafiklerini oluşturmak için Minitab 19 yazılımından yararlanılmıştır.

Patent verileri için en uygun tahmin modeli belirlendikten sonra hesaplanan artık değerler kullanılarak I-MR grafikleri oluşturulmuştur. I grafiğini oluşturmak için Eş. 2, MR grafiğini oluşturmak için ise Eş. 3 kullanılmıştır (Şekil 5). Burada, hareketli aralık (Moving Range) $MR_i = |x_i - x_{i-1}|$ ile artık değer ise re_t ile gösterilmiştir. Hareketli aralık için kullanılan gözlem sayısı 2 olduğunda, $d2=1,128$, $D4=3,267$, $D3=0$ alınmaktadır [74].

$$\begin{aligned} \text{(Üst kontrol limiti "Upper control limit")} UCL &= \bar{X} + \frac{3}{3} * \frac{\overline{MR}}{d_2} \\ +2\sigma &= \bar{X} + \frac{2}{3} * \frac{\overline{MR}}{d_2} \\ +1\sigma &= \bar{X} + \frac{1}{3} * \frac{\overline{MR}}{d_2} \\ \text{(Centre line)CL} &= \bar{X} \\ -1\sigma &= \bar{X} - \frac{1}{3} * \frac{\overline{MR}}{d_2} \\ -2\sigma &= \bar{X} - \frac{2}{3} * \frac{\overline{MR}}{d_2} \\ \text{(Alt kontrol limiti "Lower control limit")} LCL &= \bar{X} - \frac{3}{3} * \frac{\overline{MR}}{d_2} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} UCL &= D_4 * \frac{3}{3} * \frac{\overline{MR}}{d_2} \\ +2\sigma &= D_4 * \frac{2}{3} * \frac{\overline{MR}}{d_2} \\ +1\sigma &= D_4 * \frac{1}{3} * \frac{\overline{MR}}{d_2} \\ CL &= \overline{MR} \\ -1\sigma &= \overline{MR} - \frac{1}{3} * (UCL - \overline{MR}) \\ -2\sigma &= LCL = D_3 * \overline{MR} \end{aligned} \quad (3)$$

Teknolojinin hızla geliştiği günümüz koşullarında tek bir tahmin modelinin güvenilirliğinin denetlenmesi önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir [31]. Çalışmamızda da, iş sağlığı ve güvenliği alanındaki güvenlik teknolojileri için I-MR grafiği ile patent verilerine dayalı zaman serisi tahmin modelinin güncellenmesi gereken zamanı belirlemek üzere tahmin modelinin performansını izlenmiştir. Değişimleri hassas bir şekilde izlemek amacıyla I-MR grafiği için tanımlanmış sekiz adet Shewhart kontrol kuralı dikkate alınmıştır [74]. Alt ve üst kontrol limitlerine ilaveten $\pm 1 \sigma$ ve $\pm 2 \sigma$ için kurallar da dikkate alınarak tahmin modelindeki değişimleri daha hassas bir şekilde izleme fırsatı sunulmuştur. Uygulama aşaması için Şekil 1'de ifade edilen süreç takip edilmiştir. Kontrol dışı durum ve uyarı tespiti için dikkate alınan kurallar [74]:

Kural 1: Merkez çizgiden $+3\sigma$ veya -3σ dışında 1 nokta olması.

Kural 2: Ardışık 9 noktanın merkez çizginin bir tarafında olması.

Kural 3: Ardışık 6 noktanın artan veya azalan durumda olması.

Kural 4: Ardışık 14 noktanın dönüşümlü olarak yukarı veya aşağı yönlü olması.

Kural 5: Ardışık 3 noktadan 2 sinin merkez çizgiden $+2\sigma$ veya -2σ dışında kalmış olması.

Kural 6: Ardışık 5 noktadan 4'ünün merkez çizgiden $+1\sigma$ veya -1σ dışında kalmış olması.

Kural 7: Ardışık 15 noktanın merkez çizgi ile $+1\sigma$ veya -1σ arasında olması.

Kural 8: Ardışık 9 noktanın merkez çizgiden $+1\sigma$ veya -1σ dışında olması.

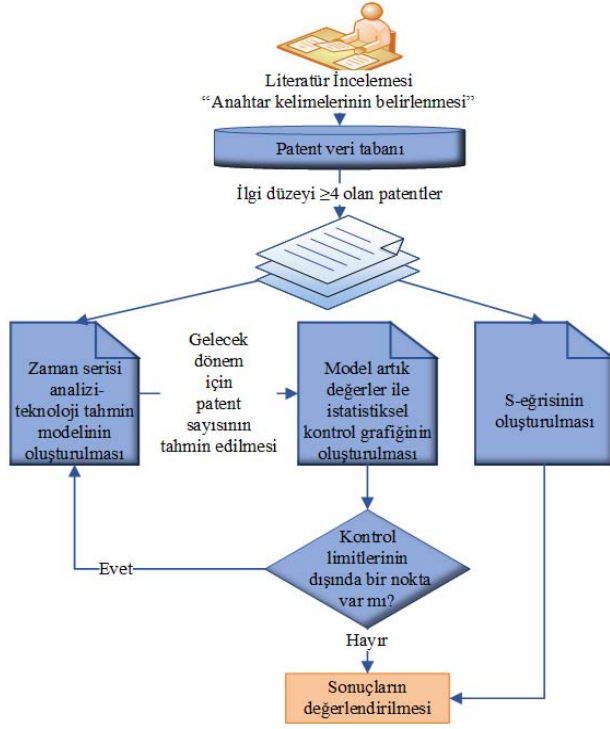
3.3. S-Eğrisi ile Büyüme Modelleme (Growth Modelling with S-Curve)

S-eğrisi, büyüme eğrisi olarak da bilinmektedir ve teknoloji büyüme potansiyelini değerlendirmek için kullanılmaktadır [34]. S- eğrisi teknolojik yatırımların uygunluğuna karar vermek için de kullanılabilir. S-eğrisi başlangıç, büyüme ve doygunluk olmak üzere üç aşama içerir ve büyüme aşamasında yatırım yapılması önerilmektedir [23]. S-eğrileri gelişmekte olan teknolojileri, gelişimini öngörme sürecinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [75-77].

4. UYGULAMA (APPLICATION)

Bu çalışmada, iş sağlığı ve güvenliği alanındaki güvenlik teknolojilerini izlemek ve teknoloji tahmin modelinin güncellenmesi gereken zamanı belirlemek için Durmuşoğlu [31]'nin önerdiği yaklaşım kullanılmıştır. Söz konusu yaklaşım, zaman serisi analizi ve istatistiksel kontrol grafiklerinin kullanımına dayanmaktadır. Zaman serisi analizinin yapılması, I-MR grafiklerinin oluşturulması ve artık değerlerin normal dağılıma uygunluğunun testi için Minitab 19 yazılımı kullanılmıştır. Çalışmada izlenen iş akışı ise Şekil 1'de verilmiştir. İş sağlığı ve güvenliği alanındaki güvenlik teknolojileri ile ilgili patent verilerini elde etmek için literatür incelenmesi yürütülerek anahtar kelimeler belirlenmiştir. İkinci aşamada, anahtar kelimeler kullanılarak patent veri tabanında sorgu yapılmıştır ve patent verileri toplanmıştır. Analiz edilecek olan patentlere karar vermek için patentlerin özet bilgileri okunarak ilgi düzeyi (relevance) 4 itibarı ile patentlerin iş sağlığı ve güvenliği alanı ile yakından ilgili olduğu anlaşılmıştır. Bu nedenle çalışmada, ilgi düzeyi " $4 \geq$ " olan teknolojilerin patent bilgileri analize dâhil edilmiştir. Patent zaman serisi oluşturulduktan sonra sırasıyla, en uygun zaman serisi tahmin modeline uydurma işlemi yapılmıştır ve model artık değerleri kullanılarak I-MR grafiği oluşturulmuştur. I-MR grafiğinde, Shewhart kontrol kuralları dikkate alınarak kural ihlali olma durumu izlenmiştir. Kural ihlali yok ise mevcut tahmin modeline bir sonraki yılın patent sayısı dâhil edilmiştir. Tahmin modeline eklenen yıl için elde edilen artık değer ile tekrar I-MR grafiği oluşturulur. Kural ihlali olana kadar bir sonraki yılın patent sayısının modele eklenmesi ve eklenen patent için model artık değer kullanılarak I-MR grafiğinin oluşturulması işlemine devam edilmiştir. Kural ihlalinin olmaması tahmin modelinin güvenilir olduğu anlamına gelmektedir. Kural ihlali söz konusu ise yeni dönem için tekrar tahmin modeli girişiminde bulunulmuş ve tahmin modelinin güvenilirliği izlenmeye devam edilmiştir. Ayrıca teknoloji büyüme potansiyelini belirlemek için S-eğrisi oluşturulmuştur (Şekil

1). Takip eden bölümde, patent verilerinin toplanması, analizi ve elde edilen sonuçlar hakkında detaylı bilgiler sunulmuştur.



Şekil 1. Yürütülen çalışmanın akış şeması (Flow chart of the study).

4.1. Patent Dokümanlarının Toplanması (Collecting Patent Data)

Bu çalışmada, Şekil 1’de ifade edilen akış şemasında gösterildiği gibi ilk olarak iş sağlığı ve güvenliği alanındaki güvenlik teknolojileri ile ilgili patent dokümanlarını toplama sürecinde ihtiyacımız olan anahtar kelimelere karar vermek için literatür incelemesi yürütülmüştür. Literatür incelemesi sonucunda, Song ve Suh [15]’un iş sağlığı ve güvenliği

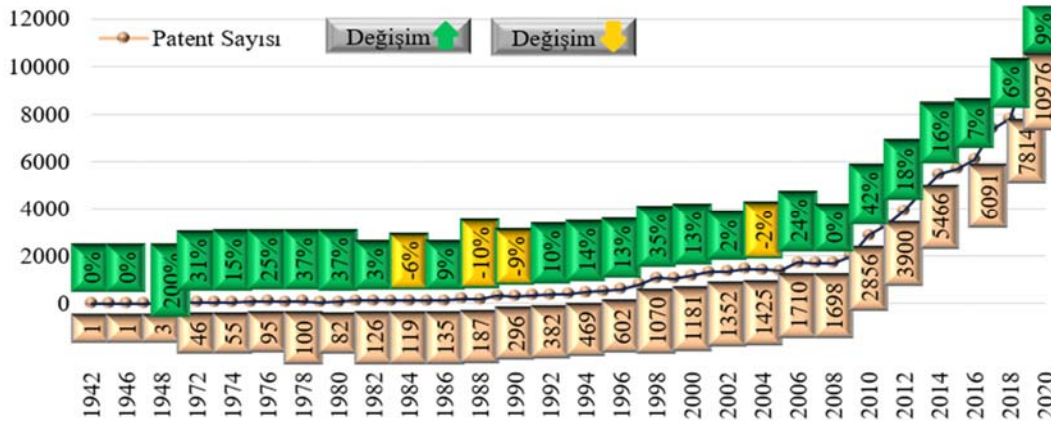
alanındaki güvenlik teknolojileri için belirlediği anahtar kelimeleri kullanarak oluşturdukları “(safety AND technology) AND (accident OR risk OR hazard OR danger)” diziliminin kullanılmasına karar verilmiştir. Söz konusu dizilim, AcclaimIP yazılımı yardımı ile erişim sağlanan USPTO veri tabanında kullanılarak 1942-2020 Aralık ayının dahil olduğu 114.019 patent verisine ulaşılmıştır. Patent dokümanları, arama yapılan ifade ile ilgili olma gücü bakımından AcclaimIP yazılımında 1 ve 100 arasında değişen skora sahiptir.

Song ve Suh [15] güvenlik teknolojileri ile ilgili patentlerin analizini yürüttüğü çalışmada yıl başına patent sayısının 500 ve daha fazla olduğu 2007-2015 yılları için toplam 6.360 patenti analiz etmiştir. Çalışmamızda ise, arama yapılan dizilime ilgi düzeyi ≥ 4 olan 1942-2020 yıllarında yayınlanmış toplam 91.580 patent dokümanı dikkate alınmıştır. Şekil 2’de ise patent sayıları ve yıllara göre değişimleri verilmiştir. Zaman içerisinde iş sağlığı ve güvenliği alanındaki teknolojiler kapsamına giren patent sayılarındaki değişimin çoğunlukla artış yönünde olduğu görülmüştür. 2008 yılından itibaren patent sayılarındaki değişimin hep artış yönünde olması dikkat çekicidir.

4.2. İş sağlığı ve Güvenliği Alanındaki Güvenlik Teknolojilerindeki Değişimin İzlenmesi ve Elde Edilen Bulgular

(Monitoring the changes in safety Technologies in the field of occupational health and safety)

Çalışmada, iş sağlığı ve güvenliği alanındaki güvenlik teknolojilerinin değişimini izlemek için patent sayıları ile zaman serisi tahmin modelleme yapılmıştır (Şekil 1). Elde edilen tahmin modeli artık değerleri ile oluşturulan I-MR grafiği ile kontrol kurallarına dayanarak teknoloji tahmin modelinin güvenilirliği izlenmiştir. Geçerliliği gösterilen tahmin modeli ile bir sonraki yılın patent sayısı için elde edilen artık değer kullanılarak I-MR grafiği kontrol kurallarının ihlal edilme durumu izlenmiş ve bu işlemlere kural ihlali olana kadar devam edilmiştir. Kural ihlali söz konusu olduğunda, yeni bir tahmin modelleme girişiminde



Şekil 2. USPTO’ dan elde edilen İSG alanındaki teknolojiler ile ilgili 1942-2020 yıllarındaki patent sayıları ve değişimleri (Number of patents and changes related to OHS technologies obtained from USPTO).

bulunulmuştur. İSG alanındaki güvenlik teknolojileri ile ilgili 1942-2020 yıllarındaki patent sayıları kullanılmıştır. Şekil 1’de verilen iş akışı dikkate alınarak iş sağlığı ve güvenliği alanındaki teknolojilerin değişimi izlenmiş, teknoloji tahmin modelinin güncellenmesi gereken zamanları belirlemek için aşağıda verilen Adım 1-10 yürütülmüştür.

Adım 1: İlk olarak 1942-1976 yıllarındaki patent sayıları için zaman serisi analizi yapılarak çeşitli modeller denenmiştir. Patent verilerinden oluşan zaman serisi, MAPE değeri en düşük olan modele uydurularak (fit edilerek), model artık değerleri hesaplanmıştır (Tablo 2). Artık değerlerin normal dağılıma uygunluğunu test etmek için Anderson Darling testi kullanılmıştır. 1942-1976 yılları için en uygun tahmin modeli Hareketli Ortalama (Moving average, MA=1) modeli olduğu belirlenmiştir. Modelin artık değerleri de normal dağılım göstermektedir ($p=0,053>0,05$). Daha sonra ise artık değerler ile I grafiğini oluşturmak için Eş. 2, MR grafiğini oluşturmak için ise Eş. 3 kullanılmıştır (Şekil 3 ve Şekil 4).

Adım 2: Birinci adımda belirlenen Hareketli Ortalama (Moving average, MA=1) modeli 1977 yılı patent sayısı tahmin edilmiş ve Şekil 5 oluşturulmuştur. Şekil 5’e göre kural ihlali gerçekleşmiştir ve yeni bir tahmin modeline ihtiyaç bulunmaktadır. 1942-1977 yılları için uydurulmuş eğride belirgin bir sapmanın tespit edilmesinden sonraki eğri durumu Şekil 6’da verilmiştir.

Adım 3: Yeni zaman serisi modelleme girişimi için 1975-1988 yıllarındaki patent sayıları dikkate alınmıştır. Yapılan denemelere göre MAPE=14,91 ile İkinci Dereceden Zaman

Serileri (The Quadratic time series) en uygun modeldir (Tablo 3, Şekil 7). Bununla birlikte model artık değerleri normal dağılım göstermektedir ($p=0,455>0,05$). Şekil 7, 1975-1988 yılları için uydurulmuş eğriyi göstermektedir. Şekil 8 ise 1975-1988 yılları için I-MR grafiğini göstermektedir.

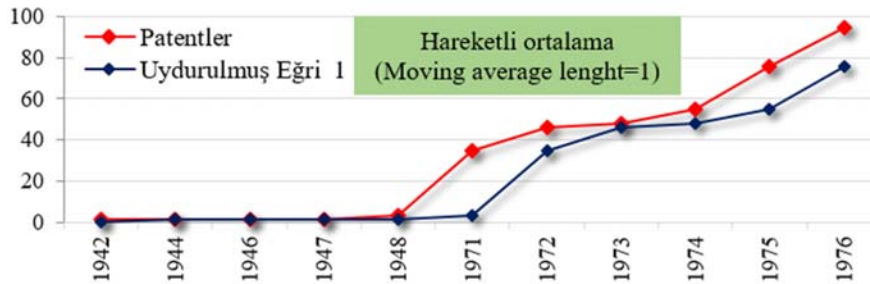
Adım 4: İkinci Dereceden Zaman Serileri (The Quadratic time series) modeli ile 1989 yılı için patent sayısı tahmin edilmiştir ve oluşturulan I-MR grafiğinde kural ihlali söz konusudur (Şekil 8). Modelden güvenilir tahmin elde edilemez olarak değerlendirilerek yeni bir modelleme girişimine gidilmiştir. 1975-1989 yılı için fit edilmiş eğride belirgin bir sapmanın tespit edilmesinden sonraki eğri durumu ise Şekil 9’da verilmiştir.

Adım 5: Hızlı bir artışın başkangıcı olan 1989 yılı itibari ile yeni model oluşturma girişiminde bulunulmuş ve 1989-1998 yıllarındaki patent bilgisi kullanılmıştır ve bu dönem için en uygun tahmin modelinin S-eğrisi (S-curve) modeli olduğu belirlenmiştir (Şekil 10). Model artık değerleri de normal dağılım göstermektedir ($p=0,510>0,05$). Gelecek yıllar için model performansı izlenmeye devam edilecektir.

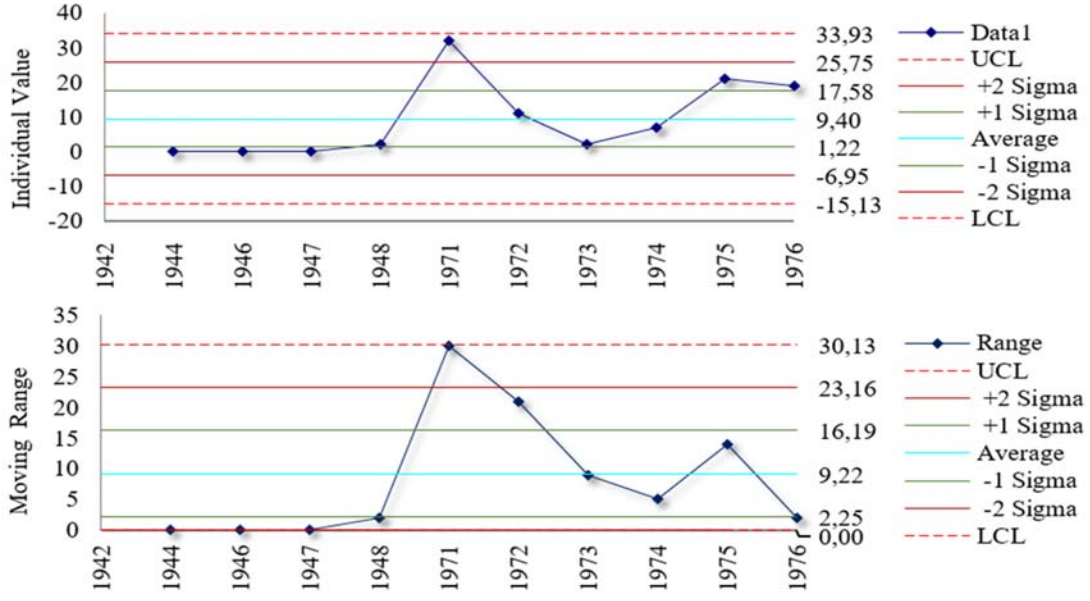
Adım 6: Beşinci adımda elde edilen S-eğrisi (S-curve) modeli ile bu kez de 1999 yılı için patent sayısı tahmin edilmiştir ve yeni I-MR grafiği oluşturulmuştur. Şekil 11’den anlaşılacağı üzere kural ihlali söz konusudur ve model gelecek yıllar için güvenilir tahminler üretemeyeceği için yeni model oluşturulması gerekmektedir. Şekil 12 ise kural ihalini destekleyecek şekilde bir sapmanın tespit edilmesinden sonraki eğri durumunu göstermektedir.

Tablo 2. 1942-1976 yılları için en düşük MAPE değerini dikkate alan modelleme sonuçları (Modeling results with the lowest MAPE value for 1942-1976).

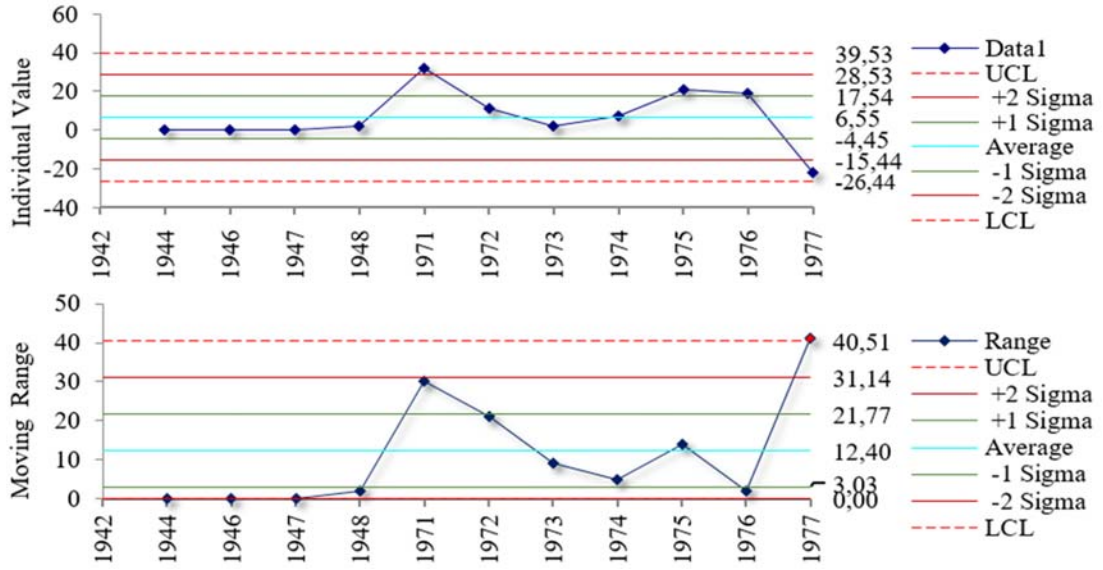
Yöntemler	Sıra	MAPE
Doğrusal Trend Analizi (Linear Trend Analysis)	7	419,57
Üstel Büyüme (Exponential Growth)	5	64,18
İkinci Dereceden Zaman Serileri (The Quadratic time series)	6	171,06
S-eğrisi (S-curve)	4	62,093
Hareketli Ortalama (Moving average, MA=2)	2	34,79
Hareketli Ortalama (Moving average, MA=1)	1	24,65
Optimum ARIMA parametreleriyle Tek Üstel Düzeltme (Single exponential smoothing “with optimal ARIMA parameters”)	3	37,28
Optimum ARIMA parametreleriyle Çift Üstel Düzeltme (Double exponential smoothing with optimal ARIMA parameters)	8	428,97



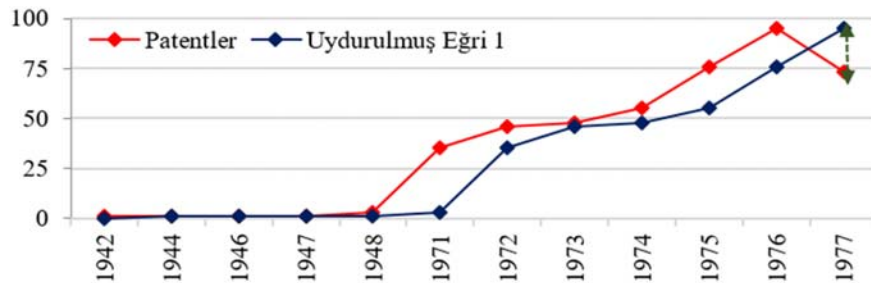
Şekil 3. Başlangıçta uydurulan eğri (Initial fitted curve).



Şekil 4. 1942-1976 yılları için I-MR grafiği (I-MR Chart for 1942-19876).



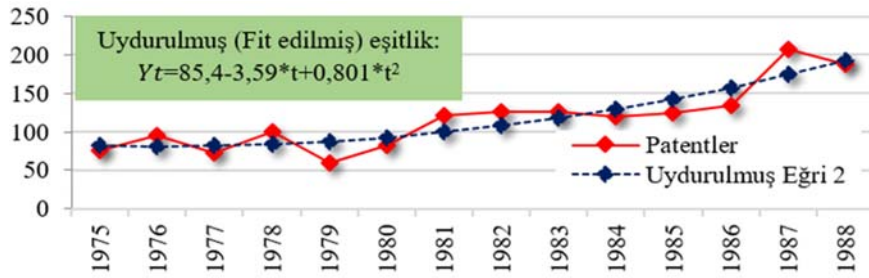
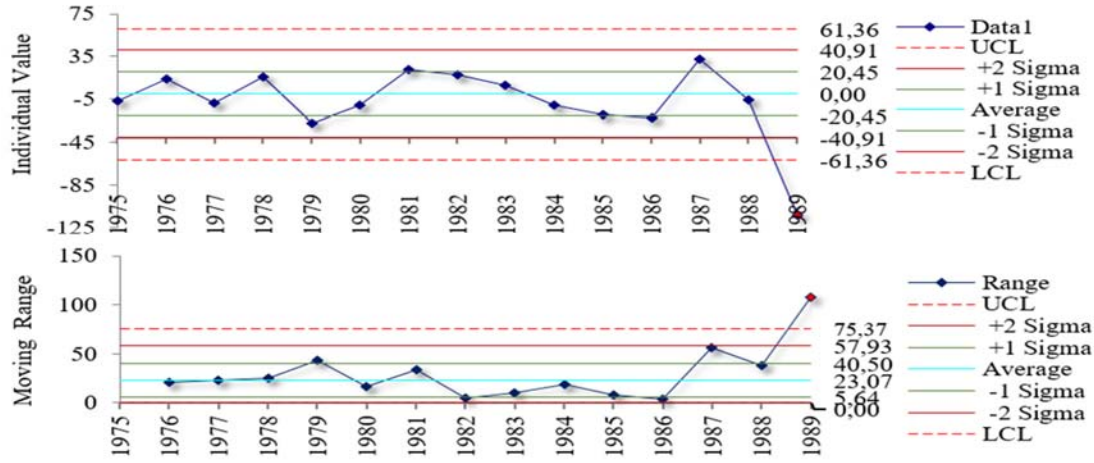
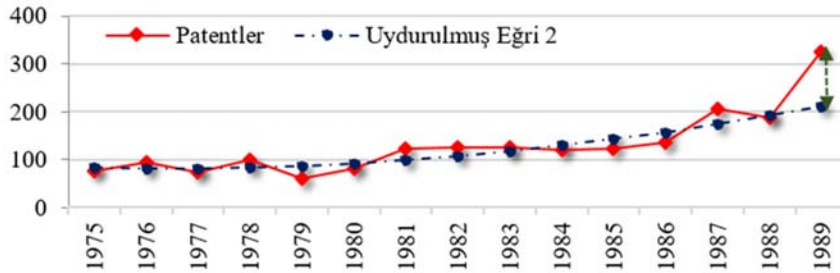
Şekil 5. 1942-1977 yılları için I-MR grafiği (I-MR chart for 1942-1977).

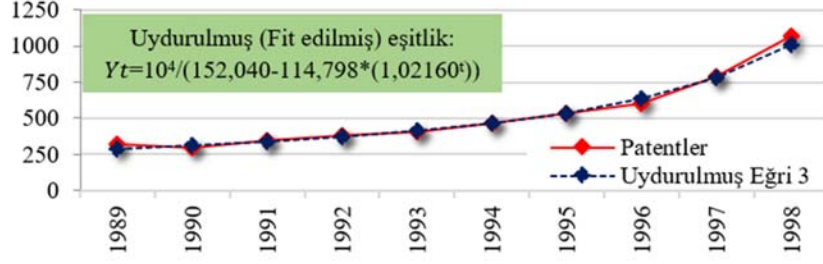


Şekil 6. 1942-1977 yılları için uydurulmuş eğride belirgin bir sapmanın tespit edilmesinden sonraki eğri durumu (Curve status after detecting a significant deviation in the fitted curve for 1942-1977).

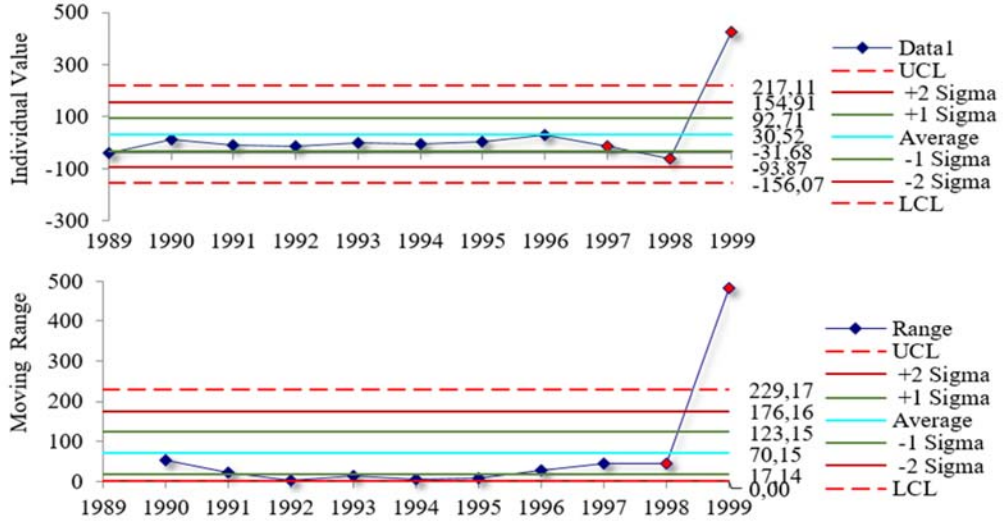
Tablo 3. 1975-1988 yılları için en düşük MAPE değerini dikkate alan modelleme sonuçları
(Modeling results with the lowest MAPE value for 1975-1988).

Yöntemler	Sıra	MAPE
Doğrusal Trend Analizi (Linear Trend Analysis)	4	17,39
Üstel Büyüme (Exponential Growth)	2	15,56
İkinci Dereceden Zaman Serileri (The Quadratic time series)	1	14,91
S-eğrisi (S-curve)	8	21,36
Hareketli Ortalama (Moving average, MA=2)	3	17,10
Hareketli Ortalama (Moving average, MA=1)	7	20,78
Optimum ARIMA parametreleriyle Tek Üstel Düzeltme (Single exponential smoothing "with optimal ARIMA parameters")	5	17,75
Optimum ARIMA parametreleriyle Çift Üstel Düzeltme (with optimal ARIMA parameters)	6	17,89

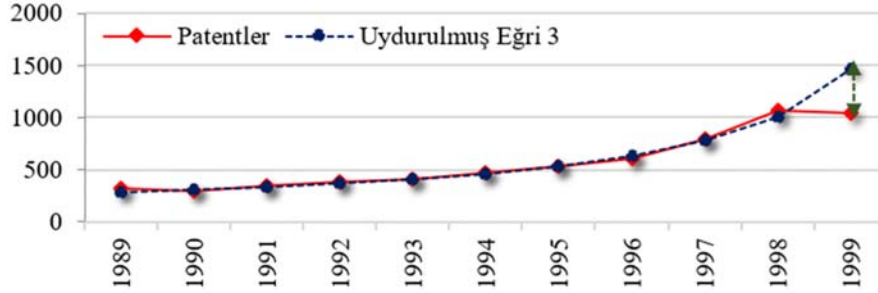
**Şekil 7.** 1975-1988 yılları için uydurulmuş eğri (Fitted curve for 1975-1988).**Şekil 8.** 1975-1989 yılları için I-MR grafiği (I-MR chart for 1975-1989).**Şekil 9.** 1975-1989 yılı için fit edilmiş eğride belirgin bir sapmanın tespit edilmesinden sonraki eğri durumu
(Curve status after detection of a significant deviation in the fitted curve for 1975-1989).



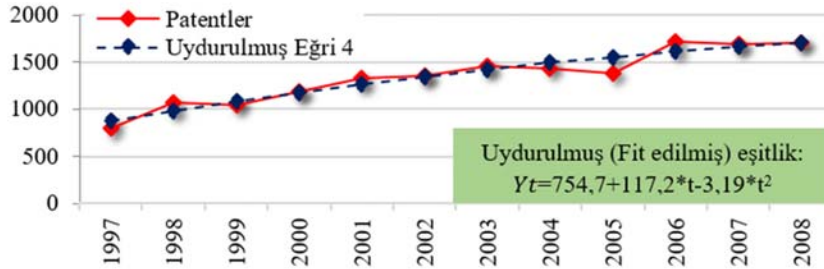
Şekil 10. 1989-1998 yılları için uydurulmuş eğri (Fitted curve for 1989-1998).



Şekil 11. 1989-1999 yılları için I-MR Chart (I-MR chart for 1989-1999).



Şekil 12. 1989-1999 yılı için fit edilmiş eğride belirgin bir sapmanın tespit edilmesinden sonraki eğri durumu (Curve status after detection of a significant deviation in the fitted curve for 1989-1999).



Şekil 13. 1997-2008 yılları için uydurulmuş eğri (Fitted curve for 1997-2008).

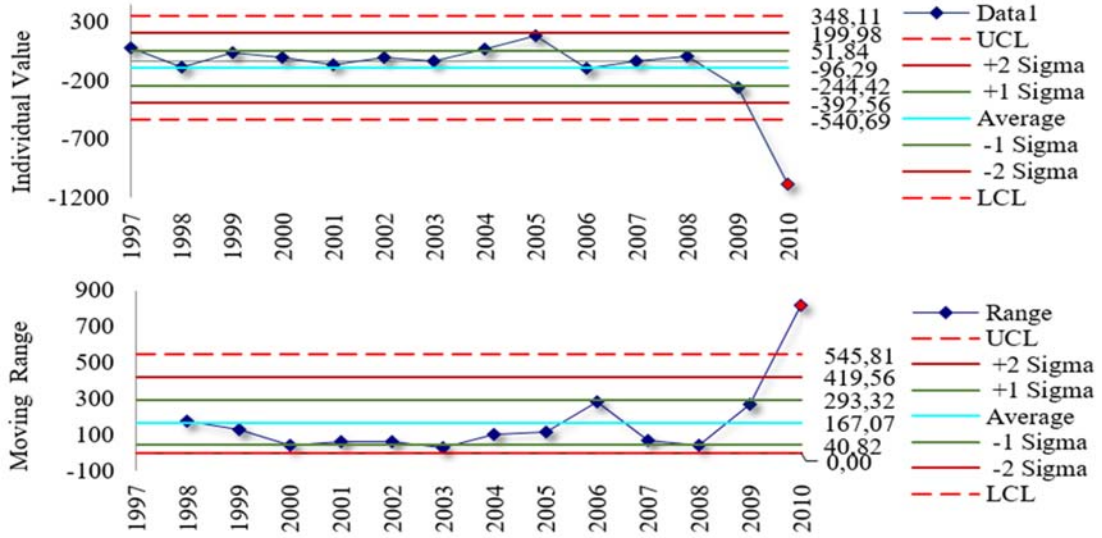
Adım 7: Yeni tahmin modeli oluşturma girişimine bir önceki adımda 1999 yılını ekledikten sonra kural ihlalinin ortaya çıktığı 1997 yılı itibari 2008 yılına kadarki patent sayıları dikkate alınmıştır. 1997-2008 yılları için en uygun tahmin modeli İkinci Dereceden Zaman Serileri (The Quadratic time series) modelidir ve model artık değerleri normal dağılım göstermektedir ($p=0,646>0,05$). Uydurulmuş eğri Şekil 13'de verilmiştir.

Adım 8: Yedinci adımda belirlenen tahmin modeli ile 2009 yılı için patent sayısı tahmin edilmiş ve I-MR grafiği yeniden oluşturulmuştur. Kural ihlali olmadığı anlaşılınca 2010 yılı için de patent sayısı İkinci Dereceden Zaman Serileri (The Quadratic time series) modeli ile tahmin edilerek yeniden I-MR grafiği oluşturulmuştur (Şekil 14 ve Şekil 15).

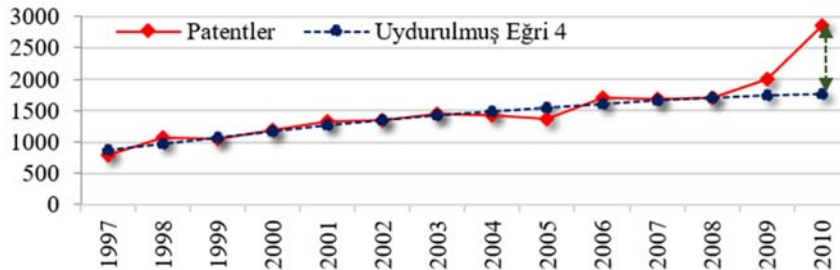
Adım 9: Yedinci adımda belirlenen tahmin modelinin performansı 2010 yılında bozulmuştur. Patent sayılarının artışa başladığı 2009 yılına dâhil ederek yeni bir tahmin modellemede 2009-2020 yıllarındaki patent verileri dikkate alınmıştır. Burada, MAPE değeri en düşük olan üç modelden elde edilen artık değerler için yapılan normallik testi sonucunda Optimum ARIMA parametreleriyle Çift Üstel Düzeltme (with optimal ARIMA parameters) için $p=0,023<0,05$ ($MAD=365$), İkinci Dereceden Zaman Serileri (The Quadratic time series) için $p=0,620>0,05$

($MAD=313$) ve Üstel Büyüme (Exponential Growth) için $p=0,674>0,05$ ($MAD=305$) olduğu belirlenmiştir (Tablo 4). Burada, MAPE, MAD ve p değeri dikkate alınarak 2009-2020 yılı için en uygun tahmin modeli olarak Üstel Büyüme (Exponential Growth) modeli seçilmiştir. 2009-2020 yılı için uydurulmuş eğri Şekil 16'da verilmiştir. Şekil 17'den görüleceği gibi kural ihlali yoktur.

1942-2020 yıllarında iş sağlığı ve güvenliği teknolojileri ile ilgili 91.580 patent kullanılarak teknoloji tahmin modelleri geliştirilmiş ve tahmin modellerinin güncellenmesi gereken zamanlar belirlenmiştir. Sırasıyla 1977, 1989, 1997-1999 ve 2010 yıllarındaki IM-R grafiği kural ihlalleri nedeniyle tahmin modelleri güncellenmiştir. 1942-2020 yıllarını için uydurulan eğri ve patent sayıları Şekil 17'de özetlenmiştir. Şekil 17'de yeşil kesik çizgili dikmeler ile 1977 yılında uydurulmuş eğri 1'den uydurulmuş eğri 2'ye, 1989 yılında ise uydurulmuş eğri 2'den uydurulmuş eğri 3'e, 1999 döneminde uydurulmuş eğri 3'den eğri 4'e ve 2010 yılında uydurulmuş eğri 4'den eğri 5'e bir sıçrama olduğu gösterilmiştir. Bununla birlikte, 1989-1999 döneminde, 1997 ve 1998 yıllarında ortaya çıkan kural 2'nin ihlali nedeniyle yeni tahmin modelleme girişimine gidilmiştir ve 1997-2008 dönemi için güvenilir bir tahmin modeli elde edilmiştir. Patentlerin etkileri yayınlandıktan ortalama iki yıl sonra ortaya çıkabilmekte, patent alma işlemi ise ortalama on sekiz



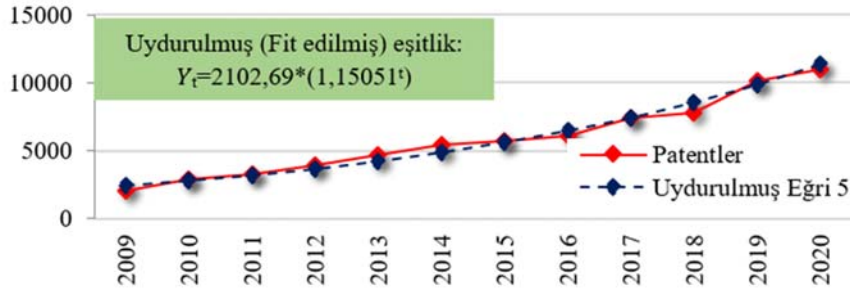
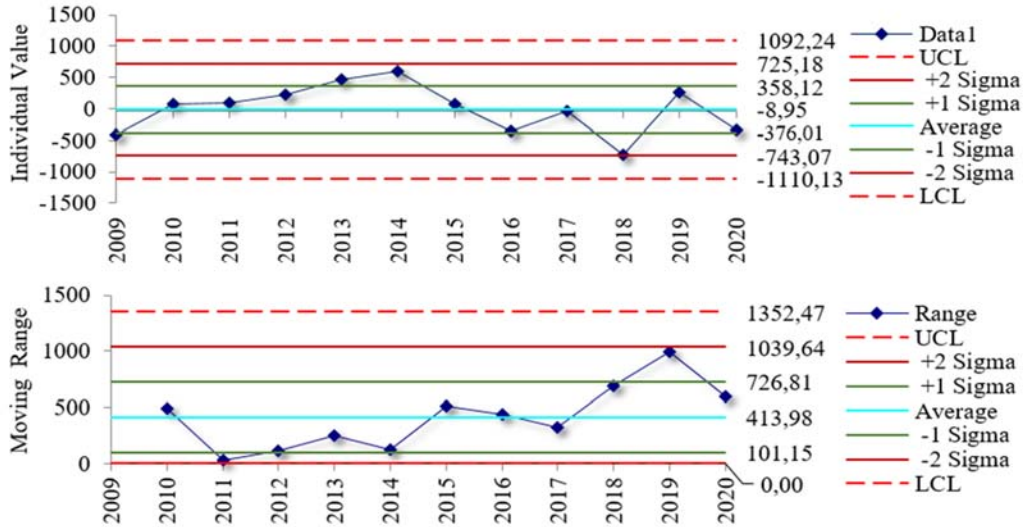
Şekil 14. 1997-2010 yılları için I-MR Chart (I-MR chart for 1997-2010).



Şekil 15. 1997-2010 yılı için fit edilmiş eğride belirgin bir sapmanın tespit edilmesinden sonraki eğri durumu (Curve status after detection of a significant deviation in the fitted curve for 1997-2010).

Tablo 4. 2009-2020 yılları için en düşük MAPE değerini dikkate alan modelleme sonuçları
(Modeling results taking the lowest MAPE value into account for 2009-2020).

Yöntemler	Sıra	MAPE
Doğrusal Trend Analizi (Linear Trend Analysis)	3	8,00
Üstel Büyüme (Exponential Growth)	1	6,00
İkinci Dereceden Zaman Serileri (The Quadratic time series)	1	6,00
S-eğrisi (S-curve)	2	7,00
Hareketli Ortalama (Moving average, MA=2)	6	19,00
Hareketli Ortalama (Moving average, MA=1)	5	14,00
Optimum ARIMA parametreleriyle Tek Üstel Düzeltme (Single exponential smoothing "with optimal ARIMA parameters")	4	11,00
Optimum ARIMA parametreleriyle Çift Üstel Düzeltme (with optimal ARIMA parameters)	1	6,00

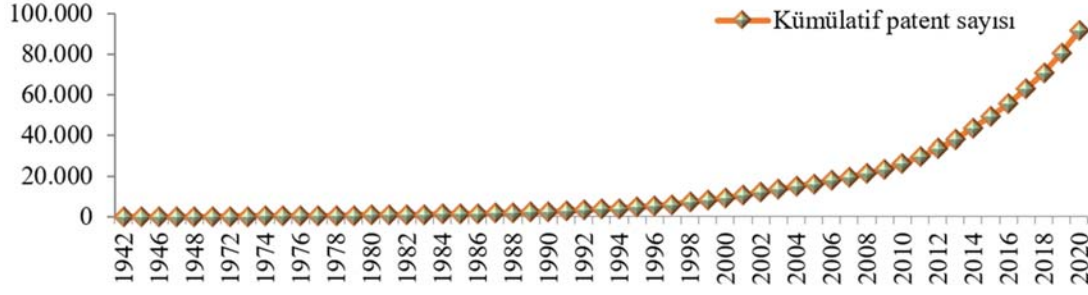
**Şekil 16.** 2009-2020 yılı için uydurulmuş eğri (Fitted curve for 2009-2020).**Şekil 17.** 2009-2020 yılları için I-MR Chart (I-MR chart for 2009-2020)

ay kadar sürebilmektedir [69]. Bu nedenle önemli değişimlerin nedenlerini anlayabilmek için 1977, 1989, 1997 ve 2010 yıllarından birer yıl önce ve birer yıl sonraki yıllarda iş sağlığı ve güvenliği alanında yayımlanan yasalar, standartlar, teşvik politikalarının incelenmesi önerilmektedir.

4.3. S eğrisi ile Büyüme Modelleme (Growth Modelling with the S-curve)

Çalışmamızda, iş sağlığı ve güvenli alanındaki teknolojilerin büyüme potansiyelini değerlendirmek için oluşturulan S-

eğrisi Şekil 18’de verilmiştir. Şekil 18’den görüleceği gibi, İSG alanındaki teknolojileri büyüme evresindedir. Bu nedenle, yatırıma açık bir teknoloji alanı olduğu söylenebilir. Şekil 16’dan görüleceği gibi 2021 yılı ve sonrası için uydurulmuş eğride elde edilen denklem kullanılarak iş sağlığı ve güvenliği alanındaki teknolojilerin değişimleri izlenebilir. Gelecek dönemlerde karar vericilerin üstel büyüme zaman serisi modelini kullanmaları tavsiye edilmektedir. Üstel büyüme (exponential growth) zaman serisinin kullanımından önce ikinci dereceden zaman serileri (the quadratic time series), S-eğrisi (S-curve) ve Hareketli Ortalama (Moving average, MA=1) modeli kullanılmıştı.



Şekil 18. İş sağlığı ve güvenliği teknolojileri patent sayıları için S-eğrisi
(S-curve for patent numbers for occupational health and safety technologies)

Şekil 2 ve Şekil 18'den görüleceği gibi iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili teknolojiler, teknolojik gelişim evresinin (S-eğrisi) büyüme aşamasındadır. Büyüme aşamasında olan teknolojilere ait patent sayıları her yıl bir önceki yıla göre artış gösterir. Bu durumda, tahmin modeli için güncellenmesi gereken zaman periyotlarının kısalmasına neden olabilir.

5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

İş sağlığı ve güvenliği yasaları, standartları tarihsel olarak baktığımızda reaktif olarak hazırlanmaktadır. Önleyici iş sağlığı ve güvenliği yönetim yapısı oluşturabilmek için alandaki teknolojilerin izlenmesi, tahmin edilmesi son derece hayati öneme sahiptir. Bu çalışmada, iş sağlığı ve güvenliği (İSG) alanındaki teknoloji değişimlerini izlemek, teknoloji tahmin modelinin güncellenmesi gereken zamanı belirlemek ve S-eğrisi oluşturmak için İSG alanındaki teknolojiler ile ilgili 91.580 patent dokümanı USPTO veri tabanından edinilmiş ve analiz edilmiştir. Çalışmamızda İSG alanındaki teknolojiler ile ilgili patentlerin analiz etme yaklaşımı, patent verilerini seçme kriteri ve elde edilen bulgular daha önceki çalışmalardan farklılık göstermektedir ve bu açılarından literatüre katkı sunulmaktadır.

Çalışmamızda, İSG alanındaki teknoloji değişimini izlemek için Durmuşoğlu [31]'nin önerdiği zaman serisi tahmin modelleme ve model performansını ve model artıklarının kullanımına dayanan I-MR grafikleri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan yaklaşım ilk kez İSG alanındaki teknolojiler ile ilgili patent dokümanları için uygulanmıştır. Tahmin modeli performansını hassas bir şekilde izlemek için $\pm 2\sigma$ ve $\pm 1\sigma$ için oluşturulmuş Shewhart kontrol kuralları da çalışmamızda dikkate alınmıştır. Ayrıca patent sayıları için S-eğrisi oluşturulmuştur.

Zaman içerisinde İSG alanındaki teknolojilerde yaşanan önemli gelişmelere bağlı olarak tahmin modelinin istatistiksel istikrarının zayıfladığı, bu nedenle güncellenmesi gerektiği belirlenmiştir. Sırasıyla, 1977, 1989, 1997-1999 ve 2010 yıllarında teknoloji tahmin modeli parametrelerini etkileyen önemli değişimler olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, 1942-2020 yıllarındaki patent verileri için 5 tahmin modeli kullanılmıştır. Sırasıyla, 1942-1976 yılları için hareketli ortalama (MA=1) MAPE=24,65,

1975-1988 yılları için ikinci dereceden zaman serisi MAPE=14,91, 1989-1998 yılları için S eğrisi MAPE=3,60, 1997-2008 yılları için ikinci dereceden zaman serisi modeli MAPE=4,71, 2009-2020 yılları için üstel büyüme MAPE=6,00 değeri ile tahmin modelleri elde edilmiştir. Uygulamalarda, yanıtıcı tahminlere neden olabilecek üçüncü veya daha yüksek derecelerden fonksiyonlardan ziyade lineer veya ikinci dereceden modeller sıklıkla tercih edilmektedir [83]. Daha önce yürütülen çalışmalarda da patent verilerinin zaman serisi analizi ile modelleme girişimlerinde birinci dereceden ARIMA modelleri yaygın bir şekilde kullanılmıştır [35,69]. Bununla birlikte, 2009-2020 yılları için elde edilen üstel büyüme modeli ile 2021 yılı için patent sayısı 13.012 olarak hesaplanmıştır. Söz konusu modelin performansı 2021 yılı itibarıyla elde edilecek patent verileri kullanılarak izlenmelidir.

İSG alanındaki teknoloji değişimlerine neden olan itici güçleri araştırmak için patent dokümanlarının başvuru yapıldıktan ortalama 18 ay sonra yayımlandığı ve etkisinin, yaklaşık iki yıl sonra ortaya çıktığı hususu dikkate alınmalıdır [69]. Dolayısıyla, örnek olarak 1989 yılındaki değişimi analiz etmek için 1987-1989 yılları araştırılmalı, 2010 yılında yaşanan değişimin nedenlerini araştırmak için ise 2008-2010 yıllarındaki yaşanan gelişmeler merceğe altına alınmalıdır. Bu çalışmada elde edilen diğer bulgu ise İSG teknolojilerinin yatırımcı ve girişimciler için yatırım yapılabilecek bir teknoloji alanı olduğudur (Şekil 18).

Çalışmamızda elde edilen bulgular ile güvenlik mühendislerine ve profesyonellerine, yatırımcılara ve politika yapıcılara bir bakış açısı sunulmaktadır. Çalışmada elde edilen bulgulara ait değerlendirmeler aşağıda verilmiştir.

- Güvenlik mühendisleri ve iş güvenliği profesyonellerine, kaza ve kayıpları önlemelerine destek olması açısından, önemli teknoloji değişimlerinin ortaya çıktığı yılları dikkate alarak yeni risklerin ortaya çıkması veya risklerin azalma durumunu analiz etmeleri önerilmektedir. Bu öneri, iş sağlığı ve güvenliği risk değerlendirme yönetmeliğinin 10. maddesinde belirtilen "risklerin kontrol edilmesi" ile uyumlu bir uygulamadır [70].
- Teknoloji yatırımı yapmak isteyenler için teknoloji tahmin modellerinin iyi performans göstermesi önemlidir. Söz

konusu pratik ihtiyacı karşılamak için çalışmamızda elde edilen zaman serisi tahmin model performansı en iyi olacak şekilde, tahmin modeli güncellemesi gereken yıllar belirlenmiştir. Bu çalışmanın, karar vericiler için pratik bir ihtiyacı karşıladığı düşünülmektedir.

- Karar vericilerin ve teknoloji geliştiricilerin, teknoloji gelişiminde önemli değişimlerin yaşandığı yıllara odaklanmaları önerilmektedir. Bu sayede, değişime neden olan itici güçleri kolay bir şekilde analiz etmeleri sağlanacaktır. Söz konusu nedenler dikkate alınarak araştırma ve geliştirme çalışmalarının organize edilmesi süreci için önemli bir bulgu olduğu değerlendirilmektedir.
- Teknoloji değişimlerinin izlenmesinin ve tahmin edilmesinin, önleyici iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının geliştirilmesine yarayacak yasaların ve standartların güncellenmesini teşvik etmesi bakımından da önemli olduğu düşünülmektedir.
- Gelecek çalışmalarda sektörlere özgü kazalar analiz edilerek, kaza sonuç değişkenleri üzerinde etkili olan faktörler anahtar kelime olarak kullanılarak patent verileri toplanabilir. Söz konusu patentler ile sektöre özgü güvenlik teknolojileri hakkında bilgi sahibi olunabilir, teknoloji tahmin modeli oluşturulabilir ve trend analizler yürütülebilir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma, Nazlı Gülüm Mutlu tarafından hazırlanan “İş Güvenliğinde Risklerin İzlenmesi ve Kontrolü için Bütünleşik Yaklaşımların Geliştirilmesi” başlıklı doktora tezinden türetilmiştir. Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir. Destekleri için teşekkür ederiz. Proje Numarası: FBA-2019-3697.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Shih, M. J., Liu, D. R., & Hsu, M. L., Discovering competitive intelligence by mining changes in patent trends. *Expert Systems with Applications*, 37 (4), 2882-2890, 2010.
2. Badri, A., Boudreau-Trudel, B., & Souissi, A. S., Occupational health and safety in the industry 4.0 era: A cause for major concern?. *Safety Science*, 109, 403-411, 2018.
3. Saritas, O., & Burmaoglu, S., The evolution of the use of Foresight methods: a scientometric analysis of global FTA research output. *Scientometrics*, 105 (1), 497-508, 2015.
4. Karadal, F., Türk, M., İşletmelerde Teknoloji Yönetiminin Geleceği. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1 (1), 59-71, 2008.
5. Brocal, F., González, C., & Sebastián, M. A., Technique to identify and characterize new and emerging risks: A new tool for application in manufacturing processes. *Safety science*, 109, 144-156, 2018.
6. Hämäläinen, P., The effect of globalization on occupational accidents. *Safety Science*, 47 (6), 733-742, 2009.
7. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine., A smarter national surveillance system for occupational safety and health in the 21st century. National Academies Press. 7, 2018.
8. Özfırat P.M., A New Risk Analysis Methodology Integrating Fuzzy Prioritization Method And Failure Modes And Effects Analysis, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 29 (4), 755-768, 2014
9. Ersoy M., Celik M.Y., Yesilkaya L., Colak O., Combination of Fine-Kinney and gra methods to solve occupational health and safety problems, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 34 (2), 752-770, 2019.
10. Molero, G. D., Santarremigia, F. E., Poveda-Reyes, S., Mayrhofer, M., Awad-Núñez, S., & Kassabji, A., Key factors for the implementation and integration of innovative ICT solutions in SMEs and large companies involved in the multimodal transport of dangerous goods, *European Transport Research Review*, 11 (1), 28, 2019.
11. Korkusuz A.Y., İnan U.H., Özdemir Y., Başgil H., Occupational health and safety performance measurement in healthcare sector using integrated multi criteria decision making methods, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 35 (1), 81-96, 2020.
12. Huang, L., & Ren, J., The negative impact of emerging technology: A Literature Review. In 2010 International Conference on E-Business and E-Government, 2576-2579, IEEE., May. 2010,
13. Myers, M. L., Anticipation of risks and benefits of emerging technologies: A prospective analysis method. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 13 (5), 1042-1052, 2007.
14. Fernández, F. B., & Pérez, M. Á. S., Analysis and modeling of new and emerging occupational risks in the context of advanced manufacturing processes. *Procedia Engineering*, 100, 1150-1159, 2015.
15. Song, B., & Suh, Y., Identifying convergence fields and technologies for industrial safety: LDA-based network analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, 138, 115-126, 2019.
16. Dündar, T., RFID-based system proposal forenabling the use of personal protective equipment in occupational health and safety. Master Thesis (Supervisors: Assoc. Prof. Dr. Tarık Arıkan Saygılı and Assist. Prof. Dr. Gökhan Kılıç), İzmir University of Economics, İzmir, 2018.
17. Yakişik, H., & Çetin, A., Eğitim, Sağlık ve Teknoloji Düzeyinin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi: ARDL Sınır Test Yaklaşımı. *Sosyoekonomi*, 21 (1), 2014.
18. Tunç, H., Bir Yenilik Göstergesi Olarak Patent ve Türkiye Patent Performansı. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 2008.
19. Narin, F., & Olivastro, D. Technology indicators based on patents and patent citations. In *Handbook of Quantitative Studies Of Science and Technology*, 465-507, 1988.

20. Chen, C. H., Ting, C. K., & Nojima, Y., Special issue on soft computing for big data and social informatics. *Soft Computing-A Fusion of Foundations, Methodologies and Applications*, 21 (11), 2799-2800, 2017.
21. Tsao, C. C., Fan, C. Y., & Chang, P. C., A patent quality classification model based on artificial immune system. In *Proceedings of the ASE BigData & SocialInformatics 2015*, NY-United States, 1-7, 7-9 October, 2015.
22. Arroyo, P. A. F. 2015. *Metric Learning for Patent Similarity*, Master Of Science Degree Thesis, University of Campinas, Institute of Computing, Ana Regina Machado, 2015.
23. Altuntas, S., Dereli, T., & Kusiak, A., Forecasting technology success based on patent data. *Technological Forecasting and Social Change*, 96, 202-214. 2015.
24. Bacioiu, G. M., & Pasek, Z. J., Method of Technology Analysis Based on Patent Examination and Design Methodology used to Determine the Technological Progress in Blood Pressure Monitors. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 9 (04), 1250027, 2012.
25. Jun, S., IPC Code Analysis of Patent Documents Using Association Rules and Maps–Patent Analysis of Database Technology. In *Database Theory and Application, Bio-Science and Bio-Technology*, Springer, Berlin, Heidelberg, 21-30, 2011.
26. Yılmaz N., Şenol M.B., A model and application of occupational health and safety risk assessment, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 32 (1), 77-87, 2017.
27. Wu, D., & Li, Z., Work safety success theory based on dynamic safety entropy model. *Safety science*, 113, 438-444, 2019.
28. Niu, Y., Lu, W., Xue, F., Liu, D., Chen, K., Fang, D., & Anumba, C., Towards the “third wave”: An SCO-enabled occupational health and safety management system for construction, *Safety science*, 111, 213-223, 2019.
29. McNinch, M., Parks, D., Jacksha, R., & Miller, A., Leveraging IIoT to Improve Machine Safety in the Mining Industry, *Mining, Metallurgy & Exploration*, 36 (4), 675-681, 2019.
30. Jeon, J. and Suh, Y., Multiple patent network analysis for identifying safety technology convergence, *Data Technologies and Applications*, 53 (3), 269-285, 2019.
31. Durmusoglu, A., Updating technology forecasting models using statistical control charts. *Kybernetes*, 47 (4), 672-688, 2018.
32. Martino, J. P., *Technological forecasting for decision making*. Elsevier, USA, Editor: McGraw-Hill, 1993.
33. Chen, H., Zhang, G., Zhu, D., & Lu, J., A patent time series processing component for technology intelligence by trend identification functionality, *Neural Computing and Applications*, 26 (2), 345-353, 2015.
34. Lokuhitige, S., & Brown, S., Forecasting Maturity of IoT Technologies in Top 5 Countries Using Bibliometrics and Patent Analysis. In *2017 International Conference on Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery (CyberC)*, Nanjing-China, 338-341, 12-14 October, 2017.
35. Smith, M., & Agrawal, R., A Comparison of Time Series Model Forecasting Methods on Patent Groups, In *MAICS*, 1353, 167-173, 2015.
36. Dikta, G., Time series methods to forecast patent filings. In *Forecasting Innovations*, Editors: Hingley P., Nicolas M., Springer, Berlin, Heidelberg, 95-124, 2006.
37. Altuntaş, F., & Yılmaz, M.K., Patent analizi ile teknoloji ağlarının oluşturulması, *Girişimcilik ve İnovasyon Yönetimi Dergisi*, 6 (2), 97-129, 2017.
38. Hou, J. L., & Lin, H. Y., A multiple regression model for patent appraisal, *Industrial Management & Data Systems*, 106 (9), 1304-1332, 2006.
39. Dehghani Madvar, M., Aslani, A., Ahmadi, M. H., & Karbalaie Ghomi, N. S., Current status and future forecasting of biofuels technology development, *International Journal of Energy Research*, 43 (3), 1142-1160, 2019.
40. Mao, G., Shi, T., Zhang, S., Crittenden, J., Guo, S., & Du, H., Bibliometric analysis of insights into soil remediation, *Journal of soils and sediments*, 18 (7), 2520-2534, 2018.
41. Hamidi, H., & Fazeli, K., Using Internet of Things and biosensors technology for health applications, *IET Wireless Sensor Systems*, 8 (6), 260-267, 2018.
42. Sheikh, N. J., & Sheikh, O., Forecasting of biosensor technologies for emerging point of care and medical IoT applications using bibliometrics and patent analysis. In *2016 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET)*, Honolulu, Hawaii- USA, 3082-3093, 4-8 September, 2016.
43. Cho, Y., & Daim, T., OLED TV technology forecasting using technology mining and the Fisher-Pry diffusion model, *Foresight*, 18 (2), 117-137, 2016.
44. Madvar, M. D., Khosropour, H., Khosravianian, A., Mirafshar, M., Azaribeni, A., Rezapour, M., & Nouri, B., Patent-Based Technology Life Cycle Analysis: The Case of the Petroleum Industry, 10 (4), 72-79, 2016.
45. Sepúlveda, J., Paternina, A., & Suarez, A., Patent applications as source for measuring technological performance, *Scientometrics*, 98 (2), 1385-1395, 2014.
46. Daim, T. U., Rueda, G., Martin, H., & Gerdri, P., Forecasting emerging technologies: Use of bibliometrics and patent analysis, *Technological Forecasting and Social Change*, 73 (8), 981-1012, 2006.
47. Wu, L., & Wu, L., Pharmaceutical patent evaluation and licensing using a stochastic model and Monte Carlo simulations, *Nature biotechnology*, 29 (9), 798, 2011.
48. Ernst, H., Legler, S., & Lichtenhaler, U., Determinants of patent value: Insights from a simulation analysis, *Technological Forecasting and Social Change*, 77 (1), 1-19, 2010.
49. Wang, P., Cockburn, L. M., & Puterman, M. L., Analysis of patent data—a mixed-Poisson-regression-model approach, *Journal of Business & Economic Statistics*, 16 (1), 27-41, 1998.

50. Doğanavşargil, E., & Fattori, M., Decision tree analysis as a tool to optimise patent current awareness bulletins, *World Patent Information*, 30 (3), 212-219, 2008.
51. Beveratos, P., Freire, M., Guglielmi, M., & Lascar, S., A tool to support the patent process: The patent decision tree, In *International astronomical federation–56th international astronomical congress*, Fukuoka- Japan, 5028-37, 17-21 October, 2005.
52. Xiao, L., Wang, G., & Liu, Y., Patent Text Classification Based on Naive Bayesian Method. In *2018 11th International Symposium on Computational Intelligence and Design (ISCID)*, Zhaiiang University-China, 57-60, 8-9 December 2018.
53. Lee, K., Park, I., & Yoon, B., An approach for r&d partner selection in alliances between large companies, and small and medium enterprises (smes): Application of bayesian network and patent analysis, *Sustainability*, 8 (2), 117, 2016.
54. Choi, S., & Jun, S., Vacant technology forecasting using new Bayesian patent clustering, *Technology Analysis & Strategic Management*, 26 (3), 241-251, 2014.
55. Jun, S., & Lee, S., Patent analysis using Bayesian network models, *International Journal of Software Engineering and Its Applications*, 7 (3), 205-212, 2013.
56. Lee, K., Go, D., Park, I., & Yoon, B., Exploring Suitable Technology for Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs) Based on a Hidden Markov Model Using Patent Information and Value Chain Analysis, *Sustainability*, 9 (7), 1100, 2017.
57. Grimaldi, M., Cricelli, L., Di Giovanni, M., & Rogo, F., The patent portfolio value analysis: A new framework to leverage patent information for strategic technology planning, *Technological forecasting and social change*, 94, 286-302, 2015.
58. Wang, X., & Carlsson, C., Patent-related decision-making with fuzzy real option analysis, *International Journal of Mathematics in Operational Research*, 9 (4), 467-486, 2016.
59. Collan, M., Fuller, R., Wang, X., & Mezei, J., Numerical patent analysis with the fuzzy pay-off method: valuing a compound real option, In *2011 Fourth International Conference on Business Intelligence and Financial Engineering*, Whan- Hubei China, 405-409, 17-18 October, 2011.
60. Collan, M., & Heikkilä, M., Enhancing Patent Valuation with the Pay-off Method, *Journal of Intellectual Property Rights*, 16, 377-384, 2011.
61. Huang, M., Zolnoori, M., Balls-Berry, J. E., Brockman, T. A., Patten, C. A., & Yao, L., Technological Innovations in Disease Management: Text Mining US Patent Data From 1995 to 2017, *Journal of medical Internet research*, 21 (4), e13316, 2019.
62. Lai, C. Y., Hwang, S. Y., & Wei, C. P., On the Patent Claim Eligibility Prediction Using Text Mining Techniques, In *Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences*, January, 2018.
63. Abbas, A., Zhang, L., & Khan, S. U., A literature review on the state-of-the-art in patent analysis, *World Patent Information*, 37, 3-13, 2014.
64. Tseng, Y. H., Lin, C. J., & Lin, Y. I., Text mining techniques for patent analysis, *Information Processing & Management*, 43 (5), 1216-1247, 2007.
65. Yoon, B., & Park, Y., A text-mining-based patent network: Analytical tool for high-technology trend, *The Journal of High Technology Management Research*, 15 (1), 37-50, 2004.
66. Altuntas, S., Dereli, T., & Kusiak, A., Analysis of patent documents with weighted association rules, *Technological Forecasting and Social Change*, 92, 249-262, 2015.
67. He, C., & Loh, H. T., Pattern-oriented associative rule-based patent classification, *Expert Systems with applications*, 37 (3), 2395-2404, 2010.
68. Haegeman, K., Marinelli, E., Scapolo, F., Ricci, A., & Sokolov, A., Quantitative and qualitative approaches in Future-oriented Technology Analysis (FTA): From combination to integration?, *Technological Forecasting and Social Change*, 80 (3), 386-397, 2013.
69. Durmuşoğlu, A. Effects of clean air act on patenting activities in chemical industry: learning from past experiences. *Sustainability*, 9 (5), 862, 2017.
70. İSG Risk Değerlendirme Yönetmeliği., <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/12/20121229-13.htm>. Yayın tarihi Aralık 29, 2012. Erişim Tarihi Ekim 10, 2020, 2012.
71. Montgomery, D. C., Jennings, C. L., & Kulahci, M., *Introduction to time series analysis and forecasting*, John Wiley & Sons, USA, 2015.
72. Lewis, C. D., *Industrial and business forecasting methods: A practical guide to exponential smoothing and curve fitting*, Butterworth-Heinemann, London, 1982.
73. Montgomery, D. C., & Runger, G. C., *Applied statistics and probability for engineers*, John Wiley & Sons, USA, 2014.
74. Montgomery, D. C., *Introduction to statistical quality control*, John Wiley & Sons, USA, 2009.
75. Malinin, L., Technology selection based on main parameters of value and fuzzy logic, *International Journal of Business Innovation and Research*, 11 (3), 431-443, 2016.
76. Kuikka, V., Nikkarila, J. P., & Suojanen, M., A technology forecasting method for capabilities of a system of systems, In *2015 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET)*, Portland OR-USA, 2139-2150. 2-6 August, 2015.
77. Sun, J. G., Tan, R., & Guo, J., Research on IFR of technological evolution bifurcations, *Procedia engineering*, 131, 590-600, 2015.
78. Tang, N., Hu, H., Xu, F., & Zhu, F., Personalized safety instruction system for construction site based on internet technology, *Safety science*, 116, 161-169, 2019.

79. Wu, D., & Li, Z., Work safety success theory based on dynamic safety entropy model, *Safety science*, 113, 438-444, 2019.
80. Altuntas, F. & Gök, M.Ş. Technological evolution of wind energy with social network analysis, *Kybernetes*, 50 (5), 1180-1211, 2021.
81. Altuntas, F. & Gök, M.Ş. Analysis of patent documents with utility mining: a case study of wind energy technology, *Kybernetes*, 50 (9), 2548-2582, 2020.
82. Altuntaş, F. & Akgül, A.K. Veri madenciliği ile teknolojilerin değerlendirilmesi: radyo frekansı ile tanımlama (RFID) teknolojileri üzerine bir uygulama, *Verimlilik Dergisi*, 4, 65-86. 2019.
83. Lopez, G. Generalized construction of trend resistant 2-level split-plot designs, Master Of Science Degree Thesis, Rochester Institute Of Technology, Newyork, 2007.