

BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ❖ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TİP-2 BULANIK SİSTEMLER KULLANILARAK
TEKNOLOJİ YOL HARİTALARININ İYİLEŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Semanur BARİP

Akıllı Sistemler Mühendisliği Anabilim Dalı

Akıllı Sistemler Mühendisliği Programı

MART 2021

BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ❖ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TİP-2 BULANIK SİSTEMLER KULLANILARAK
TEKNOLOJİ YOL HARİTALARININ İYİLEŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Semanur BARİP
(181324814002)
ORCID: 0000-0002-1706-5519**

Akıllı Sistemler Mühendisliği Anabilim Dalı

Akıllı Sistemler Mühendisliği Programı

**Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Koray ALTUN
ORCID: 0000-0003-0357-9495**

MART 2021



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, Bursa Teknik Üniversitesi’nin aboneliği olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Semanur BARİP

İmzası :

X X X X

Bu tezi benim bu günlere gelmemi sağlayan bařta babam olmak üzere tüm aileme ve sevdiklerime ithaf ediyorum.

ÖNSÖZ

Bu tezde, aralıklı Tip-2 bulanık sistemler uygulanarak teknoloji yol haritaları ögelerininikili ilişkilerini ve ilişkilerin önem derecelerini belirlenmeye çalışılmış ve sonucunda bir infografik ortaya koyulmuştur. Önerilen infografik ile teknoloji yol haritalarının iyileştirilmesi sağlanarak, stratejik kararlar ve teknolojik yatırımlar için katkısı çalışılmıştır. Tez çalışmamda bana sağladığı her türlü destek için değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Koray ALTUN'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tez boyunca beni destekleyen aileme ve arkadaşlarıma da çok teşekkür ederim.

Mart 2021

Semanur BARİP
(Endüstri Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
KISALTMALAR	vii
SEMBOLLER	viii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
ÖZET	xi
SUMMARY	12
1. GİRİŞ	13
1.1 Tezin Amacı	15
1.2 Tez Çalışmasına Genel Bakış.....	16
2. TEKNOLOJİ YOL HARİTASI	17
2.1 Literatür İncelemesi.....	20
3. BULANIK MANTIK	24
3.1 Tip-1 Bulanık Mantık Kavramı ve Yetersiz Kaldığı Durumlar	24
3.2 Tip-2 Bulanık Mantık.....	26
4. MATERYAL VE YAKLAŞIM.....	30
4.1 Genel Süreç	30
4.2 Detaylı Uygulama Adımları	30
4.2.1 Hedef belirleme.....	30
4.2.2 Ögelerin önem derecelerini belirleme.....	31
4.2.3 Ögelerin ilişki analizi	36
5. VAKA ANALİZİ.....	38
5.1 Yol Haritası Katmanlarını Ve Ögelerini Tanımlama	39
5.2 Öge İlişkilerini Analiz Etme.....	41
5.3 Ögeleri Kümeleme, Önceliklendirme Ve Sonuçları Görselleştirme	43
6. ÖNERİLEN YAKLAŞIMIN FAYDALARI VE TARTIŞMA.....	46
7. SONUÇ	48
8. KAYNAKLAR	49
ÖZGEÇMİŞ.....	55

KISALTMALAR

TYH	: Teknoloji Yol Haritası
BS	: Bulanık Sistemler
AT2BS	: Aralıklı Tip-2 Bulanık Mantık
ÜF	: Üyelik Fonksiyonu
ÜÜF	: Üst Üyelik Fonksiyonu
AÜF	: Alt Üyelik Fonksiyonu
KM	: Karnik-Mendel Algoritması
TYM	: Tasarım Yapısı Matrisi

SEMBOLLER

N	: Kural sayısı
x_1, x_2	: Önem dereceleri
$Y, \underline{y}^n, \bar{y}^n$: Çıktı değerleri
$\tilde{X}_1^n, \tilde{X}_2^n$: Giriş aralıklı Tip-2 bulanık kümeler
$\underline{y}^n, \bar{y}^n$: Çıkış Tip-2 bulanık kümeler
$F^n, \underline{f}^n, \bar{f}^n$: Kurala ait fonksiyonlar
y_l	: Çıktı alt limit değeri
y_r	: Çıktı üst limit değeri
k	: Kesme noktası
A	: Birinci ögenin üyeliği
B	: İkinci ögenin üyeliği
C	: Ögeler arası ilişkinin üyeliği
D	: Göreceli önem
μ	: Beklenen değer

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1 : Tip-1 ve Tip-2 bulanık sistemlerin karşılaştırılması.....	26
Çizelge 4.1 : Ögelerin önem aralığı.	31
Çizelge 4.2 : Ögeler arası ilişkilerin önem aralığı.	32
Çizelge 4.3 : Kural örnekleri	33
Çizelge 5.1 : Yol haritası ögelerinin 3B yazıcı ögeleri.....	40
Çizelge 5.2 : Ögeler ve önem dereceleri : 3D yazıcı yol haritası	41
Çizelge 5.3 : Kurallar	42
Çizelge 5.4 : İlişkili ögeler, ilişki derecesi ve ilişkinin önem derecesi: 3B yazıcı teknolojileri yol haritası	43

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : EIRMA teknoloji yol haritası formatı	14
Şekil 3.1 : Tip-1 BS(a) ve Tip-2 BS(b) örnekleri	25
Şekil 3.2 : Örnek bir ayırık Tip-2 üyelik fonksiyonu	27
Şekil 3.3 : Tip-2 bulanık sistem çalışma prensibi.....	28
Şekil 4.1 : Ögelerin önem dereceleri ve ilişkilerin Tip-2 üyelik fonksiyonları: sırasıyla A (birinci ögelerin önem dereceleri),B(ikinci ögelerin önem dereceleri)	32
Şekil 4.2 : Ögelerin ilişkilerinin önem dereceleri Tip-2 üyelik fonksiyonları.....	33
Şekil 4.3 : Ögeler arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesi: (a) ilişki kümesi, (b) ilişki değerlendirme süreci.....	36
Şekil 4.4 : Zenginleştirilmiş teknoloji yol haritası.....	37
Şekil 5.1 : Sistem yapısı: (a)genel çalışma yapısı, (b)sistem örneği	39
Şekil 5.2 : T-plan ilişkilendirme aşaması (a) ve ilişki değerlendirme sonrası teknoloji yol haritası (b).....	44

TIP-2 BULANIK SİSTEMLER KULLANILARAK TEKNOLOJİ YOL HARİTALARININ İYİLEŞTİRİLMESİ

ÖZET

İş dünyasında Ar-Ge ve inovasyon çıktılarının önemi her geçen gün artmaktadır. Sürdürülebilir başarı için yürütülecek Ar-Ge ve inovasyon faaliyetlerinin teknoloji oryantasyonu ve strateji ile uyumu teknoloji yönetim süreçleri ve araçları ile desteklenmelidir. Bu aşamada ilk olarak Ar-Ge ve inovasyon faaliyetlerini yönlendiren teknoloji yol haritaları akla gelmekte ve iş dünyasında yaygın kullanımı gözlemlenmektedir. Teknoloji yol haritaları, teknoloji gelişimi ve değişimini ilgili diğer katmanlarla (ürünler, hizmetler, pazar vb.) ilişkilendiren ve karar vermeye yardımcı olan araçlardır. Geçerli bir teknoloji yol haritası elde edebilmek için ögeler arası ilişkilerin doğru tanımlanması gerekir. Bu çalışma, teknoloji yol haritası ögeleri arasındaki ilişkiler için bir infografik önermektedir. Ögeler arası ikili ilişki dereceleri ve ilişkilerin önem dereceleri “aralıklı Tip-2 bulanık sistemler (AT2FS)” kullanılarak değerlendirilmekte ve takibinde oluşturulan infografik ile teknoloji yol haritalarının görselliği arttırılmaktadır. Önerilen infografik oluşturma sürecinin daha iyi anlaşılması için üç boyutlu (3D) yazıcı teknolojileri uygulama örneği sunulmuştur. Önerilen infografik ile arttırılmış teknoloji yol haritalarının özellikle büyük ölçekli sistemlerde strateji oluşturma sürecine ve teknoloji yönetim faaliyetlerine katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Anahtar kelimeler: Tip-2 bulanık mantık, Teknoloji yol haritası, İlişki analizi

IMPROVING TECHNOLOGY ROADMAPS BY USING TYPE-2 FUZZY SYSTEMS

SUMMARY

The importance of R&D and innovation outputs in the business world is increasing day by day. Technology management processes and tools should support technology orientation and compliance of R&D and innovation activities for sustainable success. At this stage, technology roadmaps come to mind first that direct R&D and innovation activities and their widespread use in the business world are observed. Technology roadmaps are tools that link technology development and change with other relevant layers (products, services, market, etc.) and assist decision making. In order to obtain a valid technology roadmap, inter-element relationships must be defined correctly. This study proposes an infographic for the relationships between technology roadmap elements. The degree of binary relationship between items and the degrees of importance of the relationships are evaluated using "intermittent type-2 fuzzy systems (IT2FS)" and the visuality of the technology roadmaps is increased with the infographic created in the follow-up. It is considered that enhanced technology roadmaps with the proposed infographic will contribute to the strategy formulation process and technology management activities, especially in large-scale systems.

Keywords: Type-2 fuzzy logic, Technology roadmap, Relation analysis

1. GİRİŞ

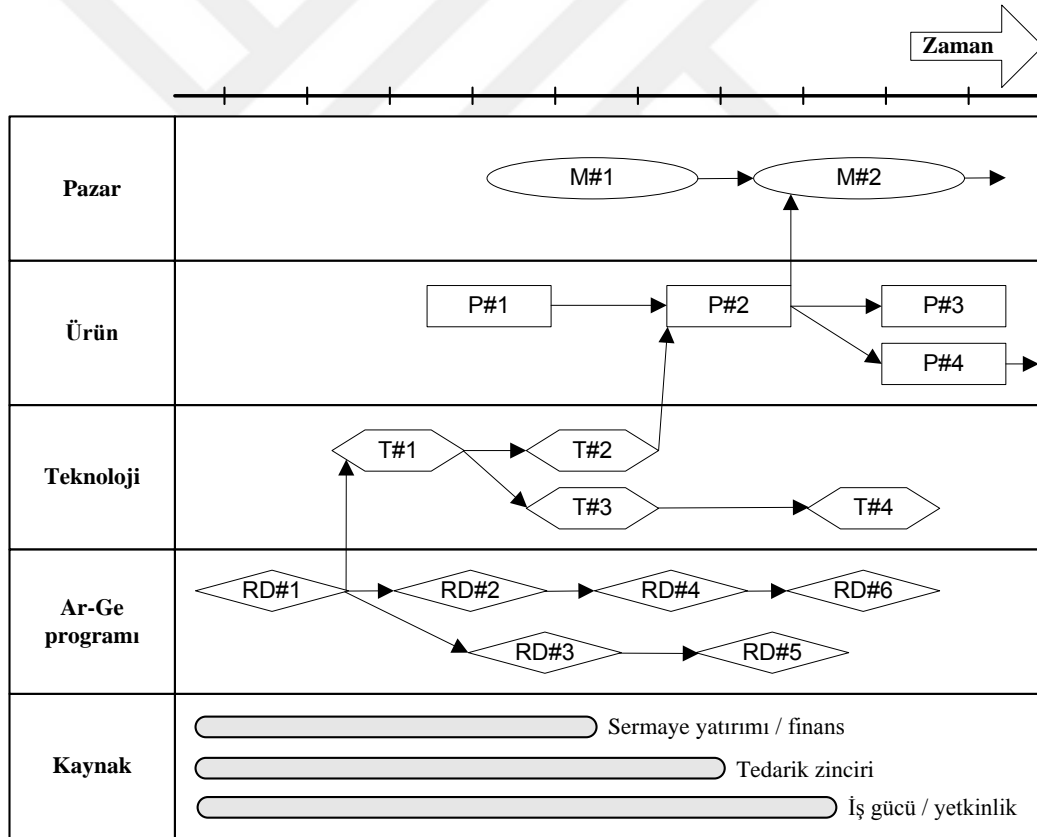
Teknoloji yol haritaları, iş yerlerinin mevcut ihtiyaçları anlamalarına ve gelecekteki ihtiyaçları tahmin etmelerine yardımcı olarak, iş yerindeki teknoloji gereksinimlerinin belirlenmesini kolaylaştırır. Motorola, ürün stratejilerini teknoloji stratejileriyle uyumlu hale getirmek amacıyla 1987'de ilk TYH'yi bildirmiştir (Willyard ve McClees, 1987); TYH o zamandan beri diğer kuruluşlara ve endüstri sektörlerine yayılmıştır (Garcia ve Bray, 1997). Teknoloji yol haritaları belirsizlikleri ortadan kaldırarak iş yerindeki tüm birimlerin aynı hedefler doğrultusunda ilerlemelerini sağlar. TYH'nin üç ana kullanımını şu şekilde belirtmişlerdir: İlk olarak, teknoloji yol haritası çıkarılması, bir dizi ihtiyaç ve bu ihtiyaçları karşılamak için gerekli teknolojiler hakkında bir fikir birliği geliştirilmesine yardımcı olabilir. İkincisi, uzmanların hedeflenen alanlardaki teknolojik gelişmeleri tahmin etmelerine yardımcı olacak bir mekanizma sağlar. Üçüncüsü, hem bir şirkette hem de tüm bir sektörde teknolojik gelişmeleri planlamaya ve koordine etmeye yardımcı olacak bir çerçeve sağlayabilir (Garcia ve Bray, 1997).

Teknoloji yol haritası sağladığı kolaylıklar ve esneklik sayesinde her zaman tercih edilir olmuştur. Sağladığı kolaylıklardan ilki, bilgiyi yapılandırmaktır. Analist kişinin başka türlü kolayca algılayamayacağı büyük miktarda bilgiyi görmesini sağlar. İkincisi, bu tür teknikler, kalıpları ve eğilimleri tanıyarak büyük veri kümelerinden uygun bilgileri almanıza yardımcı olabilir. Son olarak, orijinal verilerin boyutlarını küçülterek, normalde çok değişkenli verilerde var olan gürültüyü ortadan kaldırarak anlamlı çıkarımlar elde etmeye yardımcı olabilirler (Engelsman, 1994).

Teknoloji yol haritasının oluşturulması teknoloji ve inovasyonun planlanması anlamına gelir. Ürün, pazar ve teknoloji arasındaki yapısal ilişkiyi görsel olarak sunduğundan dolayı hem devlet hem ticari firmalar tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır. Belirli bir teknolojiyi geliştirmenin önceliği, teknoloji yol haritası katmanlarının içindeki ve içindeki öğeler arasındaki ilişkilerle belirlenir ve bu öğelerin ilişkilendirilmesi görevi teknoloji yol haritası geliştirme sürecinin önemli

bir parçası olarak kabul edilir. Buna rağmen mevcut literatürdeki çalışmaların çoğu teknoloji yol haritalarının metodolojik olarak gelişmesiyle ilgilenmiştir. Teknoloji yol haritasındaki katmanların sistematik olarak birbiriyle ilişkilendirilmesi, ilişkilerin şekillendirilmesi ve birbirine bağlantısı geri planda kalmıştır.

Teknoloji yol haritaları teknoloji ve inovasyon yönetimi stratejik planlarına zemin hazırlamaktadır. Ürün, pazar ve teknoloji arasındaki yapısal ilişkiyi görsel olarak sunmasından dolayı çok çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Bloom ve diğ., 2018 ;Daim ve diğ.,2018;Amer ve diğ.,2016; Winkowski, 2020). Farklı formatlarda teknoloji yol haritası kullanımı ile karşılaşılmaya rağmen en genel ve esnek yaklaşım bir zaman grafiği üzerinde konumlandırılmış çoklu katmanlardan oluşan görsellerdir. EIRMA (Avrupa Endüstriyel Araştırma Yönetimi Derneği) tarafından sunulan jenerik teknoloji yol haritası formatı Şekil 1.1’de gösterilmiştir (Eirma,1997).



Şekil 1.1. EIRMA teknoloji yol haritası formatı(EIRMA, 1997).

Teknoloji yol haritalarının oluşturulma sürecinin de bir sistematik dahilinde ilerlemesi gerekmektedir. Literatürde kabul görmüş ve yaygın kullanılan teknoloji yol haritası oluşturma süreci (Phaal ve diğ., 2004) tarafından önerilen T-plan (hızlı-başla) sürecidir. T-plan süreci sıralı dört çalışmaya esasına dayanmaktadır. İlk çalışmaya

“Pazar” ile ilgilidir. Performans boyutlarını, pazara ve iş dünyasına yön veren dinamikleri, öncelikleri, stratejik değerlendirmelerin yapıldığı SWOT analizlerini ve fırsatları tartışan bu çalışmayı sonrasında “Ürün” çalışmayı takip etmektedir. Ürün ile ilgili değerlendirmeler, etki analizleri ve ürün stratejileri “Ürün” çalışmasının konusudur. Takibinde “Teknoloji” çalışmayı yer almaktadır. Benzer şekilde bu çalışmada da teknoloji ile ilgili değerlendirmeler, etki analizleri ve teknoloji stratejileri tartışılmaktadır. Son çalıştay ise bu çalışmanın esas konusunu da oluşturan “ilişkilendirme” sürecinin gerçekleştirildiği çalıştaydır. Önceki çalıştaylarda ortaya konulan pazarı, ürünü ve teknolojiyi ilgilendiren ögeler arasındaki ilişkilerin oluşturulduğu ve gelecek fırsatlarına nasıl erişilebileceğine dair planlara zemin hazırlayacak nihai teknoloji yol haritası görselinin şekillendirildiği aşamadır.

Bu çalışma, teknoloji yol haritası oluşturma tartışmalarında T-plan sürecini esas almaktadır. Belirli bir teknolojiyi geliştirmenin önceliği, teknoloji yol haritası katmanlarının içerisindeki ögeler arasındaki ilişkilerle belirlenir ve bu ögelerin ilişkilendirilmesi görevi teknoloji yol haritası geliştirme sürecinin önemli bir parçasıdır. Teknoloji yol haritasındaki katmanların sistematik olarak birbiriyle ilişkilendirilmesi, ilişkilerin derecelendirilmesi ile ilgili sınırlı sayıda çalışmaya literatürde rastlanmaktadır. Bu çalışma ile teknoloji yol haritalarındaki ögeler arasındaki bu ilişkilerin değerlendirme sürecini sistemli bir şekilde yürütmeye olanak sağlayacak yeni bir yaklaşım önerilmektedir. Bu yaklaşım aralıklı Tip-2 bulanık sistemleri kullanmaktadır. Önerilen bu yeni yaklaşımın üç boyutlu yazıcı teknolojileri ile ilgili oluşturulmuş bir teknoloji yol haritası üzerinde uygulaması da örnek teşkil etmesi amacıyla sunulmaktadır.

1.1 Tezin Amacı

Teknoloji yol haritaları, ürünler, hizmetler ve teknolojiler arasındaki karmaşık ilişkilerin analizini kolaylaştıran ve karar vermeye yardımcı olan araçlardır. İyi bir teknoloji yol haritası elde edebilmek için bu ögeler arası ilişkinin iyi kurulması gerekir.

Bu çalışmada, teknoloji yol haritası geliştirme sürecinde ögelerin önem dereceleri göz önünde bulundurularak, hem ögelerin önem dereceleri arasındaki ilişkiye hem de bu ilişkiler arası ilişkilere odaklanılmış olup, Tip-2 bulanık mantık ile ilişkiler daha etkin ve anlamlı şekilde açıklanmaya çalışılmıştır. Tip-2 bulanık mantık

belirsizliklerle daha iyi başa çıkabildiğinden daha gerçekçi analizler yapılmasına olanak tanımıştır.

Bu durumun ilişkilerin doğru belirlenmesine ve büyük ölçekli sistemlerde teknoloji yol haritası oluşturulmasında iyileştirici etki sağlaması amaçlanmıştır.

1.2 Tez Çalışmasına Genel Bakış

Bu çalışmada sırasıyla 2.Bölüm'de Teknoloji Yol Haritası kavramı ve yapılan çalışmalara, 3.Bölüm'de Bulanık Mantık kavramına, 4.Bölüm'de Tip-2 Bulanık Mantık kullanılarak iyileştirilen Teknoloji Yol Haritası sürecine 5.Bölüm'de ise geliştirilen yöntemin örnek bir vakadaki uygulamasına değinilmiştir. 6.Bölüm'de tartışma ve 7.Bölüm'de sonuç kısmı ile tez sonlandırılmıştır.

2. TEKNOLOJİ YOL HARİTASI

Teknoloji Yol Haritası (TYH) oluşturma, stratejik hedefler belirlemeye ve yeni teknolojilerin, ürünlerin ve hizmetlerin potansiyelini tahmin etmeye izin veren karmaşık bir uzun vadeli planlama aracıdır (Vishnevskiy ve diğ., 2015). TYH, stratejik planlama ve teknolojinin genel iş hedefleriyle uyumlu hale getirilmesi için yaygın olarak kullanılan büyüyen bir tekniktir. TYH'ler, ürünler, teknoloji, endüstri ve şirketler dahil olmak üzere çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Bloem ve diğ., 2018).

Bir TYH'nin rolünü desteklemek için, yol haritasını kullanan birçok şirket ve hükümet, araç geliştirme sırasında maliyetleri düşürmeye ve objektifliği sürdürmeye isteklidir (Aleina ve diğ., 2018). Firmalar ve diğer kuruluşlar, rekabet avantajını sürdürebilecek gelecekteki teknolojilerin ve ürünlerin araştırma ve geliştirmesini desteklemek için Teknoloji Yol Haritası'nı (TYH) kapsamlı bir şekilde kullanır.

Teknolojik yenilikler ve küresel olarak rekabetçi iş ortamlarındaki değişiklikler, hem firmaların kısa vadeli performansını hem de uzun vadeli sürdürülebilirliğini etkiler. Böyle bir bağlamda, hangi teknolojinin uygulanacağına ilişkin kararlar, birçok firmanın rekabet avantajı açısından kritik öneme sahiptir. Özellikle, teknolojiye gelecekteki yönler ve seçenekler belirsiz olduğunda, gelecekteki teknik gelişmeler için planlamasını ve bunlara yanıt vermeyi desteklemek için uygun bir teknoloji stratejisi formüle etmek bir kuruluş için daha önemli hale gelir (Kostoff ve diğ., 2001 ; Lizaso ve diğ., 2004 ; Nishimura ve diğ., 2005 ; Petrick ve diğ., 2004). Yenilikçi teknolojilere yönelik artan talep ve teknoloji ticareti için geniş bir pazar durumunda, etkili teknoloji yönetimi konusu giderek daha önemli hale gelmektedir. Karmaşıklık ve küresel değişim hızı nedeniyle uzun vadeli perspektifte teknolojilerin yönetimi, günümüzde ve gelecekteki belirli sistem ve süreçlerin dikkate alınmasını, pazar ve endüstriyel ihtiyaçlara uyum sağlamasını gerektiren zor bir süreçtir (Magruk, 2011).

Teknoloji geliştirme yol haritası, şirket için gerçek veya potansiyel bir ilgisi olan bir teknolojiyi belirleme sürecinde yardımcı olabilir. Şirket tarafından stratejik düzeyde benimsenen önceliklerin tanımından önce karar vermenin gerekli olduğu teknoloji seçimi sürecinde de yararlı olabilir. Teknoloji geliştirmeden kaynaklanan bilgi edinme sürecinde de faydalıdır (Halicka, 2014). Doğru teknolojiyi seçmek büyük ölçüde şirketlerin rekabet avantajını belirler. Teknolojiler aynı zamanda modern üretim süreçlerinin de temelini oluşturur ve toplumun ihtiyaçlarını karşılamayı sağlar. Pazar ihtiyaçlarına yanıt vermenin yanı sıra, yol haritası, gelecekteki teknolojik eğilimleri tahmin ederek ve potansiyel teknolojileri belirleyerek ürün geliştirme için yeni fikirlerin üretilmesini desteklemek için kullanılır (Gindy ve diğ., 2006 ; Lee ve diğ., 2012).

Teknolojinin gelişimini destekleyen uluslararası programların da gösterdiği gibi, teknoloji geliştirme ihtiyacına dair farkındalık yaygınlaşmıştır (Halicka, 2016). Teknoloji yönetimi araçları, teknoloji trendlerini önceden tahmin edebildiği, karar vermeye, kaynak tahsisine, risk analizine ve geliştirilecek teknolojilerin ve yetkinliklerin tanımlanmasına katkıda buldukları için önemlidir (Bloem ve diğ., 2018).

Yol haritaları çeşitli grafik biçimler alabilir. Histogramlar, tablolar, grafikler, akış diyagramları veya metin olarak sunulabilirler. En çok kullanıldığı şekliyle teknoloji geliştirme yol haritalarının tasarımında dikkate alınmalıdır. Bu öğeler, diğerlerinin yanı sıra bazı öğelerin tanımlanmasını içerir: öncelikli teknolojiler/ürünler, öncelikli teknolojilerin yaratılması ve uygulanması sürecinde gerekli olan bileşenler; öncelikli teknolojilerin geliştirilmesine veya üretilmesine izin veren araştırma yönergeleri; potansiyel ve arzu edilen teknoloji geliştirme vizyonunun uygulanmasını sağlayacak kaynaklar olarak sıralanabilir (Phaal ve diğ., 2011).

Teknoloji geliştirme yol haritası, uzun vadede teknolojinin analizine ve teknolojinin gelişimi ile diğer alanlardaki ilerleme arasında var olan bağlantıların yansımaya izin verir (Phaal ve diğ., 2004). Trendler, diğer araçların yanı sıra, şirketlerin yaşadığı mevcut duruma daha uygun metodolojiler, inovasyonla birlikte doğrudan TYH ile ilgili teknolojik gelişme arayışından geçer. TYH aslında kuruluşun teknoloji, bilim ve yenilikle nasıl başa çıkabileceğini gösteren stratejiler bütünüdür. Rekabet ve işbirliğinin yönetimi, TYH'nin adımlarını şekillendirir ve kuralları belirler. TYH ,gün geçtikçe karşılanması zor hale gelen gereksinimler ve karmaşık

haldeki yüksek teknoloji trendlerinin uygulanabilmesi için kuruluşa özel tasarım ve planlama gerektirir.

Teknoloji yol haritası oluşturulmasında dikkat edilmesi gereken noktalar aşağıdaki gibidir (Phaal ve diğ., 2001) :

- Yol haritaları, iletişimi desteklemenin en etkili yolu olan grafik şeklinde ifade edilmelidir. Bununla birlikte, grafiksel gösterim oldukça sentezlenmiş ve yoğunlaştırılmış bir biçimdir ve yol haritası uygun belgelerle desteklenmelidir.
- Firmadaki teknoloji, ürün ve ticari perspektiflerin entegrasyonunu yansıtan yol haritaları çok katmanlı olmalıdır. Yol haritası oluşturma süreci, organizasyondaki işlevsel sınırların ötesinde iletişimi desteklemek için çok etkili bir araç sağlar.
- Yol haritaları, teknolojik, ürün, hizmet, iş ve pazar gelişmelerinin etkili bir şekilde senkronize edilmesini sağlamak için önemli olan zaman boyutunu açıkça göstermelidir. Yol haritaları, işin mevcut durumu (her katman için) ile uzun vadeli vizyon arasında, katmanlar arasındaki bağlantılarla birlikte bir geçiş yolu çizelgesi oluşturmanın bir yolunu sağlar.
- Yol haritasının katmanlarını ve alt katmanlarını tanımlamak için benimsenen yapı önemlidir ve işin temel yönlerini ve dikkate alınan konuları yansıtır. Tipik olarak bu katmanlar, 'know why', 'know-what', 'know-how', 'know-when', 'know-who', and 'know where' gibi iş dünyasındaki temel bilgi ile ilgili boyutlarla ilgilidir.
- Genel yol haritası yaklaşımı, ürün ve teknoloji planlama kökenlerinin ötesinde iş stratejisi ve planlamasını desteklemek için büyük bir potansiyele sahiptir. Bunun bir 'kara kutu' metodolojisi olmadığı, her uygulamanın bir öğrenme deneyimi olduğu ve dikkate alınan belirli koşullara uyarlanmış esnek bir yaklaşım olduğu kabul edilmelidir.

Teknoloji yol haritalarının iş, ürün ve teknoloji stratejisinin geliştirilmesini ve uygulanmasını desteklemek için büyük bir potansiyele sahip olduğu ve şirketlerin bunları üretmek için bilgi, süreç ve araçlara sahip olduğu açıktır. Avrupa Endüstriyel Araştırma Yönetimi Derneği EIRMA'nın tasarladığı T-Plan 'hızlı başlangıç' sürecinin hem endüstriyel uygulama açısından hem de 'canlı' teknoloji yönetimi sorunlarına erişim sağlamak için bir araştırma aracı olarak faydalı olduğu kanıtlanmış ve bir dizi yeni yol haritası oluşturma formunun geliştirilmesiyle sonuçlanmıştır (Phaal ve diğ., 2001). T-Plan yaklaşımı, öncelikle teknoloji yol haritası yaklaşımının en yaygın kullanımı olan ürün planlamasını desteklemek için

kullanılmıştır ancak süreci esnek ve çeşitli amaçlar için uyarlanabilir. Çalışmada da T-plan yaklaşımından faydalanılmıştır.

2.1 Literatür İncelemesi

Son yıllardaki TYH uygulaması örnekleri, bunun çeşitli girişimlerde kullanılabilir bir araç olduğunu doğrulamaktadır. Spencer ve diğ. (2019), Cresto ve diğ. (2019), uzay endüstrisi bağlamında yol haritalarının kullanımını da tanımlamaktadır ve Volodin ve diğ. (2019) ise uzay ve havacılık endüstrisinin bilimsel ve teknolojik gelişimi için yol haritalarının önemini vurgulamıştır. Xie ve diğ. (2019), Zhang ve diğ. (2018), Hackler ve Prack (2019), yarı iletken teknolojilerin gelişimini tasarlamak için yol haritalarının kullanımını açıklamaktadır. Ancak literatür gözden geçirilirken birçok yazarın yayınlarında teknoloji geliştirme yol haritalarının tasarımında bazı metodolojik eksikliklere işaret ettiği ve bu metodolojiyi geliştirme ihtiyacını vurguladığı kaydedilmiştir.

Diğer yönetim tekniklerini TYH ile birleştirmek, bilgi boşluklarını azaltabilir ve yönetim kararlarını daha da iyileştirebilir (Yoon ve diğ., 2019). TYH ile entegre edilebilen araçlar arasında SWOT analizi, Delphi yöntemi, beş rekabet gücü, değer önerisi, rekabetçi özellikler matrisi, algısal harita, hiyerarşik süreç analizi, teknoloji geliştirme zarfı (Fenwick ve diğ., 2009), kalite işlevi dağıtımı (Lee ve diğ., 2013), portföy yönetimi (Phaal ve diğ., 2006) ve teknoloji yönetimi araçları (Kerr, Phaal ve Thams 2019) örnek olarak gösterilebilir. Teknoloji yol haritaları genel olarak yeni trendlere uyum sağlamak ve araştırmalara bakıldığında her geçen gün geliştiği gözlenmektedir.

Strauss ve Radnor (2004), hızla değişen sosyal çevrelere açıkça cevap vermek için bir senaryo planlama ve teknoloji yol haritasını birleştirmiştir. Bu senaryoya dayalı yol haritası gelişimi, duyarlılık analizi için sistem dinamiği teknikleriyle birleştirilmiştir. Fenwick ve diğ., (2009), internet güvenliği konusunda bir teknoloji yol haritasının geliştirilmesi sırasında pazarlama planlamasını desteklemek için bir karar alma modeli uygulamıştır. Caetano ve Amaral (2011) açık inovasyon bağlamında teknoloji yol haritasına değinmiş ve teknoloji merkezli bir stratejiyi ortaklık planlaması ile bütünleştirmek için bir yaklaşım önermiştir. Vishnevskiy ve diğ. (2015), yeni teknolojiler ve pazarlarla ilgili kurumsal planlamanın etkinliğini ve verimliliğini en üst düzeye çıkarmak için yol haritası geliştirme sürecinin

gerekliliğinden ziyade dış çevresel faktörleri değerlendirmiştir. Ayrıca, bir teknoloji yol haritası, teknoloji planlamasını işletme planlamasına entegre etmek amacıyla bir iş modeline (Toro-Jarrin ve diğ., 2016) bağlanmıştır.

Yapılan metodolojik geliştirmeler arasında; Ho ve O'Sullivan (2017), yeniliği destekleyen etkili standardizasyon stratejileri geliştirmek için sistematik bir yol haritası uygulama yönetimi süreci önermiştir. Ghazinoory ve diğ., (2017), gelişmekte olan ülkelerde TYH için uygun bir analiz seviyesi olarak teknoloji kapasitesi ve kurtarma stratejisi dahil olmak üzere teknoloji öğrenimini tanıtmıştır. Bildosola ve diğ. (2017), gelişen teknolojileri tanımlamak için bibliyometrik ve teknoloji tahmin yöntemlerini birleştiren TeknoRoadmap olarak bilinen yenilikçi bir yaklaşım tanımlamıştır. Böylelikle sahada daha önceki çalışmalarda sağlananlara göre kapsamı genişletmeyi hedeflemektedir. Haddad ve Maldonado (2017), karar verme ve politika oluşturma çabalarını işlevlere yönlendirmek amacıyla, inovasyon sistemi işlevlerinin sektör yol haritalarında itici / katmanlar olarak kullanılmasını önermiştir. Bloem ve diğ. (2018), bir TYH tasarlama sürecinin bir parçası olarak Delphi sonuçlarını iyileştirmek için bir metodoloji tanımlamıştır. Lee ve diğ. (2018) ürün-servis sistemleri için teknoloji yol haritasını destekleyen bir tasarım yapısı matrisi kullanmıştır. Kullanılan TYM(Tasarım Yapısı Matrisi), iki sistem elemanı arasındaki ilişkileri üç şekilde açıklar; paralel, ardışık ve eşleşmiş (Warfield, 1973). Paralel bir ilişkide, iki eleman birbirinden bağımsızdır ve iki elemanın gelişimi aynı anda gerçekleştirilebilir. Sıralı bir ilişkide, iki eleman bağımlıdır. Burada, bir elemanın gelişimi, diğer elemanın gelişimi tamamlanana kadar başlatılamaz. Son olarak, birleştirilmiş bir ilişki, iki element arasındaki karşılıklı bağımlılıkları belirtir. Bu ilişkide, bir elemanın gelişimi diğer elemanla etkileşimi gerektirir; bu nedenle, iki eleman birlikte sanki tek bir ürün gibi geliştirilmelidir.

TYH'nin etkileri, bilgi ağının incelenmesi ile birlikte, Yoon ve diğ. (2019), teknolojik haritalamanın bir öncülünü araştırdı ve inovasyon üzerindeki etkisini değerlendirmek için belirli süreçleri inceledi. Kerr ve diğ. (2019), bir referans sürecinin özelleştirilmesinde ve uyarlanmış yaklaşımın uygulanmasında teknolojik haritalama sürecini (kullanıcıların karşılaştığı sorunlar ve öğrenilen dersler dahil) rapor etmektedir. Milshina ve Vishnevskiy (2019), hedeflenen birkaç teknolojik haritayı bir araya getirmiş ve bunları yeni ve esnek bir sistemik araç olarak kapsamlı bir haritalamaya entegre etmiştir. Gerdri ve diğ. (2019), iç ve dış ortamdaki

değişikliklerin etkilerini değerlendiren bir teknolojik haritalamanın durumunu belirlemek için kavramsal bir çerçeve önermektedir. Lee ve diğ. (2019), teknolojik haritalamanın farklı katmanları arasındaki ilişkilere odaklanır ve bu ilişkileri araştırmak için bir karar destek aracı geliştirir. Yayınlanan çalışmada bulanık küme Tip-1 yöntemini kullanmış ve elemanlar arasındaki bağıın göreceli önemini belirlemeye çalışmıştır. Ögeler arasında bağlantı kurma temel prensibi iki ögeye dayanır: önem derecesi(örneğin ögelerin en az biri büyük önem veya her iki öge de bir dereceye kadar önemlidir) ve iki öge arasındaki ilişkinin derecesi (örneğin bir öge diğer ögeyi takip etmeli veya bir öge diğer ögeyi izlemelidir (Lee ve diğ.,2019).

Son ve diğ. (2020), gelecekteki belirsizliği etkileyebilecek faktörler arasındaki ilişkiyi anlamak ve senaryolar aracılığıyla teknolojik bir harita oluşturmak için metinsel büyük veriyi analiz eden bir yapı önermektedir. Park ve diğ. (2020), karma yöntem yaklaşımına dayanan teknolojik haritalama çalışmalarının evrimini araştırıyor. Çalışma, teknoloji ve stratejik haritalamanın ulusal, sektörel ve iş düzeylerinde yaygın olarak benimsenmesini öngörmüştür.

Özellikle 2020'de yapılan çalışmalar haritalama mimarisindeki ilerlemeyi, her kuruluşun özel ihtiyaçlarını karşıladığını ve endüstri 4.0 yaklaşımlarının (büyük veri, yapay zeka, toplam otomasyon, diğerleri arasında) haritalamaya nasıl dahil edildiğini göstermektedir. Bu eğilimler, kuruluşların gerçek hedefler olarak endüstri 4.0 gereksinimlerine bağlı kaldıklarını göstermektedir. TYH'nin sadece araştırmacılar arasında değil, stratejiyle bağlantılı olarak inovasyon ve teknolojiyi yönetmek zorunda olan şirketlerde de önem kazandığı görülmektedir (Valério ve diğ. ,2020).

1.1 Yol Haritası Geliştirme İçin İlişki Analizinin Önemi

Teknoloji yol haritası geliştirilebilmesi için ögeler arası ilişkileri belirlemek önemlidir. Bu ilişkilerin analizinde bilgisayar temelli veya çalışmada uygulanan uzman temelli yaklaşım kullanılabilir. Bilgisayar temelli yaklaşımlar ögeler arası ilişkileri belirlemek ve analiz etmek için metin madenciliği, atıf analizi, indeks analizi gibi teknikleri kullanır. Uzman temelli yaklaşım ise her biri alanında uzmanlaşmış insanların bulunduğu heyetlerin tecrübelerine göre analiz yapılmasını destekler. Sistemlerin 1.1 karmaşıklığının giderek artması teknoloji ögelerinin ilişkilerinin belirlenmesinde daha detaylı analiz yapılmasını zorunlu kılmış, yeni yöntemlerin önünü açmıştır. Ögelerin arasındaki bağlantıların önem derecesini, her

bir ögenin önem derecesi ve her bir ilişkinin bağın gücünü belirlemek için bulanık mantık uygulamalarından belirsizliğin ayak izi olarak bilinen Tip-2 bulanık mantık çalışılmıştır. Ayrıca, teknoloji yol haritasındaki ögelerin konumlandırılmasına yardımcı olmak için ağ analizinden faydalanılmıştır.



3. BULANIK MANTIK

3.1 Tip-1 Bulanik Mantık Kavramı ve Yetersiz Kaldığı Durumlar

Lotfi A. Zadeh tarafından 1965 tarihinde öne sürülen ve 1970’li yıllardan sonra pratik uygulamalarda sıklıkla kullanılan bulanik mantık, kontrol yöntemlerinden biridir. Zadeh bulanik mantığı şu şekilde ifade etmiştir: “Bulanik mantık, düşünmenin, sonucun ve hesaplamanın kusurlu bilgilerle ilişkili olduğu yerlerde kesin bir kavramsal sistemdir ya da öyle kabul edilir. Kusurlu bilgi ise, bir veya daha fazla açıdan bilginin kesin ve tamamıyla güvenilir olmadığı, belirsiz ya da kısmen doğru olduğu bilgidir” (Kayacan, 2011)

Klasik mantık 0 ve 1 gibi kesin değerlerle sınırlanırken, bulanik mantık farklı olarak 0-1 aralığındaki sonsuz değerleri dikkate almaktadır. Normal gündelik yaşamda ‘doğru-yanlış’ veya ‘var-yok’ gibi kesin ifadelerle karşılaşmak çok mümkün olmamaktadır. Makineler veya kontrol sistemleri de canlıların davranış yapıları temel alınarak tasarlandığı için algı ve aktarımlarının canlılar gibi bulanik değerlerde olması gerekir. (Kelekçi, 2016)

Bulanik mantık kontrol yöntemi olarak pratik uygulamalarda kullanılmaya başlanmasından sonra içerisinde ölçümden, gürültüden, sistem modelinden vb. nedenlerden belirsizliklerin olduğu yerlerde istenilen şekilde performans göstermediği gözlemlenmiştir (Tushir ve Srivastava, 2015).

Tip-1 bulanik mantık denetim sisteminde çıkış değeri kural yazımı ve çıkarım işlemi yapıldıktan sonra sadece durulaştırma işlemi ile elde edilmektedir. Tip-2 denetim sisteminde ise durulaştırma kısmına geçmeden önce Tip-2/Tip-1 indirgemesi işlemine ihtiyaç duyulmaktadır (Karnik ve diğ., 1999).

Tip-1 bulanik sistemi için örnek grafik Şekil 3.1.a’da gösterilmiştir. Burada X yalnızca tam sayıları dikkate alır. Örneğin; $X=2$ değerini aldığı anda X ’in üyelik derecesinin 0; $X=4$ değerini aldığı anda X ’in 1 üyelik derecesini aldığı anlamına gelir.

Sistemler arası farkın daha iyi anlaşılabilmesi için Tip-1 ve Tip-2 bulanık sistemlerin karşılaştırılması çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

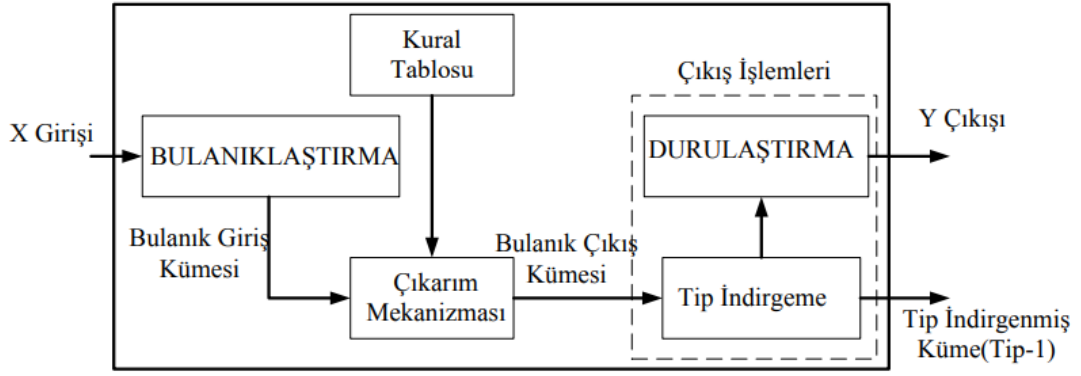
Çizelge 3.1. Tip-1 ve Tip-2 bulanık sistemlerin karşılaştırılması(Wu ve diğ., 2006).

Tip-1 Bulanık Sistemler	Tip-2 Bulanık Sistemler
Dilsel ifadeleri sayısallaştırır.	Doğal dile özgü kişisel ifadeleri daha iyi modeller.
İfadelerin üyelik dereceleri net bir sayıdır.	İfadelerin üyelik dereceleri bir aralıktır.
Belirsizliği temsil etme yeteneği düşük olduğu için kural tabanı fazladır.	Belirsizliği temsil etme yeteneği, giriş / çıkış alanlarının daha az BS ile kapsanmasını sağladığından, Tip-1 BS'lerin kullanımına kıyasla kural tabanının azalmasıyla sonuçlanacaktır
Karmaşık giriş/çıkış ilişkilerinde başarılı değildir.	Tip-2 bulanık sistemler daha uyarlanabilir ve tip-1 bulanık sistemlerde elde edilemeyen daha karmaşık girdi-çıkış ilişkilerini gerçekleştirebilirler.
Üyelikler birbiri içine geçmez.Farklı üyelik dereceleri aynı kuralda kullanılmaz.	Üyelikler iç içe geçebilir.Farklı üyelik dereceleri farklı kurallarda kullanılabilir.

3.2 Tip-2 Bulanık Mantık

Tip-2 bulanık mantık denetim sistemi Tip-1 bulanık mantık denetim sisteminin bir uzantısı olarak ortaya çıktığı için genel hatlarıyla iki denetim sistemi birbirlerine benzerlik göstermektedir. Tip-1 bulanık mantık denetim sisteminde sırasıyla bulanıklaştırma, kurala bağlı çıkarım ve durulaştırma işlemleri yapılmaktadır (Mendel ve Wu, 2006) Tip-1 bulanık mantık denetim sisteminde çıkış değeri kural yazımı ve çıkarım işlemi yapıldıktan sonra sadece durulaştırma işlemi ile elde edilmektedir. Tip-2 denetim sisteminde ise durulaştırma kısmına geçmeden önce Tip-2/Tip-1 indirgemesi işlemine ihtiyaç duyulmaktadır (Karnik ve diğ., 1999).

Tip-2 bulanık sistem modellemesi için iki farklı yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler genel ve aralıklı Tip-2 bulanık sistemlerdir. Genel Tip-2 bulanık



Şekil 3.3. Tip-2 bulanık sistem çalışma prensibi (Mendel,2001).

- **Bulanıklaştırma :** Tip-2 bulanık mantık çalışma yapısının ilk adımı kontrol edilecek sistemden gelen giriş değerlerini bulanıklaştırma işlemidir. Bu işlem yapılırken $[0,1]$ aralığında üyelik derecesi olan girdi değerlerini Tip-2 üyelik fonksiyonlarına dönüştürmektedir. Üyelik fonksiyonlarının yerleri ve şekilleri farklılık gösterebildiği için sisteme göre farklı bir bulanıklaştırma işlemi yapılmaktadır. Sonucu doğrudan etkileyen bulanıklaştırma işlemi sistem kontrolü için önemlidir ve kullanıcıya kolaylık sağlar.
- **Kural tabanı ve çıkarım :** Bulanık mantık, insan davranışlarının mekanizmalara uygulanmasını ve buna göre karar verici denetleyici sistemler oluşturulmasını hedefler. İnsanların aksine makineler bu tecrübeleri yaşayarak değil öğretildiği taktirde kazanır. Bu öğretim işlemi, “Kural Kümesi” ile gerçekleşir. Bu kurallar vasıtasıyla, canlılara ait çıkarım şeklinin veya karar verme tarzının sistemlere uygulanması sağlanmaktadır. Kuralların belirlenmesi sistemden alınan bilgiler doğrultusunda veya bir uzmanın bilgi ve deneyimlerine dayanarak gerçekleştiği için sistemden sisteme farklılık göstermektedir. Bu nedenle belirli bir kural yazım yöntemi bulunmamaktadır (Güleç ve diğ.,2007).
- **Tip-1 ve Tip-2 bulanık mantık denetleyicilerinde kural oluşturma işlemi ‘EĞER-İSE (IF-THEN)’** yapısı kullanılarak yapılmaktadır. Sistemde yer alan üyelik fonksiyonu sayısı ile doğru orantılı olarak kural sayısı belirlenir. ‘EĞER-İSE’ yapısı arasındaki ‘Ve’, ‘Veya’ ya da ‘Dâhil Değil’ bağlaç seçimi sistemden sisteme değiştiği için bu seçim kuralları oluşturanlar tarafından yapılmaktadır. Tez çalışmasında MATLAB Tip-2 bulanık mantık editörü kuralların üyelik fonksiyonlarının kolay bir şekilde oluşturulmasına imkân tanımaktadır.

- Her giriş üyelik fonksiyonu için seçilen noktada alt ve üst sınırı ifade eden iki üyelik derecesi olduğu için iki üyelik dereceleri içinde gerekli işlemler ayrı ayrı yapılmaktadır. Tanımlanan kural sayısı kadar bu işlem tekrar tekrar yapılmaktadır.
- Çıkış işlemleri : Tip-1 bulanık mantık denetim sistemlerinde kural tabanı ve çıkarım işlemlerinden sonra durulaştırma işlemi yapılmaktadır. Tip-2 bulanık mantık denetim sistemlerinde ise Tip-2 üyelik fonksiyonlarının aralıklı değer olmasından dolayı durulaştırma işleminden önce Tip-2 / Tip-1 indirgemesi işlemine ihtiyaç duyulmaktadır.

Geliştirilen Tip-2 bulanık sistem modelleri ile işlem karmaşası giderilemeyince sistem modelleri üzerinde farklı yöntemler geliştirilmiştir. Önerilen yöntemler genellikle Tip indirgeme aşamasının basitleştirilmesi ile ilgilidir. Çünkü işlem karmaşıklığı Tip indirgeme aşamasında oluşmaktadır. Tip indirgeme aşamasının basitleştirilmesi için literatürde birçok algoritma geliştirilmiş ve önerilmiştir (Makinist, 2013). Tip-2 bulanık sistemler için en önemli darboğaz olan Tip azaltmada en popüler olan algoritma Karnik-Mendel Algoritmasıdır. Yapılan tez çalışması içerisinde MATLAB Tip-2 bulanık mantık editöründe Tip-2/Tip-1 indirgeme işlemi Karnik–Mendel tarafından geliştirilen iteratif bir yöntem olan Karnik–Mendel (KM) algoritması kullanılmıştır.

4. MATERYAL VE YAKLAŞIM

4.1 Genel Süreç

Yapılan çalışmanın teknoloji yol haritasını oluşturma sürecine katkı sağlaması amaçlanmıştır. Teknoloji yol haritası oluşturulması, yetkili kurul tarafından alınan kararların iyileştirmesine yönelik bir çalışmadır. Literatürdeki çalışmalar teknoloji yol haritasının uygulanmasını kolay olarak gösterse de, çoğunlukla dilsel ifadeler üzerinden ilerlendiği için karar vericiyi zorlamaktadır. Dilsel verilerin sayısallaştırılması ve bu dilsel veriler arası ilişkilerin sayısallaştırılması teknoloji yol haritasında iyileştirme sağlamış ve çıktı kalitesini arttırmıştır. Tip-2 bulanık mantık ile oluşturulan teknoloji yol haritası, gerçek hayattaki belirsizlikler ile başa çıkarak uzmanların analizlerini kolaylıkla yapmalarına fırsat tanımıştır.

Önerilen çalışma aşağıdaki adımlarla ile özetlenebilir.

- Teknoloji yol haritası öğeleri ve katmanları belirlenir.
- Öğelerin önem dereceleri, öğeler arası ilişkilerin önem dereceleri ve bunlar arasındaki göreceli önem Tip-2 bulanık mantık kullanılarak bulunur.
- Göreceli önem değerleri arasında kümeleme ve sıralama yapılarak en yüksek ilişkili öğeler belirlenir.
- Teknoloji yol haritası aralarında ilişki gücü en yüksek bulunan öğeler belirtilerek çizilir.

4.2 Detaylı Uygulama Adımları

4.2.1 Hedef belirleme

Teknoloji yol haritası oluşturulurken önce ilgili kuruluşun içinde bulunduğu veya içine girmek istediği alan analiz edilir. Önerilen TYH sürecinde baz alınan T-Planında standart süreç, işletme içinden bir dizi bilgi ve deneyimden yararlanan dört

kolaylaştırılmış atölye çalışmasıyla gerçekleştirilir. İş hakkında fikir birliği oluşturma ve takip eylemlerine bağlılığı güvence altına alma açısından sürecin önemli bir yönü, farklı iş fonksiyonları ve departmanlarının katkısı ve onlarla iletişimidir. İlk üç çalıştay, yol haritasının her katmanını birbiri ardına ele alır (hizmet, ürünler ve teknoloji). Son çalıştay, ilk üçünün çıktılarını birleştirir ve bir ilk yol haritası çıkarır. Kuruluşun hedefi doğrultusunda çalışan heyet teknoloji yol haritasını oluşturacak olan ürün ,hizmet ve ihtiyaç duyulan teknoloji öğelerini belirler. Bilgileri katmanlar arasında tanımlamak, kategorilere ayırmak, önceliklendirmek ve bağlamak için gerekli teknikler kullanılır.

4.2.2 Öğelerin önem derecelerini belirleme

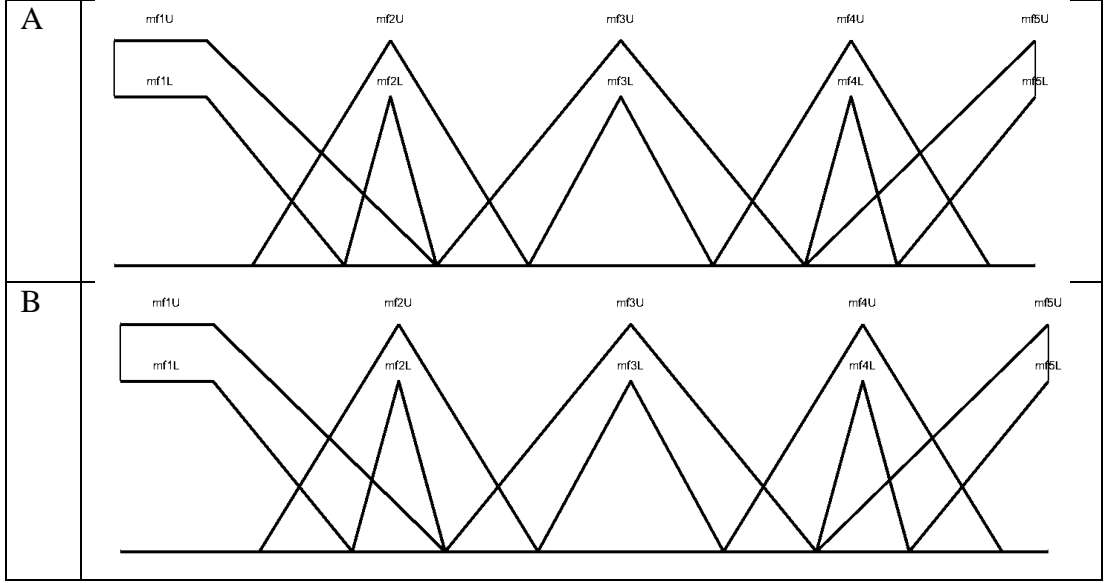
Bulanık çıkarım, bulanık küme teorisi kullanılarak belirli bir girdiden bir çıktı veri kümesine eşleme işlemidir (Lee ve diğ.,2019). Yapılan çalışmada teknoloji yol haritasındaki öğeler arası ilişkiler ve ilişkiler arası ilişkilerin belirlenmesi için Karnik Mendel algoritmaları kullanılarak Tip-2 bulanık mantık uygulanmıştır. Tüm öğeler belirlendikten sonra her bir ögenin önem derecesi ve diğer öğelerle ilişkisi belirlenir. Lee ve diğ.,2019 tarafından yapılan çalışmada, yürütülen anket yorumlanarak Tip-2 bulanık mantık için uyarlanmıştır. Çizelge 4.1.'de teknoloji yol haritası öğelerinin önem aralıkları gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 : Öğelerin önem aralığı.

Dilsel İfade	Nümerik Değerler	Tip-2 Bulanık Kümeler
Çok az önemli	1, 2, 3	[0 0 1 3.5 1] [0 0 1 2.5 0.75]
Az önemli	2, 3, 4	[1.5 3 3 4.5 1] [2.5 3 3 3.5 0.75]
Oldukça önemli	4, 5, 6, 7	[3.5 5.5 5.5 7.5 1] [4.5 5.5 5.5 6.5 0.75]
Çok önemli	7, 8, 9	[6.5 8 8 9.5 1] [7.5 8 8 8.5 0.75]
Son derece önemli	8, 9, 10	[7.5 10 10 10 1] [8.5 10 10 10 0.75]

Örneğin; dilsel ifade olarak çok az önemli şeklinde ifade edilen ögenin önem değer aralığı 0,5 ve 3,5 arasında gösterilmiştir. Aynı şekilde çok önemli olan ögenin değer aralığı 6,5 ve 9,5 aralığı ile ifade edilmiştir.

Çizelge 4.1'de listelenen değerlerden oluşan bulanık gösterim Şekil 4.1.'de gösterilmiştir. Öge önemi (X ve Y) ile ilgili bulanıklaştırma sonuçlarını açıklamaktadır.



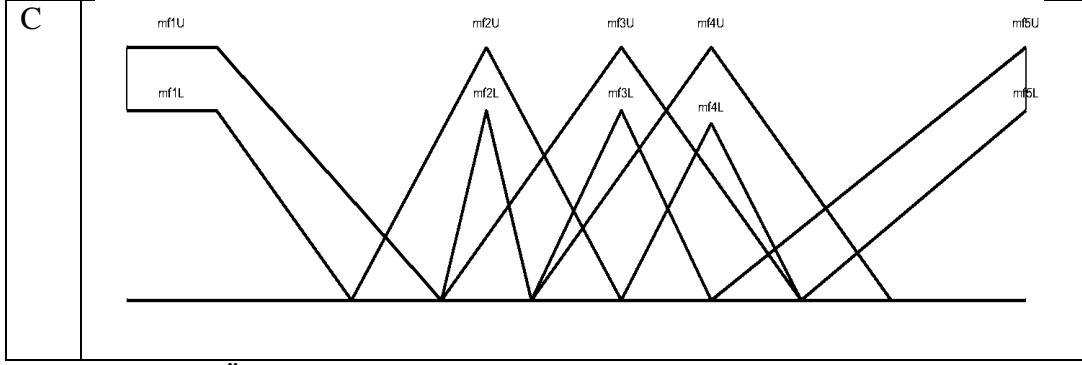
Şekil 4.1. Ögelerin önem dereceleri ve ilişkilerin Tip-2 üyelik fonksiyonları – sırasıyla A(birinci ögelerin önem dereceleri), B(ikinci ögelerin önem dereceleri).

Ögeler arası ilişkilerin değer aralıkları ise Çizelge 4.2.'de gösterilmiştir. Yukarıdaki ifadeye benzer şekilde; eğer ögeler arası ilişki az önemli olarak ifade ediliyorsa 2,5 ve 5,5 değer aralığında, son derece önemli şeklinde ifade ediliyorsa 6,5 ve 10 arasında bir değer aralığına sahiptir.

Çizelge 4.2 : Ögeler arası ilişkilerin önem aralığı.

Dilsel İfade	Nümerik değerler	Tip-2 Bulanık Kümeler
Çok az önemli	1, 2, 3	[0 0 1 3.5 1] [0 0 1 2.5 0.75]
Az önemli	3, 4, 5	[2.5 4 4 5.5 1] [3.5 4 4 4.5 0.75]
Oldukça önemli	4, 5, 6, 7	[3.5 5.5 5.5 7.5 1] [4.5 5.5 5.5 6.5 0.75]
Çok önemli	5, 6, 7, 8	[4.5 6.5 6.5 8.5 1] [5.5 6.5 6.5 7.5 0.75]
Son derece önemli	7, 8, 9, 10	[6.5 10 10 10 1] [7.5 10 10 10 0.75]

Çizelgede 4.2'de listelenen değerlerden oluşan bulanık gösterim ise Şekil 4.2.'de gösterilmiştir. İki ögenin ilişkileri (Z) ile ilgili bulanıklaştırma sonuçlarını açıklamaktadır.



Şekil 4.2. Ögelerin ilişkilerinin önem dereceleri Tip-2 üyelik fonksiyonları C (ilişkilerin önem dereceleri).

Yaklaşımın uygulanabilmesi için iki ilke If-then kuralları uygulanarak ölçülmüştür. Bu ilkelerden ilki ögelerin önem dereceleri ve ikincisi belirlenmiş ilk öge olan X ve belirlenmiş ikinci öge olan Y ögeleri arasındaki ilişkinin derecesidir. Çalışmanın girdi değerleri de belirlenmiş ilk öge olan X'in önem derecesi, belirlenmiş ikinci öge olan Y'nin önem derecesi ve belirlenmiş iki öge olan X ve Y arasındaki ilişkinin önem derecesidir.

X ve Y ögelerinin göreceli önemlerini tespit etmek için If-Then kuralı uygulanır. İlk kural X ve Y ögelerinin önem derecelerini inceler. İkinci kural ise önem derecelerini X ve Y arasındaki göreceli ilişkiyi dikkate alır. Çizelge 4.3, bu kuralların yorumlanabilir bir örneğini sunmaktadır.

Çizelge 4.3. Kural örnekleri.

1	Kural	If	$x = A4$ ise	İlk öge çok önemli,
		and	$y = B3$ ise	İkinci öge oldukça önemli,
		Then	$S = D4$	Göreceli önem yüksek seviyede.
2	Kural	If	$x = A4$ ise	İlk öge çok önemli,
		and	$z = C3$ ise	Ögeler arasındaki ilişki oldukça önemli,
		Then	$S = D3$	Göreceli önem orta seviyede.

Bu kurallara göre X ve Y elementlerin önem düzeyleri yüksek ise ; örneğin X çok önemli Y son derece önemli ise aralarındaki göreceli ilişkinin değeri de aynı oranda artacaktır. Ancak X ve Y ögelerinin önem düzeyleri düşük ise; örneğin X az önemli Y çok az önemli ise aralarında göreceli ilişkinin değeri de buna göre düşük olacaktır.

Kurallar uygulanırken A ve B ile ifade edilen ,ögelerin önem derecelerinin bulunduğu üyeliklerdir. C ise iki ögenin ilişkisinin üyelliğini gösterir. D ise göreceli önemi temsil etmektedir. Bu tablo uzman heyet tarafından oluşturulur ve fuzzy type-2 editörüne tek tek işlenir.

Çıktı değeri için ise Karnik Mendel algoritmasında kullanılan min-max işlemi benimsenmiştir. İki kural uygulandıktan sonra elde edilen ilişkilerin önem dereceleri ve bu ilişkiler arasında göreceli önem değerlerinin çıktılarının aritmetik ortalamaları alınarak tek bir değere indirgenmiş ve göreceli önem dereceleri bulunmuştur.

İlgili algoritma genel hatlarıyla şu şekilde çalışmaktadır;

Kural tabanı N ($n = 1, 2, \dots, N$) adet kural içermektedir.

Kural (n): Eğer $x_1 \tilde{X}_1^n$ ise ve $x_2 \tilde{X}_2^n$ ise o halde $y \in Y^n$ 'dir.

Burada, \tilde{X}_1^n ve \tilde{X}_2^n kümeleri girişler için tanımlanmış aralıklı Tip-2 bulanık kümelerdir. x_1 ve x_2 değerleri ise önem derecesini temsil eden nümerik skorlardır.

$Y^n (= [\underline{y}^n, \bar{y}^n])$ değerleri ise çıkış Tip-2 bulanık kümelerdir.

Her bir kuralın ateşleme derecesi, $F^n(x_1, x_2)$, alt ve üst üyelik fonksiyonların aitlik derecelerini kullanan takipteki fonksiyon ile hesaplanır;

$$F^n(x_1, x_2) = \left[\mu_{\tilde{X}_1^n}(x_1) \times \mu_{\tilde{X}_2^n}(x_2), \mu_{\bar{X}_1^n}(x_1) \times \mu_{\bar{X}_2^n}(x_2) \right] \equiv [f^n, \bar{f}^n] \quad (4.1)$$

Tip-1'e indirgeme işlemini gerçekleştiren çerçeve model bu aşamada kümelerin merkezlerini (Y_{cos}) dikkate almaktadır.

$$Y_{cos}(x) = \bigcup_{\substack{f^n \in F^n(x) \\ y^n \in Y^n}} \frac{\sum_{n=1}^N f^n y^n}{\sum_{n=1}^N f^n} = [y_l, y_r] \quad (4.2)$$

Burada, y_l ve y_r aralıklı kümenin ekstrem noktalarıdır. Takipteki eşitlikleri kullanarak hesabı yapılmaktadır.

$$y_l = \frac{\sum_{n=1}^L \bar{f}^n \underline{y}^n + \sum_{n=L+1}^N \underline{f}^n \underline{y}^n}{\sum_{n=1}^L \bar{f}^n + \sum_{n=L+1}^N \underline{f}^n} \quad (4.3)$$

$$y_r = \frac{\sum_{n=1}^R \underline{f}^n \bar{y}^n + \sum_{n=R+1}^N \bar{f}^n \bar{y}^n}{\sum_{n=1}^R \underline{f}^n + \sum_{n=R+1}^N \bar{f}^n} \quad (4.4)$$

Burada, L ve R noktaları $\underline{y}^L \leq y_l \leq \underline{y}^{L+1}$ ve $\bar{y}^R \leq y_r \leq \bar{y}^{R+1}$ olacak şekildedir.

KM algoritması y_l hesabını takipteki adımlar ile gerçekleştirmektedir:

Adım 1. \underline{y}^n değerlerini artan bir şekilde sırala

Adım 2. Aynı $F^n(x)$ değerlerini yeni sıralamaya göre \underline{y}^n değerleri ile eşleştir

Adım 3. f^n değerini hesapla $f^n = \frac{f^n + \bar{f}^n}{2}$, ve sonrasında çıkış değeri y hesabını yap;

$$y = \frac{\sum_{n=1}^N \underline{y}^n f^n}{\sum_{n=1}^N f^n} \quad (4.5)$$

Adım 4. $\underline{y}^k \leq y \leq \underline{y}^{k+1}$ olacak şekilde kesme noktasını bul $k(1 \leq k \leq N - 1)$

Adım 5. Atamayı gerçekleştir;

$$f^n = \begin{cases} \bar{f}^n, & n \leq k \\ \underline{f}^n, & n > k \end{cases}$$

Ve takipteki formül ile yeni çıkış noktası y' hesabını gerçekleştir.

$$y' = \frac{\sum_{n=1}^N \underline{y}^n f^n}{\sum_{n=1}^N f^n} \quad (4.6)$$

Adım 6. Eğer $y' = y$ ise dur, $y_l = y$ ve $L = k$ olarak ata; aksi durumda *Adım 7* ile devam et

Adım 7. $y = y'$ olarak ata ve *Adım 4* ile devam et

KM algoritması y_r hesabını takipteki adımlar ile gerçekleştirmektedir:

Adım 1. \bar{y}^n değerlerini artan bir şekilde sırala

Adım 2. Aynı $F^n(x)$ değerlerini yeni sıralamaya göre \bar{y}^n değerleri ile eşleştir

Adım 3. f^n değerini hesapla $f^n = \frac{f^n + \bar{f}^n}{2}$, ve sonrasında çıkış değeri y hesabını yap;

$$y = \frac{\sum_{n=1}^N \bar{y}^n f^n}{\sum_{n=1}^N f^n} \quad (4.7)$$

Adım 4. $\bar{y}^k \leq y \leq \bar{y}^{k+1}$ olacak şekilde kesme noktasını bul $k(1 \leq k \leq N - 1)$

Adım 5. Atamayı gerçekleştir;

$$f^n = \begin{cases} f^n, & n \leq k \\ \bar{f}^n, & n > k \end{cases}$$

Ve takipteki formülü kullanarak yeni çıkış noktası y' hesabını gerçekleştir;

$$y' = \frac{\sum_{n=1}^N \bar{y}^n f^n}{\sum_{n=1}^N f^n} \quad (4.8)$$

Adım 6. Eğer $y' = y$ ise dur, $y_r = y$ ve $R = k$ olarak ata; aksi durumda *Adım 7* ile devam et

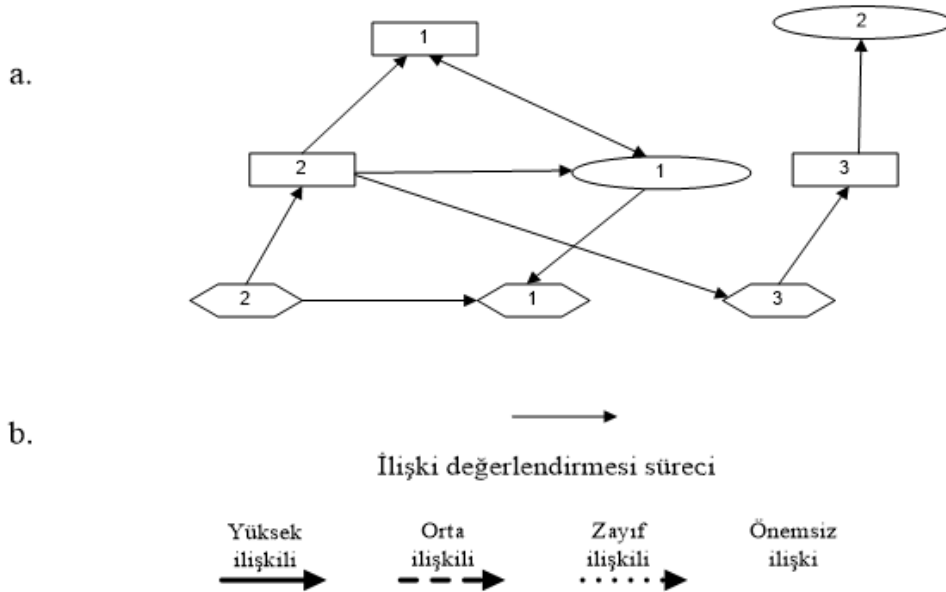
Adım 7. $y = y'$ olarak ata ve *Adım 4* ile devam et.

Kesme noktaları hesabı sonrası belirgin çıktı değeri aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$y = \frac{y_l + y_r}{2} \quad (4.9)$$

4.2.3 Öğelerin ilişki analizi

Tüm öğelerin arasındaki ilişkilerin göreceli önemleri belirlendikten sonra bu değerler gruplandırılmıştır. Gruplama yapılırken belirli bir değer üstündeki göreceli önem değerleri teknoloji yol haritası çiziminde görselleştirilirken diğerleri önemsenmemiştir. Şekil 4.3.'te, Öğeler arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesi gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Öğeler arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesi: (a) ilişki kümesi, (b) ilişki değerlendirme süreci.

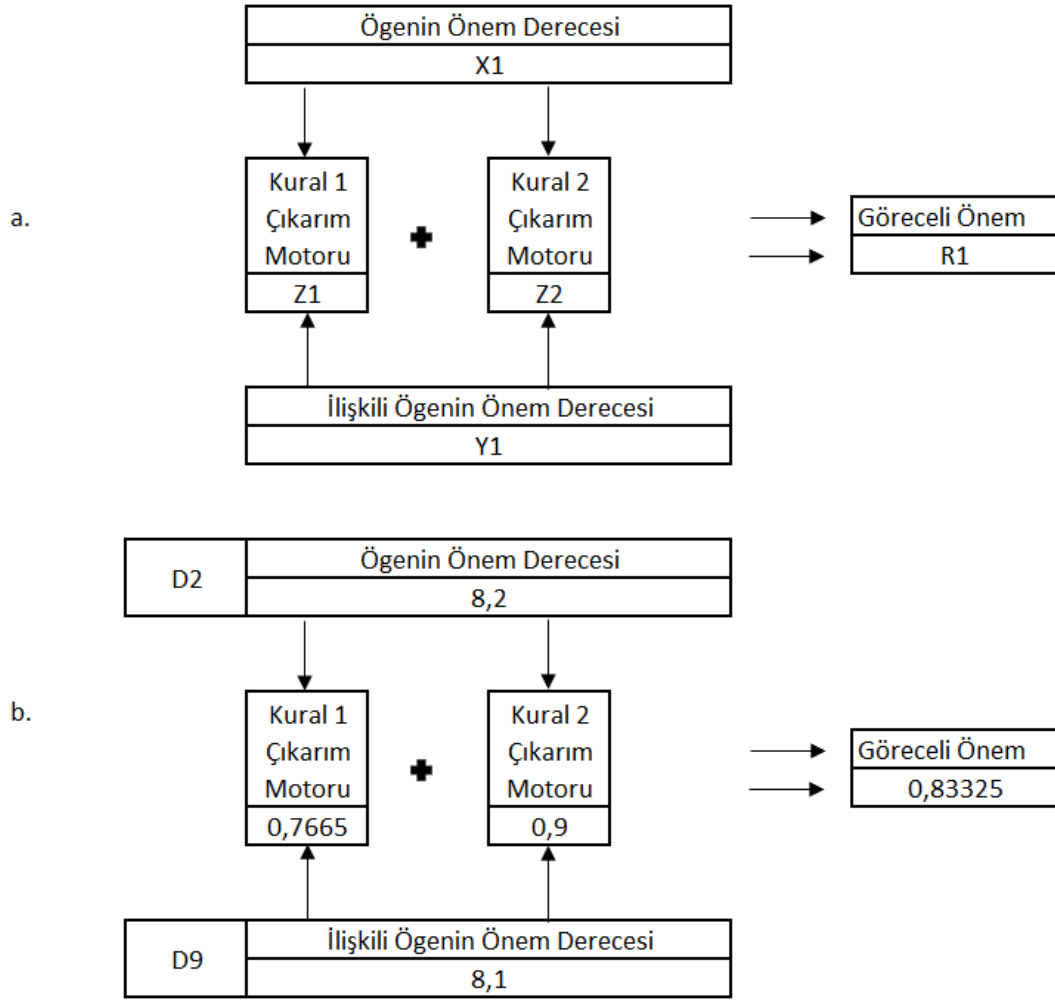
Göreceli öneme göre bir kesme değeri belirlenir. İlişkinin yönü ok ile gösterilirken, ilişkinin derecesi “yüksek” kalın ve düz çizgi, “nispeten yüksek” ise kesikli çizgi ile gösterilmiştir. Göreceli önem değeri kesme değerinin altında bir değere sahipse noktalı ok kullanılmıştır. Öğelerin şekli ise öğenin ait olduğu sınıfa has görsele

5. VAKA ANALİZİ

Önerilen yaklaşımın daha iyi kavranması için “Integrating fuzzy-set theory into technology roadmap development to support decision-making” (Lee ve Son, 2019) makalesinde yer alan 3B baskı nakliye bileşenlerinin ve sistemlerinin planlaması yapılan verilerden faydalanılmıştır. Teknoloji yol haritası ögeleri arasında karışık bir yapılanma olduğu için kaliteli bir planlama yapılabilmesine destek sağlamak amacıyla örnek üzerinde önerdiğimiz yaklaşım uygulanmıştır.

Çalışmada Tip-2 bulanık mantık kullanılmıştır. Tip-2 bulanık mantık ögeler arası belirsiz ilişkilerin anlamlandırılması ve karar vermeyi iyileştirmesi sağlamıştır. Tip-2 bulanık mantık uygulamasında MATLAB programı üzerinde Tip-2 bulanık mantık eklentisinden faydalanılmıştır.

İlk olarak TYH ögeleri, ögelerin önem dereceleri, ögeler arası ilişkilerin önem dereceleri belirlenir. Ögelerin önem dereceleri ve ögeler arası ilişkilerin önem derecelerine dair üyelik fonksiyonları oluşturulur. Göreceli önemi belirlemek için kural yapıları oluşturulur. Kural 1 kural seti, ögelerin önem dereceleri arasındaki statüyü belirler. Kural 2 kural seti ise ögelerin önem dereceleri arasındaki ilişkilerin statülerini belirler. Birbiriyle ilişkisi olan ögelerin önem dereceleri sisteme girilir. Kural 1’in çıktı değeri ve Kural 2’nin çıktı değerleri tip-2 bulanık sistem tarafından analiz edilir. Çıktı değerlerinin aritmetik ortalaması göreceli önem değerini verir. Oluşturulan sistemin genel çalışma yapısı ve örneği şekil 5.1’de şematize edilmiştir.



Şekil 5.1. Sistem yapısı: (a)genel çalışma yapısı, (b)sistem örneği.

5.1 Yol Haritası Katmanlarını Ve Öğelerini Tanımlama

Bu vaka çalışması daha çok yol haritası öğelerinin ilişkilerini analiz etmeye odaklandığından, ekipman,malzeme ve yazılımla ilgili öğeler için 38 yol haritası öğesi belirlenmiştir.

- 12 ekipmanla ilgili (D1 ila D12 ile gösterilir),
- 16 malzeme ile ilgili (M1 ila M16 ile gösterilir)
- 10 yazılımla ilgili öğe (S1 ila S10 ile gösterilir).

Bu öğeler hakkında ayrıntılı bilgi Çizelge 5.1.'de verilmiştir.

Daha sonra, her bir ögenin önemi bir uzman paneli tarafından 10 puanlık Likert ölçeğinde değerlendirilmiş ve ölçülmüştür .Çizelge 5.2.'de belirlenen öğeler ve önem dereceleri gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. Yol haritası öğelerinin 3B yazıcı öğeleri.

Öge	Tanım
D1	Büyük ölçekli stratejik metal yapılar için 3B baskı ekipmanı
D2	Büyük boyutlu yüksek hızlı polimer yazıcı M9 Yüksek mukavemetli, yüksek performanslı amorf metal malzeme
D3	Hibrit metal 3D baskı sistemi tabanlı teknoloji M10 Metal matris kompozitler çökeltir
D4	Yüksek hassasiyetli 3D tarayıcı M11 Yüksek yakıt tüketimi hafif malzeme
D5	Büyük ölçekli stratejik metal yapılar için yüksek hızlı 3D yazıcı
D6	Orta ve büyük polimer yazıcılar
D7	Ultra kompakt / ultra büyük 3D tarayıcı
D8	Orta ölçekli stratejik metal yapı baskı teknolojisi
D9	Büyük süper yüksek hızlı hibrit metal 3D yazıcı M16 Yüksek verimlilik için akıllı parça malzemesi taşıma makinesi
D10	Elde tutulan 3B tarayıcı
D11	Hibrit metal 3B baskı sistemi
D12	Büyük polimer yazıcılar
M1	3D baskı işlemi yüksek verimli malzeme ve nano-mikro kompozit toz malzeme
M2	Ultra hafif metal polimer kompozitler
M3	Aşırı çevre taşıma ekipmanı için akıllı parçalar
M4	Süper ısıya dayanıklı ve aşınmaya dayanıklı içten yanmalı motor metal toz malzeme
M5	Duygusal tepki taşıma makinesi için akıllı parça malzemesi
M6	Yüksek korozyona dayanıklı hafif metal toz malzeme
M7	Hafif kafes yapı malzemesi
M8	Yüksek mukavemetli, yüksek ısıya dayanıklı, alev geciktirici poliamid malzeme
M9	Yüksek mukavemetli, yüksek performanslı amorf
M10	Metal matris kompozitler
M11	Yüksek yakıt tüketimi hafif malzeme
M12	Çevreye duyarlı nakliye ekipmanları için akıllı bileşen malzemesi
M13	Hafif nakliye için metal toz malzeme
M14	Yüksek işlevsel polimer malzemeler
M15	Yüksek mukavemetli demir bazlı toz malzeme
M16	Yüksek verimlilik için akıllı parça malzemesi
S1	Çok noktalı 3B hacim modeli edinimi S / W
S2	Ultra 3D tarama S / W
S3	Ultra hassas 3D edinimi
S4	Taşıma ekipmanı güç sistemi S / W tasarımı ve modellemesi
S5	3D baskı çıktı simülasyonu ve çıktı kalitesi doğrulaması S / W
S6	Sert Hassas 3D Tarama S / W
S7	Çok noktalı 3D model alma / düzeltme S / W
S8	Araç gövde tasarımı, modelleme, simülasyon S / W
S9	Heterojen sensör kaplin modellemesi S / W
S10	Elde tutulan gerçek zamanlı 3D tarama S / W

Çizelge 5.2. Öğeler ve önem dereceleri : 3D yazıcı yol haritası.

Öge	Önem	Öge	Önem	Öge	Önem
D1	8.5	M1	8.4	S1	9.1
D2	8.2	M2	8.2	S2	8.1
D3	7.8	M3	7.8	S3	8.2
D4	9.1	M4	9.1	S4	7.9
D5	8.4	M5	7.6	S5	8.6
D6	8.2	M6	8.9	S6	8.7
D7	9.1	M7	8.8	S7	8.4
D8	8.7	M8	8.7	S8	7.8
D9	8.1	M9	8.6	S9	8.3
D10	9.3	M10	8.1	S10	8.2
D11	7.9	M11	9.2		
D12	8.4	M12	7.6		
		M13	9.4		
		M14	8.4		
		M15	8.6		
		M16	8.7		

5.2 Öge İlişkilerini Analiz Etme

Birbiriyle ilişkisi olması beklenen öğeler için ilişkilerinin önem derecesi analiz edilmiştir. Öğeler arası ilişkiler doğrudan veya dolaylı olabilmektedir. Önerilen yaklaşım, yol haritası öğeleri arasında daha özellikli Ar-Ge planlamasında dikkate alınması gereken ilişki türlerinin araştırılmasına izin verir. Tipik olarak, bu tür analizlerde üç tür öge ilişkisi gözlemlenir. İlk tür bağımsız bir ilişkidir, burada iki öge arasında anlamlı bir bağlantı olması beklenmez ve bu nedenle bu iki ögenin ayrı tasarım ve geliştirmesi mümkündür. İkinci tür, tek yönlü bir ilişki gerektiren bağımlı bir ilişkidir. Bu ilişki iki şekilde olabilir: doğrudan ve dolaylı biçim. Doğrudan ilişki belirlenen ilk ögenin direkt ikinci ögeyi etkilemesidir. Dolaylı ilişki ise belirlenen ilk ögenin belirlenen ikinci ögeyi etkilemesi, ikinci ögenin üçüncü ögeyi etkilemesi ve dolayısıyla birinci ögenin üçüncü ögeyi etkilemesi durumudur. İlkinde, önceki bir öge, sonraki ögesiyle doğrudan bağlantılıdır. T1'in geliştirilmesi tamamlandığında T2'nin geliştirilmesi mümkün hale gelir. Tersine, ikinci biçimde, önceki ve sonraki

öğeler arasında bir ara öge mevcuttur. T2'nin gelişimi, T1-S1 ve S1-S2 ilişkileri nedeniyle T1 tarafından etkilenir. Her iki formda da, T1 gelişiminin T1 tarafından izlenmesi gerekir. Üçüncü Tip, iki öge arasında iki yönlü ilişkilerin mevcut olduğu birbirine bağlı bir ilişkidir. Bu ilişki aynı zamanda doğrudan ve dolaylı bir şekilde sahiptir. Doğrudan birbirine bağımlı ilişkide, T1 ve T2 iki öge aynı anda birbirini etkiler ve bunları başarılı bir şekilde elde etmek için eşzamanlı tasarım ve geliştirme gereklidir. Dolaylı bağımlı ilişkide, iki ögeyi birbirine bağlayan bir ara öge vardır. Üç öge T1, T2 ve T3, T1-S1, S1-T2 ve T2-T1 ilişkileri aracılığıyla birbiriyle ilişkilidir (Son ve diğ., 2019). Doğrudan ilişki öğeler arası ilişkinin değerini arttırmaktadır. Öğeler arası ilişkinin önem derecesini ölçmek için 10 puanlık Likert ölçeğinden faydalanılmıştır.

Çizelge 5.3. Kurallar.

x	A1	A2	A3	A4	A5
y					
B1	D1	D2	D2	D2	D2
B2	D1	D2	D3	D3	D3
B3	D2	D3	D3	D4	D4
B4	D2	D3	D3	D4	D5
B5	D2	D3	D4	D5	D5
x	A1	A2	A3	A4	A5
z					
C1	D1	D1	D2	D2	D2
C2	D2	D2	D2	D3	D3
C3	D2	D3	D3	D3	D4
C4	D3	D3	D4	D5	D5
C5	D3	D4	D4	D5	D5

Öğelerin göreceli önemleri çıktı değerlerine göre Tip-2 bulanık mantık ile hesaplanmıştır. Belirlenen ilk öge (X) ve takip eden ikinci ögenin (Y) değer aralıkları ve ilişkilerinin gücü (Z) belirlenmiştir. Son ve diğ. (2019) çalışmasında uyguladığı Çizelge 5.3.'te belirtilen ve uzmanlardan tarafından geliştirilen 50 kural üzerinden değerlendirilerek her bir öge ikilisinin çıktı değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen değerler Karnik Mendel algoritmasını kullanan Tip-2 bulanık mantık min-max

hesaplaması ile elde edilmiştir. Elde edilen değerler aritmetik ortalamaları alınarak Çizelge 5.4’te bir değere indirgenmiştir ve nihai çıktı değerine ulaşılmıştır.

Çizelge 5.4. İlişkili öğeler, ilişki derecesi ve ilişkinin önem derecesi: 3B yazıcı teknolojileri yol haritası.

Öge	İlişkili Öge	Ögeler Arası İlişki Derecesi	İlişkinin Önem Derecesi	Göreceli Önem Ortalaması	Standart Önem Derecesi
D1	D5	0,4	0,4	0,4	0,00000
D2	D9	0,7665	0,9	0,83325	0,89672
D3	D11	0,75	0,9	0,825	0,87964
	S5	0,8041	0,4	0,60205	0,41819
D4	D3	0,8369	0,9	0,86845	0,96957
	D10	0,8663	0,9	0,88315	1,00000
	S7	0,8187	0,9	0,85935	0,95074
M9	D12	0,8017	0,9	0,85085	0,93315
	M1	0,8017	0,9	0,85085	0,93315
	M14	0,8017	0,9	0,85085	0,93315
M10	D3	0,7564	0,9	0,8282	0,88627
	D8	0,8108	0,9	0,8554	0,94256
	M2	0,7665	0,9	0,83325	0,89672
M11	D12	0,8187	0,9	0,85935	0,95074
	M16	0,8247	0,9	0,86235	0,95695

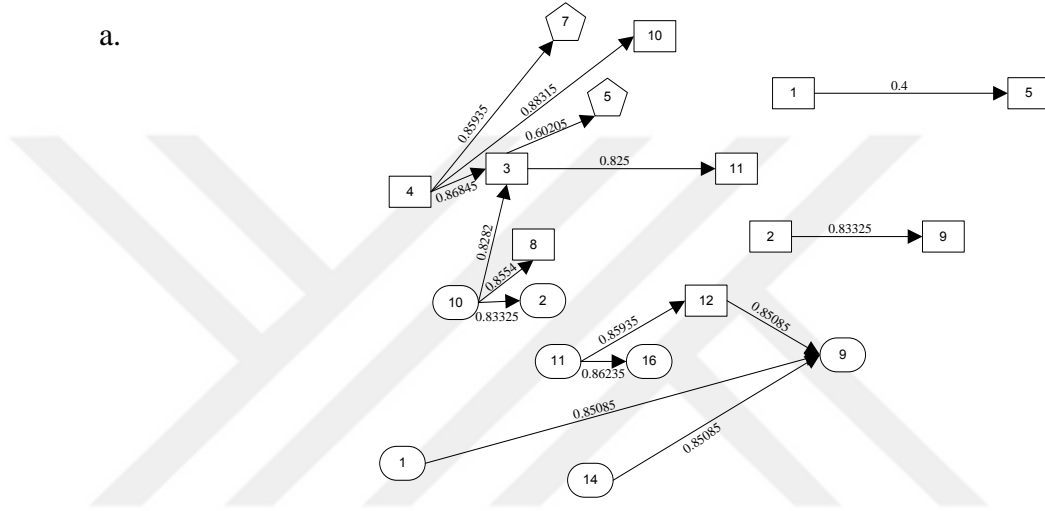
5.3 Öğeleri Kümeleme, Önceliklendirme Ve Sonuçları Görselleştirme

Eğer bir ilişkinin göreceli ilişki değeri belirli bir seviyenin altında ise ilişki göz ardı edilebilir ve teknoloji yol haritasına dahil edilmeyebilir. Mevzubahis örnekte D1 ve D5 arasındaki ilişkinin göreceli ilişki değeri değerlendirme kapsamında belirlenen kesme değeri 0.5’ten küçük olması nedeniyle oluşturulan teknoloji yol haritası görseli dikkate alınmamıştır. Doğrusal standardizasyon işlemine tabi tutulan göreceli ilişki değerleri bu sayede [0, 1] aralığına konumlandırılmıştır. Değerler arasındaki farkları da gözetebilecek bir sınıflandırma işlemi bu sayede daha sağlıklı gerçekleştirilebilir. Standardize değerler üzerinden ilişkiler şu şekilde sınıflandırılmıştır; 0.9 değerinden büyük ise “yüksek” ilişkili, 0.7 ve 0.9 sınırları

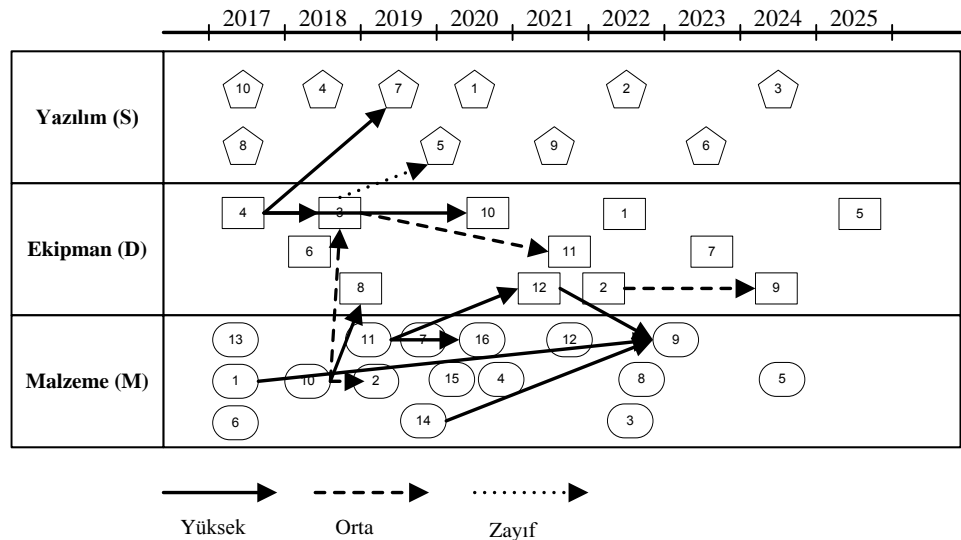
içerisinde ise “orta” ilişkili diğer durumlar ise “zayıf” ilişkili olarak değerlendirilmiştir.

Ögeler önceliklendirilmek ve kümelendirebilmek için göreceli önem değerleri kullanılarak bir ağ analizi oluşturulmuştur. Kesme değerleri olarak 0,9 ve 0,7 uygulanmıştır. 0,9 kesme değerinden yüksek önem derecelerine sahip ögeler arasındaki bağlar düz çizgi ile 0,9 ve 0,7 arası ilişkiler kesikli çizgi ve bunlardan daha düşük ilişkiler noktalı çizgi ile şekilde gösterilmiştir. T-plan ilişkilendirme aşaması ve sonrasında çizilen teknoloji yol haritası Şekil 5.1.’de verilmiştir.

a.



b.



Şekil 5.2. T-plan ilişkilendirme aşaması (a) ve ilişki değerlendirmesi sonrası teknoloji yol haritası (b).

Katman sıralaması birbiriyle yakın ilişkide olan malzeme-cihaz ve cihaz-yazılım katmanlarına göre teknoloji yol haritası tasarlanmıştır. Sıralama; malzeme, cihaz ve yazılım şeklinde ilerlemiştir. Ögeler zaman çerçevesi gibi kısıtların yanı sıra ögelerin öncelikleri dikkate alınarak son konumlarına yerleştirilmiştir. Gerekli görülmesi durumunda yol haritası ögelerinin merkezîyet değerleri belirlenerek daha detaylı bir ağ analizi yapılabilir. Bu nedenle, yol haritasının uygulanması sırasında ilgili ekipler arasında ara işbirliği gereklidir. Bu tür ilişkileri önceden tanımlamanın, gerçek Ar-Ge'nin etkinliğini önemli ölçüde artırması beklenmektedir.



6. ÖNERİLEN YAKLAŞIMIN FAYDALARI VE TARTIŞMA

Bir yol haritasının oluşturulmasında kilit karar noktaları, ne kadar bilginin tasvir edileceğiyle ve özellikle hangi teknolojilerin çizelgesinin çizileceğiyle ilgilidir. Bu kararlar, yol haritası oluşturma sürecine eşlik eden veri toplama ve analizlerle desteklenir. Bununla birlikte, yol haritasının güçlü yanlarından biri, geleceğin farklı görüşlerini, örneğin onu senaryo geliştirmeye bağlayarak temsil etme yeteneğidir (Strauss ve diğ.,1998). Bu şekilde, teknoloji yatırımı için çıkarımlar, gelecekteki koşullar ışığında tartışılabilir.

Etkili bir teknoloji yol haritası oluşturmak için gerekli olan temel bir faaliyet, haritadaki çeşitli katmanların ve alt katmanların (yani pazar, ürün ve teknoloji perspektifleri) yapılandırılmasıdır ve bunu yapmak için T-Plan sürecinde önemli bir zaman harcanır. Yaklaşım, bilgi yapılandırması, iletişim ve öğrenme açısından firmadaki bilgi yönetimi girişimleriyle sentezlenmiş veriler ile yakından ilgilidir (Phaal ve diğ., 2001).

Yaklaşım uygulanırken 4 farklı atölye çalışması uygulanır. Farklı iş fonksiyon ve departmanlarından insanlar yol haritasındaki her katmanı değerlendirir ve ilk üç çalışmayı bu şekilde tamamlar. Çalıştaylar arasında meydana gelen koordinasyon noktaları, olaylar ortaya çıktıkça süreci yeniden hizalamak için fırsatlar da sağlar (Phaal ve diğ., 2001).Son çalıştay ise önceki çalıştay çıktıları üzerine değerlendirme yapar ve ilk yol haritası taslağı elde edilir. Değerlendirme sürecinde iç ve dış kaynaklardan faydalanılabilir. Teknoloji yol haritasının formatı bir özelleştirme alanıdır ve genellikle planlama yapılırken belirlenir. Zaman ve katman bilgisi özelleştirme gerektiren ve teknoloji yol haritalarının kritik yönüdür. Teknoloji yol haritasındaki zaman boyutu, hedefin uzun veya kısa vadede ölçeklendirilmesiyle ilgilidir. Katman boyutu ise en kritik boyuttur. Üst katman her zaman amaç ile ilgili ve en alt katman genellikle teknoloji katmanı olarak verilir. Gelişmekte olan teknolojilerle birlikte yeni yetenekler ekleneceği düşünüldüğünde bu katmanın en

altta olması bir gereklilik haline gelir. Ara katmanlar ise hedefler doğrultusunda oluşturulacak haritaya eklenir.

Haritada gösterilen bilgilere ek olarak, gerekli görülen çok sayıda desteleyici bilgiye ihtiyaç vardır. Katmanlar arasındaki bağlantı, ögeler arası ilişkiler teknoloji yol haritası uygulamasında kritik öneme sahiptir.

Önerilen yaklaşım, yol haritası ögeleri arası ilişkinin analizindeki önemi vurgulamaktadır. Kurumların ögeler arası ilişki türlerine ve ögeler arası oluşan ağ yapısına göre , teknoloji yol haritası ögelerini sıralamasına yardımcı olabilir. Teknoloji yol haritası belirleme süreci bilimsel şekilde analiz edilmesi sağlanmıştır. Çalışmada ögeler arası göreceli önemi “yüksek ilişkili” olanlar kalın çizgi ile, “orta ilişkili” olanlar daha ince, “düşük ilişkili” olanlar ise noktalı birer yönlü ok ile gösterilmiştir. Okların yönü ilişkilerin yönünü temsil etmektedir. İlişkiye dair bu verilerin teknoloji yol haritasında gösterilmesi haritayı oluşturulan ekip için karar vermeye yardımcı olması amaçlanmıştır. Yüksek göreceli önem dereceleri olan ilişkilerin belirtilmesi öge odaklı stratejilerin geliştirilmesi, düşük göreceli önem dereceleri olan ilişkiler ise ilişki odaklı ilişkiler geliştirilmesi çıkarımı yapılmalıdır.

Bulanık mantık teknoloji yol haritasını oluşturan ögelerin önemi ve ilişkilerin dilsel ifadelerini sayısal değerlere dönüştürür ve ve ilişkileri belirlemek için somut bir veri sağlar. Böylelikle uzmanların teknoloji yol haritası geliştirme sürecini iyileştirir. Geçmişte uygulanan basit teknikler teknoloji yol haritası geliştirilmesinde iyileştirici rol üstlenmiştir. Gerçek hayatta ilişkilerdeki belirsizlik ve karmaşıklık daha fazla olacağından yapılan çalışmada Tip-2 bulanık mantık uygulanmasının yerinde bir faaliyet olduğu söylenebilir.

Yapılan çalışma teknoloji yol haritası ögelerinin belirlenmesini sağlayan mevcut yaklaşımlar için tamamlayıcı bir etki sağlayabilir. Çalışma ögeler ve ögeler arası ilişkilere dayalı ise çalışmanın kalitesini arttıracakını söyleyebiliriz. Yapılan çalışmada ögeler arası ilişkilerin göreceli önemi belirlenerek analiz yapılmıştır. Tek tek ögelerin önem derecelerinin belirlenmesi için daha detaylı analizler yapılabilir. Daha farklı alt kurallar konulabilir. Benzer şekilde ögeler arasındaki ilişkiler için de farklı amaçlara yönelik alt kurallar geliştirilerek iyileştirme sağlanabilir.

7. SONUÇ

Teknoloji yol haritalarının iş, ürün ve teknoloji stratejisinin geliştirilmesini ve uygulanmasını desteklemek için büyük bir potansiyele sahip olduğu ve şirketlerin bunları üretmek için bilgi, süreç ve araçlara sahip olduğu açıktır. T-Plan sürecinin hem endüstriyel uygulama açısından hem de 'canlı' teknoloji yönetimi sorunlarına erişim sağlamak için bir araştırma aracı olarak faydalı olduğu kanıtlanmış ve bir dizi yeni yol haritası oluşturma formunun geliştirilmesiyle sonuçlanmıştır.(Phaal ve diğ., 2001)

Yapılan çalışma T-plan sürecinin iyileştirilmesini sağlamıştır. Tip-2 bulanık teorisi uygulanarak teknoloji yol haritası öğeleri arasındaki göreceli önem derecelerini belirlemeye çalışmıştır. Geçmişte yapılan çalışmalara göre avantajları bulunmaktadır. Öncelikle doğası gereği belirsiz ve karmaşık olan dilsel öge önem derecelerinin sayısallaşmasını sağlamış ve girdi değerleri belirli olan bulanık küme teorisine nazaran belirsizliklerle daha iyi başa çıkmıştır. Yol haritası öğeleri ve öğeler arası ilişkileri inceleyerek öğeler arası ilişkilere odaklanan ağ analizlerine girdi olmuş ve teknoloji yol haritalarının daha kolay geliştirilmelerini sağlamıştır. Çalışmaya uzmanların karar verme sürecini daha iyi desteklemek için daha ayrıntılı ve özelleştirilmiş analiz yöntemleri dahil edilebilir.

8. KAYNAKLAR

- Aleina, S. C. & Viola, N. & Fusaro, R. & Longo, J. & Saccoccia, G.** (2018). Basis for a Methodology for Roadmaps Generation for Hypersonic and Re-Entry Space Transportation Systems. *Technological Forecasting and Social Change*, 128, 208–225.
- Amer, M. & Daim, T. U. & Jetter, A.** (2016). Technology roadmap through fuzzy cognitive map based scenarios: The case of wind energy sector of a developing country, *Technology Analysis & Strategic Management*, 28(2), 131-155.
- Bildosola, I. & Río-Bélver, R. M. & Garechana, G. & Cilleruelo, E.** (2017). TeknoRoadmap, an Approach for Depicting Emerging Technologies, *Technological Forecasting and Social Change*, 117, 25–37.
- Bloem, P. & Schlichtkrull, M. & Kipf, T. N. & Van den Berg, R. & Titov, I. & Welling, M.** (2018). Modeling Relational Data with Graph Convolutional Networks, *European Semantic Web Conference*, Berlin, GERMANY : June (593-607)
- Bloem, S. L. & Vasconcellos, E. & Guedes, L. V. & Guedes, L. F. A. & Costa, R. M.** (2018). Technology Roadmapping: A Methodological Proposition to Refine Delphi Results, *Technological Forecasting and Social Change*, 126, 194–206.
- Caetano, M. & Amaral, D.** (2011), Roadmapping for Technology Push and Partnership: A Contribution for Open Innovation Environments, *Technovation*, 31(7), 320–335.
- Cresto Aleina, S. & Viola, N. & Fusaro, R. & Saccoccia, G. & Vercella, V.** (2019). Using the ESA exploration technology roadmaps in support of new mission concepts and technology prioritization, *Acta Astronautica*, 154, 170-176.
- Daim, T. U. & Yoon, B. S. & Lindenberg, J. & Grizzi, R. & Estep, J. & Oliver, T.** (2018). Strategic roadmapping of robotics Technologies for the power industry: A multicriteria technology assessment, *Technological Forecasting and Social Change*, 131, 49-66.
- Dereli, T. & Altun K.** (2013). Technology evaluation through the use of interval type-2 fuzzy sets and systems, *Computers & Industrial Engineering*, 65, 624-633.

- Dereli, T. & Baykasoglu, A. & Altun, K. & Durmusoglu, A. & Türksen, I. B.** (2011). Industrial applications of type-2 fuzzy sets and systems: A concise review, *Computers in Industry*, 62, 125–137.
- Engelsman, E.C. & van Raan, A.F.** (1994). A patent-based cartography of technology, *Research Policy*, 23(1),1-26.
- Fenwick, D. & Daim T. & Gerdri, N.** (2009). Value Driven Technology Road Mapping (VTRM) Process Integrating Decision Making and Marketing Tools: Case of Internet Security Technologies, *Technological Forecasting and Social Change*, 76(8), 1055–1077.
- Garcia, M. L. & Bray, O.** (1997). *Fundamentals of Technology Roadmapping*. Albuquerque: Sandia National Laboratories.
- Gerdri, N. & Puengrusme, S. & Vatananan, R. & Tansurat, P.** (2019). Conceptual Framework to Assess the Impacts of Changes on the Status of a Roadmap, *Journal of Engineering and Technology Management*, 52, 16–31.
- Geum, Y. & Lee, S. & Park, Y.** (2014). Combining Technology Roadmap and System Dynamics Simulation to Support Scenario-planning: A Case of Car-sharing Service, *Computers & Industrial Engineering*, 71,37–49.
- Geum, Y. & Lee, S. & Kang, D. & Park, Y.** (2011a.). The Customisation Framework for Roadmapping Product-Service Integration, *Service Business*, 5(3), 213–236.
- Geum, Y. & Lee, S. & Kang, D. & Park, Y.** (2011b.) Technology Roadmapping for Technology-based Product–Service Integration: A Case Study, *Journal of Engineering and Technology Management*, 28(3), 128–146.
- Ghazinoory, S. & Dastranj, N. & Saghafi, F. & Kulshreshtha, A. & Hasanzadeh, A.**(2017). Technology Roadmapping Architecture Based on Technological Learning: Case Study of Social Banking in Iran. *Technological Forecasting and Social Change*, 122, 231–242.
- Gindy, N.N.Z. & Cerit, B. & Hodgson, A.** (2006). Technology roadmapping for the next generation manufacturing enterprise, *Journal of Manufacturing Technology Management*, 17, 404–416.
- Güleç, N. & Doğan, E. & Ünal, M.** (2007). Çok Gövdeli Sistemlerde Hareket Analizi, *TOK'07 Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı*, Sabancı Üniversitesi, Tuzla, İstanbul, Türkiye.

- Hackler, D.R. & Prack, E.** (2019). Semiconductor-on-polymer the evolution of thin IC packaging, *Paper presented at the 2019 International Wafer Level Packaging Conference, IWLPAC*.
- Haddad, C. R. & Maldonado, M. U.** (2017). A Functions Approach to Improve Sectoral Technology Roadmaps, *Technological Forecasting and Social Change*, 115, 251–260.
- Hagras, H.** (2007). Type-2 FLCs: A new generation of fuzzy controllers, *IEEE Computational Intelligence Magazine*, 2(1), 30–43.
- Halicka, K.** (2014). Creating a technology management roadmap using the technology method, Scientific Articles of the Silesian University of Technology, *Organization and Management*, 73, 211-223.
- Halicka, K.** (2016). Proactive technology analysis - research methodology and procedures, Białystok University of Technology, *Białystok Publishing House*, Białystok, Poland.
- Ho, J. Y. & O’Sullivan, E.** (2017). Strategic Standardisation of Smart Systems: A Roadmapping Process in Support of Innovation, *Technological Forecasting and Social Change*, 115, 301–312.
- Horikawa, S. & Furahashi, T. & Uchikawa, Y.** (1992). On fuzzy modeling using fuzzy neural networks with back-propagation algorithm, *IEEE Trans. on Neural Networks*, 3, 801–806,
- Jang, J. R.** (1993). ANFIS: adaptive-network-based fuzzy inference system, *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics*, 23(3), 665–685.
- Karnik, N.N. & Mendel, J.M. & Liang, O.** (1999). Type-2 Fuzzy Logic Systems, *IEEE Transactionson Fuzzy Systems*, 7(6), 643-658.
- Kayacan, E.** (2011). *Interval Type-2 Fuzzy Logic Systems: Theory And Design*, Ph.D Thesis, Boğaziçi University, Institute of Science, İstanbul.
- Kelekçi, E.** (2016). *Tip-2 Bulanık Mantık Editörünün Geliştirilmesi Ve Esnek Eklemlili Robot Kolunun Denetimi*, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Kerr, C. & Phaal, R. & Thams, K.** (2019). Customising and Deploying Roadmapping in an Organisational Setting: The LEGO Group Experience, *Journal of Engineering and Technology Management*, 52, 48–60.
- Kostoff, R.N. & Schaller, R.R.** (2001). Science and technology roadmaps, *IEEE Transformation Engineering Management*, 48, 132–143.

- Lizaso, F. & Guido, R.** (2004) . Linking roadmapping and scenarios as an approach for strategic technology planning, *International Journal of Technology Intelligence and Planning*, 1, 68–86.
- Lee, S. & An, Y. & Park, Y.** (2008). Development of an Integrated Product-Service Roadmap with QFD: A Case Study on Mobile Communications, *International Journal of Service Industry Management*, 19, 621–638.
- Lee, S. & Son, H. & Kwon, Y. & Park, S.C.** (2018). Using a design structure matrix to support technology roadmapping for product–service systems, *Technology Analysis & Strategic Management*, 30(3), 337–350.
- Lee, S. & Son, W.** (2019). Integrating fuzzy-set theory into technology roadmap development to support decision-making, *Technology Analysis & Strategic Management*, 31(4), 447–461.
- Lee, J.H. & Kim, H. & Phaal, R.** (2012). An analysis of factors improving technology roadmap credibility: a communications theory assessment of roadmapping processes, *Technological Forecasting and Social Change*, 79, 263–280.
- Liao S. S. & Liao, T. H. & Liu, W.Y.** (2004). Finding relevant sequences in time series containing crisp, interval, and fuzzy interval data, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics–B*, 34(5), 2071–2079.
- Magruk, A.** (2011), Technological foresight and technology management, *Problems of Operation*, 3, 47–60.
- Makinist,S.** (2013). *İnsan Hareketlerinin Tip-2 Bulanık Mantık Tabanlı Analiz ve Simülasyonu*, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Mendel, J. M.** (2001). *Uncertain Rule-Based Fuzzy Logic Systems: Introduction and New Directions*, Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.
- Milshina, Y. & Vishnevskiy, K.** (2019). Roadmapping in Fast Changing Environments–the Case of the Russian Media Industry, *Journal of Engineering and Technology Management*, 52, 32–47.
- Nishimura, M.** (2005). *Future design by scenario roadmap*, BADA press.
- Petrick, I. J. & Echols, A. E.,** (2004). Technology roadmapping in review: a tool for making sustainable new product development decisions, *Technological Forecasting and Social Change*, 71, 81–100.
- Park, H. & Phaal, R. & Ho, J. Y. & O’sullivan, E.** (2020). Twenty Years of Technology and Strategic Roadmapping Research: A School of Thought Perspective, *Technological Forecasting and Social Change*, 154, 119–139.

- Phaal, R. & Farrukh, C. J. & Probert, D. R.** (2001). Characterisation of Technology Roadmaps: Purpose and Format, Management of Engineering and Technology, *Portland International Conference*, Portland, Oregon, USA.
- Phaal, R. & Farrukh, C. J. & Probert, D. R.** (2004). Technology roadmapping – A planning framework for evolution and revolution, *Technological Forecasting and Social Change*, 71(1), 5-26.
- Phaal, R. & Farrukh, C. J. & Probert, D. R.** (2006). Technology Management Tools: Concept, *Development and Application*, 26,336–344.
- Phaal, R. & Lee J.H. & Lee,S.H.** (2013). An integrated service-device-technology roadmap for smart city development, *Technological Forecasting and Social Change*, 80, 286-306.
- Phaal, R. & O’Sullivan, E. & Routley, M. & Ford, S. & Probert, D.** (2011). A framework for mapping industrial emergence, *Technological Forecasting and Social Change*, 78, 217-230.
- Son, C. & Kim, J. & Kim, Y.** (2020). Developing Scenario-Based Technology Roadmap in the Big Data Era: An Utilisation of Fuzzy Cognitive Map and Text Mining Techniques, *Technology Analysis & Strategic Management*, 1, 1–20.
- Spencer, D.A. & Johnson, L. & Long, A.C.** (2019). Solar sailing technology challenges, *Aerospace Science and Technology*, 93.
- Strauss, A. & Corbin, J.** (1998). Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory, *Sage Publications*.
- Strauss, J. D. & Radnor, M.** (2004). Roadmapping for Dynamic and Uncertain Environments, *Research-Technology Management*, 47 (2), 51–58.
- Toro-Jarrin, M. A. & Ponce-Jaramillo, I. & Güemes-Castorena, D.** (2016). Methodology for the of Building Process Integration of Business Model Canvas and Technological Roadmap, *Technological Forecasting and Social Change*, 110, 213–225.
- Tushir, M. & Srivastava, S.** (2015). Type-2 fuzzy logic controller Implementation for tracking control of DC motor, *International Journal of Computer Network and Security (IJCNS)*, 3(1).
- Valério, K.G.O. & Silva, C.E.S. & Neves, S.M.** (2020). Overview on the technology roadmapping (TRM) literature: gaps, *Technology Analysis & Strategic Management*, 1, 58-69.
- Vishnevskiy, K. & Karasev, O. & Meissner, D.** (2015). Integrated Roadmaps and Corporate Foresight as Tools of Innovation Management: The Case of

Russian Companies, *Technological Forecasting and Social Change*, 90, 433–443.

- Volodin, S.V. & Korunov, S.S. & Zhuravsky, V.V. & Volodina S.A. & Belova, G.N.** (2019). Possibility and justification of the practical application of technology roadmaps in the aerospace industry. *Paper presented at the AIP Conference Proceedings*, USA.
- Wang, L.** (1997). *A Course in Fuzzy Systems and Control*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Warfield, J. N.** (1973). Binary Matrices in System Modeling. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics SMC*, 3(5), 441–449.
- Willyard, C. & McClees, C.** (1987). Motorola's Technology Roadmap Process. *Research Management*, 30(5), 13–19.
- Winkowski, C.** (2020). Technology development roadmaps: A bibliometrics analysis of scientific literature, *European Research Studies Journal*, 23(2), 694-713.
- Wu, D. & Tan, W. W.** (2006). Genetic learning and performance evaluation of type-2 fuzzy logic controllers, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 19(8), 829–841.
- Xie, H. & Li, J. & Liu, G. & Cai, X. & Fan, Z.** (2019). High-performance schottky-barrier field-effect transistors based on monolayer SiC contacting different metals. *IEEE Transactions on Electron Devices*, 66, 5111-5116.
- Yoon, J. & Kim, Y. J. & Vonortas, N. S. & Han, S. W.** (2019). A Moderated Mediation Model of Technology Roadmapping and Innovation: The Roles of Corporate Foresight and Organizational Support, *Journal of Engineering and Technology Management*, 52, 61–73.
- Zhang, X. & Li, S. & Yu, H.** (2018). Research of science and technology strategic base on the international technology roadmap for semiconductors. *Paper presented at the ACM International Conference Proceeding Series*, 69-72.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : SEMANUR BARİP

Doğum Tarihi ve Yeri :

E-posta :

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2016, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mimarlık-Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği
- **Yüksek Lisans** : 2021, Bursa Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Akıllı Sistemler Mühendisliği Ana Bilim Dalı

MESLEKİ DENEYİM:

- Özel sektör kuruluşunda iş analisti olarak görevine devam etmektedir.

TEZDEN TÜRETİLEN ESERLER, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Semanur Barip & Koray Altun** , (2020)– Augmenting Technology Roadmaps by using Type-2 Fuzzy Logic, International IDU Engineering Symposium, Izmir Demokrosi University.