T.C.
İZMİR KÂTİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI

AR&GE STRATEJİLERİNE YÖNELİK TEKNOLOJİ İSTİHBARATI MODEL ÖNERİSİ: ENERJİ DEPOLAMA TEKNOLOJİLERİ ÖRNEĞİ

Doktora Tezi

AYNUR KIRBAÇ

İZMİR – 2022

T.C.
İZMİR KÂTİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI

AR&GE STRATEJİLERİNE YÖNELİK TEKNOLOJİ İSTİHBARATI MODEL ÖNERİSİ: ENERJİ DEPOLAMA TEKNOLOJİLERİ ÖRNEĞİ

Doktora Tezi

AYNUR KIRBAÇ

DANIŞMAN: PROF. DR. SERHAT BURMAOĞLU

İZMİR – 2022

YEMİN METNİ

Doktora Tezi olarak sunduğum "Ar&Ge Stratejilerine Yönelik Teknoloji İstihbarati Model Önerisi: Enerji Depolama Teknolojileri Örneği" adlı çalışmanın, tarafımdan, akademik kurallara ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

15.03.2022

Aynur KIRBAÇ

ÖZET

Doktora Tezi

AR&GE STRATEJİLERİNE YÖNELİK TEKNOLOJİ İSTİHBARATI MODEL ÖNERİSİ: ENERJİ DEPOLAMA TEKNOLOJİLERİ ÖRNEĞİ

Aynur KIRBAÇ

İzmir Katip Çelebi Üniversitesi

Sosyal Bilimler Enstitüsü

İşletme Anabilim Dalı

Teknoloji istihbaratı firmaların teknolojik ve stratejik kararlarını desteklemek için teknolojik gelişimler hakkında bilgi toplama, analiz etme ve ihtiyaç duyulan bilgileri gerekli mercilere iletme ile ilgili tüm faaliyetleri kapsaması şeklinde yorumlamaktadır. Böylece firmalar global ölçekte teknolojik gelişimleri yakından takip ederek teknolojilerin güçlü ve zayıf yönlerini tespit edebilecek, doğru Ar&Ge yatırımları yapabilecek ve kolaylıkla rekabet üstünlüğü sağlayabileceklerdir. Tüm bu nedenlerden dolayı çalışmanın amacı, teknoloji istihbaratı araçları kullanılarak firmaların Ar&Ge projelerini önceliklendirebileceği bir karar destek sistem modeli geliştirmektir. Geliştirilen karar destek sistem modelinde teknoloji istihbaratı yöntemlerinden olan teknoloji gelişim zarfı, hiyerarşik karar modeli, patent analizi, bibliyometrik analiz ve sosyal ağ analizi hibrit bir şekilde kullanılarak firmaların her bir adımda ihtiyaç duydukları bilgiler derlenerek neticesinde birbirini bütünleyen teknoloji istihbaratı sağlanmıştır. Modelin uygulama alanı günümüzde dijitalleşmenin ve beraberinde enerji bağımlılığının artması ile çok önemli bir alan haline gelen enerji depolama teknolojileridir. Enerji depolama teknolojileri teknoloji istihbaratı perspektifinde araştırılarak Ar&Ge yatırımları yapılmadan önce karar vericilere karar destek sistem modeli sağlanarak inovatif açıdan enerji depolama teknolojilerine yönelik sosyal, teknik, ekonomik, çevresel ve politik perspektiflerde avantaj sağlayan bilgi akışı

sağlanabilmiştir. Ayrıca mevcut enerji depolama teknolojilerine yönelik teknoloji istihbaratı çıktılarını daha da derinleştirmek amacıyla alan uzmanları, rakipler, öncü kuruluşlar, öncü ülkeler ve IPC kodları belirlenmiştir. Hibrit teknoloji istihbaratı yöntemleri kullanılarak oluşturulan bu model sadece enerji depolama teknolojileriyle sınırlı kalmayıp, belli revizyonlar neticesinde Ar&Ge niteliğindeki tüm teknoloji türlerine de uygulanabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Teknoloji İstihbaratı, Enerji Depolama Teknolojileri, Teknoloji Gelişim Zarfı, Bibliyometri Analizi, Patent Analizi, Hiyerarşik Karar Modeli

ABSTRACT

Doctoral Thesis

Doctor of Philosophy (PhD)

Technology Intelligence Model for R&D Strategies: Energy Storage Technologies

Aynur KIRBAÇ

İzmir Katip Çelebi University

Graduate School of Social Sciences

Department of Business Administration

Technology intelligence is related to collecting and analyzing data and information about technological developments in order to support the strategic decisions of companies. Thus, companies will be able to closely monitor technological developments on a global scale, identify the strengths and weaknesses of technologies, make the right R&D investments and easily gain a competitive advantage. For all these reasons, the aim of the study is to develop a decision support system model in which companies can prioritize their R&D projects using technology intelligence tools. In this model, the technology development envelope, hierarchical decision model, patent analysis, bibliometric analysis and social network analysis, which are among the technology intelligence methods, were used in a hybrid way. The application area of the model is energy storage technologies (flywheels, liquid air energy storage, underground pumped hydro energy storage, isothermal compressed air energy storage thermoelectric energy storage), which has become a very important field with the increase of digitalization and energy dependency. By providing technology intelligence on energy storage technologies, information flow that provides social, technical, economic, environmental and political advantages to decision makers before R&D investments have been made. In addition, to provide further competitive advantage the leading competitors of the field, organizations that can cooperate, field experts, inventors,

countries and IPC codes have been determined. This model is not only be limited to energy storage technologies, but can also be applied to all types of technologies as a result of certain revisions.

Keywords: Technology Intelligence, Energy Storage Technologies, Technology Development Envelope, Bibliometrics Analysis, Patent Analysis, Hierarchical Decision Model

İÇİNDEKİLER

YEMİN METNİ ii

ÖZET iii

ABSTRACT v

TABLO LİSTESİ x

ŞEKİL LİSTESİ xii

KISALTMALAR LİSTESİ xiv

ÖNSÖZ xv

GİRİŞ 1

1. BÖLÜM

LİTERATÜR TARAMASI 5

1.1 İstihbarat Kavramının Tarihsel Gelişimi ve Yeni Oluşumlar 5

1.2 Teknoloji İstihbaratı Tarihsel Gelişimi 10

1.3 Teknoloji İstihbaratı Kavramsal Çerçevesi 11

1.4 Teknoloji İstihbaratı Faaliyetleri 13

1.5 İstihbarat Faaliyetlerine Yönelik Belirsizlikler 17

1.6 Teknoloji İstihbarat Süreci 20

1.6.1 Teknoloji İstihbaratı Sürecinin Uygulama Katmanları 24

1.6.1.1 Çerçeve Katmanı 24

1.6.1.2 Sistem Katmanı 26

1.6.1.3 Süreç Katmanı 30

1.6.2 Teknoloji İstihbarat Süreçlerinin Koordinasyon Çeşitleri 32

1.7 Teknoloji İstihbaratı Yöntemleri 35

1.8 Örnek Vaka Çalışmaları ve Araştırma Motivasyonu 37

2. BÖLÜM

ARAŞTIRMA METODOLOJİSİ 46

2.1 Uygulamada Kullanılan Teknoloji İstihbaratı Modeli 46

2.2 Modelde Kullanılan Teknoloji İstihbaratı Yöntemleri 49

2.2.1 Teknoloji Gelişim Zarfı Analizi 50

2.2.2 Sosyal Ağ Analizi 54

2.2.3 Hiyerarşik Karar Modeli 57

2.2.4 Delphi Tekniği Süreci 64

2.2.5 Bibliyometri ve Patent Analizi Yöntemi 65

3.BÖLÜM

BULGULAR 70
3.1 Birinci Adım: Teknoloji Alanının Belirlenmesi 70
3.1.1 Enerji Depolama Teknolojileri 70
3.1.1.1 Yenilenebilir Enerji Kaynakları 70
3.1.1.2 Enerji Depolama Teknolojileri ve Avantajları 72
3.1.1.3 Gelişmekte Olan Enerji Depolama Teknoloji Türleri 74
3.1.1.3.1 Volanlar 76
3.1.1.3.2 Sıvı Hava Enerji Depolama 78
3.1.1.3.3 Termoelektrik Enerji Depolama Teknolojileri 79
3.1.1.3.4 Yeraltı Pompaj Hidro Depolama Teknolojileri 80
3.1.1.3.5 İzotermal Basınçlı Hava Enerji Depolama Teknolojileri 83
3.2 İkinci Adım: İhyitaçların Belirlenmesi - Teknoloji Gelişim Zarfı Modelinin Uygulanması 85
3.2.1 Teknoloji Tahmini 85
3.2.2 Teknoloji Karaterizasyonu 88
3.2.3 Teknoloji Değerlendirmesi 95
3.3 Üçüncü Adım: Alan Uzmanlarının Belirlenmesi - Sosyal Ağ Analizi 95
3.3.1 Volanlar 96
3.3.2 Sıvı Hava Enerji Depolama Teknolojileri 99
3.3.3 Termoelektrik Enerji Depolama Teknolojileri 101
3.3.4 Yeraltı Pompaj Hidro Depolama Teknolojileri 103
3.3.5 İzotermal Basınçlı Hava Enerji Depolama 105
3.4 Dördüncü Adım: Teknolojilerin Değerlendirilmesi - Hiyerarşik Karar Modeli Uygulaması 107
3.4.1 Model Doğrulama 109
3.4.2 Kriter Doğrulama 112
3.4.3 Alt Kriter Doğrulama 113
3.4.3.1 Sosyal - Alt Kriter Doğrulama 114
3.4.3.2 Teknik – Alt Kriter Doğrulama 114
3.4.3.3 Ekonomik – Alt Kriter Doğrulama 116
3.4.3.4 Çevre – Alt Kriter Doğrulama 118
3.4.3.5 Politik – Alt Kriter Doğrulama 119
3.4.4 Alternatif Doğrulama 119
3.4.5 Hiyerarşik Karar Modeli İkili Karşılaştırma Sonuçları 120
3.4.6 Kriterlerin Değerlendirilmesi 121
3.4.6.1 Sosyal Perspektif Alt Kriterleri 123
3.4.6.2 Teknik Perspektif Alt Kriterleri 124

3.4.6.3 Ekonomik Perspektif Alt Kriterleri 126
3.4.6.4 Çevresel Perspektif Alt Kriterleri 127
3.4.6.5 Politik Perspektif Alt Kriterleri 129
3.4.7 Kriterlerin ve Alt Kriterlerin Önem Sıralamaları 130
3.4.8 Alternatif Teknolojilerin İkili Karşılaştırılması 132
3.4.9 Teknoloji Gelişim Seyri 138
3.5 Beşinci Adım: Teknik Bilgilerin Tanımlanması - Patent Analizi 140
3.5.1 Anahtar Kelime Tanımlama 140
3.5.2 Uluslarası Patent Sınıflandırma Kodları (IPC) 143
3.5.3 Patent Analizi Bulguları 144
3.5.3.1 Volanlar 144
3.5.3.1.1 Uluslararası Patent Sınıflandırma (IPC) Kodları 144
3.5.3.1.2 Lider Organizasyonlar 149
3.5.3.1.3 Sosyal Ağ Analizi 150
3.5.3.1.4 Derwent Patent Sınıfladırma Kodları için Eş Oluşum Analizi 155
3.5.3.2 Sıvı Hava Enerji Depolama Teknolojileri 157
3.5.3.2.1 Uluslararası Patent Sınıflandırma (IPC) Kodları 157
3.5.3.2.2 Lider Organizasyonlar 160
3.5.3.2.3 Sosyal Ağ Analizi 161
3.5.3.2.4 DII Patent Sınıfladırma Kodları için Eş Oluşum Analizi 167
3.5.3.3 Termoelektrik Enerji Depolama Teknolojisi 169
3.5.3.3.1 Uluslararası Patent Sınıflandırma (IPC) Kodları 169
3.5.3.3.2 Lider Organizasyonlar 172
3.5.3.3.3 Sosyal Ağ Analizi 173
3.5.3.3.4 Derwent Patent Sınıfladırma Kodları için Eş Oluşum Analizi 178
3.5.3.4 Yeraltı Pompaj Hidro Enerji Depolama Teknolojileri 179
3.5.3.4.1 Uluslararası Patent Sınıflandırma (IPC) Kodları 179
3.5.3.4.2 Lider Organizasyonlar 183
3.5.3.4.3 Sosyal Ağ Analizi 184
3.5.3.4.4 DII Sınıflandırma Kodları için Eş Oluşum Analizi 188
3.5.3.5 İzotermal Basınçlı Hava Enerji Depolama Teknolojileri 190
3.5.3.5.1 Uluslararası Patent Sınıflandırma (IPC) Kodları 190
3.5.3.5.2 Lider Organizasyonlar 193
3.5.3.5.3 Sosyal Ağ Analizi 194
3.5.3.5.4 Derwent Patent Sınıfladırma Kodları için Eş Oluşum Analizi 197

SONUÇ VE TARTIŞMA 199

KAYNAKÇA 210

EKLER 231

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Teknoloji İstihbaratı Vaka Çalışmaları 38
Tablo 2: Teknoloji İstihbaratı Bilimsel Yayınlar 42
Tablo 3: Volan Teknolojileri Bibliyometrik Sosyal Ağ Analizi 98
Tablo 4: Sıvı Hava Enerji Depolama Teknolojileri Bibliyometrik Sosyal Ağ Analizi 100
Tablo 5: Termoelektrik Enerji Depolama Teknolojileri Bibliyometrik Sosyal Ağ Analizi 102
Tablo 6: Yeraltı Pompaj Hidro Bibliyometrik Sosyal Ağ Analizi 104
Tablo 7: İzotermal Basınçlı Hava Enerji Depolama Teknolojileri Bibliyometrik Sosyal Ağ Analizi 106
Tablo 8: Delphi Araştırmasında Yer Alan Uzmanlar 110
Tablo 9: Kriter Doğrulama 113
Tablo 10: Sosyal - Alt Kriter Doğrulama 114
Tablo 11: Teknik - Alt Kriter Doğrulama 115
Tablo 12: Ekonomik - Alt Kriter Doğrulama 117
Tablo 13: Çevresel - Alt Kriter Doğrulama 118
Tablo 14: Politik - Alt Kriter Doğrulama 119
Tablo 15: Alterantif Enerji Depolama Teknolojilerinin Doğrulanması 120
Tablo 16: Delphi Yöntemi İkili Karşılaştırmada Yer Alan Uzmanlar 121
Tablo 17: Kriterlerin İkili Karşılaştırılması 122
Tablo 18: Sosyal Alt Kriterlerin İkili Karşılaştırılması 123
Tablo 19: Teknik Alt Kriterlerin İkili Karşılaştırılması 125
Tablo 20: Ekonomik Alt Kriterlerin İkili Karşılaştırılması 126
Tablo 21: Çevresel Alt Kriterlerin İkili Karşılaşırılması 127
Tablo 22: Politik Alt Kriterlerin İkili Karşılaştırılması 129

Tablo 23: Kriterlerin ve Alt Kriterlerin Önem Sıralaması 130
Tablo 24: Alternatif Enerji Depolama Teknolojilerinin İkili Karşılaştırılması 132
Tablo 25: Kriter ve Alt Kriterlerin Ortalama Değeri ve Önem Derececsi 133
Tablo 26: Taratılan Anahtar Kelimeler 141
Tablo 27: Volan Teknolojileri IPC Kod Tanımları 146
Tablo 28: Volan Patent Verisi Sosyal Ağ Analizi Sonuçları 151
Tablo 29: Volan Teknolojileri Derwent Patent Sınıflandırma Kod Tanımları 156
Tablo 30: Sıvı Hava Enerji Depolama Teknolojileri IPC Kod Tanımları 158
Tablo 31 : Sıvı Hava Enerji Depolama Teknolojileri Patent Verisi Sosyal Ağ Analizi Sonuçları 162
Tablo 32: Sıvı Hava Enerji Depolama Teknolojileri Derwent Patent Sınıflandırma Kodları Açıklamaları 168
Tablo 33:Termoelektrik Enerji Depolama Teknolojileri IPC Kod Açıklamaları 170
Tablo 34: Termoelektrik Enerji Depolama Teknolojileri Patent Verisi Sosyal Ağ Analizi Sonuçları 175
Tablo 35: Termoelektrik Enerji Depolama Teknolojileri Derwent Patent Sınıflandırma Kodları 178
Tablo 36: Yeraltı Pompaj Hidro Teknolojileri IPC Kod Açıklamaları 180
Tablo 37: Yeraltı Pompaj Hidro Depolama Teknoojileri Patent Verisi Sosyal Ağ Analizi Sonuçları 185
Tablo 38: Yeraltı Pompaj Hidro Derwent Patent Sınıflandırma Kod Açıklamaları 189
Tablo 39: İzotermal Basınçlı Hava Enerji Depolama Teknolojileri IPC Kod Açıklamaları 191
Tablo 40: İzotermal Basınçlı Hava Enerji Depolama Teknolojileri Patent Verisi Sosyal Ağ Analizi Sonuçları 194
Tablo 41: İzotermal Basınçlı Hava Enerji Depolama Teknolojileri Derwent Patent Sınıflandırma Kod Açıklamaları 197

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: Teknoloji İstihbarat Süreci 21
Şekil 2: Teknoloji İstihbaratı Çerçeve Düzeyi 25
Şekil 3: İstihbarat Faaliyetleri/Sistem Modları 27
Şekil 4: Teknoloji İstihbaratı Karar Sistem Destek Modeli 47
Şekil 5: Teknoloji Gelişim Zarfı Modeli 51
Şekil 6: Ağ Gösterimi 54
Şekil 7: Hiyerarşik Karar Modeli 58
Şekil 8: İkili Karşılaştırma Örneği 60
Şekil 9: Volan Sistemi 77
Şekil 10: Sıvı Hava Enerji Depolama Teknolojileri Süreci 78
Şekil 11: Termoelektrik Depolama Süreci 79
Şekil 12: Pompaj Hidro Depolama Sistemleri Pompa ve Türbin Operasyonları Şematiği 81
Şekil 13: Basınçlı Hava Enerji Depolama Sistemleri 83
Şekil 14: Volan Teknolojileri Bibliyometrik Sosyal Ağ Analizi 97
Şekil 15: Sıvı Hava Enerji Depolama Teknolojileri Bibliyometrik Sosyal Ağ Analizi 100
Şekil 16: Termoelektrik Enerji Depolama Teknolojileri Bibliyometrik Sosyal Ağ Analizi 102
Şekil 17: Yeraltı Pompaj Hidro Bibliyometrik Sosyal Ağ Analizi 104
Şekil 18: İzotermal Basınçlı Hava Enerji Depolama Bibliyometrik Sosyal Ağ Analizi 106
Şekil 19: Hiyerarşik Karar Modeli 108
Şekil 20: Enerji Depolama Teknolojilerinin Yıl Bazlı Gelişim Seyri 139
Şekil 21: Volan Teknolojileri IPC Kodları 145
Şekil 22: Volan Organizasyonların Patent Sayıları 149
Şekil 23: Volan Patent Verisi Soyal Ağ Analizi 150
Şekil 24: Volan Teknolojileri Derwent Patent Sınıflandırma Kodları 155
Şekil 25: Sıvı Hava Enerji Depolama Teknolojileri IPC Kodları 157

Şekil 26: Sıvı Hava Enerji Depolama Teknolojileri Lider Organizasyonlar 161
Şekil 27: Sıvı Hava Enerji Depolama Teknolojileri Patent Verisi Sosyal Ağ Analizi 162
Şekil 28: Sıvı Hava Enerji Depolama Teknolojileri Derwent Patent Sınıflandırma Kodları 167
Şekil 29: Termoelektrik Enerji Depolama Teknolojileri IPC Kodları 170
Şekil 30: Termoelektrik Enerj iDepolama Teknolojileri Lider Organizasyonlar 173
Şekil 31: Termoelektrik Enerji Depolama Teknolojileri Patent Verisi Sosyal Ağ Analizi 174
Şekil 32: Termoelektrik Enerji Depolama Teknolojileri Derwent Patent Sınıflandırma Kodları 178
Şekil 33: Yeraltı Pompaj Hidro Enerji Depolama Teknolojileri IPC Kodları 180
Şekil 34: Yeraltı Pompaj Hidro Enerji Depolama Teknolojileri Lider Organizasyonlar..... 184
Şekil 35: Yeraltı Pompaj Hidro Teknolojileri Patent Verisi Sosyal Ağ Analizi..... 185
Şekil 36: Yeraltı Pompaj Hidro Enerji Depolama Teknolojileri Derwent Patent Sınıflandırma Kodları 188
Şekil 37: İzotermal Basınçlı Hava Enerji Depolama Teknolojileri IPC Kodları 190
Şekil 38: İzotermal Basınçlı Hava Enerji Depolama Teknolojileri Lider Organizasyonlar 193
Şekil 39: İzotermal Basınçlı Hava Enerji Depolama Teknolojileri Patent Verisi Sosyal Ağ Analizi..... 194
Şekil 40: İzotermal Basınçlı Hava Enerji Depolama Teknolojileri Derwent Patent Sınıflandırma Kodları 197

KISALTMALAR LİSTESİ

AHP	**:** Analytical Hierarchy Process
Ar&Ge	: Araştırma Geliştirme
DII	: Derwent Innovatıon Index
EPO	: European Patent Office
HDM	: Hierarchical Decision Model
IPC	: Interational Patent Classification
USPTO	: United States Patent and Trademark Office
TDE	: Technology Development Envelope
TGZ	: Teknoloji Gelişim Zarfı
Tİ	: Teknoloji İstihbaratı
WIPO	: World Intellectual Property Organization
WoS	: Web of Science

ÖNSÖZ

Bu araştırmanın amacı, firmalar Ar&Ge projelerine yatırım yapmadan önce teknolojileri çoklu perspektifte değerlendirerek önceliklendirebilmelerine yardımcı olacak teknoloji istihbaratı sunmaktır. Bu amaçla araştırma çıktısı olarak farklı istihbarat yöntemlerinin hibrit bir şekilde sunulduğu teknoloji istihbaratı modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen bu model ise gelişmekte olan enerji depolama teknolojileri (volan, sıvı hava enerji depolama teknolojileri, termoelektrik enerji depolama, yeraltı pompaj depolama teknolojileri ve izotermal basınçlı hava enerji depolama teknolojileri) üzerinde test edilerek her bir teknoloji için sosyal, teknik, ekonomik, çevresel ve politik boyutlarda zayıf ve güçlü yanlarını ortaya koyan teknoloji istihbaratı sağlanmıştır.

Araştırma sürecinde tüm destek, yardım ve bilgi birikimlerini hiçbir zaman esirgemeyen, her zaman doğru yolu gösteren, tezimin her bir adımını sabırla inceleyen, tez konumun TÜBİTAK 2214 desteği almasında en büyük katkısı olan tez danışmanım Prof. Dr. Serhat BURMAOĞLU'na, tez izleme komitemde yer alan ve her zaman destek olan hocalarım Prof. Dr. Akif TABAK ve Doç. Dr. M. Burak ÖNEMLİ'ye,

TÜBİTAK 2214 Yurt Dışı Doktora Sırası Araştırma desteği ile Amerika'nın Oregon eyaletinde bulunan Portland State Üniversitesinde 12 ay boyunca araştırma yapmama imkan tanıdığı için TÜBİTAK'a,

Bu süre zarfında beni çok iyi ağırlayan Portland State Üniversitesine, Portland State Üniversitesinde bulunan, destek ve yardımlarını hiç bir zaman esirgemeyerek her zaman doğru yolu gösteren danışmanım Prof. Dr. Tugrul DAİM'e, Dr. DAİM'in Teknoloji ve Mühendislik Yönetimi Araştırma Grubu'nda ki tüm arkadaşlarıma, özellikle bir çok kez bilgi alışverişinde bulunduğum Dr. Edwin GARCES, Fayez ALSOUBAIE, Aaron CAVANOUGH, Angel Contreras CRUZ, Farshad SAADATMAND ve Chip CORBET'e,

Araştırmada doğru bilgiyi elde edebilmek adına araştırmaya katılım davetini kabul eden tüm Alan Uzmanlarına,

Araştırma süreci boyunca iyi ve zor günlerimde hep yanımda olan, bana her zaman inanan, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen Aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Aynur KIRBAÇ

İzmir-2022

GİRİŞ

Şirketler için iç ve dış bilgi kaynakları Araştırma Geliştirme (Ar&Ge) faaliyetleri için yol gösterici mahiyettedir. Şirketler yeni piyasalara girebilmek, risklerini azaltabilmek, teknoloji gelişim maliyetlerini düşürebilmek, ölçek ekonomisinden faydalanabilmek, yeni teknoloji ürünlerini ticarileştirebilmek ve ürün geliştirmede zaman tasarrufu elde edebilmek için iç ve dış bilgi kaynaklarına eş zamanlı ihtiyaç duymaktadırlar (Burmaoğlu & Şeşen, 2017). Ancak günümüzde hızlı gelişen teknolojiler sayesinde birçok sistematik bilgi kaynaklarının yanı sıra aynı zamanda karmaşık bilgi kaynakları da mevcuttur. Sürekli gelişen teknolojiler hakkındaki karmaşık bilgiyi sadeleştirebilmek ve var olan fırsatlara yönelik farkındalık yaratabilmek için karar vericilerin, iç ve dış bilgi kaynaklarını sistematik bir şekilde sunan teknoloji istihbaratı (Tİ) yöntemlerini bilmesi gerekmektedir. Şirketlerin teknoloji yönetimine yönelik riskleri daha iyi anlayabilmeleri, stratejik planlamaları, teknolojik ürün, süreç ve hizmetlere yönelik rekabet güçlerini artırabilmeleri, Ar&Ge projelerini önceliklendirebilmeleri ve karar verme süreçlerini iyileştirebilmeleri (Porter vd., 2004) için Tİ yöntemlerine başvurması ve bu sayede teknolojik değişiklikleri tam olarak gözlemleyebilmelerine olanak sağlamaktadır (Khosropour vd., 2015).

Tİ, şirketin teknolojik ve stratejik kararlarını desteklemek için teknolojik trendler hakkında bilgi toplama, analiz etme ve ihtiyaç duyulan bilgileri gerekli mercilere iletme ile ilgili tüm faaliyetleri kapsar (Lichtenthaler, 2004b; Schuh vd., 2016). Şirketlerin ihtiyaç duyduğu bilgileri tanımlayarak iç ya da dış bilgi kaynakları aracılığı ile toplanan verileri belli başlı yöntemler (patent analizi, bibliyometrik analiz, sosyal ağ analizi, çok kriterli karar verme yöntemleri, delfi yöntemi vb.) yardımıyla analiz eder, güncel gelişmeleri ve çözüm önerilerini tanımlayarak karar vericilerin teknolojik gelişmeleri yakından takip etmesine olanak sağlayarak doğru ve yerinde Ar&Ge yatırımları yapmalarına yardımcı olur. Böylece şirketler, günümüzde yoğun bir şekilde kendini

gösteren teknolojik belirsizliklere karşı önlem alarak bu belirsizlikleri fırsatlara dönüştürebilmektedirler (Schroder, 2004). Teknolojik açıdan gelişme göstermiş şirketlerde ise Ar&Ge stratejileri, teknoloji stratejileri ve işletme stratejileri arasında güçlü bir entegrasyon söz konusu olduğu için teknoloji planlaması, stratejik, operasyonel ya da taktiksel karar verme ve Ar&Ge planlamaları doğru teknoloji istihbaratı faaliyetleri sayesinde aktif bir şekilde çalışmaktadır (Lichtenthaler, 2003, 2004a; 2004b; 2004c; 2005; 2007; 2009).

Ancak yetersiz istihbarat süreçlerine sahip olmak, firmaların süratli bir şekilde ilerleyen teknolojik değişimlere direnememesine neden olmaktadır. Ayrıca bu durum, işletmelerin üretim süreçlerinde teknolojik durgunlukla karşılaşmalarına neden olmasından dolayı başarısızlık olarak da tanımlanmaktadır (Lichtenthaler, 2004a). Teknoloji yoğun firmalara yönelik yapılan araştırmalarda Tİ'nin önemi endüstri alanı, sektör türü, işletme büyüklüğü gibi unsurlara göre değişkenlik göstermektedir (Lichtenthaler, 2003). Özellikle gelişmekte olan şirketlerde uzun vadeli Ar&Ge yönetim stratejileri eksikliği, teknoloji ihtiyacının formüle edilememesi, birimler arası yetersiz iletişim, yetersiz yönetim ve iç/dış bilgi kaynaklarına erişim eksikliği nedeniyle Tİ faaliyetlerinin iyi yürütülemediğinden söz etmek mümkündür. Bahsedilen bu eksiklikler, karar vermede verimsiz etkiye ve uzun vadeli uygulama etkisi yaratmaksızın anlamsız Tİ raporlarına neden olmaktadır (Lichtenthaler, 2003).

Verimli, etkili ve amaca yönelik Tİ faaliyetlerinin benimsenmesi şirketin teknolojik ihtiyaçlarının belirlenerek stratejik karar vermesini doğrudan etkileyebildiğinden Tİ sürecinin şirket içerisinde iyi anlaşılması gerekmektedir. Amaca yönelik belirlenmiş iyi bir Tİ süreci, karar vericilere gelişen teknolojiler ve trendler hakkında derinlemesine bilgi sağladığı için şirketlerin potansiyel fırsatlardan yararlanmasını ve potansiyel tehditlere karşı önlem almasını kolaylaştırmaktadır. Böylece şirketler tarafından karşılaşılan sorunların üstesinden gelinebilmesi ve rekabet avantajı yaratılabilmesi için güçlü ve zayıf yönlerin bilimsel ve teknik perspektiflerle keşfedilebilmesi imkanını Tİ süreci sunabilmektedir (IfM, 2007; Kerr vd., 2006).

Özetle, günümüzde çok az şirket mevcut konumlarını korumak ve teknoloji fırsatlarını takip etmek için istihbarat/bilgi kaynaklarını kullanmaktadır (Gonçalves ve de Almeida 2019; Norling vd., 2000). Ancak, şirketlerin doğru Ar&Ge yatırımları yaparak yeni ürünler ortaya koyması (Khosropour vd., 2015), daha rekabetçi, hızlı, küreselleşmiş ve öngörülebilir hale gelebilmesi için Tİ faaliyetlerine odaklanmasını gerektirmektedir (Schuh vd., 2016). Karar vericilerin Ar&Ge projelerini önceliklendirebilmesinde doğru kararı verebilmeleri için ihtiyaç duydukları ve güncel başlıkları içinde barındıran iç ve dış bilgi kaynaklarına firmaların/kurumların sistematik bir şekilde ulaşabilmelerini kolaylaştıran Tİ faaliyetlerini benimsemek şirketlerin/kurumların farkındalığını artırmakta ve kendi Ar&Ge faaliyetleri için yeni koşulları ve teknolojileri daha iyi anlamaya yönelik çalışmalara teşvik etmektedir.

Tüm bu nedenlerden dolayı çalışmanın amacı, teknoloji istihbaratı araçları kullanılarak Ar&Ge önceliklendirmesinin yapılabileceği bir karar destek sistemi modelinin geliştirilmesidir. Geliştirilecek olan Tİ modelinin uygulama alanı günümüzde dijitalleşmenin ve beraberinde enerji bağımlılığının artması ile çok önemli bir alan haline gelen enerji depolama teknolojileri üzerinde olacaktır. Bu çalışmanın uygulaması ile enerji depolama teknolojilerinin Tİ perspektifinde araştırılarak Ar&Ge yatırımları yapılmadan önce karar vericilere karar desteği sağlanmış olacak ve böylece inovatif açıdan enerji depolama teknolojilerine yönelik çoklu perspektifte avantaj sağlayan bilgi akışı sağlanabilecektir. Aynı zamanda bu model sadece enerji depolama teknolojileriyle sınırlı kalmayıp, belli revizyonlar neticesinde Ar&Ge niteliğindeki tüm teknoloji türlerine de uygulanabilecektir.

Çalışmanın ilk bölümünde araştırmaya yönelik giriş niteliğinde özet bir bilgi sunulmuştur. İkinci bölümde Tİ'ye yönelik ayrıntılı literatür incelemesi gerçekleştirilerek istihbarat kavramının tarihsel dögüsünden, istihbarat türlerinden, Tİ sürecine yönelik faaliyetlerden ve bu süreçte göz önünde bulundurulması gereken farklı koordinasyon türlerinden bahsedilmesinin ardından literatürde karşılaşılan boşluklara değinilerek araştırmanın amacına ve araştırma sorularına değinilmiştir. Üçüncü bölümde ise araştırma metodolojisine değinilerek uygulamada kullanılması planlanan Tİ modeli beş adımda oluşturulmuştur. Modelde yer alan tüm Tİ yöntemlerinin (teknoloji gelişim

zarfı, sosyal ağ analizi, bibliyometrik analiz ve patent analizi) açıklanmasının ardından yöntemlerin uygulanmasını gerçekleştirebilmek adına ele alınan gelişmekte olan enerji depolama teknolojilerine (volanlar, sıvı hava enerji depolama teknolojileri, termoelektrik enerji depolama, yeraltı pompaj depolamalı hidroelektrik santrali ve izotermal basınçlı hava enerji depolama) literatür kapsamında değinilmiştir. Metodoloji bölümünün en sonunda ise bu teknolojilere yönelik literatürde karşılaşılan boşluklar ele alınmıştır. Dördüncü bölüm ise bulgulardan oluşmaktadır. Bu bölümde bir önceki metodoloji bölümünde ayrıntılarıyla bahsedilen Tİ modelinde yer alan tüm yöntemlerin uygulamaları her bir alternatif enerji depolama teknolojileri nezdinde geçekleştirilmiştir. En son yani beşinci bölümde ise araştırma sonucunda elde edilen özet ve sonuç çıktılarına yer verilmektedir.

1. BÖLÜM

LİTERATÜR TARAMASI

1.1 İstihbarat Kavramının Tarihsel Gelişimi ve Yeni Oluşumlar

İstihbarat, kelime kökeni olarak milattan önce 500 yıllarında Sun Tzu tarafından kaleme alınan ve en eski kaynaklar arasında yer alan Savaş Sanatı (The Art of War) kitabında Çin askeri-düşünce yapısına stratejik bakış açısı getirebilmek amacıyla ele alınmıştır. En önemli istihbarat temelli strateji geliştirme kitaplarından biri olan bu kitapta yer alan stratejiler, 20'nci yüzyılda batı dünyası tarafından rekabet üstünlüğü sağlanabilmesi amacıyla işletmelerde çeşitli yönetim stratejilerine yönelik istihbarat araçları geliştirebilmek için uyarlanmaya ve uygulanmaya başlanmıştır (Griffith, 1963).

Belirli tarihsel döngülerde, Giles, (1910), Wing (1988), Sawyer (1996), Sunzi vd. (2003), Nylan ve Wilson (2020) Savaş Sanatı kitabını çeşitli bakış açılarıyla ele almalarının yanı sıra özünde kitapta yer alan istihbarat taktiklerini irdelemişlerdir. Günümüz dünyasında işletmeler bazında da yorumlanacak olursa toplamda 13 maddeden oluşan bu istihbarat taktikleri genel anlamda şu şekilde ele alınmıştır:

- Büyük kararlar alınmadan önce, başarıya büyük etki sağlayacak liderlik, yönetim ve diğer faktörlere yönelik gerekli değerlendirmeler yapılmadan adım atılmaması,
- Rekabet üstünlüğü sağlamak için maliyet faktörlerinin sınırlandırılması,
- Başarılı olabilmek için şahsi hareket etmekten ziyade organizasyon bütünlüğü içinde hareket ederek çoklu perspektiflerde durumun değerlendirilmesi,
- Yöneticilerin mevcut konumlarından diğer bir üst konuma geçebilme sürecinde rakiplere avantajlar sağlamayan birçok stratejik fırsatlar yaratabilmesi ve uygulanması,

- Organizasyonun bütünlüğünü sağlamada yaratıcılığın ve zamanlamanın önemine değinilmesi,
- Rakiplerin zayıf olduğu açık noktaların keşfedilerek, organizasyonun elde edeceği fırsatların değerlendirilmesi,
- Verilecek kararlarda strateji belirlemeden doğrudan hareket etmeyerek tehlikelerin ve zor anların strateji belirleyerek aşılması,
- Değişen koşullara yönelik esneklik göstererek başarı elde edilmesi,
- Bir organizasyonun rakiplerinin çalışmalarına yönelik araştırmalar yaparak farklı durumların değerlendirilmesi ve bu durumlara nasıl yanıt verilebileceğinin açıklanması,
- Tehditlere karşı avantaj ve dezavantajların belirlenmesi,
- Yöneticinin, karşılaşılan tehditleri başarılı bir şekilde yönetebilmesi için ihtiyaç duyacağı tüm kriterlerin belirlenmesi,
- Karşılaşılabilecek tüm olumsuz durumlara karşı uygun tepki verebilmek adına öz varlıkların, entelektüel sermayenin, stratejilerin vb. varlıkların kullanım amacının belirlenmesi,
- İyi bir bilgi istihbaratı sağlayabilmek için istihbarat kaynaklarına odaklanmak ve her birinin en iyi nasıl yönetilebileceğini açıklamaktır Giles, (1910), Wing (1988), Sawyer (1996), Sunzi vd. (2003), Michaelson (2007), Nylan ve Wilson (2020), Tzu (2021).

Tüm bu maddelerden de anlaşabileceği üzere istihbarat kelime kökeni olarak askeri temelli strateji geliştirmeye dayanmasının yanı sıra günümüzde kamu sektörü, özel sektör ve daha birçok alana uyarlanarak kullanılmaya başlanmıştır. Askeri nitelikli istihbarat terimi spesifik amaçlar doğrultusunda geliştirilmiş ve dokuz kelime öbeği (*İş Zekâsı, Rekabet İstihbaratı, Pazar İstihbaratı, Pazarlama İstihbaratı, Organizasyonel İstihbarat, Stratejik İstihbarat, Rakip İstihbaratı, Kolektif İstihbarat ve Teknoloji istihbaratı*) olarak literatürde yer almaktadır. Mevcut çalışmanın amacı olan Tİ terimini ayırt edebilmek ve belli başlı özelliklerine göre sınıflandırabilmek için bahsedilen farklı kavramlar burada sırasıyla özetlenmiştir.

- ***İş Zekâsı (Business Intelligence),*** karmaşık karar verme süreçleri için faydalı bilgi üretmeye yönelik analitik metodolojiler ve matematiksel modeller olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca veri toplama, veri depolama ve bilgi yönetimini büyük hacimli verilerin analizi ile birleştirerek, karar vericilere ve planlayıcılara doğru zamanda, doğru yerde ve doğru biçimde bilgi sağlayan veri odaklı bir karar destek sistemidir (Turban vd., 2008). İş zekâsının başka bir tanımı ise, verilere erişme ve manipüle etme olanağı olarak tanımlayan ve veri analizlerinden elde edilen sonuçların daha iyi kararlar alınabilmesi için analistlere ve yöneticilere yöneltilerek fikir alışverişi yapılması süreci olarak tanımlanmıştır (Vercellis, 2009). Savioz (2003), İş Zekâsı'nın gelişen teknolojileri izleme, geleceğe yönelik teknolojik tahminlerde bulunma ve teknolojik keşif olarak üç önemli yönünden bahsederek kavramı tanımlamıştır.
- ***Rekabet istihbaratı (Competitive Intelligence)*****,** yeni fırsatlar yaratmak, uygun kararlar vermek, değişiklikleri tahmin etmek, kurumsal gelişim, Ar&Ge, ürün geliştirme ve pazar hakkında sürdürülebilir rekabet avantajı sağlamak için fırsatları veya sorunları belirlemek adına şirketin dış çevresine yönelik gerçekleştirilen bir izleme sürecidir (He vd., 2015; Liebowitz, 2006; Sauter, 2008). Diğer bir deyişle, rekabet istihbaratı organizasyonun potansiyel ve mevcut rakiplerine aynı zamanda ürünlere odaklanmaktadır. Aynı zamanda rekabet açısından oldukça önemi olan yeni teknolojileri, ürünleri ve trendleri takip etmektedir (Wright & Calof, 2006). Ayrıca, rekabet istihbaratı karar vericiler için fırsatları veya sorunları belirlemek için dış çevreye yönelik rekabetçi tehditler, büyüme fırsatları ve stratejik planlama süreçleri için erken uyarılarda bulunarak büyük avantajlar sağlar (Sauter, 2008). Paydaşlar, distribütörler, teknolojiler ve makroekonomik veriler rekabetçi istihbaratın belli başlı ilişkili diğer alanlarını kapsamaktadır (Calof vd., 2015; Murphy, 2016).
- ***Rakip İstihbaratı (Competitor Intelligence)***, rekabetçi istihbaratta olduğu gibi mevcut ve potansiyel rakipleri gözlemlemek (Sauter, 2008; He vd. 2015), emsal rakiplerine karşı kıyaslamalar yapmak, şirket stratejilerini düzenlemek, zayıf alanları iyileştirmek ve çabaları geliştirmek için bir rapor sunar (Wang vd., 2015;

Murphy, 2016). Rakip İstihbaratının rekabetçi istihbarattan ayrıldığı nokta rekabetçi istihbarat paydaşlarına, distribütörlerine, teknolojilerine ve makroekonomik verilerine yoğunlaşırken rakip istihbarat rakiplere, müşterilere, ürünlere ve çevreye odaklanmaktadır. (Murphy, 2016).

- ***Pazar İstihbaratı (Market Intelligence),*** son kullanıcılara ve kullanıcılarla ilişkili demografik özelliklere odaklanır (Kerr vd., 2006). Özellikle dış pazara girerken önem arz etmektedir (Søilen, 2016). Öte yandan, hedef pazarları, endüstrileri veya müşterileri (mevcut veya potansiyel müşteriler, ihtiyaçlar, tutumlar ve tercihler) anlamak ve pazar gelişmelerini, pazar fırsatlarını ve iş stratejilerini belirlemek için belirli pazarı, endüstriyi veya müşterileri anlamak amacıyla bilgi toplama ve analiz etme sürecini ifade eder (Søilen, 2016; Hamilton ve Selen, 2008). Hibrit ve paralel bir yaklaşım olarak rekabetçi zekâ ile ilişkilendirebilmektedir (Søilen, 2016).
- ***Pazarlama İstihbaratı (Marketing Intelligence),*** pazar stratejilerini, fırsatları ve gelişmeleri belirlemek için şirketin emsal pazarları ve müşterileri hakkında günlük bilgileri kaydederek bu bilgilerin analizleri neticesinde istihbarat sağlamaktadır (Søilen, 2016). Benzer şekilde Sauter (2008) ve Wang vd., (2015)'e göre pazarlama istihbaratı, şirketlere pazarlama planlaması, uygulaması, kontrolü ve politikalarına yönelik gelişmeleri takip edebilmelerine yardımcı olabilmek için tüketiciler ve rakipler hakkında günlük bilgileri toplar, kaydeder ve analiz eder.
- ***Organizasyonel İstihbarat (Organizational Intelligence),*** örgütlerin davranışsal, sosyal, bilişsel ve duygusal boyutlarını incelemektedir. Örgütsel istihbaratın bu yönleri organizasyonel iç çevreyi ele aldığından dolayı örgütlerden nasıl istihbarat toplanacağının en güzel örneklerindendir (Magala, 2008).
- ***Stratejik İstihbarat (Strategic Intelligence),*** yöneticilerin fırsatları tanımlayabilmeleri adına keşfedilen imkânlar hakkında daha fazla bilgi edinmelerine yardımcı olur. Ancak, stratejik istihbaratın yapısı, belirsizliği ve

pratik süreçteki yapılandırılmamış formu nedeniyle oldukça karmaşıktır (Montgomery ve Weinberg, 1979).

- ***Kolektif İstihbarat (Collective Intelligence),*** makineler tarafından elde edilen verilerden anlaşılabilir bilgi sağlamak için verileri yapılandırarak anlamlı ve değerli bilgilere dönüştürür. Cep telefonları, tabletler ve kablosuz iletişim ve sensor teknolojileri gibi mobil bilgi işlem teknolojileriyle ilişkilidir (Gruber, 2008).
- ***Teknoloji istihbaratı (Technology Intelligence)***, şirketin teknolojik ve stratejik kararlarını desteklemek için teknolojik trendler hakkında bilgi toplama, analiz etme ve ihtiyaç duyulan bilgileri gerekli mercilere iletme ile ilgili tüm faaliyetleri kapsar (Lichtenthaler, 2004b; Schuh vd., 2016). Böylece teknoloji istihbaratı, ilgili alandaki teknolojik trendler hakkında gerekli bilgileri sağlayarak potansiyel fırsatlardan yararlanmayı ve olası tehditlere karşı önlem almayı mümkün kılmaktadır (Norling vd., 2000; Lichtenthaler, 2004b). Çalışmanın amacı teknolojik istihbaratlar sağlama yönünde olduğu için bir sonraki başlıkta bu madde ayrıntılarıyla ele alınacaktır.

Sonuç olarak, bahsedilen istihbarat yaklaşımlarının ana hedefi belirli bir alanda karar vermek için stratejik verileri toplamak, analiz etmek ve bu sonuçları karar vericilerin doğru kararlar alabilmelerini kolaylaştırabilmek için kendilerine iletmektir. Ancak yukarıda bahsedilen istihbarat türleri iç ve dış bilgi kaynaklarından sağlanan istihbaratlar açısından farklılık göstermektedir. İç bilgi kaynakları şirket içindeki verilerden yola çıkarak istihbarat sağlarken; dış bilgi kaynakları ise şirketin dış çevresinden edinilen verilerin ve bilgi kaynaklarının analizi sonucu elde edilen istihbarat türlerini kapsamaktadır. Bahsedilen istihbarat türlerinden iş zekâsı, kolektif istihbarat ve organizasyonel istihbarat şirket içi bilgi kaynaklarına odaklanarak istihbarat sağlarken; rakip istihbaratı, rekabet istihbaratı, pazar istihbaratı, pazarlama istihbaratı, stratejik istihbarat ve teknoloji istihbaratı şirket dışı bilgi kaynaklarına odaklanarak istihbarat sağlamaktadır. Bahsedilen bu farklılıklardan ötürü, her bir istihbarat türünün sağlamış olduğu bilgiler bir araya geldiğinde çok daha kapsamlı ve değerli bilgiler ortaya çıkabilmektedir (IfM, 2007). Çünkü tüm bu farklı niteliklerdeki istihbarat türleri sosyal,

ekonomik, teknik, politik ve çevresel bilgilerin ayrıklığını bütünsel bir çerçevede karar vericilere sunmaktadır (Kerr vd., 2006; Schuh vd., 2016). Ancak, Tİ'ın yukarıda bahsedilen diğer istihbaratlardan farkı ise dış bilgi kaynaklarını analiz ederek piyasaya, pazara, müşterilere, rakiplere yönelik istihbarat sağlamasından ziyade mevut teknolojiye yönelik istihbarat sağlamasıdır. Aynı zamanda Tİ, işletmenin iç çevresinden (makine, sensör, cihaz) elde edilen verileri analiz etmesinin ötesinde patentler, bilimsel yayınlar, uzman görüşleri gibi kaynakları kullanarak dış çevreden elde ettiği verileri mevcut teknoloji alanı için yorumlamaktadır.

1.2 Teknoloji İstihbaratı Tarihsel Gelişimi

Ana hatlarıyla bahsedilen istihbarat teriminin kavramsal yapısına ek olarak şirket uygulamalarına yönelik tarihsel gelişimi incelendiğinde ise Lichtenthaler (2003, 2004a; 2004b; 2004c; 2005; 2007; 2009) Tİ'yi üç nesile/jenerasyona ayırmıştır. İlk nesilde 1960 ve 1970 yılları arasında faaliyet gösteren teknoloji şirketlerinde uzun vadeli Ar&Ge yönetim stratejileri eksikliği, teknoloji stratejisi ile firma stratejisi arasında hiçbir ilişkinin olmaması, iş birimlerinin gayri resmi olarak tanımlanması, düşük öğrenme yeteneğinden dolayı yoğun bilgi eksikliğinin oluşması, bilgi kaynaklarına erişimin eksikliği, etki alanı küçük olan teknoloji tahmininin yapılması, yetersiz iş birliğinin olması, Ar&Ge personeli ve iş birimlerinin yetersizliği gibi nedenler karar vermede verimsiz etkiye ve herhangi bir eylem uygulaması olmaksızın uzun ve anlamsız istihbarat raporlarına neden olmaktadır (Lichtenthaler, 2003).

1980'li yıllarda faaliyet gösteren teknoloji şirketleri ise Lichtenthaler (2003) tarafından ikinci nesil olarak tanımlanmıştır. Bu nesile dâhil olan şirketlerde Ar&Ge çalışmalarına yönelik alınan kararların ademi merkezileştirilmesinin yanı sıra teknoloji stratejisi ile işletme stratejisi arasında zayıf bir bağlantı söz konusudur. Aynı zamanda uzun vadeli kurumsal strateji ve teknoloji ihtiyacının formüle edilememesi, iş birimlerinin genellikle mali kontrol amacıyla yönetilmesi ve bilgi toplamanın sadece iç kaynaklara bağlı olması Ar&Ge'ye yönelik kısa ve operasyonel düzeyde istihbarat raporlarının ortaya konmasına neden olmaktadır.

İstihbarat olgusunu tam olarak benimseyen ve üçüncü nesil olarakta adlandırılan günümüz firmalarında teknoloji stratejileri ile işletme stratejileri arasında güçlü bir entegrasyon söz konusudur. Tİ süreci, Ar&Ge kaynakları ve teknoloji gelişimi planlama sürecine entegre edilerek öğrenme yeteneği güçlendirilmiştir. Bu durum, kurumsal Tİ faaliyetleri olan kurumsal anlamda teknoloji planlama, stratejik karar verme süreçlerinin tamamen benimsenmesine neden olmuştur. Bu nedenle Tİ, küresel Ar&Ge yapısı ile bütünleştirilmesine izin veren planlama ve karar verme sürecini verimli ve etkili teknoloji istihbarat projesiyle koordine edebilmektedir (Lichtenthaler, 2003). Aynı zamanda, yüksek potansiyele sahip teknolojileri tanımlayarak bu teknolojilere yönelik karar vermeyi kolaylaştırarak rekabet avantajı sağlamaktadır (Veugelers vd., 2010). Tİ, özellikle daha kısa teknoloji yaşam döngülerinin olduğu ve küresel anlamda daha rekabetçi bir iş ortamıyla karşı karşıya kalan teknoloji tabanlı şirketler için giderek daha önemli bir avantaj haline gelmektedir. Şirketler, bunların iş başarısı için önemli varlıklar olduğunun farkına vararak, Tİ yöntemlerine giderek daha fazla önem vermektedirler (Mortara, 2009).

Özetle, yukarıda istihbarat teriminin tarihsel gelişimi, istihbarat türlerinin kavramsal farklılıkları ve çalışmanın odağında olan teknoloji istihbaratının firmalar bazında tarihsel gelişimi vurguladıktan sonra bir sonraki başlıkta Tİ'ye ilişkin kavramsal çerçeveye değinilecektir.

1.3 Teknoloji İstihbaratı Kavramsal Çerçevesi

Tİ, rekabet koşullarında verimliliği artırmak için Ar&Ge faaliyetlerindeki ve küresel olarak teknolojik olguların artmasıyla birlikte ortaya çıkan karmaşıklık ve hızlı gelişmeler nedeniyle giderek büyük ilgi görmektedir. Tİ kavramsal olarak, Kerr vd. (2006) tarafından bir organizasyonun teknolojik tehditler ve fırsatlar konusunda farkındalığa varabilmesi için teknolojik bilgilerin elde edilmesi ve karar vericilere sunulması olarak tanımlanmıştır. Schuh vd. (2016) Tİ'yi şirketin teknolojik ve stratejik kararlarını desteklemek için teknolojik trendler hakkında bilgi toplama, analiz etme ve ihtiyaç duyulan bilgileri gerekli mercilere iletme ile ilgili tüm faaliyetleri kapsaması şeklinde yorumlamıştır. Teknoloji yönetiminin bir parçası olan Tİ gelişmekte olan

teknolojileri yakından takip etme yollarını araştırır (Lichtenthaler, 2004b). Teknoloji yönetiminin etkinliği, mevcut ve gelecekteki teknoloji trendlerinin gözlemlenmesine bağlı olduğundan, Lichtenthaler (2004c) Tİ'yi teknolojinin sistematik bir değerlendirmesi ve gözlemi olarak yorumlamıştır. Bir diğer Tİ tanımı ise, Shehabuddeen ve Probert (2004) tarafından şirketlerin strateji sürecinin formüle edilmesine yardımcı olmasının yanı sıra, olası problemlere meydan okuma için yıkıcı teknolojilerin (disruptive technologies), diğer bir deyişle teknolojilerdeki radikal gelişmelerin ortaya çıkarılması olarak tanımlanmıştır. Radikal değişiklik yaratan bu teknolojiler ve bu teknolojilerin inovasyon çalışmaları ise, son yıllarda tüm pazarların doğasını ve kapsamını değiştirmiştir. Bu hızlı değişim, şirketler açısından bilgi noksanlığına ve belirsizliğe neden olmaktadır (Schuh vd., 2016). Şirketlerin risk azaltıcı işlevlerinden biri olan Tİ sürecine odaklanmak bu belirsizlikleri azaltmakta ve şirketlerin kapasitesini ve verimliliğini artırmaktadır (Schuh vd., 2016). Çünkü, Khosropour vd.'ye (2015) göre Tİ, teknolojik gelişmeler, değişiklikler, eğilimler, evrimler ve olayların yanı sıra rakiplerin sürdürdüğü faaliyetler, yeni iş birliği fırsatları, rekabet ortamına yönelik farkındalıklarla ilgili bilgileri tanımlamaya, biriktirmeye, analiz etmeye ve uygulamaya olanak sağladığı öne sürülmüştür (Khosropour vd., 2015). Özetle, teknolojilere hızlı ve erken yatırım yapmak büyük riskler barındırmaktadır. Özellikle yeni gelişen teknolojilere yönelik yapılan Ar&Ge yatırımları çok riskli ve maliyetlidir. Detaylı bir Tİ sağlanmadığı müddetçe bu teknolojilerin potansiyeli ve mevcut şirkete uyumu hakkında eksik bilgi söz konusu olacaktır. Bu noktada, Ar&Ge projelerine yatırım kararları almadan önce teknolojiler hakkında istihbaratın toplanması bu teknolojilerin başarılı bir şekilde benimsenmesini kolaylaştırarak rekabet avantajı sağlayabilecektir (Veugelers vd., 2010).

Yapılan tüm bu kavramsal açıklamalar neticesinde Tİ'nın şu üç temel amacı olduğu söylenebilir (Ashton & Stacey, 1995):

- Şirket başarısını olumsuz etkileyebilecek hamleler veya teknik gelişmeler hakkında erken uyarı sağlamak,
- Bilimsel veya teknolojik değişiklikler neticesinde ortaya konan yeni ürün, süreç veya iş birliği fırsatlarını belirlemek,

- Teknolojik ürüne yönelik mevcut ve potansiyel tehditlerin ele alınmasının yanı sıra önemli ve yeni fırsatların keşfedilmesi için teknik olaylar veya teknolojik trendler ile ilgili rekabet ortamını anlamaya çalışmaktır.

Bahsedilen kavramsal tanımlar ve amaçlar doğrultusunda Tİ, teknolojik trendler hakkında gerekli bilgileri sağlayarak potansiyel fırsatlardan yararlanmayı ve olası tehditlere karşı önlem almayı mümkün kılmaktadır (Norling vd., 2000; Lichtenthaler, 2004b). Böylece, sadece şirket dışındaki teknolojik fırsatlar ve tehditler hakkında bir farkındalık sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda şirket içinde var olan fırsatları da gün yüzüne çıkarmaktadır.

Ancak, Tİ'nin etkinliğini sürdürmesi, yeni teknoloji trendlerinin takibine, radikal yenilikler için yeni kaynakların yaratılmasına ve eski stratejik kararların düzenli olarak yeniden gözden geçirilerek revize edilmesine bağlıdır (Lichtenthaler, 2004a). Dolayısıyla bir sonraki başlıkta bahsedilecek olan Tİ faaliyetleri sayesinde elde edilen teknolojik bilgi, şirketin karar verme sürecine büyük kolaylık sağlama potansiyeline sahiptir (Shehabuddeen & Probert, 2004).

1.4 Teknoloji İstihbaratı Faaliyetleri

Hedef belirleme, kontrol, yenilik ve istihbarat karmaşık organizasyonlarda dört ana konu olmasına rağmen (Wilensky, 2015), amaca uygun Tİ faaliyetleri, şirketlere son teknolojik gelişmeleri nasıl takip edecekleri konusunda yol gösterir. Şirketler, potansiyel fırsatlardan yararlanmak ve potansiyel tehditlere karşı önlem almak isteyerek, Tİ faaliyetlerini uygulamaya veya geliştirmeye ihtiyaç duymaktadırlar. Çünkü bu sistemler karar vericilere gelişen teknolojiler ve trendler hakkında derinlemesine bilgi sağlamaktadır. Böylece şirketler karşılaşılan sorunların üstesinden gelebilmek için güçlü ve zayıf yönlerini bilimsel ve teknik perspektiflerle keşfedebilmektedirler (IfM, 2007).

Wellensiek ve Drescher (2019) ilgili teknolojilerin belirlenmesinin ve bu teknolojilerin performanslarının değerlendirilmesinin şirketlere rekabet avantajı sağladığını ve bunu yapabilmek için mevcut ve yeni bilgilerin toplanması ve değerlendirilmesi gerektiğini savunmaktadır. Ayrıca, yazarlar gelecekteki teknolojik

belirsizliklerden, sürprizlerden kaçınmak ve karar verme süreci için doğru bilgi sağlamak adına şirketlerin teknoloji istihbarat faaliyetlerini kullanması gerektiğinin önemine değinmektedirler (Wellensiek ve Drescher, 2019). Bu faaliyetleri Kerr vd. (2006) bilgi toplamak, sorunları belirlemek ve şirketin zayıf ve güçlü yönlerini keşfetmek olarak tanımlamıştır. Daha ayrıntılı olarak, risklerden kaçınmak ve teknolojik ortamdaki değişikliklerden yararlanmak için önceden belirlenmiş, toplanmış ve değerlendirilmiş bilgileri karar vericilere sunmak organizasyonların yeni ürünler ortaya koymasını kolaylaştırdığı ve inovasyona teşvik ettiği için Tİ faaliyetlerinin etkisi büyüktür (Khosropour vd., 2015). Bu noktada Schuh vd., (2016) daha rekabetçi, hızlı, küreselleşmiş ve öngörülebilir hale gelebilmek için Tİ faaliyetlerini tarama, izleme ve keşif olarak tanımlamıştır. Benzer şekilde, Wellensiek ve Drescher'e (2019) göre Tİ'ın temel faaliyetleri, bilgi toplama, ayrıntılı araştırma, tarama, izleme ve keşiftir. Ek olarak, Ashton ve Stacey (1995) istihbarat faaliyetlerini teknik istihbarat boyutunda ele almıştır. İstihbaratın teknoloji çevresiyle ilgili geniş çapta veri sunan bilim ve teknoloji taramasıyla (Science&Technology scanning) başladığını öne sürmektedir. Bilim ve teknoloji taraması sonucunda elde edilen veriler ise izleme (monitoring) faaliyetleri için değer oluşturmaktadır. Bilim ve teknoloji odağında tarama ve izleme faaliyetleri şirketler için bilim ve teknoloji gözleminin (S&T surveilliance or watching) bileşenlerini oluşturmaktadır. Böylece, teknik gözlem sayesinde bilim ve teknolojideki değişikliklerin iş başarısını nasıl etkileyebileceğinin cevabı sunulmaktadır (Ashton ve Stacey, 1995). Yine aynı şekilde, Wellensiek & Drescher (2019) tarafından Tİ faaliyetleri tarama, izleme ve keşfetme olarak belirlenmiştir. *Tarama (Scanning),* teknolojik yeniliklerle *(technological innovation)* ilgili zayıf ve güçlü sinyalleri belirlemeyi amaçlarken; *izleme (Monitoring)*, belirli araştırma alanlarındaki trendleri tanımlar. Diğer bir faaliyet türü olan *keşfetme (Scouting)* ise, hedeflenen teknolojik bilgileri keşfedebilmek için bilim ve teknoloji odağında operasyonel boyutta çözümler sunan fikirler üretmektedir (Schuh vd., 2016; Savioz, 2003). Tİ faaliyetlerini daha derin boyutlarda tanımlayabilmek adına aşağıda bu faaliyetler ayrıntılarıyla ele alınmıştır.

Teknoloji İzleme (monitoring), izlenilecek teknoloji alanlarındaki enformasyonların sürekli olarak aranması, yorumlanması ve erişimin sağlanmasıdır.

Başarılı bir *izleme*, sürekli ve düzenli bir bilgi akışı sağlamaktan ziyade "kırmızı bayrak" olarak nitelendirilen önemli görülen kilit olayları ve değişiklikleri vurgular. *İzleme* faaliyeti sürekli değişiklikler hakkında bilgi sunmaktadır ve böylece sistem kullanıcıları özel dikkat gerektiren değişiklikler hakkında bilgilendirilir. Bu nedenle, karar vericileri önceden tanımlanmış alanlarda gelişmelere ve ortaya çıkan eğilimlere karşı uyarmak için temel oluşturur (Ashton ve Stacey, 1995). Diğer bir yandan, Savioz (2004), *teknoloji izleme (technology monitoring)* yardımıyla sinyalleri tanımlamak ve değişiklikleri belirlemek için bilgi toplayarak teknolojik çevreyi gözlemlemektedir. Dolayısıyla *teknoloji izlemenin* hem tehditler hem de fırsatlar açısından, olası değişiklikler hakkında bir nevi alarm sistemi olduğu söylenebilir. *İzleme* faaliyetinde önemli olan gözlem kapsamı ve gözlem süresidir, aksi halde teknoloji tahminine neden olabilmektedir.

Öte yandan, *teknoloji keşfi (technology scouting),* bilimsel ve teknolojik fikirler odağında belirli kuruluşlar veya uzmanlardan hedeflenen bilgileri toplar. Böylece, sadece şirket için bilgilerle yetinmeyip dış çevreden de bilgi toplamaktadır (Savioz, 2004).

Teknoloji Tarama ise, bir firma için önemli olabilecek teknik gelişmeleri ve değişiklikleri tanımlamak için geniş bir veri kaynağından gelen bilgilerin sürekli gözlenmesi (surveillance) olarak yorumlanabilir. Bu sebeple tarama genellikle izleme (monitoring) veya değerlendirme (assessment) sürecinden daha derinlemesine incelenen konuları tanımlamaktadır (Ashton & Stacey, 1995). *Tarama* faaliyetlerinde çalıştaylar, beyin fırtınası, literatür taraması, semantik, bibliyometrik ve patent analizi gibi çeşitli nicel ve nitel yöntemler kullanılabilmektedir. Miles vd. (2016)'e göre *çevresel tarama (Environmental Scanning) ve yatay tarama (Horizontal Scanning)* olmak üzere iki tür tarama faaliyeti mevcuttur. *Çevresel tarama,* ilgilenilen alanla ilgili konuların sistematik olarak belirlenmesi, izlenmesi ve incelenmesi olarak yorumlanmaktadır (Miles vd., 2016: 64). *Çevresel tarama*, odak teknolojilerin anlaşılmasını sağlamak için organizasyonun dış ve iç çevresine odaklanır. Bu analiz türleri sosyal, teknolojik, ekonomik, çevresel ve politik açılardan çoklu perspektiflerde önemli gelişmeleri, eğilimleri ve kilit aktörleri dış bağlam taraması odağında izlemektedir. *Çevresel*

taramada bibliyometrik veya patent analizi gibi yöntemler kullanılarak, bilim ve teknolojideki gelişmeleri izlemektedir. Ayrıca, özel veri tabanı analizi, içerik analizi ve rapor incelemesi gibi analizlerle iş modelleri veya gelişmekte olan pazarlar önerilebilmekte ve böylece odaklanılacak teknoloji çerçevesi, konuları veya temaları belirlenebilmektedir. Öte yandan, iç çevre ve dış çevre uzsurları organizasyon hedeflerin elde edilmesi, organizasyonel politikaların oluşturulması, beceri kazanma ve rekabet üstünlüğü açısından önemli belirleyicilerdir.

Dolayısıyla, *çevresel tarama* faaliyetleri kritik konuları anlamak ve sisteme yönelik bilgi akışı sağlamak için karar vericiler ve paydaşlara faydalı bilgiler sağlar. Bu süreç, teknolojik gelişmeler, demografik özellikler, politik dönüşümler, çevresel sorunlar ve sosyo-kültürel değerlendirmeler gibi belli başlı belirsiz ve önemli konuları dikkate aldığından dolayı geleceğe yönelik senaryolar oluşturmaya yardımcı olur (Miles vd., 2016).

Başka bir tarama tekniği ise daha çok geleceğe yönelik istihbarat toplama alıştırması olan *yatay taramadır (Horizontal Scanning).* Belirli bir konudaki geleceğe yönelik trendler, belirsizlikler ve sorunlar ile ilgilenir. Yatay tarama, ilgili teknoloji alanıyla ilgili ortaya çıkan sorunların ya da gelişmelerin sistematik olarak belirlenmesini ve incelenmesini sağlar (Miles vd., 2016).

Şirketlerin gelecekteki başarısı, doğru zamanda bu istihbarat faaliyetlerini uygulayarak daha doğru stratejik kararlar almalarına bağlı olacağı söylenebilir. Dolayısıyla, teknolojik değişimleri yorumlamak ve gözlemlemek, şirketin performansını, rekabet gücünü ve verimliliğini artırmakta ve ayrıca stratejik avantaj sağlayabilmektedir. Şirketlerin bu görevleri yerine getirmek için geleceğe yönelik değerli bilgiler toplamaya yardımcı olan Tİ sistemlerini göz önünde bulundurmaları gerekmektedir. Ancak günümüzde teknolojik değişimlerdeki yoğun belirsizliklerden dolayı yapılan yanlış ve yetersiz yorumlamalar, bilgilerin eksik bir şekilde formüle edilmesi veya eksik bir şekilde Tİ faaliyetlerini yapılandırmak, şirketler için ciddi veya tahrip edici sonuçlar doğurabilmektedir (Vollmer vd., 2013). Teknolojideki bu yoğun

belirsizlikler ve bu belirsizliklere çözüm önerileri genel boyutta bir sonraki başlıkta açıklanmıştır.

1.5 İstihbarat Faaliyetlerine Yönelik Belirsizlikler

Teknoloji, işletmelerin süreçlerini sürekli ve sorunsuz bir şekilde ilerletmeleri için en önemli girdi unsurlarından biri olmasına rağmen (Norling vd., 2000) ihtiyaç duyulan bilgiye istenilen her an ulaşabilmek, örtük bilgi dikkate alındığında imkânsız olabilmektedir (Vollmer vd., 2013). Çünkü işletmelerin doğası gereği teknolojiler oluştukları anda üretim süreçlerine veya projelerine yansımamaktadır (Norling vd., 2000). Bu nedenle karar vericiler teknoloji hakkında yeterli ön bilgiye hemen sahip olamamakta (Vischer vd., 2010) ve yeni gelişen teknolojiler hakkında tespit edilmesi zor olan zayıf sinyalleri belirleyememektedirler (Vollmer vd., 2013).

Bu belirsizlikler aynı zamanda yıkıcı inovasyon sayısının artması, inovasyon döngülerinin kısalması ve daha az öngörüye neden olan start-up'ların var olması nedeniyle günümüz dünyasında daha da büyük sorun haline gelmektedir. Belirsizliğin büyük bir kısmı teknoloji ve pazar alanlarını olumsuz yönde etkileyen bilgi eksikliğinden kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla şirketin yeteneklerini, kaynaklarını, bilgi birikimini ve iş birliklerini etkilediği söylenebilir. Lichtenthaler (2004c), teknoloji yaşam döngüsünün erken aşamasında, belirsizlik nedeniyle Tİ sürecini organize etmek için proje tabanlı öğrenme süreci ve gayri resmi koordinasyonun benimsenmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Karmaşık bir süreci olan yeni teknoloji ve ürün lansmanı veya ürün geliştirme süreçleri belirsiziliğin göreceli olarak daha fazla olduğu alanlardır (Schuh vd., 2016). Belirsizlikleri ortadan kaldırabilmek için, Schuh vd. (2016), şirketlerin geleneksel Tİ yerine *çevik Tİ'ye (agile TI)* odaklanması gerektiğini iddia etmektedir. Çevik Tİ hızla değişen, karmaşık teknolojiler ve pazarlarla ilgilenir. İstihbarat faaliyetleri, hem karar vermeyi kolaylaştırabilmek amacıyla bilgi üretimini hem de iş zekasını ve Tİ'yi entegre etmektedir. Literatürde belirsizlikler piyasa temelli ve teknoloji temelli olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Kerr vd., 2006; Schuh vd., 2016).

Piyasa temelli belirsizlikler, müşteriler ve ürünlerle ilgilidir (Kerr vd., 2006). Çünkü müşterilerin davranışları ve ürünlere yönelik teknolojik gelişmeler tahmin edilebilir değildir. Piyasaya dayalı belirsizlikleri azaltmak için ürün sürecini geliştirme, müşteri sorunlarına çözüm gibi müşteri ve ürün belirsizliklerine yönelik çözümler üretmeyi amaçlamaktadır. Bu süreçte kullanılan yöntemleri ise anket, fikir paylaşımı ve deneyim paylaşımıdır (Schuh vd., 2016).

Teknolojiye dayalı belirsizlikler ise yanlış teknolojik varsayımlar nedeniyle oluşabilmektedir (Schuh vd., 2016). Teknolojiye dayalı belirsizlikleri azaltma yöntemleri olarak şunlar önerilmektedir:

• *Ağdaki Bilgi Kaynaklarının Kullanımı (Knowledge Sourcing in Networks):* Şirketler, dış çevreden ve teknoloji kaynaklarından bilgi elde ederek bu bilgileri belirsizlikleri gidermek için kullanırlar. Firmalar inovasyon ağı içinde yer alarak teknolojik başarısızlıklardan kurtulabilmektedirler.

• *Tedarikçi Entegrasyonu (Supplier Integration):* Tedarikçiler, ürün geliştirme sürecine entegre edilerek gerçekleşen iş birliği ile daha iyi ve daha düşük maliyetli ürünler üreterek tedarik odaklı belirsizlikleri ortadan kaldırabilmektedirler.

• *Saha Testi ve Beta Testi (Field Testing and Beta Testing):* Bu yöntemin amacı, ürünün gerçek dünyada kullanılabilirliğini ve işlevselliğini artırmaktır. Bu yöntem, gerçek yaşam koşullarının dikkate alarak ürün geliştirme aşamalarının sonlarına doğru uygulanmaktadır. Saha testi, laboratuvar koşulları yerine gerçekçi yaşam koşulları altında test edilen ürünleri ifade eder. Beta testi kullanıcı kabul testiyle ilişkilidir.

• *Simülasyon ve Fonksiyonel Dijital Modeller (Simulation and Functional Digital Mock-Up's):* Bu yöntem sadece analitik değil aynı zamanda deneyselliği de içermektedir. Ürünlerin dijitalleşmesini temsil etmektedir.

Bahsedilen tüm bu belirsizliklere yönelik keşfedilen zayıf sinyaller, istihbarat sağlayan uzmanlar (Kerr vd., 2006) tarafından sunulan çözüm önerileri de dikkate alınarak şirketlerin stratejilerini ve hedeflerini olumlu yönde etkileyebilir ve şirketin gelecekteki konumunu tahmin edilebilir hale getirmektedir (Schroder, 2004). Aynı

zamanda bahsedilen bu belirsizlikleri ortadan kaldırabilmenin bir diğer yolu ise şirket içi ve şirket dışı (patentler, yayınlar, rakip çalışmaları) kaynaklara erişim sağlamak; mevcut ve gelecekteki pazar gereksinimleri ve hedefleri anlayarak iş planını oluşturmak; sosyal, politik, çevresel, ekonomik ve teknik gibi dış çevre ile ilgili konularda etkili olan unsurları belirlemek ve kritik teknoloji stratejilerinin çerçevesini belirlemektir (Arman & Foden, 2010).

Ancak çok az şirket mevcut konumlarını korumak ve teknoloji fırsatlarını takip etmek için istihbarat/bilgi kaynaklarını kullanmaktadır (Norling vd., 2000). Yetersiz istihbarat süreçlerine sahip olmak, firmaların radikal bir şekilde yol alan teknolojik değişimlere direnememesine neden olur. Ayrıca bu durum, işletmelerin üretim süreçlerinde teknolojik durgunlukla karşılaşmalarına neden olmasından dolayı başarısızlık olarak tanımlanmaktadır (Lichtenthaler, 2004a). Bu noktada bir sonraki başlıkta bahsedilen Tİ sürecini iyi anlamak, uygun yönetim sürecine bağlı olarak, şirketin teknolojik ihtiyaçlarının belirlenmesine katkı sağlamakta ve firma genelinde etkin ve uygulanabilir bir bilgi akışı sunmaktadır.

1.6 Teknoloji İstihbarat Süreci

Tİ süreci, ihtiyaç duyulan bilgilerin belirlenmesi, bu bilgilerin toplanması, analiz edilmesi ve elde edilen bilgilerin ilgili mercilere dağıtılarak sonuçların oluşturulması sürecinden oluşmaktadır (Schuh vd., 2014; Schuh vd., 2016; Schroder, 2004; Khosropour vd., 2015; Wellensiek & Drescher, 2019; Savioz, 2004). Veugelers vd., (2010) teknoloji istihbarat döngüsünün beş aşamasından bahseder. İlk aşama olan planlama ve yönetim aşamasında karar vericiler hangi istihbarat bilgilerinin üretilmesini sağlayabilmek için ihtiyaçları belirlerler.

İkinci aşamada, patent, bilimsel yayınlar, faaliyet raporları ya da uzman görüşü gibi ihtiyaç duyulan veri toplama kaynakları belirlenir. Üçüncü aşama, kaynak koleksiyonlarından, yani Web of Knowledge, Scopus, Derwent Innovation Index (DII), ABD Patent ve Marka Ofisi (United States Patent and Trademark Office - USPTO), Avrupa Patent Ofisi (European Patent Office - EPO), Dünya Fikri Mülkiyet Örgütü (World Intellectual Property Organization - WIPO), Lens.org, Dimensions, Microsoft Academic, Google Scholar, Google Patents gibi belirlenen bilimsel yayın ya da patent içerikli veri tabanlarından gerçek verilerin elde edilmesidir. Dördüncü aşama elde edilen bu verilerin kullanım amacına göre filtrelenerek analiz edilme aşamasıdır. Strateji geliştirmek için karar vericilere bilgiler sağlayan raporlama ve bilgi aşaması ise son aşamadır (Veugelers vd., 2010).

Bir diğer benzer süreç Ashton ve Stacey (1995) tarafından Teknik İstihbarat (Technical Intelligence) süreci adıyla tanımlanmıştır. Bu süreçte de bahsedilen diğer istihbarat adımlarına benzer altı temel adım söz konusudur. Bunlar; karar vericilerin ihtiyaçlarını anlamak ve ihtiyaç duyulan istihbaratı karşılayacak faaliyet oluşturmak için *Planlama (Planning)*, veri ve enformasyon elde etmek için *Toplama (Collection),* veri ve enformasyonu istihbarata dönüştürmek için *Analiz (Analysis*), elde edilen enformasyonların istihbarat kullanıcılarına (intelligence users) diğer bir adıyla karar vericilere aktarımı için *Gönderim (Delivery),* istihbarattan değer elde etmek için *Kullanım (Use)* aşaması ve son olarak istihbarat sonuçlarının ihtiyaçları karşılamadaki etkinliğinin gözden geçirilmesi için *Değerlendirme (Evaluation)* aşamasıdır.

Bir diğer çalışma olan Wellensiek ve Drescher tarafından (2019) önerilen teknoloji istihbarat süreci Şekil 1'de gösterilmiştir.

Şekil 1: Teknoloji İstihbarat Süreci

Şekil 1'de gösterilen teknoloji istihbarat sürecinin detayları şu şekildedir:

• *İhtiyaçların Belirlenmesi:* Tİ sürecinin ilk adımı şirketin ihtiyaç duyduğu bilgilerin belirlenmesidir, çünkü genellikle bu süreçte problemler tespit edilebilmektedir (Vollmer vd., 2013; IfM, 2007; Schuh vd., 2016). Bilgi ihtiyacının belirlenmesi sadece şirketin mevcut durumuna değil, aynı zamanda şirketin gelecek planlarına da bağlıdır (IfM, 2007). Bu nedenle, şirket için faydalı olabilecek bilgilerin fark edilebilirliğini geliştirmeleri gerekir. Bilgi ihtiyaçlarının ilk aşaması bilgi toplama aşamasının belirlenmesidir. Savioz'a (2004) göre Tİ'yi yürütmenin iki perspektifi vardır: *içten-dışa (inside-out)* ve *dıştan içe (outside-in)* olarak adlandırılır. İçeriden dışarıya mevcut teknoloji alanları gözlemlenirken, dışarıdan içeriye bakış açısı ile ise teknoloji trendleri genel anlamda gözlemlenir. Böylece endüstriye, zaman ufkuna, teknoloji planlamasına ve stratejisine bağlı olarak bu bakış açıları, evrende sınırsız miktarda var olan bilgi miktarının başarılı bir şekilde azaltılmasına katkıda bulunur (Savioz, 2004).

• *İstihbarat Toplama:* Bilgi toplama ve bilgi edinme, bilginin erişilebilirliğini temsil eder. Ancak bazen bilgi toplama için zaman sınırlandırması olmaması nedeniyle karar vericiler için yeterince dikkate alınmayabilir. Bilgi toplama aşamasında birebir alan uzmanı kişilerden bilgi edinmekten ziyade farklı kişiler arasındaki bilgi transferinin gerçekleşmesi olumsuz etkilere neden olabilmektedir. Bu nedenle bu aşamada bilgiyi kimin toplaması gerektiği ve bilgi kaynaklarının neler olduğu sorularının net bir şekilde yanıtlanması gerekmektedir. Savioz (2004) tarafından bilgi kaynaklarının neler olduğunu özellikle teknoloji özelinde bilimsel veri tabanları, bilimsel makaleler, patentler, seminerler, konferanslar, projeler, Ar&Ge araştırmaları, ulusal araştırma

raporları gibi hem resmi hem de gayri resmi bilgi kaynakları olarak göstermiştir. Bilgi istihbaratını kimin sağlaması gerektiği ise şirketler için karar verilmesi gereken önemli konulardan bir tanesidir. Bu kişiler şirket içinden olabileceği gibi şirket dışı danışmanlıklar yürüten ve karar vericilere teknoloji istihbaratı sağlayan kişiler, kurum ya da kuruluşlar olabilmektedir (Kerr vd., 2006). Bu konu teknoloji istihbarat katmanları başlığı altında ayrıntılarıyla ele alınacaktır.

• *İstihbarat Bilgilerinin Değerlendirilmesi:* Bilgi analizi yalnızca toplanan verilerle gerçekleşir. Analizin filtre, entegrasyon ve değerlendirme olmak üzere üç farklı işlevi vardır. Filtrenin işlevi, bilgi kalitesini değerlendirmek ve aynı zamanda bilgi uygunluğu açısından sınırsız sayıdaki bilgi miktarını azaltmaktır. Entegrasyon işlevi, uygun bilgiyi şirketin amaçları doğrultusuna entegre eder. Değerlendirme işlevi ise, bilgiyi stratejik anlama dönüştürür ve bu dönüşüm bilginin istihbarat haline gelmesi demektir (Savioz, 2004). Ancak bilgi analizi araçlarının eksikliği yetersiz bilgi analizini ortaya çıkarmaktadır. Zayıf analizlerin bilgi kaybına neden olabileceği de söylenebilir.

• *İstihbaratın İletilmesi:* Bilginin yayılma aşamasında potansiyel kullanıcılara ulaşılır. Bu kullanıcılara aynı zamanda mevcut trendlerin paylaşılarak fikir alışverişlerinin yapıldığı yılda birkaç kez şirketlerin katılımıyla yapılan teknoloji kurulları toplantılarında ulaşılabilmektedir. Verimsiz bilgi yayılımı, sistematik olmayan ve sorunlu bir teknoloji istihbarat süreci ile sonuçlanmaktadır (Savioz, 2004). Bu nedenle bilgi itme ve bilgi çekmenin bu aşamada etkisi önemlidir. Çünkü organizasyonel istihbarat hem bilgi çekmeyi hem de bilgiyi itmeyi gerektirirken, örgüt istihbaratı üst yönetimin bilgi aktarımına ihtiyacı vardır (Savioz, 2004). Ayrıca organizasyonel istihbaratta örgütün tüm seviyeleri karar verirken; örgüt istihbaratında ise karar sadece üst yönetim tarafından verilir.

Tİ faaliyetleri, teknoloji trendleri hakkında bilgi birikimi, analizi ve yayılması ile ilgilidir. Teknolojik gelişmelerin ve teknoloji yönetiminin tamamen bilgiye ve istihbarata bağlı olduğu söylenebilir. Bilgi olmadan, hızlı değişimler için teknolojinin bugünü veya geleceği bilinemez (Khosropour vd., 2015). Şirketler arasında Tİ uygulamalarında farklılık olmasına rağmen, Tİ uygulaması ve sistem tasarımı konusunda ayırt edici bir özellik bulunmamaktadır (Savioz, 2004).

Tİ süreç tanımına ek olarak, Porter (2005), Tİ analizi sürecinin dört hızlı Tİ süreci faktörü aracılığıyla yürütülmesinin aylar yerine dakikalar sürebileceğini iddia etmektedir. Bu Tİ süreçleri;

• *Anında veri tabanı erişimi*, bilim ve teknoloji gibi çeşitli veri tabanlarından gelişmiş bilgi erişimidir. Patentler, konferans makaleleri, dergiler, Ar-Ge projeleri, popüler basın, politika ve iş faaliyetleri gibi veri tabanlarından toplanan tüm bilgiler, güçlü ve verimli Tİ analizine olanak tanır.

• *Analitik Yazılım*, teknoloji madenciliği yöntemlerini kullanarak daha hızlı analiz sonuçları elde edilmesine katkı sağlar.

•*Otomatikleştirilmiş rutinler* ya da belirlenmiş standart modeller, rutinlerin standardizasyonunu ve otomasyonunu sağlar.

• *Karar süreci standardizasyonu*, verimli karar altyapısının geliştirilmesine yardımcı olur. Böylece karar vericiler, karar süreci standardizasyonu yoluyla sınırlamalarını ve güçlü yanlarını daha iyi anlayabilirler.

Tüm bu faktörler iki soruyu yanıtlamaktadır. Mevut teknolojideki (bilim ve teknoloji yayınlarını analiz ederek) en son gelişmeler ve trendler nelerdir? Şirketin teknolojik ihtiyaçlarını karşılayacak partner, şirket için uygun mudur? İlk soru, birden fazla şirket arasındaki teknoloji geliştirme faaliyetlerini vurgularken; ikinci soru, bir şirketin faaliyetleri açısından belirli bir teknolojik gelişme alanını vurgulamaktadır (Porter, 2005).

Bu hızlı Tİ sürecinde bazı oyuncular/aktörler mevcuttur. Bunlar; bilgi sağlayıcılar, şirket ihtiyaçlarını karşılayarak şirketlerin fikri mülkiyet kazançlarına ve korunmalarına odaklanırken, bilgi uzmanları analitik araçlara ve veri tabanlarına erişmeyi sağlar, teknoloji analistleri ise bu yetenekleri güçlü ve düzenli bir şekilde kullanır. Son olarak karar vericiler ise analiz sonuçlarının yorumlanmasıyla şirket amaçlarına ve stratejilerine uygun çıktılar sunar. Süreç yönetiminin faydasını arttırmak için, Tİ sürecinde, aktörler arasında sürekli etkileşim ve artan katılım olmalıdır. Üst düzey teknoloji yöneticileri, strateji geliştiriciler, politika yapıcılar veya son kullanıcılar bilgi ihtiyaçlarını karşılayabilmektedirler (Behkami & Daim, 2012).

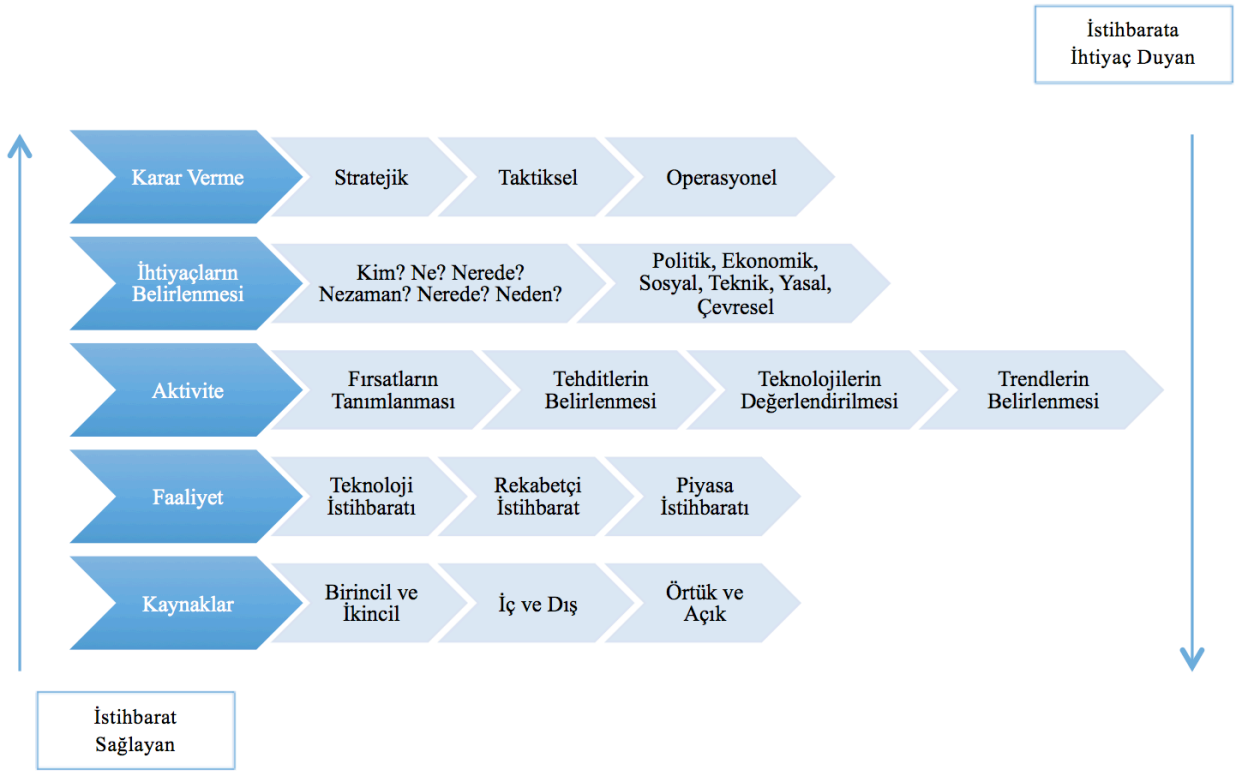
1.6.1 Teknoloji İstihbaratı Sürecinin Uygulama Katmanları

Cambridge Üniversitesi araştırmacılarından olan Kerr vd., (2006) Tİ literatürüne en önemli katkılardan birini sunmuştur. Kerr vd., (2006) yukarıda bahsedilen, Tİ süreci adımlarını detaylı bir şekilde tanımlayabilmek adına teorik bir Tİ modeli geliştirmişlerdir. Model üç katmandan oluşmaktadır. Bunlar; *çerçeve düzeyi (framework level), sistem düzeyi (system level) ve süreç düzeyidir (process level)*. *Çerçeve düzeyi*, Tİ süreci adımlarından ilki olan bir organizasyondaki karar vericilerin bilgi gereksinimlerini ve bilgi boşluklarını ortaya çıkarma adımlarından bahsetmektedir. *Sistem düzeyi*, operasyonel modlara (*mine, trawl, target, scan*) odaklanarak gerçek istihbarat ihtiyaçlarını hangi araçlara bağlı olması gerektiğini keşfetmektedir. *Süreç düzeyi* ise, strateji planlaması için bir çalışma döngüsü sağlamaktadır (Mortara vd. 2010). Kerr vd. (2006) tarafından üç farklı model olarak ele alınan teknoloji istihbaratı sürecinde ana hedef firmanın neye ihtiyaç duyduğu, teknoloji istihbaratı sürecinde hangi adımların izleneceği, istihbarat toplamak adına hangi kaynakların ve araçların kullanılacağı, elde edilen istihbaratların nasıl uygulamaya geçirileceği ve kimlerin bu süreçte sorumlu olduğunun yanıtı tüm hatlarıyla verilmiş olacaktır (Gonçalves ve de Almeida, 2019).

Aşağıda bulunan alt başlıklarda Tİ modeli katmanları ayrıntılarıyla ele alınmıştır.

1.6.1.1 Çerçeve Katmanı

Tİ süreci iki paydaştan oluşmaktadır. Bunlar, istihbarat tüketicileri (intelligence consumer) olarak nitelendirilen bir kuruluşta karar vericiler olan kişiler ve istihbarat sağlayan (intelligence broker) aracı kişi ya da kuruluşlardır. Şekil 2'de görülebileceği üzere, Kerr vd. (2006) tarafından oluşturula çerçeve düzeyi modelinde istihbarat tüketicileri ve istihbarat sağlayıcıları arasında yukarıdan aşağıya bir bilgi akışı söz konusudur.



Şekil 2: Teknoloji İstihbaratı Çerçeve Düzeyi

Şekil 2'de görülebileceği üzere karar vericiler örgütsel ihtiyaçlarını öğrenmek için yukarıdan aşağıya akış yönünde ihtiyaçlarını ortaya koyarken; istihbarat sağlayıcılar, karar vericilerin ihtiyaç duyduğu istihbaratı ortaya çıkarır. İstihbarat sağlayıcılar perspektifinde ise aşağıdan yukarıya bir besleme vardır (Mortara vd., 2010). En alttaki iki katman istihbarat sağlayıcılar ilişkilendirilirken, en üstteki iki katman karar vericilerle (istihbarat tüketicileri) ilgilidir. Orta kademe bu iki paydaşla da ilgilidir.

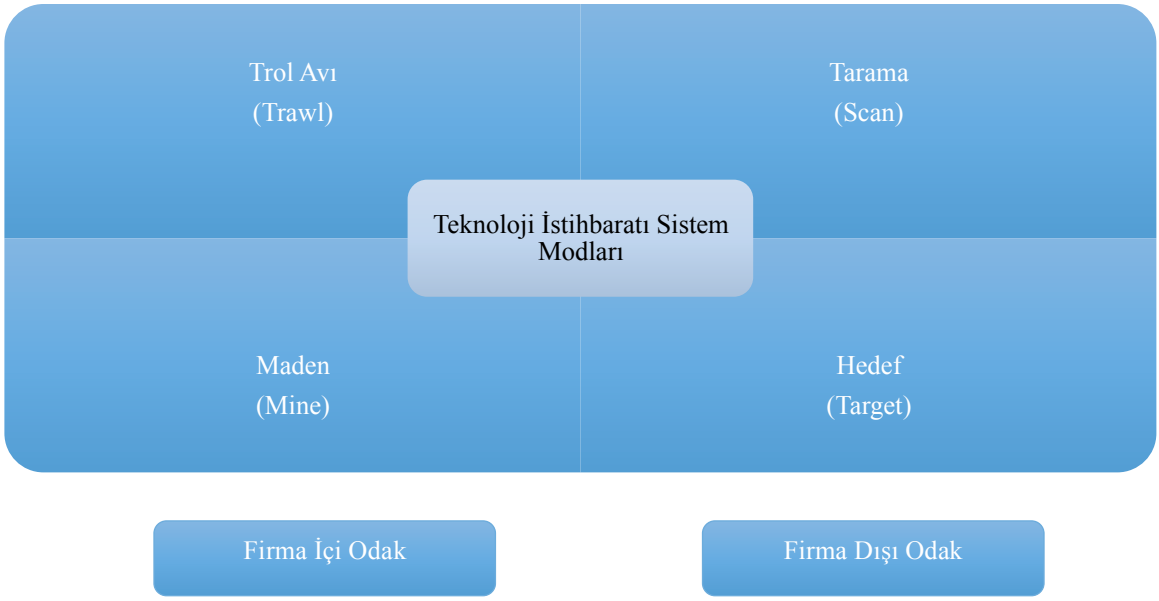
İlk katmanda karar vericiler şirket amaçları doğrultusunda stratejik, taktik ve operasyonel düzeyde kararlar alırlar. İstihbarat faaliyetleri bu üç sınıfla ilgili olmalıdır. İkinci katman, istihbarat için ihtiyaçların belirlenmesiyle ilgilidir. Karar vericilerin ihtiyaçları veya gereksinimleri göz önünde bulundurulur. Karar vericiler, teknolojinin farklı özelliklerini öğrenmek için Kim, Ne, Nerede, Ne Zaman, Neden ve Nasıl sorularını sorarlar. Bu soruları sorarken çevresel, teknolojik, sosyal, ekonomik ve politik açıdan değerlendirerek çoklu perspektifle bilgiler sunar.

Üçüncü katman olan eylem katmanı, karar vericiler ve istihbarat sağlayıcılar arasında bağlantı oluşturur. Ayrıca istihbarat tüketicisinin ihtiyaçları göz önüne alındığında istihbarat sağlayıcılar tarafından sağlanması gereken istihbaratı da tanımlar. Bu eylemler, fırsatları tanımlar, tehditleri tanır, en son teknolojileri değerlendirerek belirli bir teknoloji alanındaki trendlerin profilini çıkarır. Bir önceki katmandaki eylemlerin gerçekleştirilebilmesi için Tİ faaliyetinin yanı sıra piyasa istihbaratı ve rekabet istihbaratına da ihtiyaç vardır. Çünkü aralarında önemli bir ilişki vardır. Bu güçlü ilişki, stratejik yol haritalama tekniklerini ortaya koymaktadır. Rekabet istihbaratı bir kuruluşun ürünlerine ve mevcut ve potansiyel rakiplerine odaklanırken, pazar istihbaratı son kullanıcılara ve bunlarla ilişkili demografik özelliklere odaklanır.

Son katman, istihbarat sağlayıcılarının bilgi ihtiyaçları için ihtiyaç duyduğu kaynakları gösterir. Bu kaynak beyaz, gri ve siyah olarak adlandırılmaktadır. Kamuya açık veya açık kaynaklar beyaz kaynakları temsil ederken, zımni veya resmi olarak yayınlanmamış belgeler gri kaynakları temsil etmektedir. Siyah olanlar ise yasadışı veya etik olmayan kaynakları temsil etmektedir. Tüm bu kaynaklar birincil, ikincil, dâhili, harici, açık veya örtük bilgiden elde edilebilir. Böylece bu çerçeve seviyelerinin sonunda, istihbarat tüketicileri istihbarat sağlayıcıların araştırmaları sayesinde istihbarat ihtiyaçlarını öğrenebilmektedirler (Kerr vd., 2006).

1.6.1.2 Sistem Katmanı

Kerr vd., (2006) Şekil 3'de görülebileceği üzere sistem düzeyinde istihbarat sistemleri için ayrı bir kavramsal model geliştirmiştir.



Şekil 3: İstihbarat Faaliyetleri/Sistem Modları

Şekil 3'de gösterilen modelde Tİ toplamanın sistem düzeyinde dört türe ayrıldığı vurgulanmaktadır. Hem dâhili modlar (*maden-trol avı/ mine-trawl*) hem de harici modlar (*tarama ve hedef/scan-target*) bu modelde yer almaktadır. Her bir kadran, istihbarat tüketicilerine yani karar vericilere, belirli bir alanda bilgi sağlayan istihbarat sağlayıcıları tarafından ele alınması gereken farklı sistem modlarını temsil eder (Schuh vd., 2014; Mortara vd. 2009). Önceden bilinen bilgiler veya iç kaynaklar olarak nitelendirilen şirket içi bilgiler doğrultusunda maden ve trol avı (*mine-trawl)* faaliyetleri gerçekleştirilirken, henüz tanımlanmamış bilgiler veya dış kaynaklar olarak nitelendirilen şirketin dış çevresinde bulunan bilgiler göz önünde bulundurularak hedef ve tarama (*scan-target*) faaliyetleri gerçekleştirilir (Mortara vd., 2009a).

Sistem modları (*mine-trawl-scan-target*) Tİ katmanlarından bir tanesi olan sistem katmanında birbirinden ayırılarak şirketlerin işletme içi ya da işletme dışı hangi bilgileri bildiklerini ve hangi bilgilere ihtiyaç duyduklarını ayırt etmelerine yardımcı olmaktadır (Mortara vd, 2009; Keer vd., 2006). Bu durum, sonraki adımlarda uygulanması gereken belli yöntemleri belirleyerek hedef odaklı doğru adımların atılmasını kolaylaştırmaktadır. Sol alt kadranda yer alan ve şirket içinde yer alan bilgilerden yola çıkarak gerçekleştirilen faaliyet türü maden yöntemidir. Eğer bir şirket becerileri ve

hangi bilgilere sahip oldukları hakkında farkındalıkları söz konusu ise şirketin kendi iç çevresine odaklanan ve Tİ faaliyetlerinden biri olan *maden (mine)* yöntemini kullanmaktadır. Bu modda örgütler bilgi boşluklarının farkındadır ve ne bildiklerini bilirler (Mortara vd,. 2009; Mortara vd., 2010). Böylece, veri tabanları ve kütüphaneler gibi kurum içi kaynaklardan faydalanılarak bilgi boşlukları ve bilgi ihtiyaçları hakkında kuruluşlara açık istihbarat sağlanmaktadır (Dang vd., 2011). Örneğin, Savioz'a (2006) göre Daimler-Benz firması maden istihbarat toplama yöntemini Tİ faaliyet girdilerinden oluşan merkezi bir veri tabanı kullanarak elde etmektedir. April ve Bessa (2006) tarafından araştırması yürütülen Exploration and Production Multinational Energy Firması ise kurum içi intranet, kıyaslama, trendler, linkler, üçüncü parti araştırmalar, partnerler, haberler, başarı hikayaleri, rakip dosyaları, iş planları gibi kaynaklardan yola çıkarak istihbarat toplamaktadırlar. International Research Monitoring Program ise sahip oldukları bilgi depolama kütüphanelerini kullanmaktadırlar (Ashton vd., 1991; Mortara, 2009).

Sol üst kadranda yer alan ve şirket içi bilgilerden yola çıkılarak gerçekleştirilen diğer bir alternatif dâhili faaliyet türü ise *trol avıdır (trawl).* Bu modda organizasyonlar ne bildiklerini bilmemektedirler ve bu nedenle şirketin iç çevresine odaklanmış bir faaliyet olan trol avını (trawl) kullanmak durumunda kalmaktadırlar. Böylece istihbarat sağlayıcılar, bilgiyi kimin bildiği ve belgelerin nerede bulunduğuna ilişkin soruları belirlerler. Örneğin, Daimler-Benz firması firma içinde seçkin bilgi sahiplerinden istihbarat toplamaktadır (Mortara, 2009; Savioz, 2006). Exploration and Production Multinational Energy Firması ise kurum içi ağ, uzmanlar arası iş birliği kültürü gibi unsurları göz önünde bulundurmaktadır (April ve Bessa, 2006; Mortara, 2009). International Research Monitoring Program ise anket, mülakat gibi bilgi toplama tekniklerini kullanırken (Ahton, 1991); Novartis ise sanal toplantılar ve teknoloji uzmanlarından oluşan yıllık toplantılar sayesinde trol avı temelli istihbarat toplamaktadır (Savioz, 2006; Mortara, 2009).

Dâhili modlara ek olarak, harici modlar da bulunmaktadır. Harici modlar, organizasyonun dış çevresine odaklanır ve istihbarat sağlamak için ilgili verileri araştırır (Mortara vd., 2009a). Lichtenthaler (2004b), gerekli ön bilgilerin, teknoloji istihbarat

faaliyetleri olarak *tarama (scan)* ve *izleme (trace)* faaliyetlerinden sağlanabileceğini belirtmiştir.

Sağ alt kadranda yer alan *amaç (target)* faaliyeti şirket dışındaki yeni ve ilgili teknolojileri izlemektedir. Amaç faaliyeti şirketin neyi bilmediğini bildiği durumlarda kullanılır (Keer vd., 2006). Amaç faaliyetinin bir diğer adı *izlemedir (monitoring)* ve belirli teknolojileri ve eğilimleri gözlemler (Lichtenthaler, 2004b). Bu bilgi toplama faaliyet türünde ise firmalar genellikle akademik ya da teknik bilgi birikimine sahip alanın önde gelen uzmanlar aracılığı ile teknoloji trendlerine ve ihtiyaç duyulan bilgilere ulaşabilmektedirler (Mortara, 2009; April ve Bessa, 2006; Savioz, 2006).

Tarama (scan) ise öngörülemeyen gelişmelere karşı erken uyarı sağlar (Kerr vd., 2006; Dang vd., 2011). Şirketlerin dış çevresine odaklanan bir diğer iki faaliyetten biri olan *tarama* (scan) bir şirketin ne bilmediği hakkında bilgisinin olmadığı durumlarda kullanılan yöntemdir. Yıkıcı teknolojiler hakkında uyarılarda bulunmak için yeni teknolojileri ve eğilimleri araştırır (Lichtenthaler, 2004b). Bu noktada ise firmalar uzmanlar yardımıyla yeni ve ilginç teknolojik trendlerin uygulamalarını gözlemler (Mortara, 2009; April ve Bessa, 2006; Savioz, 2006).

Çevresel gözlem ve bilgi toplama yolları olarak bilinen *amaç-izleme (target-monitoring)* ve *tarama (scan),* zayıf sinyallerin belirlenmesi ve güçlendirilmesi için tercih edilen teknolojik istihbarat faaliyetlerindendir (Schroder, 2004). Başka bir deyişle, reaktif arama olarak adlandırılan *amaç-izleme (monitoring-target)*, şirket içinde ürün, süreç, malzeme ve pazar ihtiyaçları gibi özel ihtiyaçları göz önünde bulundurarak belirli teknolojik alanları tanımlar (Arman & Foden, 2010). Proaktif tarama olarak adlandırılan tarama (scan) ise mevcut iş doğasının bozulmasını önlemek için harici teknolojileri tanımlar (Schroder, 2004; Shehabuddeen & Probert, 2004). Bu nedenle, tarama (scan), zayıf sinyalleri belirlemek için Tİ sistemi içindeki potansiyel olarak en güçlü çalışma modlarından biridir (Kerr vd., 2006).

Bu sebeple hem eğitimsel seviyede hem organizasyonel seviyede veri, enformasyon, bilgi ve bilgelik kavramlarının kavramsal içerik ve uygulama bağlamında ayrıştırılmalı ve analitik ve sistematik düşünmeyi artırıcı yönde ele alınmalıdır.

1.6.1.3 Süreç Katmanı

Tİ faaliyetlerinin üçüncü seviyesi olan süreç seviyesi modeli de Kerr vd. (2006) tarafından geliştirilmiştir. Süreç seviyesi olarak adlandırılan modelde Tİ sürecinin en önemli girdisi, iç ve dış kaynaklar aracılığıyla toplanan teknik ve bilimsel verilerdir. Bilgi ihtiyaçlarının toplanması, analiz edilmesi ve dağıtılmasının önemi nedeniyle, karar vericiler için bilgi ihtiyaçları için bir model oluşturarak istihbarat toplamak bir diğer kritik girdidir (Lee vd., 2012). Böylece Tİ faaliyetleri ile stratejik planlama arasında bir bağlantı kurulması kolaylaşmaktadır. Bu durum, istihbarat tüketicilerine fırsatları belirleme, tehditleri tanıma, en son teknolojileri değerlendirme ve belirli bir teknoloji alanındaki eğilimlerin profilini çıkarma açısından bilgi istihbaratı sağlayacaktır (Kerr vd., 2006).

Karar vericilere amaçları doğrultusunda istihbarat sağlayan kişiler, Tİ sürecini yürütürken, süreç modeli istihbarat işletim sistem döngüsüne daha derinden odaklanmaktadır. Bu modelde bilgin toplanması aşamasının nasıl yönlendirileceği konusunda yönergeler sağlanır. Bu yönergeler karar vericilere bilgi sunmak adına istihbarat toplama döngüsünde de kullanılmaktadır (Gonçalves ve de Almeida, 2019; Lee vd. 2012; Kerr vd, 2006; Mortara vd., 2009a).

İstihbarat işletim sistemi döngüsünün ilk veri girdisi, istihbarat tüketicilerinin gereksinimlerini veya ihtiyaçlarını belirlemektir. Bir sonraki adım, hangi istihbarat faaliyetlerinin sırayla gerçekleşeceğini koordine etmek, kaynakları tahsis etmek ve yeni istihbarat ihtiyaçlarını planlamaktır (Lee vd. 2012; Kerr vd., 2006). *Arama (search)* adımında teknoloji istihbaratı sağlayıcıları, değeri artırmak ve ayrıntılı bilgi derlemek için belgelere ve sistem modlarına (maden, trol avı, amaç ve tarama) odaklanır. Bu adımı, bilgi toplama için bilginin yeniliğini, doğruluğunu ve bilgi uygunluğunu belirleyen *filtreleme (filter)* takip eder. Bir sonraki adım, kuruluşların zayıf ve güçlü yönlerini belirlemek için bilgi çıkarma, bilgi madenciliği, görselleştirme ve yorumlama için bazı teknikleri kullanan *analiz (analysis)* aşamasıdır (Lee vd., 2012; Kerr vd., 2006; Mortara vd., 2010). *Belge (document)* aşaması, standartlaştırılmış belgeleme yöntemini kullanarak istihbarat bilgilerini yeni bir bilgi olarak raporlar. Son aşama, istihbarat

sağlayıcıları tarafından istihbarat tüketicilerine güncellenmiş/yeni istihbarat sağlayan *dağıtımdır (disseminate)*. Bu süreç neticesinde elde edilen istihbaratlar karar vericilere sunularak karar verme aşamalarında kullanılması sağlanır (Mortara vd., 2009a). Elde edilen geri bildirimler neticesinde süreç tekrar koordine edilerek ihtiyaçlar ve boşluklar belirlenerek süreç tekrar tanımlanır (Mortara vd., 2010).

Bunlara ilaveten, Kerr ve Phaal (2018), istihbarat toplama amacıyla aramayı başlatmak için bir bilgi ihtiyacı şablonu geliştirmiştir. Bu şablon, stratejik planlama ile bağlantı kurarak Tİ'yi resmileştirerek arama sürecini hazırlamaya yardımcı olur. Kerr ve Phaal (2018) tarafından oluşturulan Tİ bilgi ihtiyaçları şablonu şu beş adımda gerçekleşir. Bu adımlardan ilki belirli bir teknoloji alanındaki bilgi ihtiyaçlarını ve gereksinimlerini tanımlayan uygulama alanlarının haritalandırılmasıdır. Bu adım aynı zamanda teknoloji ile bu teknolojinin dâhili kullanımları arasında bir bağlantı sağlar. İkinci adım, bilgi toplama yollarını araştırarak bilgi ihtiyaçlarının ana bileşenlerini belirleyen ve tanımlayan bilgi ihtiyaçlarını ortaya çıkarmaktır. Bu tür bilgiler atölyelerde toplanabilir. Ayrıca bu bilgiler iki farklı şekilde toplanabilir: bilgi ihtiyacının teknik/bilimsel açıdan elde edilmesi ve bilgi ihtiyacının yönetsel/ticari açıdan elde edilmesi. Teknoloji istihbarat faaliyetleriyle ilişkili anlamlı ve kritik soruları formüle eden yönlendirici sorular aracılığıyla aramayı belirleme faaliyeti üçüncü adım içinde ele alınmaktadır. Bu sorular mevcut en son durumu, gelişen teknolojiyi, en sorunlu teknolojik zorlukları, mevcut ve potansiyel uygulamaları ortaya koymaktadır. Dördüncü ve beşinci adım, hem yerel bilgi kaynaklarına örgütsel perspektif açısından hem de harici bilgi kaynaklarına endüstri perspektifi açısından odaklanarak iç ve dış bilgi kaynaklarını belirlemektedir (Kerr ve Phaal, 2018). Ancak çok büyük bir belirsizlik söz konusu ise sektör, endüstri veya firma olumsuz etkilenebilecektir.

Bu bilgi ihtiyacı şablonunun şu altı farklı çıktıyı sunduğu görülmektedir:

• Arama sorguları için yol gösterici talimatların sağlanması,

• Bilgi ihtiyaçlarının/gereksinimlerinin tanımlanması,

• Farklı bilgi türlerinin ortaya çıkarılması,

• Şirket içi fırsatların belirlenmesi,

• İzleme listelerinin sağlanması,

• Potansiyel iş birliklerininin gösterilmesi.

Özetle, daha iyi ve verimli Tİ süreci yönetebilmek adına yukarıda bahsedilen tüm süreçlerin karar verme sürecine entegre edilmesi gerekmektedir (Lichtenthaler, 2003). Bu nedenle, şirketler daha fazla değer elde edebilmek için Tİ sürecini aşağıda bahsedildiği gibi üç paralel katmanda koordine etmelerini gerektirmektedir (Lichtenthaler, 2004a; 2004b; 2004c; 2005; 2007; 2009).

1.6.2 Teknoloji İstihbarat Süreçlerinin Koordinasyon Çeşitleri

Teknoloji istihbarat yapısı, teknoloji istihbarat faaliyetlerinin bireylere ve bölümlere nasıl tahsis edildiğini, kişilerin nasıl organize edildiğini, ilişkileri ve etkileşimleri tanımlamayı içerir (Savioz, 2004; Ranjbar & Tavakoli, 2015). Tİ faaliyetleri için belli başlı koordinasyon tarzları Lichtenthaler (2004c; 2007) tarafından geliştirilmiştir.

Lichtenthaler (2004c; 2007), Tİ sürecinin *yapısal koordinasyon (strucural coordination), hibrit koordinasyon (hybrid coordination) ve enformel koordinasyonu (informal coordination)* olarak üç biçimde koordine edildiğini belirtmektedir. Firmalar Tİ sürecini bu üç katman üzerinde paralel olarak koordine edebilirler (Lichtenthaler, 2004a). Ancak örgütlerin Tİ sistemleri, örgüt kültürü, teknoloji yaşam döngüsü, temel şirket yapısı, inovasyon stratejisi, karar verme süreci ve endüstriyel sektörden etkilenebilir (Savioz, 2004). Bu başlıkları biraz daha detaylandırdığımızda;

Teknoloji İstihbarat Süreçlerinin Yapısal/Hiyerarşik Koordinasyonunun, belirli Tİ pozisyonları yarattığı görülebilir. Yapılandırılmış bir organizasyon tarzında görevler ve sorumluluklar hiyerarşik bir düzen yoluyla pozisyonlara ve birimlere tahsis edilir. Hiyerarşik Tİ süreci, genel olarak teknolojik dönüşümün yönünü belirler ve Ar&Ge projeleri hakkında doğru kararlar verilmesini sağlar. Yapısal koordinasyon modelinde yeni teknolojiler, bu teknolojileri proaktif olarak test eden bireysel araştırmacılar

tarafından belirlenerek Tİ uzmanlarına ya da üst yönetime bildirilir. Ancak bu koordinasyon modelinde teknolojinin bilimsel yönleri vurgulandığı için bu bilgiler gereğinden fazla ya da eksik olarak değerlendirilebilmektedir (Gonçalves ve de Almeida, 2019). Diğer bir değişle, bu hiyerarşik yapıda orta yönetim değerlendirmelere dâhil edilmediğinden, zamanlama ve teknoloji yatırımlarının büyüklüğü ile ilgili ya aşırı değerlendirmeler ya da düşük değerlendirmeler vardır (Ranjbar & Tavakoli, 2015). Bu form, departmanlar ve pozisyonlar arasındaki görevleri hiyerarşik bir düzende temsil eder. Tİ birimleri, Tİ projesi ile diğer Tİ yapıları arasında koordinasyonu sağlar ve üst yönetime karar vermede yeni teknoloji trendlerini sunar. Tİ yapıları rekabetçi istihbarata ve teknoloji istihbaratına yönelik birimlerden oluşur. Tİ birimleri, iç bilgi kaynaklarını kullanarak rekabetçi istihbaratı izler. Çünkü rekabet istihbaratı, rekabet açısından önemi olan yeni teknoloji, ürün ve ortaya çıkan trendleri izler. Teknoloji istihbarat birimleri, karar verme veya satın alma kararı olan ittifak yönetimi süreci ile ilgilidir. Bu birimlerin koordinasyonunda, verilen teknoloji sistematik olarak tanımlanır ve potansiyel ortaklar değerlendirilir. Üniversitelerin start-up'ları, teknoloji transfer ofisleri taranarak iş birliği fırsatları yakalanabilir (Savioz, 2004; Lichtenthaler, 2004c).

Teknoloji İstihbarat Süreçlerinin Enformel Koordinasyonu ise özellikle enformel arama faaliyetleri için bilgi ihtiyacı açısından farklı birimlerle iletişim kurarak otonom bilgi toplamaya yön vermeye çalışır (Lichtenthaler, 2004c). Enformel koordinasyon modelinde orta yönetim araştırmacılar ile birlikte mevcut teknoloji üzerinde fikir alışverişi için toplantılara katılırlar. Toplantı görüşmelerinden sonra fikirler üst yönetime aktarılır ancak bu noktada çoğu zaman elde edilen sonuçlar üst yönetime doğru şekilde aktarılamaz (Gonçalves ve de Almeida, 2019). Diğer bir değişle, sistemdeki bilgi yapısı veri toplama sürecinin kapsamına ilişkin olarak kabul edilmemektedir. Ayrıca, enformel koordinasyon türü üst yönetimle olan iletişim eksikliği ve radikal yenilikler için eksik kaynak tahsisinden dolayı yetersiz ve yavaş kararlar almaya neden olmaktadır (Ranjbar & Tavakoli, 2015). İş rotasyonunda gayri resmi bir iletişim geliştirilmektedir. Enformel Tİ, farklı Ar&Ge tesislerinden üniversite, tedarikçi bağlantıları ve konferans katılımı gibi küresel ve yerel ağlara kadar tüm çalışanları kapsar (Savioz, 2004; Lichtenthaler, 2004c).

Son koordinasyon türü olan *Teknoloji İstihbarat Süreçlerinin Hibrit Koordinasyonu*, belirli Tİ sorunlarına odaklanan geçici olarak planlanmış, sınırlı sürekliliği olan veya geçici projeleri kullanır. Hibrit koordinasyon modeli, teknoloji istihbaratının belirli konularına uyum sağlamak için yürütülen belirli ve sınırlı terimleri olan projeleri içerir. Teknoloji istihbaratının hibrit koordinasyon süreci, iletişim rutinleri açıkça tanımlanan, teknoloji istihbarat uzmanları tarafından koordine edilen ve orta yönetimi içeren katılımcı bir değerlendirme süreci nedeniyle nispeten hızlı ve optimal kararlar verilmesine yardımcı olur (Ranjbar & Tavakoli, 2015; Gonçalves ve de Almeida, 2019)). Tİ ekipleri, yeni teknoloji trendlerini ve teknoloji konuşmalarını ortaya çıkarmak için kaynak tahsisi, teknoloji planlaması, teknoloji yol haritası ve senaryo analizini oluşturur (Savioz, 2004; Lichtenthaler, 2004b).

Bu üç koordinasyon katmanının farklı tarama ve izleme görevleri vardır. Çünkü teknoloji trendlerini araştırma ve gözlemleme faaliyetleri, ön bilgilerin gerekliliği açısından farklıdır (Lichtenthaler, 2004b). Özetle, karar verme tarzı ve örgüt kültürü, teknoloji istihbarat faaliyetlerinin koordinasyon ve entegrasyon yapısını etkileyen faktörlerdendir. Çok düğümlü bir organizasyon yapısında, teknoloji istihbarat süreçlerinde ademi merkezli ve katılımcı bir karar verme tarzı ile entegre edilmiştir. Yani istihbarat uzmanları tarafından toplanan veriler, proje ekipleri tarafından desteklenir ve daha sonra toplanan bilgi üst yönetime sunulur. Bu nedenle, karar verme tarzının ademi merkezi ve örgüt kültürünün yenilikçi odaklı olması, bir organizasyonun entegrasyon yapısı açısından çok düğümlü yaklaşıma daha fazla eğilimi olduğunu gösterir (Ranjbar & Tavakoli, 2015). Diğer bir yandan, tek düğümlü yaklaşımda (one-node approach), Tİ süreci, üst yönetimi desteklemek için karar verme sürecine paralel olarak uzanmaktadır. Yani karar verme tarzı ne kadar merkezileştirilirse, tek düğümlü yaklaşıma (one-node approach) yönelik daha örgütsel bir eğilim göstermektedir. Hem merkezi hem de âdemi merkezi teknoloji istihbarat birimleri karar alma süreçlerinde yer alır ve Tİ faaliyetlerini çok katmanlı olarak koordine ederler (Lichtenthaler, 2004b). Tüm bu koordinasyon çeşitlerinin uygulanması aşamasında ise Tİ sürecinde kullanılan belli başlı yöntemler söz konusudur. Bu yöntemler bir sonraki başlıkta ele alınmıştır.

1.7 Teknoloji İstihbaratı Yöntemleri

Yukarıda bahsedilen tüm bu istihbarat sistemleri ve faaliyetleri bilgi toplama, işleme, yorumlama ve elde edilen bilgileri karar vericilere iletebilmek için içinde çeşitli nitel ve nicel yöntemleri barındıran Tİ yöntemlerinin kullanılmasını gerektirmektedir (Vischer vd., 2010; Miles vd., 2016). Çünkü işletmelerin doğası gereği teknolojiler oluştukları anda ürün süreçlerine yansımadığından dolayı şirketlerin süreçlerini sürekli ve sorunsuz bir şekilde yürütebilmeleri için teknolojilere yönelik güncel bilgileri belli başlı Tİ yöntemleri ile elde etmeleri, şirketler için en önemli girdi unsurlarından biridir (Norling vd., 2000). Bununla birlikte, yeni ortaya çıkan araştırma alanlarının yanı sıra, yeni bilim ve mühendislik keşifleri, şirketler arasındaki rekabet dinamiklerini değiştirme potansiyeline sahiptir (OECD, 2017). Sürekli gelişen teknolojiler hakkında farkındalık, çeşitli yöntem ve araçları bilmeyi gerektirir. Çünkü birçok iç ve dış bilgi kaynaklarından faydalanmayı kolaylaştıran Tİ yöntemleri sayesinde şirketler birçok fırsatlar elde edebilmektedirler. Teknolojik çevreyi trendler ve fırsatlar açısından izleyen Tİ yöntemleri teknoloji değerlendirme, kıyaslama, teknoloji öngörüsü, s-eğrisi analizi, patent analizi, bibliyometrik analiz, Teknoloji Gelişim Zarfı, literatür taraması, Delfi yöntemi, senaryo analizi, yol haritası ve çok kriterli karar verme yöntemleri gibi her biri farklı boyutlarda derinlemesine bilgiler sunan yöntemleri kapsamaktadır (Porter vd., 2004; Khosropour vd., 2015; Lichtenthaler 2000:41; Savioz,2004). Bu yöntemler, firmaların stratejilerini, süreçlerini ve yapılarını yeniden şekillendirebilmeleri için bilim ve teknoloji trendleri hakkında geniş bilgi ve endüstriyel ağ sağlamaktadır.

Tİ yöntemleri olarak tanımlanan yöntemler amaç doğrultusunda faydalı ve verimli istihbarat elde etmek için nitel ya da nicel verilerle çalışmaktadır. Her farklı veri kaynağı bilim, teknoloji ve inovasyon çerçevesindeki evrimsel gelişimi ve teknoloji trendlerini ortaya çıkarmak için farklı niteliklerde istihbarat sağlamaktadır (Savioz,2004). Örneğin; bibliyometrik analiz sayesinde, Web of Science ve Scopus gibi veri tabanlarından elde edilen bilimsel yayınlara yönelik kümeleme analizi, anahtar kelime analizi, sosyal ağ analizi gibi alt analiz yöntemleriyle veriler analiz edilerek bilim

ışığında dünyadaki gelişmeler, yenilikler ve değişimler yakından takip edilebilmektedir (Tezcan, 2018).

Bibliyometrik analiz, teknoloji uygulamalarının bilimsel boyuttaki gelişmelerini, ortaya çıkan bilgi ve uygulamaları tanımlayarak bilgi boşluğunu doldurmaktadır. Bu nedenle, bilimsel yayınların bibliyometri analizi ile yorumlanması alan uzmanlarının, endüstri liderlerinin, teknoloji trendlerinin ve popüler yayınların belirlenmesine olanak sağladığından dolayı stratejik planlama verimliliği konusunda karar vermede son derece yardımcı olmaktadır (Daim ve Gerdsri, 2009). Patent analizi ise, DII, WIPO, EPO, Smobrain, USPTO gibi veri tabanlarından patent verilerini elde ederek mevcut teknoloji alanına yönelik güncel teknolojileri ve Ar&Ge alanlarına yönelik bilgiler sağlamaktadır. Bu bilgiler patentlerin uluslararası sınıflandırma kodları, alan mucitleri, eş değer ya da rakip firmalar, endüstri liderleri gibi bilgileri sunduğu için gelişmiş ve gelişmekte olan teknolojiler hakkında istihbarat toplanabilmektedir. Ayrıca, şirketlere gelişmekte olan teknolojilere yönelik erken uyarılarda bulunularak, yaklaşan olası gelişmeler ya da zayıf sinyaller hakkında derin bilgiler sunabilmektedir.

Sosyal ağ analizi ise bibliyometri ve patent analizinin uygulanabilirliğini güçlendirmek için geliştirilen analiz yöntemlerinden bir tanesidir. Organizasyonlar ya da alan uzmanları arasındaki sistematik ilişkiyi bu yöntem tanımlamaktadır. Diğer bir değişle, analiz çıktıları olarak belirli bir topluluktaki iş birliği yapan yazarlar veya kurumları tanımlamak için patent ve bilimsel yayın verilerini kullanır (Khanam & Daim, 2021). Ayrıca, bu yöntem büyük çaplı teknoloji taraması sayesinde rakip olarak görülen büyük firmalardan yeni kurulan firmalara kadar bilgi sunabilmektedir (Veugelers vd., 2010; Lichtenthaler, 2004c).

Bir diğer Tİ yöntemi olan çok kriterli karar verme yöntemleri ise karar verme sürecinde birçok kriter ve alt kriter içeren karmaşık problemlerle ve birkaç hiyerarşi basamağında sınıflandırılabilen karar problemleriyle başa çıkmak için en iyi yöntemlerden biri olarak gösterilebilir. Çok kriterli karar verme yöntemleri, çelişkili kalınabilecek durumlarda ve nihai kararın belli başlı kriterlere bağlı olduğu durumlarda karar almaya yardımcı olan analitik hiyerarşi süreci (Analytical Hierarchy Process) ve

hiyerarşik karar modeli (Hierarchical Decision Model-HDM) gibi modelleri ve yöntemleri içeren genel bir terimdir (Marttunen vd., 2017; Montibeller ve Franco, 2010). Çok kriterli karar verme yöntemleri farklı matematiksel algoritmalar kullanarak karmaşık durumları ikili karşılaştırma yaparak seviyelendirir veya hiyerarşik açıdan bölümlendirerek anlamsal hale getirir.

Sonuç olarak, veri analizi yöntemleri yardımıyla, Tİ süreci yönetim süreçlerini, faaliyetlerin akışını, hedeflerin ve misyonların uygulanmasını kolaylaştırmaktadır. Yenilikçi olabilmek için kuruluşların uygun teknoloji istihbarat süreçlerini benimseyerek (Khosropour vd., 2015) yukarıda bahsedilen veriye dayalı analizleri (Veugelers vd., 2010) melez bir şekilde kullanması gerekmektedir. Bu Tİ yöntemleri aracılığıyla, teknoloji yönetimine yönelik riskler, strateji planlaması, teknolojik ürün, süreç ve hizmetlere yönelik rekabet gücünün artırılması ve fikri mülkiyetin kullanılması gibi önem arz eden konularda karar verme süreci çok daha iyi bir şekilde yönetilebilmektedir (Porter vd., 2004). Bu nedenle, Tİ yöntemlerini benimsemek sadece inovasyonun geliştirilmesinde değil, aynı zamanda yıkıcı yeni teknoloji türlerinin de keşfedilmesine yardımcı olmaktadır. Güncel teknolojik bilgilere erişebilmek için kuruluşlar, farklı veri kümeleri ve yöntemler kullanan Tİ yardımıyla yeni ortaya çıkan analitik araçlara odaklanabilmektedirler. Aksi halde, Tİ yöntemlerine başvurmadan organizasyonlar teknolojik değişiklikleri tam olarak gözlemleyememektedirler (Khosropour vd., 2015).

1.8 Örnek Vaka Çalışmaları ve Araştırma Motivasyonu

Tüm bu bilgiler ışığında yürütülen tezin araştırma motivasyonu ve keşfedilen literatür boşluğundan burada bahsedilmesinin tezin ilerleyen sürecine ilişkin bilgi verimesi adına daha iyi olacağı düşünülmektedir. Literatür incelemesi neticesinde metodoloji bölümüne geçmeden önce araştırma fikrinin yani araştırma motivasyonun nasıl oluştuğu sorusunu cevaplamak önemlidir.

Literatür boşluğunu tespit etmeye olanak sağlayan çalışmalar incelenmiş ve bu araştırma çalışmalarına ilişkin bilgiler Tablo 1 ve Tablo 2'deki gibi sınıflandırılarak gösterilmiştir.

Tablo 1: Teknoloji İstihbaratı Vaka Çalışmaları

Araştırmacı	Firmalar	İstihbarat Kaynakları	Araştırma Niteliği	Literatür Boşluğu
Mortara vd. (2009)	• Print 1 (Baskı imalatı) • Tech- Consult (Teknoloji Danışmanlığı) • Print 2 (Basım İmalatı) • Mech (Makine Mühendisliği İmalatı) • Food and Drink (Gıda İmalatı) • Telco-Service (Telekominikasyon) • İmaging (İmgeleme imalatı) • Telco-manuf (Telekominikasyon)	• İnternet, • Patentler, • Bilimsel Yayınlar, • Üniversite Projeleri, • Ürün Fuarları, • Konferanslar, • Tedarikçiler, • Alan Uzmanları, • Devlet Kurumları	Araştırmada Birleşik Krallıkta faaliyet gösteren 8 farklı teknoloji firması teknoloji istihbaratının nasıl çalıştığı odağında değerlendirilmiştir. Bu firmalar açık, örtük, birincil, ikincil, kolay ya da zor ulaşılabilen bir çok farklı isitihbarat kaynaklarından bilgi toplamaktadırlar.	Araştırma neticesinde bu firmaların Tİ sürecinden önce teknoloji tahminlerinde bulunmadığı, verimli istihbarat yönetim sisteminin bulunmadığı, istihbarat faaliyetlerini kapasite azaltmaya gitmeden yürütemedikleri, Tİ sistemlerinin etkinliğinin değerlendirilememesi, karar vericiler ile istihbarat sağlayıcılar arasında koordinasyonun yürütülememesi ve istihbaratın ilgili tüm alanları kapsamadığı tespit edilmiştir.
Savioz, (2006)	• Zepotens (Kimya) • Straumann	• Patentler • Toplantılar	Araştırmada çok uluslı teknoloji şirketlerinin yanı sıra, orta ölçeki ve	Bahsi geçen bu firmalar bazı istihbarat faaliyetlerini uygulamalarına rağmen bunlar

	• Daimler-Benz • Ezploration & Production Multinational Energy Company • Novartis (Kimya Sanayi)	• İnternet • Enformal Ağlar • Bilimsel Yayınlar, • Uzman Ağı İletişimi, • İnternet,	yeni kurulan şirketlerin Tİ sistemini nasıl organize ettiği ve sistemin nasıl çalıştığı hakkında bilgi sağlamaktadır.	genellikle doğru şekilde koordine edilmeden rastgele bir şekilde yürütüldüğü çalışmada vurgulanmaktadır. Ayrıca, büyük ve küçük ölçekli firmalar arasında Tİ unsurları farklılık göstermemektedir. Yani Tİ süreci farklı ölçekli firmalar için aynı olabilmektedir. Bu araştırma sonucunda elde edilen literatür boşluğu ise daha fazla istihbarat sağlamak adına nicel araştırma temelinde Tİ faaliyetlerinin sağlanmasıdır.
Nosella vd. (2008)	• Gıda Firması • Bioteknoloji ve Kimya Araştırmaları Firması • Bilgi İletişim Teknolojileri Firması • İnşaat Endüstrisi için Kimya Ürünleri Üreten Firma	• Bilimsel Yayınlar, • Raporlar, • İnternet, • Üniversiteler, • Patent Verileri, • İletişim Ağı, • Konferanslar	İtalyada faaliyet gösteren dört teknoloji temelli firmaya yönelik istihbarat için hangi faktörlere ihtiyaç duyulduğu ve keşfedilen bu faktörlerin firmaları nasıl etkilediğine yönelik bir araştırma yürütülmüştür.	Fimalar için oluşturulan istihbarat faaliyetleri sektör türüne, iş modeline, kurum kültürüne ve sahip olunan Ar&Ge kaynaklarının düzeyine göre değişiklik göstermektedir.
Norling vd. (2000)	• Motorola (Mobil İletişim), • SmithKline Beecham (Danışma	• Merkezi Kütüphane Sistemi, • İletişim Ağı Erişimi,	Çalışmada farklı araştırmacılar tarafından dört farklı firma için ortaya konan Tİ süreçlerinden bahsedilmiştir.	Tİ süreci yapısal ve organize edilmiş bir şekilde oluşturulmalıdır. Ar&Ge yöneticileri istihbarat ihtiyaçlarını net bir şekilde ortaya koymalıdır.

	Firması), • Clorox (Temizlik Ürünleri), • Baxter Health Care	• Bilimsel Yayınlar, • Patentler, • Bilimetrik Analiz, • Teknik ve Ticari Toplantılar,		Yapılandırılmış Tİ araçları geliştirilmelidir.

Tablo 1'de görülebileceği üzere tüm Tİ araştırmalarının ana niteliği geçmiş, şimdi ve geleceğe yönelik teknoloji dinamiklerini iç ve dış bilgi kaynaklarına dayandırarak firmaların ihtiyaçlarını karşılayan anlamlı bilgilerin sunulması olarak belirtilebilir. Norlington vd. (2000) Tİ'nin Ar&Ge faaliyetleri için en büyük destek sağlayan araç olmasının yanı sıra birçok firmaların Tİ'ye yönelik yetersiz alt yapılarının ve yeteri kadar becerilerinin olmadığını vurgulamaktadır. Bu yargıyı destekleyen Gonçalves ve de Almeida (2019) tarafından da vurgulandığı gibi ve ayrıca Tablo 1'de ele alınan mevcut literatürden de anlaşılabileceği üzere Tİ'ye yönelik vaka çalışmaları açısından günümüzde hala çok sayıda örnek araştırma bulmanın mümkün olmadığı fark edilmektedir.

Ayrıca, Tablo 1'de anlaşılacağı üzere mevcut Tİ sistemleri için karşılaşılan belli başlı zorluklar mevcuttur. Bunlar Tİ sürecine yönelik elde edilmesi planlanan teknolojik bilgilerin sistemsel bir şekilde organize edilmesini sağlamak, bilgi gereksinimlerinin ve istihbaratın verimli bir şekilde sağlanabilmesi için karar vericiler ve istihbarat sağlayıcıları arasındaki iletişimi sağlayabilmek; tanımlanmış teknolojiler için hangi tarama araçlarının kullanılması gerektiği; Tİ'ın aşırı bilgi yüklemesinden kaçınarak ve aşırı kaynak yatırımı yapmadan ilgili tüm alanı kapsadığından emin olmaktır (Mortara vd., 2008). Tüm bu maddeler Tİ sürecinde karşılaşılan belli başlı zorluklardandır.

Tablo 1'de görülebileceği üzere firma bazlı vaka araştırmaları incelendiğinde literatürde bazı doldurulması gereken boşluklar mevcuttur. Bunlar;

- Firmalar Tİ elde etmek için patent analizi, bibliyometrik analiz, web sayfaları, konferanslar, toplantı raporları, uzman odaklı iletişim ağı gibi Tİ yöntemleri kullanmalarına rağmen bu sürecin sistematik ve koordineli bir şekilde yürütülemediği görülmüştür.
- Firmalar genellikle kurum içi bilgi kaynaklarına odaklanmalarından dolayı dış bilgi kaynaklarından ihtiyaç duydukları istihbaratı doğru bir şekilde tanımlayamamakla birlikte karar vericiler ve istihbarat sağlayıcıları arasında etkili bir iletişim sağlanamamaktadır.
- Teknoloji trendlerine yönelik tahminler sistematik bir çerçevede yapılmamaktadır.
- Firmaların Tİ perspektifinde bir çok farklı faaliyetler yürütmelerine karşın Ar&Ge faaliyetlerini değerlendirebileceği ve önceliklendirebileceği bir modelin yer almadığı tespit edilmiştir.

Çalışmada geliştirilecek modelde hangi Tİ yöntemlerinin yer alması gerektiğini tespit etmek amacıyla bilimsel yayınlar, kullanılan Tİ yöntemleri bazında incelendiğinde ise Tablo 2 elde edilmiştir.

Tablo 2: Teknoloji İstihbaratı Bilimsel Yayınlar

Makale	Teknoloji İstihbaratı Yöntemi	Araştırma Niteliği
Chen vd. (2015)	Patent Analizi	Avustralya ulusal patentlerini temel alarak bilgi ve iletişim teknolojileri endüstrisine yönelik istihbarat fonksiyonu geliştirilmiştir. Geliştirilen modelde teknoloji istihbarat bileşeni olan patent zaman serileri oluşturularak mevcut teknoloji trendlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.
Kerr vd. (2006)	Amprik Araştırma	Firmalara teknoloji tehditleri ve fırsatları konusunda farkındalık sağlamak amacıyla teknoloji istihbaratına yönelik kavramsal bir model geliştirilmiştir.
Yoon (2008)	Teknoloji Tahmini, Veri Madenciliği	TechPioneer adında bir sistem önerilerek yöneticilerin teknolojilere yönelik karar vermelerini desteklemek amaçlanmıştır. Sistem; patent gibi açık veri kaynaklarındaki metinleri morfoloji yöntemine göre anahtar kelimeler bazında filtreleyerek kümeleme ve ağ analizi yöntemleri aracılığı ile teknoloji trendlerini tahmin etmeyi amaçlamaktadır. Sistemin veri kaynağını verilerin yayın tarihleri, yazarlar, alıntı kaynakları gibi meta bilgiler oluşturduğu için bu çalışmada sunulan yazılım kısıtlı teknoloji istihbaratı sunmaktadır.
Lichtenthaler (2004)	Amprik Araştırma	Çalışmada teknoloji istihbaratının firmalara teorik ve pratik yönden sağladığı avantajlardan öte firmalarda istihbarat sağlama süreçlerinin birimler arası nasıl koordine edilmesi gerektiğine yönelik araştırma yürütülmüştür. Bu araştırmayı 25 farklı çok uluslu şirketin istihbarat uygulamalarına ilişkin izlemelerde bulunarak organizasyon için görev dağılımlarına göre istihbarat sürecinin nasıl koordine olması gerektiğine yönelik diyagramlar oluşturulmuştur.
Rafols vd. (2014)	Literatür	İlaç sanayisine yönelik artan Ar&Ge maliyetlerine engel

	İncelemesi	olabilmek adına Avrupa ve Amerika'da yer alan Ar&Ge temelli büyük ilaç laboratuvarlarının yayınları incelenerek istihbarat sunulması hedeflenmiştir.
Frumau (1992)	Bibliyometrik Analiz	Bibliyometrik verilere odaklanılarak Ar&Ge harcamaları, Ar&Ge çıktıları ve ticari faaliyetler arasında korelasyon ilişkileri incelenmiştir.
Quoniam vd. (1993)	Patent Analizi	Çalışmada patent verileri sınıflandırılarak Ar&Ge yönetimine stratejik bilgilerin sunulması amaçlanmıştır.
Gerdsri (2007)	Teknoloji Gelişim Zarfı	Çalışmasında teknoloji gelişim zarfı yöntemi adımlarından olan delphi ve hiyerarşik karar modeli uygulanarak şirketlere teknoloji ve iş stratejilerine yönelik istihbaratlar sağlanmıştır.
Alanazi vd. (2015)	Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi (HDM)	Sağlık alanına yönelik geliştirilen teletıp teknolojisini değerlendirebilmek adına çok kriterli karar verme modellerinden biri olan hiyerarşik karar modeli uygulanarak mevzuat, finans, teknik, etik ve kültürel açıdan uzman görüşü alarak değerlendirilmiştir.

Tablo 2'de bahsedilen literatür araştırmaları neticesinde farkedildiği üzere yapılan araştırmaların birçoğu teknoloji istihbaratının kavramsal alt yapısını sistematik bir şekilde oluşturabilmek adına amprik çalışmaları içermektedir. Firmaların Ar&Ge projelerini önceliklendirmesini kolaylaştıracak teknoloji istihbaratı yöntemlerine yönelik araştırmaların bütünlükten ziyade ayrı ayrı ele alınmış olduğu fark edilmiştir. Bu sebeple, teknoloji istihbaratı yöntemlerini bir bütün olarak ele alan bir çalışmaya rastlanılamamıştır.

Bu sebeple, literatüre yönelik yapılan kapsamlı araştırma (Chen vd., 2015; Kerr vd., 2006; Yoon, 2008; Lichtenthaler, 2004; Rafols vd., 2014; Frumau, 1992; Quoniam vd., 1993; Gerdsri, 2007; Alanazi vd., 2015) neticesinde keşfedilen yönteme ilişkin diğer literatür boşlukları ise şöyledir:

- Ar&Ge kapsamındaki teknolojilere yönelik yatırım öncesi karar destek sistemi oluşturabilecek bir model literatürde rastlanılmamıştır.
- Ar&Ge önceliklendirme stratejilerinin kurumsal amaç ve hedefleri tam olarak desteklediğinden emin olabilecek teknik ve bilimsel verilerin analiz edilmesinin yanı sıra uzman görüşünün de yer aldığı kapsamlı bir teknoloji istihbarat modeli bulunmamaktadır.

Özetle teknoloji istihbaratı yöntemlerini bir bütün olarak ele alan ve entegre bir çalışmaya incelenen literatürde rastlanılamamıştır. Bu nedenle geliştirilecek Ar&Ge önceliklendirme karar destek modelinin hibrit olması ve Ar&Ge projelerinin çoklu indikatörlerle değerlendirilmesine olanak sağlaması ile bu boşluğun doldurulabileceği değerlendirilmektedir. Bu literatür boşluğundan hareketle araştırmanın amacı ve motivasyonu şu şekilde belirlenmiştir: Yürütülen tezde şirketlerin Ar&Ge önceliklendirmesi için kullanabileceği bir karar destek sistemi modelinin teknoloji istihbaratı temelinde geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu sayede sektörel ve firma düzeyinde çevresel taramaların bilimsel, teknik, sosyal, çevresel, ekonomik ve politik yanının incelenebileceği ve yorumlanabileceği pratik bir karar destek sistemine ulaşılmış olacaktır. Böylece kısıtlı kaynaklarını Ar&Ge bütçelerine ayıran firmalar oluşturulacak karar destek sistem modeli ile kendi yeteneklerini çoklu perspektifte değerlendirerek, Dünya'daki gelişmeleri yakından izleyebilecek ve yüksek bütçeli yatırım kararı almadan önce daha gerçekçi Ar&Ge önceliklendirmesi yaparak Ar&Ge için kurumsal iş birliklerini daha geniş bir bakış açısıyla yönetebilecektir. Bahsedilen alanlarda kazanılan yetenekle veriye ve uzman görüşüne dayalı bir perspektifle ele alınmış olup daha uygulanabilir Ar&Ge önceliklendirme stratejisi geliştirilebileceği öngörülmektedir.

Sonuç olarak, literatürde firmaların sahip oldukları Ar&Ge projelerine yönelik önceliklendirme yapabilmek için kullanabilecekleri karar destek sistemlerinin yetersiz ve eksik olması ve birçok bilimsel ve teknik araştırmanın Tİ sağlama yolunda kısıtlı ve tek yöntem odaklı olması mevcut çalışmanın önemini artırmaktadır. Amaca ulaşılması maksadıyla yürütülen çalışmanın araştırma soruları şunlardır:

1. Teknoloji istihbaratı perspektifinde ele alarak Ar&Ge önceliklendirme stratejisi

belirleme süreci nasıl yürütülmelidir?

2. Ar&Ge önceliklendirme stratejisi modeli geliştirme sürecinde ihtiyaç duyulan teknoloji istihbaratı yöntemleri ve faaliyetleri nelerdir?
3. Geliştirilecek olan teknoloji istihbaratı modeli bir teknoloji alanı üzerinde uygulanarak Ar&Ge önceliklendirme stratejisi geliştirme sürecine nasıl entegre edilebilir?
4. Ar&Ge önceliklendirme stratejisi modeli teknoloji istihbaratı sağlayan bilimsel, teknik, sosyal, çevresel, ekonomik ve politik kriterler açısından nasıl geliştirilir?

Tüm bu sorulara cevap aranarak geliştirilecek olan Tİ modeli sayesinde firmalara sadece Ar&Ge projelerini önceliklendirmelerme amacını sağlamakla kalmayıp ihtiyaçlarını karşılayan doğru teknolojiyi tercih ederek verimliliklerini artırmaları, ihytiyaç duyulmayan ve yüksek maliyet unsuru içeren teknolojik yatırımlardan kaçınmayı, firmanın Ar&Ge alt yapısında karşılaşılan zayıf yönlerin tespiti ile sistem başarısızlığından kaçınmaları sağlanabilecektir. Bu süreçte doğru ve kapsamlı bir Tİ çıktısı sunabilmek adına mevcut çalışmada istihbarat erişimini en üst düzeye çıkarabilmek için sosyal ağ kaynakları, patentler ve çoklu kriterler bazında teknolojilerin ele alınması planlanarak firmaların Ar&Ge projelerine yönelik stratejiler geliştirerek önceliklendirme yapabilmelerini sağlamak amaçlanmıştır. Bir sonraki bölümde geliştirlen Tİ modeli sunularak bu modelde yer alan tüm yöntemler ayrıntılarıyla açıklanarak uygulamada ele alınacak olan teknoloji alanı tanımlanacaktır.

2. BÖLÜM

ARAŞTIRMA METODOLOJİSİ

Araştırma metodolojisi kısmında ilk olarak oluşturulan teknoloji istihbaratı modeli tanımlanmış ve modelde yer alan tüm yöntemler ayrıntılarıyla açıklanmıştır.

2.1 Uygulamada Kullanılan Teknoloji İstihbaratı Modeli

Ele alınan çalışmanın ana amacı şirketlerin Ar&Ge projelerini önceliklendirmesi için kullanabileceği bir karar destek sistemi modelinin Tİ yöntemleri temelinde geliştirilmesidir. Bu sebeple, Tİ yöntemlerinden bibliyometri, patent analizi, sosyal ağ analizi ve teknoloji gelişim zarfı firmalar için detaylı ve verimli bir Tİ sağlanması için Şekil 4'deki adımlarda olduğu gibi bu çalışmada kullanılmıştır. Bu yöntemlerin tercih edilmesindeki amaç ise bir sonraki paragrafta ayrıntılarıyla sunulmuştur.

Şekil 4: Teknoloji İstihbaratı Karar Sistem Destek Modeli

Araştırmanın literatür kısmında ayrıntılarıyla değinildiği üzere Tİ süreci ihyitaçların belirlenmesi, ihtiyaç duyulan istihbaratın toplanması, toplanan istihbaratın değerlendirilmesi/analizi ve analiz neticesinde anlamlı hale dönüştürülen istihbaratın karar vercilere aktarılması aşamalarından oluşmaktadır. Ele alınan bu çalışma araştırma niteliğinde olduğu için Tİ sürecinin ilk üç adımında ihtiyaç duyulan Tİ yöntemleri Şekil

4'deki modelde belirtilmiştir. Modelde ilk olarak araştırma alanının çerçevesini belirleyebilmek adına teknoloji alanının belirlenmesi yer almaktadır. Teknoloji alanı literatür, patent, proje ya da web sayfası incelemesi neticesinde tanımlanabileceği gibi uzmanlar tarafından önceden belirlenmiş olup istihbarat bilgilerine ihtiyaç duyulan bir teknoloji alanı da olabilmektedir.

Teknoloji alanı belirlendikten sonra ikinci adımda ise teknoloji alanına yönelik ihtiyaçların belirlenmesi aşaması yer almaktadır. Bu noktada Gerdsri ve Kocaoglu (2003) tarafından geliştirilen ve teknoloji istihbaratı yöntemlerinden biri olan Teknoloji Gelişim Zarfı Modeli modifiye edilerek adımlarından ilk üçü kullanılmıştır. Bu adımlar teknoloji tahmini, teknoloji karakterizasyonu ve teknoloji belirleme adımlarıdır. Bu noktada teknoloji gelişim zarfının ilk üç adımının uygulanmasındaki amaç ise istihbarat toplama sürecinin ilk evresi için yol gösterici mahiyette olmasıdır. Örneğin, teknoloji tahmini ile teknoloji alanına yönelik önde gelen teknoloji trentleri tespit edilmektedir. Literatür, web sayfası, patent, ilgili alan raporları, koferans ve webinar dökümanları incelemesi neticesinde teknoloji tahmini yapılabilmekte ve teknolojik eğilimler belirlenebilmektedir. Belirlenen spesifik teknoloji kolları hakkında hangi konularda istihbarata ihtiyaç duyulduğu ise teknoloji karakterizasyonu aracılığıyla tanımlanabilmektedir. Çünkü bu adımda teknolojileri çoklu perspektifte değerlendirerek istihbarat elde edebilmek adına teknoloji alanına yönelik ilgili kriterler ve alt kriterler belirlenmektedir. Teknoloji belirleme adımında ise teknolojileri teknoloji karakterizasyonu adımında belirlenen kriterler ve alt kriterler nezdinde nasıl değerlendirileceğini cavabı verilmektedir. Bu noktada teknolojiler hakkında detaylı ve doğru bilgi elde edebilmek adına uzman görüşü gerektiği için Delpi yöntemi etkin bir araç olarak görülmektedir.

Modelin üçüncü adımında ise istiharat bilgisine ihtiyaç duyulan teknolojileri belirlenen kriterler ve alt kriterler doğrultusunda çoklu perspektifte değerlendirebilmek adına hem patent hem de bilimsel yayın verileri kullanılarak dünya çapındaki alan uzmanlarını tanımlanmak amacıyla sosyal ağ analizi gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Dördüncü adımda ise teknolojileri değerlendirmek için belirlenen kriterler ve alt kriterler hiyerarşik karar modeline aktarılarak üçüncü adımda tanımlanan sosyal ağ analizi yardımı ile belirlenen uzmanlar tarafından ikili karşılaştırması yapılmaktadır. İkili karşılaştırma neticesinde ise kriterlerin, alt kriterlerin göreceli önem dereceleri belirlenerek her bir teknoloji ayrıntılarıyla değerlendirilmektedir. Bu adımda değerlendirilen teknolojileri sosyal, ekonomik, teknik, çevresel ve politik açıdan çoklu perspektifte değerlendirilebilecek ve bu teknolojilere yönelik Ar&Ge yatırımları yapılmadan önce önem sıralarına göre önceliklendirilebilmesi sağlanabilecektir.

En son adımda ise tüm bulguları teknik alt yapı ile destekleme niyetiyle patent analizi yapılarak teknoloji alanlarına yönelik var olan tüm ilişkili patentler incelenerek neticesinde ele alınan teknolojilere yönelik küresel ölçekte faaliyet gösteren tüm şirketler, mucitler, alana yönelik önemli patent isimleri ve uluslararası patent kodları (International Patent Classification - IPC) belirlenerek patent faaliyet alanları keşfedilebilmektedir.

Geliştirilen bu model sayesinde, ele alınan teknolojiler için Tİ sağlanarak çalışmanın ana amacı olan şirketlerin Ar&Ge projelerini önceliklendirmesi için kullanabileceği bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Tİ yöntemlerinin bir teknoloji alanı üzerinde uygulanması neticesinde oluşturulan model sektördeki, araştırma enstitülerindeki ve devlet birimlerindeki karar vericilerin sosyal, teknik, ekonomik, çevresel ve politik perspektiflerden bütünsel bir yaklaşımını göz önünde bulundurarak daha iyi kararlar almasını sağlayabilecektir. Böylece, şirketlere yüksek miktarlardaki yatırım kararlarının alınmasından önce odaklandıkları teknolojilere yönelik ayrıntılı ve çoklu perspektifte değerlendirme yapabilecekleri için kapsamlı bir karar destek sistemi sağlanabilecektir.

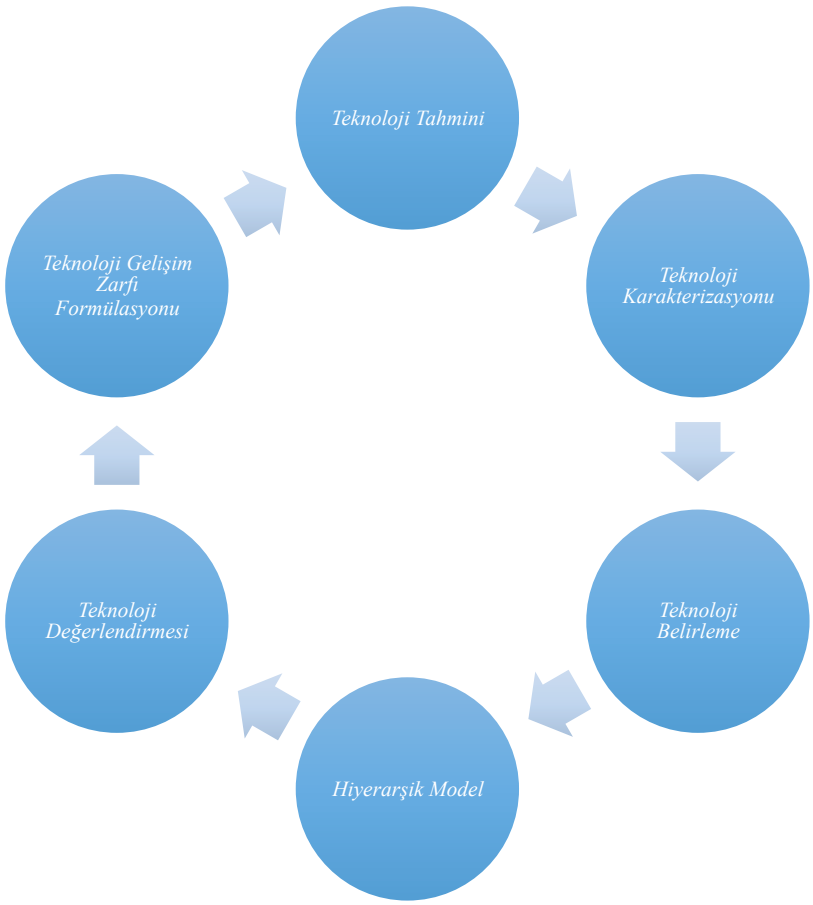
2.2 Modelde Kullanılan Teknoloji İstihbaratı Yöntemleri

Bu başlıkta teknoloji istihbaratı modelinin her bir aşamasında kullanılan farklı yöntemler literatür incelemesi kapsamında ele alınmıştır. Araştırma sorularını cevaplandırmak için modelde kullanılan yöntemler açıklanacak ve sonrasında bu

yöntemler uygulanarak araştırmanın amacı gerçekleştirilmiş olacaktır. Metodoloji; teknoloji istihbaratı yöntemlerinden bazıları olan bibliyometrik analiz, patent analizi, sosyal ağ analizi, teknoloji gelişim zarfı ve hiyerarşik karar modelini içermektedir. Farklı yöntemlerin bir arada kullanılmasındaki amaç bilimsel, teknik, sosyal, ekonomik, çevresel ve politik olgular göz önünde bulundurularak mevcut araştırmadaki teknolojilerin farklı ölçütlerle analiz edilmesini sağlayarak karar verme sürecinde destekleyici istihbarat sunmaktır. Bu sebeple, araştırmanın uygulama amacı olan enerji depolama teknolojilerinin kapsamlı bir şekilde değerlendirilebilmesi ve bu teknolojilere yönelik karar destek sistemi sağlanabilecek Tİ sağlanabilmesi için kullanılması planlanan teknoloji gelişim zarfı yöntemi adımlarına değinildikten hemen sonra sosyal ağ analizi, Delphi yöntemi, bibliyometri ve patent analizi yöntemleri ayrıntılarıyla açıklanacaktır.

2.2.1 Teknoloji Gelişim Zarfı Analizi

Teknoloji gelişim zarfı *(Technology Development Envelope-TDE),* teknolojilere yönelik elde edilen istihbaratı iş stratejileriyle bütünleştirilmesine olanak sağlayarak optimal yolun belirlenmesinde uygulanmaktadır. Karar vericilere, yıkıcı teknolojileri ve radikal yenilikleri keşfederek teknoloji bazlı stratejilerin geliştirilmesinde kolaylık sağlar. Teknoloji stratejilerinin kurumsal amaç ve hedefleri tam olarak desteklediğinden emin olmak için süreçte teknoloji geliştiricilerinin yargılarından yararlanılır. Gerdsri ve Kocaoglu (2003) tarafından geliştirilen Teknoloji gelişim zarfı (TGZ) Şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 5: Teknoloji Gelişim Zarfı Modeli

Şekil 5'de görülebileceği üzere Teknoloji Gelişim Zarfı Süreci; *Teknoloji Tahmini (Technology Forecasting), Teknoloji Karakterizasyonu (Technology Characterization), Teknoloji Belirleme (Technology Assessment), Hiyerarşik Model (Hierarchical Model), Teknoloji Değerlendirmesi (Technology Evaluation)* ve son olarak *TGZ Formülasyonu (Formulation of TDE*) olmak üzere altı adımdan oluşmaktadır. Burada bahsedilen teknoloji gelişim zarfı süreci ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

Şekil 5'de gösterilen teknoloji gelişim zarfı modelinin ilk adımı olan *teknoloji tahmininin* amacı gelişmekte olan teknolojilerin eğilimini belirleyebilmek için Delphi yöntemi ya da uzman panel yöntemini kullanarak bir tahmin modeli geliştirmektir. Bu aşamada *"Sektörde gelişen teknoloji eğilimleri nelerdir?"* (Gerdsri ve Kocaoğlu, 2003: 383) sorusunun cevabı aranmaktadır. Teknoloji tahmini aşamasında teknolojik eğilimleri

belirleyebilmek için bilimsel literatür, patentler, webinarlar, seminerler, konferanslar ve uzman görüşlerinden faydalanılmaktadır.

İkinci aşama olan *Teknoloji karakterizasyonu* aşamasında bir şirketin hedefini karşılayan kriterler ve ilişkili alt kriterleri belirlemek hedeflenmektedir. Bu amacı gerçekleştirebilmek için bu aşamada aşağıdaki soruların cevaplanması gerekmektedir.

- *Şirket hedefine ulaşabilmesi için bu süreçte önemli olan kriterler nelerdir?*
- *Her bir kriterle ilişkili önemli alt kriterler nelerdir?*
- *Her teknolojik alt kriter için uygulanan etkililik ölçüleri ne olmalıdır?* (Gerdsri ve Kocaoğlu, 2003: 383).

Bu süreç yine literatür, resmi dökümanlar, resmî kurumlar tarafından belirlenmiş teknolojik göstergeler ya da uzman görüşleri aracılığı ile belirlenebilmektedir. Bu adımda yer alan sorular, firmaların performansını pozitif yada negatif yönlü etkilemesinden dolayı Sosyal, Teknik, Ekonomik, Çevresel ve Politik (STEEP) değerler bütününde ele alınmıştır (Hammoud ve Nash, 2014). Çünkü STEEP perspektifi teknolojileri harici etmenler boyutunda değerlendirdiği için (Sokolov vd., 2019) firmalara mevcut ve geleceğe yönelik riskler ve tehditler hakkında detaylı bilgiler sunarak stratejik karar verme amaçlı kullanılanılmaktadır (Grima vd., 2020).

Teknoloji belirleme adlı üçüncü aşamada *"Yeni teknolojiler, etkinlik ölçütlerine göre nasıl değerlendirilmeli?"* (Gerdsri ve Kocaoğlu, 2003: 383) sorusuna cevap aranarak etkililik ölçütlerine dayalı olarak gelişen teknolojileri değerlendirir. Teknoloji değerlendirmesi sayesinde araştırması yürütülen teknolojiler; avantajları, dezavantajları ve uygulamaları açısından karşılaştırılabilmektedir.

Şekil 5'de geliştirilen modelde TGZ'nin dürdüncü adımına geçmeden önce hiyerarşik karar modelinde yer alması planlanan uzmanlar sosyal ağ analizi yapılarak tanımlanmıştır.

Dördüncü adım olarak Hiyerarşik bir model geliştirmek etkinlik ölçütleri sayesinde bir şirketin hedefi üzerindeki göreceli etkisini belirler. Bu hiyerarşik modeli oluştururken sorulması gereken sorular şunlardır:

- *Her bir etki kriterinin göreceli önceliği nedir?*
- *Her bir ölçütteki teknolojik faktörleri etkilemenin göreceli önceliği nedir?*
- *Etkililik ölçüleri, hedef üzerindeki göreli etkileri açısından nasıl ölçülmelidir?* (Gerdsri ve Kocaoğlu, 2003: 383).

Elde edilen cevaplar sayesinde doğrulanmış hiyerarşik karar modeli (validated hierarchical decision model), karar vericilerin sorunları birden çok yaklaşımla ele almalarına olanak tanımaktadır. Teknoloji değerlendirilmesinde kriterlerin, alt kriterlerin ve alternatiflerin önem derecelerine göre bilinmelerine yardımcı olmaktadır. Hiyerarşik model çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan hiyerarşik karar modelini temsil etmektedir. Bu model ise teknoloji gelişim zarfı adımlarının uygulama açısından en önemli adımını oluşturmaktadır. Bu sebeple, hiyerarşik karar modeli Şekil 5'deki modelin dördüncü aşaması açıklanırken ayrıntılarıyla ele alınacaktır.

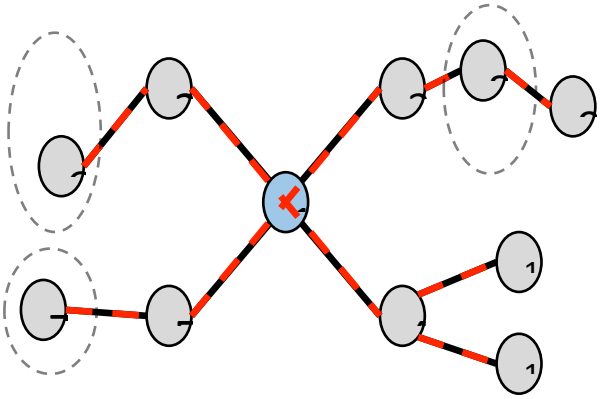
TGZ'nin beşinci adımı ise teknoloji değerlendirmesi aşamasıdır. Teknoloji değerlendirmesinde yarı mutlak değeri (semi-absolute value) kullanarak yeni teknolojilerin bir şirketin hedefi üzerindeki etkisini değerlendirir. "Ortaya çıkan teknolojiler, şirketin hedefi üzerindeki göreceli etkileri açısından nasıl değerlendirilmelidir?" (Gerdsri ve Kocaoğlu, 2003: 384) sorusuna bu aşamada cevap aranmaktadır.

En son adım olan TGZ formülasyonu aşamasında ise TGZ ve teknoloji geliştirme yollarının haritalandırılır.

- Teknoloji geliştirme kapsamı nedir ve nasıl belirlenebilir?
- Teknoloji geliştirmenin olası yolları nasıl belirlenebilir? (Gerdsri & Kocaoğlu; 2003: 381

2.2.2 Sosyal Ağ Analizi

Sosyal Ağ Analizi bibliyometri ve patent analizlerinin uygulanabilirliğini güçlendirmek için geliştirilen analiz yöntemlerinden bir tanesidir. Sosyal ağ analizi, bibliyometrik analiz yoluyla toplanan patent ve bilimsel yayın verilerini kullanarak belirli topluluklardaki kişilerin ya da organizasyonların ilişki yapısını tanımlar. Amacı, belirli bir alandaki en iyi uzmanları veya en iyi kurumları ortaya çıkarmaktır. Aktörler, gruplar, organizasyonlar ve diğer bağlantılı varlıklar arasındaki bazı metrikleri, bağlantıları ve etkileşimleri temel alarak, ağın nasıl bağlantılı olduğunu hesaplar ve haritalandırarak görselleştirir (Day vd., 2016; McCulloh vd., 2013; Ozcan ve Islam, 2014; Senghore vd., 2014). Khanam ve Daim (2021)'e göre analiz çıktıları, makaleler, patentler, alıntılar ve ortak alıntı ağlarına bağlı olarak iş birliği yapan yazarlar veya kurumların tanımlanması olarak ifade edilebilmektedir. Analiz sonuçları, karar vericilerin gelişen teknolojilerin yörüngesini belirlemek veya gelecekteki teknolojileri tahmin etmek için alan uzmanlarıyla iletişim kurmasına yardımcı olmaktadır (Daim vd., 2013). Jakawat vd. (2014) çalışmasından örnek gösterilen Şekil 6 ağın yapısını göstermektedir.



Şekil 6: Ağ Gösterimi

Şekil 6'da görüldüğü üzere sosyal ağ analizi haritası ağ (network) olarak adlandırılır. Haritadaki düğümler (nodes) aktörleri tanımlamaktadır. Bağlantılar (links) ise aktörler arasındaki ilişkileri göstermektedir. Son olarak kümeler (clusters) ise birbiriyle iletişim içerisinde olan topluluk olarak tanımlanabilmektedir (McCulloh vd., 2013; Ozcan ve Islam, 2014)

Sosyal ağ analizi, en iyi ölçütleri aynı anlama gelen ancak merkezilik derecesi (centrality degree) (Shuying vd., 2019) ya da merkezilik ölçütleri (centrality measures) (Nishavathi ve Jeyshankar, 2018) olarak adlandırılan ölçüm tekniklerine göre ölçer. Sosyal ağ analizinin merkezilik ölçütleri (centrality measures) ağ içerisindeki iş birliklerini ifade eden ve ölçen tekniklerdir. Merkezilik ölçütlerinin ana metrikleri ise aşağıda bahsedilen ve Freeman (1979) tarafından geliştirilen derece, arasındalık, yakınlık ve Bonacich (1972) tarafından geliştirilen özvektördür.

- **Derece Merkeziliği (Degree Centrality):** Eşitlik 14'deki derece merkeziliği formülünde ifade edildiği üzere ağdaki bir düğümün (aktör) diğer düğümlerle olan doğrudan bağlantı sayısına eşittir. Her bir düğümün diğer düğümlerle kaç tane bağlantısı olduğunu göstermektedir (Nishavathi ve Jeyshankar, 2018; Freeman, 1979). Yüksek derece merkeziliğine sahip aktör için ağ içerisinde çok sayıda işbirliğine sahip olduğu yorumu yapılabilmektedir. Çok bağlantıya sahip olan ve popüler aktörler bu metrik sayesinde keşfedilebilmektedir[1].

$$CD(n_i) = d_i(n_i) \qquad \text{(Eş.14)}$$

- **Arasındalık Merkeziliği (Betweenness Centrality):** Bir düğümün bulunduğu iki düğüm arasındaki en kısa yol sayısıdır (Shuying vd., 2019). Diğer bir değişle, bir düğümden geçen en kısa yolların sayısını ifade eder. Arasındalık değeri yüksek olan aktörler ortak yazar ağlarındaki pivotlardır. Bu kişiler köprü vaziyeti görerek sistem etrafındaki akışı etkiler. Diğer bir değişle, aktörün bir ağdaki farklı kümeler üzerinde yetki sahibi olduğunu gösterir [2]. Çünkü arada olmak bir aktörün diğerleri arasındaki bilgi akışını kontrol eden kişi olarak adlandırılmaktadır (Nishavathi ve Jeyshankar, 2018). Formülü ise i düğümü için eşitlik 15'deki gibidir.

$$C_b(i) = \sum_{j,k} g_{jk}(i) \,/ g_{jk} \qquad \text{(Eş.15)}$$

---

[1] https://cambridge-intelligence.com/keylines-faqs-social-network-analysis/ (Eişim tarihi: 08.07.2021)

[2] https://cambridge-intelligence.com/keylines-faqs-social-network-analysis/ (Eişim tarihi: 08.07.2021)

$g_{ik}(i)$, i düğümünden geçen j ve k düğümleri arasındaki yolu ifade eder.

g_{ik}, j ve k düğümleri arasındaki tüm yolları ifade eder.

Ağ için normalleştirilmiş arasındalık merkeziliği ise eşitlik 16'teki gibidir.

$$C_B^1(i) = C_B(i)/[(N-1)(N-2)] \quad \text{(Eş.16)}$$

- **Yakınlık Merkeziliği (Closeness Centrality):** Ağdaki bir düğümün aynı ağdaki diğer tüm düğümlere yakınlığını ifade eder. Bir düğümden diğer düğüme en kısa yolun uzunluğu olarak tanımlanan diğer tüm düğümlerden jeodezik mesafenin (etki kapsamının) toplamıdır (Freeman, 1979). Formülü ise eşitlik 17'deki gibidir.

$$C_c^1 1(\text{i})=[\textstyle\sum_{j-1}^{N} d(i-j)]^{-1} \quad \text{(Eş.17)}$$

- Normalize edilmiş formül ise eşitlik 18'deki gibidir.

$$C_c^1(i) = (C_c(i)|(N-1)) \quad \text{(Eş.18)}$$

Merkezi ağ, bir yakınlık merkezilik değerine sahiptir ve merkezi olmayan ağ, sıfır yakınlık merkezilik değerine sahiptir (Nishavathi ve Jeyshankar, 2018; Shuying vd., 2019).

- **Özvektör (Eigenvector):** Diğer yüksek puanlı düğümlerle bağlantılı bir düğüme yüksek bir özvektör puanı atayarak aktörleri belirler (Bonacich, 1972).

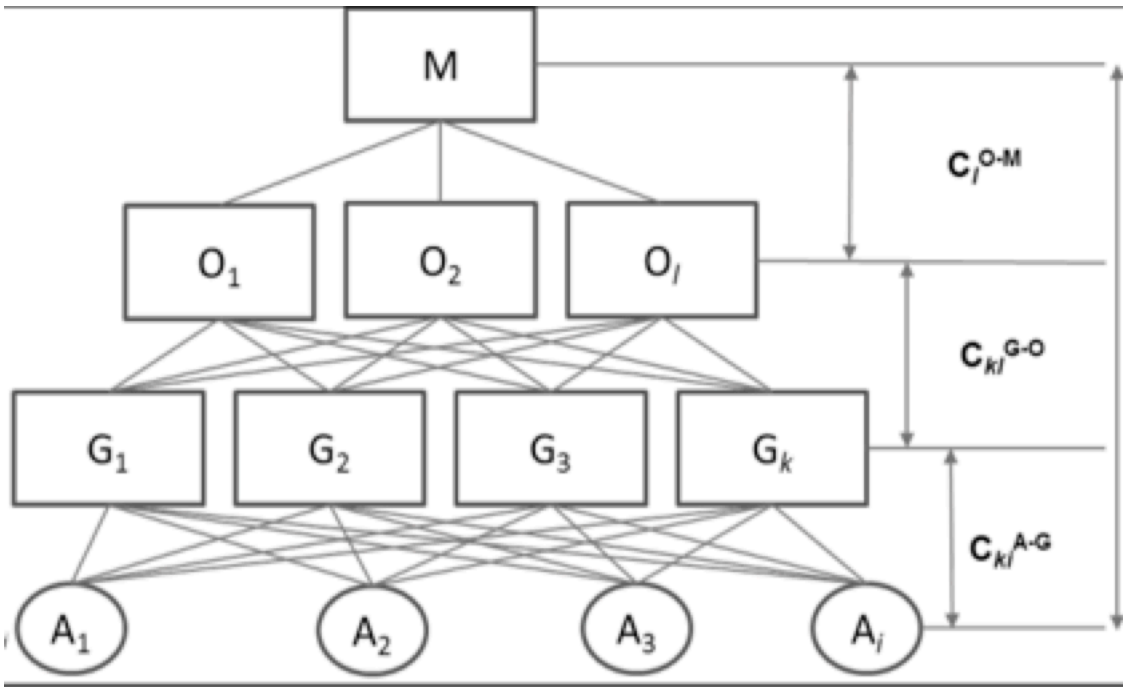
Dikkate alınması gereken en temel merkezilik metrikleri derece ve arasındalık metrikleridir. Çünkü yazar seçimi yapılırken yüksek seviyede olan arasındalık metriği tercih edilirken yayın sayısına bağlı olarak derece merkeziliği ölçüsü de tercih edilmektedir. Yüksek derece oranları doğrudan ortak yazar bağlantılarının sayısı ile ilgilidir. Ağda yüksek arasındalık ve yakınlık oranlarına sahip olan yazarlar yada mucitler ağdaki diğer kişilere kolay erişime sahip olan ve ağın diğer kısımları ile bağlantı kuran alanın önde gelen kişileri olarak yorumlanmaktadır (McCulloh vd., 2013; Ozcan ve Islam, 2014; Senghore vd., 2014). Özellikle karmaşık sistemlerde, sosyal ağ analizi, bir ağdaki aktörler arasındaki etkileşimleri belirlemeye katkıda bulunmanın en iyi yöntemlerden biridir. Uzman ve kuruluşları tanımlama süresini kısaltmada büyük

derecede öneme sahiptir. Bu nedenle, sosyal ağ analizi neticesinde elde edilecek sonuçlar alan uzmanlarını belirleme niteliğinde olduğu için teknoloji istihbaratı sağlamak için geliştirilen modeli destekler niteliktedir. Aynı zamanda bir sonraki adım olan hiyerarşik karar verme sürecinde uzman görüşüne ihtiyaç duyulmasından dolayı sosyal ağ analizine yöntemin uygulanmasından önce başvurulması gerekmektedir.

2.2.3 Hiyerarşik Karar Modeli

1980'lerin başında Kocaoglu (1983) tarafından tanıtılan hiyerarşik karar modeli (HDM) karmaşık durumlarda birden fazla kriter bağlamında karar vermeyi kolaylaştıran çok kriterli karar verme yöntemlerinden birisidir. Birden fazla alternatife sahip olan problemi çözebilmek adına belirlenen kriterlerin değerlendirilmesi ile alternatifler arasından en iyisinin seçilmesine yardımcı olur (Hwang ve Masud, 1979). HDM, Saaty (1997) tarafından sunulan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ile benzerlik göstermektedir. Her iki yöntemde de her düzeydeki karar öğeleri üstünde ve altında bulunan diğer karar öğeleri ile bağlantılıdır. İki model arasındaki fark ise; AHP özvektör hesaplama yöntemini kullanırken HDM ise özvektörler yerine sabit toplam (Constant Sum Method) hesaplamalarını kullanarak farklı bir hesaplama yaklaşımı kullanır (Kocaoglu, 1983). Sabit toplam metodu incelenen n tane eleman için n(n-1)/2 kadar ikili karşılaştırma yapılır. Daha sonra karar vericilerden bu öğeler arasında AHP gibi 0-9 aralığında ölçek kullanarak karşılaştırma yapmasından ziyade sabit toplam hesaplamada kullanan iki unsurun 100 puan üzerinden değerlendirmesi istenir (Kocaoglu, 1983; Abbas, 2016). HDM modelinde kriterler 100 puan üzerinden değerlendirilmesinin nedeni ise arzu edilebilirlik eğrileri aracılığıyla (desirability curve) HDM modelinde bulunan herhangi bir kriteri sayısallaştırmaktır. Böylece, örneğin, modelde yer alan alternatiflerin ekonomik değerleri AHP'nin 0-9 karşılaştırma ölçeğine nazaran çok daha makul bir şekilde belirlenebilmektedir (Sheikh, 2013).

Şekil 7'de görülebileceği üzere Kocaoglu (1983) karar kriterlerinin çok seviyeli bir hiyerarşide (multi level hierarchy) sunulması gerektiğini savunur.



Şekil 7: Hiyerarşik Karar Modeli

Hiyerarşik karar modelinin daha detaylı tanımlayabilmek adına aşağıdaki adımlar tanımlanmıştır (Estep 2017; Khanam ve Daim, 2021; Barham, 2019).

1. Adım- Modelin Oluşturulması: Şekil 7'deki hiyerarşik düzene bakıldığında bu modelin uygulanabilmesi için öncelikle araştırmanın amacının belirlenmesi gerekmektedir. Bu amacı gerçekleştirebilmek için uzman yardımıyla etkinlik ölçütlerine göre belli başlı kriterler (O_j) ve bu kriterle doğrudan ya da yakından ilişkili alt kriterler (G_k) belirlenir. Değerlendirilmek istenen alternatif ya da karşılaştırılmak istenen alternatifler (A_i), belirlenen kriterler ve alt kriterler doğrultusunda amaca yönelik değerlendirilir ya da önceliklendirilir (Khanam ve Daim, 2021; Cleland ve Kocaoglu. 1981; Kocaoglu 1983; Saaty 1977; Şenkaya vd., 2010; Estep 2017;).

Şekil 7'de bahsedilen hiyerarşik karar modeli formülleri incelendiğinde:

$O_1 : i = 1,2 \ldots, l$ aralığındaki kriterleri tanımlar.

C_l^{O-M} : L'inci kriterin amaca olan göreceli katkısını tanımlar.

$G_k : k = 1,2 \ldots., K$ aralığında olan ve kriterler altında belirlenen alt kriteri tanımlar.

C_{kl}^{G-O} : K'inci alt kriterinin L'inci kritere olan göreceli katkısını tanımlar.

$A_i : i = 1,2 \ldots, l$ aralığındaki alternatifleri tanımlar.

C_i^{A-M} : i'nci alternatifin amaca olan genel katkısını belirler.

C_{ik}^{A-G} : i'inci alternatifin k'ıncı alt kriterine olan göreceli katkısını tanımlar.

C_{il}^{A-O} : i'inci alternatifinin l'inci kritere olan göreceli katkısını tanımlar.

Modelde tanımlanan bu yaklaşıma göre elde edilen formül eşitlik 1'deki gibidir:

$$C_i^{A-M} = \sum_{l=1}^{L} \sum_{k=1}^{K} C_l^{O-M} . C_{kl}^{G-O} . C_{ik}^{A-G} \qquad \text{(Eş.1)}$$

Böylece hiyerarşik karar modeli sayesinde her bir öğenin etkilerini ve önemlerini göz önünde bulundurarak en iyi kararı vermeye yardımcı olur. Alternatiflerin belirlenen kriterler boyutunda karşılaştırılması ise amacı gerçekleştirmede en iyi katkıyı sağlayan alternatifin belirlenmesine yardımcı olur (Lingga, 2016; Barham, 2019).

2. Adım - İkili Karşılaştırma: Şekil 7'de gösterildiği gibi hiyerarşik model oluşturulduktan sonra karar vericiler iki kriter arasında yapmış olduğu karşılaştırmaya dayalı olarak yargılarını ortaya koymaları gerekmektedir (Abbas, 2016). Böylece amaç doğrultusunda belirlenen kriterler, alt kriterler ve alternatiflere yönelik ikili karşılaştırma yapılırken alan uzmanları tarafından 100 puan iki kriter arasında dağıtılmış olur. Diğer bir deyişle, Şekil 8'de görülebileceği üzere bu adımda değer eğrileri yaklaşımı kapsamında, uzmanlardan her bir iki kriter arasında bir niceliksel değer (0 ile 100 arasında) vererek ortak seviyeleri/ölçütleri (common levels/metrics) yani arzu edilirlik matrisini belirlemeleri ve değerlendirmeleri istenmektedir (Barham, 2019).

Hiyerarşik karar modeli sürecinde belirlenen kriterlere ilişkin uzmanların kişisel yargılarından faydalanarak kriterlerin göreceli değeri/katkısı/ağırlığı (relative value/contribution/weight) belirlenmektedir. Uzmanların kişisel yargıları, kriterlerin oran ölçeğinde (ratio scale) göreceli ağırlıklara (relative weight) dönüştürülen ikili karşılaştırmalarla (pairwise comparison) ifade edilir. Böylece uzmanlar tarafından ikili karşılaştırma ile dağıtılan 100 puan neticesinde elde edilen ağırlıkları oran ölçeğinin (ratio scale) hesaplamasıyla oran matrisi tablosunda (ratio matrix) göreceli ağırlıkları belirlenir (Abbas, 2016). Böylece elde edilen öğelerin oranları matrisindeki her bir sütun oranı bir sonraki sütun oranına bölünerek bağıl ağırlık matris tablosu (Relative weight matrix) elde edilerek her sütundaki verilerin ortalaması ve standart sapması hesaplanır.

Kriterlerin göreceli ağırlığını (relative values of elements) hesaplamak için tablodaki son değer 1 olarak kabul edilir ve diğer değerler hesaplanır. Son olarak elde edilen bağıl ağırlık matrisinde elde edilen değerler her bir elemanın nihai ağırlığını elde etmek için normalleştirilir. Kısaca hangi kriterin diğerlerine oranla daha anlamlı ve öncelikli olduğu ortaya konmaktadır (Khanam ve Daim, 2021; Barham, 2019).

Göreceli değerlerin hesaplanması ise eşitlik 2'deki formüle dayanmaktadır:

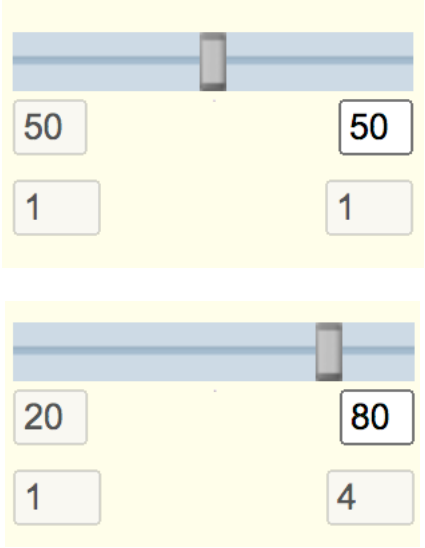
$$VA_m = \sum_{k=1}^{K} \sum_{L=1}^{L} V(C_k).V(S_{LK}).VA_{mLk} \qquad \text{(Eş.2)}$$

C_k: 1 ile K aralığındaki kriterleri temsil etmektedir.

$S_{lk:}$ 1 ile L aralığındaki K kriterine ait alt kriterleri temsil etmektedir.

VA_m: Modelde değerlendirilen alternatifleri temsil etmektedir.

İkili karşılaştırma değerlendirmesi Portland State Üniversitesi tarafından geliştirilen HDM yazılımı[3] aracılığıyla yapılabilmektedir. İkili karşılaştırma toplam eleman (n) sayısına bağlıdır. Uzmanlar tarafından yapılacak toplam ikili karşılaştırma sayısı n(n-1)/2 şeklinde hesaplanmaktadır.



Şekil 8: İkili Karşılaştırma Örneği

[3] http://research1.etm.pdx.edu/hdm2/ (Erişim tarihi: 11.10.2021)

3. Adım - Tutarsızlığın (Inconsistency) Tespiti: Tutarsızlık, uzmanların ikili karşılaştırmalar neticesinde ortaya koydukları kararlarında çelişkili sonuçlar belirdiğinde ortaya çıkmaktadır. Tutarsızlık, uzmanların yetenek, deneyim, zaman, tercih eksikliğinden ortaya çıkabilmektedir. Bahsedilen bu tutarsızlıklar standart sapma hesaplaması ile tespit edilmektedir (Abotah 2014; Khanam ve Daim, 2021; Abbas ve Kocaoglu, 2016). Tutarsızlığın tespiti için her bir adımda kullanılan formüller şöyledir:

- İlk adımda n! için i alternatifinin normalize edilmiş değerlerinin göreli değerinin ortalaması eşitlik 3'deki gibi hesaplanır:

$$\bar{r_{ij}}=\frac{1}{n!}\sum_{j=1}^{n!} r_{ij} \qquad \text{(Eş.3)}$$

r_{ij}= i'nci alternatifin k'inci alt kriterdeki göreceli değerini ifade eder.

- İkinci adımda i'nci alternatifin normalize göreli değerinin varyansı eşitlik 4'deki gibi tanımlanır.

Formülü ise: $\sigma_i^2=\frac{1}{n!}\sum_{j=1}^{n!}(r_{ij-}\ \bar{r_{ij}})^2$ (Eş.4)

- Üçüncü adımda, i alternatifinin normalize göreli değerinin Standart Sapması eşitlik 5'deki gibi hesaplanır:

$$\sigma_i=\sqrt{\frac{1}{n!}\sum_{j=1}^{n!}(r_{ij}-\bar{r_{ij}})^2} \qquad \text{(Eş.5)}$$

- Modeldeki tüm öğelerin eşitlik 6'da gösterilen ortalama standart sapması, tutarsızlık ölçüsünü vermektedir:

$$\sigma=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\sqrt{\frac{1}{n!}\sum_{j=1}^{n!}(r_{ij}-\bar{r_{ij}})^2} \qquad \text{(Eş.6)}$$

Tüm bu adımlar ve hesaplamalar neticesinde uzmanların vermiş olduğu yanıtlar arasındaki tutarsızlık hesaplanabilmektedir. Böylece araştırmanın kalitesi ve güvenilirliği sağlanmış olacaktır. Hesaplanan bu orana Kocaoglu (1983) tutarsızlık oranı (inconsistency rate) olarak adlandırırken; Saaty ise (1977; 1980) tutarlılık oranı (consistency ratio) olarak adlandırmaktadır Tutarsızlık oranının HDM'i geliştiren Kocaoğlu (1983) ve AHP'yi geliştiren Saaty (1977;1980) tarafından 0.10 ya da daha az olması gerektiği belirtilmiştir. Bu değerin 0.10'un üzerinde olması uzman yargılarının

güvenilmez olduğunu göstermektedir (Saaty, 1980). Bu oran toplam kriter ve alt kriter sayısına göre değişiklik göstermemektedir (Abbas ve Kocaoglu, 2016). Tutarsızlık söz konusu olduğu durumlarda ise uzmanlardan tekrardan ikili karşılaştırma yapılmaları istenmelidir (Lingga, 2016; Khanam ve Daim, 2021).

4. Adım – Anlaşmazlık (Disagreement): Alan uzmanlarının yargıları arasında ideolojik, rekabet, farklı bakış açısı, zayıf geri besleme, yetersiz veri ve yetersiz katılım gibi unsurlardan dolayı (Barham, 2019) ortaya çıkan anlaşmazlıklar söz konusu olduğunda bu anlaşmazlık hesaplanmalı ve kabul edilebilir anlaşmazlık aralığında olması gerekmektedir. Anlaşmazlık, uzmanlar arasında kritere yönelik göreceli önem konusunda ne derece anlaşmaya varıldığını tanımlayan sınıf içi korelasyon katsayısına (Interclass Correlation Coefficient – ICC) göre belirlenebilmektedir. F-testi ise uzmanlar arasında anlaşmazlığın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirler (Lingga, 2016). Bu araştırmada HDM yazılımı kullanıldığı için anlaşmazlığı belirlemek adına hiyerarşik yığınsal kümeleme (hierarchical agglomerative clustering – HAC) hesaplama yöntemi kullanılmıştır (Gibson vd., 2016; Iskin 2014; Barham, 2019).

Bu yönteme göre anlaşmazlık hesaplama adımları ise şöyledir (Lingga, 2016):

k : uzman

$m : k = 1 \ldots\ldots m$ aralığında yer alan uzman sayısını belirtmektedir.

i : element

$n : i = 1 \ldots\ldots n$ aralığındaki karar elementi sayısını belirtir.

$\bar{r_{ik}}$: k'ıncı uzman için i'inci elementin ortalama göreceli değerini (mean relative value) tanımlar.

R_i: m uzmanı için i'nci elementin grup göreceli değerini (the group relative value) belirtmektedir. Bu sebeple formül eşitlik 7'deki gibi şu şekildedir:

$$R_i = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^{m} for\ i = 1,2, \ldots, n \qquad \text{(Eş.7)}$$

- 1. Adım: k'ıncı uzman için ortalama nispi değer (mean relative value) hesaplanması eşitlik 8'de gösterilmiştir.

$$\bar{r_{ij}} = \frac{1}{n!} \sum_{j=1}^{n!} r_{ij} \qquad \text{(Eş.8)}$$

- 2. Adım: m uzmanı için i karar değişkeninin ortalama göreceli değerinin hesaplanması eşitlik 9'de gösterilmiştir.

$$R_i = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^{m} r_{lk}^{-} \qquad \text{(Eş.9)}$$

- 3. Adım: m uzmanı için ortalama değerin varyansının hesaplanması eşitlik 10'de gösterilmiştir.

$$\sigma^2 \frac{1}{m} \sum_{k=1}^{m} (R_i - r_{ik}^{-})^2 \qquad \text{(Eş.10)}$$

- 4. Adım: m uzmanları için i karar değişkeninin ortalamasının standart sapmasının hesaplanması eşitlik 11'da gösterilmiştir.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{m}} \sum_{k=1}^{m} (R_i - r_{ik}^{-})^2 \qquad \text{(Eş.11)}$$

- 5. Adım: m uzmanları için görüş ayrılığına (disaggreement) dayalı standart sapmanın hesaplanması eşitlik 12'de gösterilmiştir.

$$\sigma_m \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \sqrt{\frac{1}{m}} \sum_{k=1}^{m} (R_i - r_{ik}^{-})^2 \qquad \text{(Eş.12)}$$

Tüm bu hesaplamalar neticesinde uzmanlar arasındaki görüş ayrılığı ortaya çıkarılabilmektedir. Anlaşmazlığın kabul edilebilir sınırının ise 0.10 veya daha az olması beklenmektedir. Anlaşmazlık değerinin yüksek olduğu zamanlarda ise ortak görüşleri olmayan uzmanları birbirinden ayırmak yani 2/3'ünün uyum içerisinde olmasını sağlamak gerekmektedir. Delphi yöntemi yardımıyla anlaşmazlık olan görüşün ortadan kaldırılmasını sağlamak ya da anlaşmazlığı kabul ederek anlaşmazlığı rapor halinde sunmak anlaşmazlığı sona erdirmek adına diğer alternatifler arasındadır (Lingga, 2016; Barham, 2019).

Hiyerarşik karar modeli delphi tekniği yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Bu sebeple, teknoloji gelişim zarfını destekler nitelikte olan delphi yöntemi süreci bir sonraki başlıkta ayrıntılarıyla açıklanmıştır.

2.2.4 Delphi Tekniği Süreci

Bu araştırma kullanılan teknoloji gelişim zarfı yönteminin bir adımı olan hiyerarşik karar modelinin nitel araştırma olması gereği uzman görüşü alma modeli uygulayabilmek adına en önemli adımlardan birisidir. Aynı amaç çerçevesinde olan ancak farklı pozisyonlarındaki uzmanlar farklı yeteneklere sahiptirler. Üst düzey yöneticiler daha çok idari becerilere sahipken alt düzey yöneticiler ya da denetçiler daha çok teknik becerilere sahiptirler. Pratikte ölçülmesi zor olan unsurları ölçmek ya da bilgi bütünlüğü sağlamak için uzman değerlendirmesi hayati önem taşımaktadır (Barham, 2019).

Bu noktada delphi tekniği önem arz etmektedir. Bu tekniğin amacı uzman görüşleri arasında sağlanan fikir birlikleri neticesinde geleceğe yönelik tahminlerde bulunmaktır. Şahin'e (2001) e göre tekniğin en temel özellikleri katılımda gizlilik, grup etkisinin istatistiksel analizi ve kontrollü geri beslemedir. Bu süreçte uzmanlara, yüz yüze bir araya gelmeden, bir problem üzerinde uzlaşma sağlanabilmesi adına art arda anketler gönderilmektedir. Her bir paneldeki anket verilerinin istatistiki sonucunda fikir birliği elde edilene kadar devam eder. Delphi paneline ideal katılımcı sayısı üzerinde araştırmacılar arasında bir fikir birliği yoktur. Örneğin, Şahin'e (2001) göre ideal katılımcı sayısı 10 ve 20 aralığından oluşmaktadır; Truff (2002)'a göre ideal uzman sayısı 10 – 50 aralığındadır; Phillips'e (2000) göre ise bu sayı 7 ve 12 aralığındadır; Cavalli-Sforza ve Ortolano'ya (1984) göre ise 8 ve 12 aralığı ideal uzman katılımcı sayısını göstermektedir. Bu nedenle bu araştırmada yürütülen her bir delphi paneli aşamasında en az 7 uzman görüşüne başvurulmuştur. Bu uzmanlar bilgi birikimlerine göre sınıflandırılarak belirlenmiştir, çünkü delphi panelinde farklı bakış açılarına ve yeteneklere sahip uzmanlardan oluşan uzmanlar yer almaktadır. Uzmanlar tarafından yapılan değerlendirmeler modelin oluşturulmasında ve doğrulanmasında nitel araştırma kapsamında en büyük etkiye sahiptir (Barham, 2019).

Ancak delphi tekniğini uygulamak için katılımcı uzmanların kimler olduğu, nasıl bulunacağı, hangi profesyonel role sahip olması gerektiği gibi soruların cevaplanması gerekmektedir. Çünkü delphi tekniğinin uygulamasında uzmanlık, yaklaşım, deneyim ve

coğrafyaya özgü bilgi gibi geniş perspektifler göz ününde bulundurularak çalışmada yer alacak kişiler dengeli ve geniş bilgi setlerine sahip kişiler olarak belirlenmelidir (Barham, 2019). Bu sebeple, bu sorulara cevap bulabilmek adına metodoloji bölümünün en başında bahsedilen bibliyometrik analiz, patent analizi ve sosyal ağ analizi yöntemleri kullanılarak delphi yönteminde yer alacak uzmanlar belirlenmiştir. Bahsedilen analizler yardımıyla araştırmada yer alacak uzmanlardan doğru veri elde edebilmek için bilgi, donanım ve deneyim açısından zengin kişiler tercih edilmiştir. Araştırmanın örneklemi açısından amaçlı örnekleme yöntemi ile uzmanlar belirlenmiştir. Amaçlı örneklemede, katılımcılar belirli bir amaca uygun bilgi birikimlerine bağlı olarak seçilir. Bir diğer örneklem türü ise uzmanların bir başka alan uzman tavsiyesinde bulunmalarını kolaylaştırdığı için kartopu örnekleme yöntemidir. Bu örneklem yöntemi bibliyometrik ve patent verilerini kullanarak oluşturulan sosyal ağ analizi yönteminde göz önünde bulundurulmuştur. Sosyal ağ analizi yönteminde uzmanlar genellikle arasındalık ve yakınlık değerine göre belirlenmiştir. Çünkü arasındalık değeri bir ağda en çok iletişime sahip olan uzmanların belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Bu metriklerin seçilmesindeki sebep ise uzmanalar arasında köprü vaziyeti gören yani uzmanlar arasında iletişimi en yüksek olan ana uzmanları belirleyerek kartopu etkisi sayesinde diğer uzmanlara ulaşmayı kolaylaştırmaktır.

2.2.5 Bibliyometri ve Patent Analizi Yöntemi

Uygulama açısından bibliyometri ve patent verileri için benzer değerlendirme metrikleri kullanıldığı için her iki yöntem bu başlık altında açıklanmıştır.

Şirketlerin verimliliklerini artırmaları ve teknolojiyle ilgili kararlarını daha doğru bir şekilde verebilmeleri için patent ve bilimsel yayın verilerini (Jeong vd., 2019) analiz eden araçları keşfetmeleri gerekmektedir (Daim & Gerdsri, 2009). Teknoloji, inovasyon ve bilime dayalı öncelikleri güncel bir şekilde temsil eden hem patent hem de bilimsel yayın verileri, karar vericiler için merkezi karar verme aracı olabilmektedir. Böylece firmalar, Ar&Ge stratejilerini önceliklendirerek daha gerçekçi Ar&Ge yatırımları yapabilmektedirler (Wang vd., 2019).

Bu nedenle bilimsel yayın verilerini baz alan bibliyometrik analiz ve patent verilerini baz alan patent analizi, şirketlerin araştırma portföylerini yeniden şekillendirmelerine, üretkenliklerini ve kârlılıklarını artırmak için yeni teknoloji geliştirmeleri tanımlamalarına olanak sağlayan en önemli Tİ yöntemlerinden bazılarıdır (Norling vd., 2000). Her iki yöntem gelişmekte olan teknolojileri ve trendleri tahmin etmeye ve belirsizlik durumları için erken uyarı sinyalleri sağlamaya yardımcı olur. Çünkü mühendisler tarafından yayınlanan patentlerin teknik bilgi ve teknolojik fırsatları tanımlarken (Park ve Yoon, 2018), akademisyenler tarafından yayınlanan bilimsel makaleler ise derin bilimsel bilgiler sağlamaktadır (Meyer, 2002). Dolayısıyla bu analizler teknolojilerin taramasını ve izlenmesini kolaylaştırdığından dolayı kaliteli ve güncel bilgi sağlayarak ve karar verme sürecini desteklemiş olur (Daim ve Gerdsri, 2009).

Her iki analiz yönteminin ayrımı detaylı bir şekilde ele alındığında nicel (kantitatif) bir analiz olan bibliyometrik analiz (Liu vd., 2020) bilimsel yayınlara ait veri tabanına dayalı olarak gerçekleştirilebilir. Bibliyometri analizi istatistiksel yani nicel ölçümler kullanarak araştırma çıktılarının etkisini analiz eder. Bibliyometrik analiz yeni ve gelişmekte olan araştırma alanlarını ve potansiyel araştırma işbirlikçilerini belirlemek için kullanılan en etkili yöntemlerdendir[4]. Ayrıca Li vd. (2015)'e göre bibliyometri, araştırmacılara karar verme süreçlerinde, Ar&Ge'ye dayalı proje seçiminde, pazarlama yaklaşımında veya yeni ürün geliştirmede ortaya çıkan teknolojileri tahmin etmede kullanılmaktadır. Alfred Lotka ve Samuel Bradford (1948), bilimsel yayınları analiz etmek için teknikler geliştirerek zemin hazırlayan bibliyometrik yönteminin babası olarak kabul edilmektedir. Eugene Garfield (1979), atıf analizi ve sistematik işleme yoluyla bibliyometriyi modernleştirmesiyle tanınır. Bibliyometri analizi, bildiriler, dergi makaleleri, kitap bölümleri, incelemeler, editoryal materyaller ve diğer birçok yayınları analiz ederek araştırmanın kalitesini ve etkisini değerlendirmektedir (Khanam & Daim, 2021). Bibliyometrik analiz yayınların meta verilerinden yola çıkarak yazarlar,

[4] https://libguides.northampton.ac.uk/bibliometrics#:~:text=Using%20Bibliometrics-,Bibliometrics%20analyses%20the%20impact%20of%20research%20outputs%20using%20quantitative%20measures,quality%20and%20impact%20of%20research. (Eişim tarihi: 12.10.2021)

kurumlar, anahtar kelimeler, konular, başlıklar gibi bilimsel yayınların araştırma birimleri arasındaki ilişkileri ortaya çıkararak ve kategorize eder (Jeong vd., 2019; Xu vd., 2021). Ayrıca, sadece yayınların miktarını değil, aynı zamanda bilgi birikiminin kalitesini de ortaya çıkardığı için teknolojik gelişimler ve teknolojik fırsatlar keşfedilebilmekte ya da tahmin edilerek yatırım ya da Ar&Ge kararları alınabilmektedir (McMillan & Hamilton lii, 2000).

Diğer bir yandan ise patentler firmaların iş stratejilerine ve inovatif Ar&Ge çalışmalarına büyük katkıda bulunabilecek bilgi sermayesidir. Bu nedenle, firmaların rekabet avantajlarını koruyabilmeleri için rakiplerinin patent portföylerini anlaması son derece önemlidir. Alana yönelik çeşitli teknik kavramları, mevcut teknoloji trendlerini, iş modelini tehdit edebilecek yeni teknolojik gelişmeleri tespit etmek mümkün olduğu için patent analizi teknoloji istihbaratı sürecinin vazgeçilmez bir parçasıdır (Shehabuddee & Probert: 2004). Lens.org, EPO, USPTO, WIPO, DII gibi patent veri tabanları taranarak elde edilen verilerden uluslararası patent sınıflandırma kodları (IPC), patentin mucitleri, patente temlik eden organizasyonlar ve patent içerikleri gibi bilgiler tahmin edilebilmektedir. Bu sebeple, teknoloji alanlarına yönelik en çok icraat gösteren rakip ya da ortak iş birliği yapılabilecek kuruluşlar, mucitler, ülkeler ve patent kodlarının içerikleri belirlenebilmektedir.

Hem bibliyometrik hem de patent verilerinden hareket ederek VosViewer, CiteSpace, Gephi, R gibi yazılımlar aracılığıyla elde edilen iş birliği ağları, anahtar kelimeleri, alanın önde gelen organizasyonları, yazarları ya da yayın kuruluşları gibi göstergeler kullanılarak eş yazarlık analizi (co-authorship), eş atıf analizi (co-citation) ve eş oluşum analizi (co-occurrence) gibi analizler gerçekleştirilir. Bu analizleri biraz daha detaylı incelersek;

- **Eş atıf analizi (co-citation):** Eş atıf analizi, benzerliklerine göre birçok yayından ortaya çıkan ve trend olan konuların belirlenmesine katkıda bulunur. "Eğer iki yayın (patent, makale) n yayın tarafından aynı anda alıntılanmışsa (n = 1, 2, …), o zaman iki yayının n'nin gücünde bir ortak alıntı ilişkisine sahip olduğu tanımlanır" (Liu vd., 2021:15). Eş atıf ağında yayınlar düğümlerle temsil

edilirken, iki düğüm arasındaki bağlantı diğer yayınlar tarafından ortak atıfları temsil eder (Liu vd., 2021; Larson, 1996).

- **Eş Yazarlık Analizi (Co-authorship):** Eş yazarlık analizi, araştırma ağının çerçevesini gösterir (Xu vd., 2021).
- **Eş Oluşum Analizi (Co-occurance):** Eş oluşum analizi, yayınlarda kullanılan kelimelerin sıklığını sayarak belirli bir alanda ki trend eğilimlerini belirlemeye yardımcı olur (Setyowati vd., 2019).
- **Eş Kelime Analizi (Co-word):** Araştırmanın gidişatını ve trend konularını belirlemek için eş kelime analizini gerekli kılar.

Tüm bu analizler stratejik karar vermeyi artırmak ve bilgi açığını en aza indirmek için yol haritası geliştirilirken uygulanacak önemli yöntemlerdendir. Teknoloji eğilimlerini anlamak için faydalı enformasyon sağlar.

Her iki yöntemin ortak yönleri bahsedilen bu metrikler boyutunda özetlendiğinde ise bilim ve teknoloji tabanlı bilgi ve literatür verilerini yazarlara, anahtar kelimelere, başlıklara, özetlere, organizasyonlara, ülkeler, iş birlikleri ve alıntılar göre sınıflandırarak gizli kalıpları ve yoğunlaşılan alanları belirlemede yardımcı olmaktadır (68iv d., 2015; Porter ve Detampel, 1995). Patent, yayın ve atıf sayılarını hesaplayarak bilimsel ve teknolojik faaliyetleri, avantajları, yetenekleri keşfetmeye, yorumlamaya ve özetlemeye yardımcı olur (Zhang vd., 2013; Porter ve Detampel, 1995). Büyük miktarda ham veriyi analiz eden hem bibliyometrik hem de patent analizi gibi nicel teknikler Ar&Ge strateji planlaması için bilimsel ve teknik göstergelere dayalı olarak tahminlerde bulunur, mevcut ve gelecek trendlerin, en güncel teknik ve bilimsel bilgilerin, değişimlerin ve gelişmelerin belirlenmesine yardımcı olur (Li vd., 2019).

Ancak, bibliyometri ve patent analizleri birçok araştırmacı tarafından uygulansa da sosyal ağ analizi gibi diğer analizlerle desteklenmesi gerekmektedir. Bu analizlerin hibrit bir şekilde kullanımı, hızla gelişen teknolojiler hakkındaki belirsizliklerin üstesinden gelinmesine yardımcı olur (Yoon ve Lee, 2012). Bu nedenle, bibliyometri, patent analizi ve sosyal ağ analizini bir arada kullanmak, yazarlar, kurumlar, ülkeler ve

anahtar kelimeler arasındaki karşılıklı ilişkileri ayrıntılı olarak keşfetmeye yardımcı olur. Bir sonraki başlıkta sosyal ağ analizinden bahsedilmiştir.

3.BÖLÜM

BULGULAR

Bu bölümde metodoloji bölümünde ayrıntılarıyla bahsedilen teknoloji isihbaratı modelinde yer alan tüm yöntemlerin uygulamaları yer almaktadır. Aynı zamanda uygulama açısından ele alınan gelişmekte olan enerji depolama teknolojileri işlevsellik kapsamında detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

3.1 Birinci Adım: Teknoloji Alanının Belirlenmesi

Metodoloji bölümünde ele alınan teknoloji istihbaratı modelinin ilk aşaması olan teknoloji alanına karar verme adımı literatür incelemesi neticesinde tanımlanmıştır.

3.1.1 Enerji Depolama Teknolojileri

3.1.1.1 Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Günümüz dünyasında hem haneler hem de endüstriler tarafından enerjiye duyulan ihtiyaç giderek artmaktadır. Aynı zamanda, mevcut enerji üretim araçları çevresel kirlilik gibi büyük bir sorunla karşı karşıyadır. Amerika Birleşik Devletleri'nde çevresel kirliliğe en çok sebebiyet veren ulaşım ve enerji sektörü, sera gazı emisyonlarının %55' inden sorumlu tutulmaktadır[5]. Bu nedenle birçok uluslararası anlaşmalar kirlilik seviyelerini, küresel ısınmayı ve karbondioksit üretimini azaltmayı

[5] https://www.energy.gov/sites/default/files/2019/07/f65/Storage%20Cost%20and%20Performance%20Characterization%20Report_Final.pdf (Eişim tarihi: 08.07.2021)

öngörürken, eski nükleer santralleri devreden çıkarma ve yenilerini inşa etmeme kararı almaktadırlar (Hadjipaschalis vd. 2009). Ancak, santraller tarafından fosil yakıtlar aracılığıyla üretilen enerjiler artan enerji üretimini karşılamak için üretimi hızlandırmak durumunda kalmasından dolayı elektriğin yoğun olarak kullanıldığı zamanlarda elektriği daha pahalı hale getirmektedir[6]. Bu gibi durumlar geleneksel enerji üretim yöntemlerinin yenilenebilir enerji kaynaklarıyla değiştirilmesi ihtiyacını da beraberinde getirmektedir (Hadjipaschalis vd. 2009). Son yıllarda temiz enerji üretiminin öneminin artmasıyla birlikte finansal teşvikler, yenilenebilir enerji standartları ve temiz enerji politikaları gibi çalışmalar hız kazanmıştır. Avrupa'da 2005 ile 2030 yılları arasında birincil enerji tüketimindeki artışın %95'i yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması planlanmaktadır. AB Üye Devletleri (AB-27) tarafından kararlaştırılan, 2030'dan sonra 2050 yılına kadar sera gazı emisyonlarındaki %80 ila %95'lik azalmayı sağlayabilmek için yenilenebilir enerji kaynaklarının Avrupa'da yaygınlaşması gerektiği vurgulanmaktadır. Ayrıca, Avrupa ülkeleri Avrupa Birliği kapsamında, enerji depolama teknolojilerini, karbon salınımının önlenmesinde en büyük etkiye sahip olduğundan dolayı en önemli teknoloji alanlarından biri olarak belirlemişlerdir. Enerji depolama sorunlarına yönelik çözümler, AB'nin enerji politikası hedeflerine ulaşmak için kilit bir unsur olarak nitelendirilmektedir (González vd., 2015). Bu bağlamda enerji depolama teknolojileri temiz enerji sistemlerinin faydalarını daha üst düzeye çıkarabilecek politikaların en önemli bileşeni olarak görülmektedir[7].

Yenilenebilir enerji kaynakları (rüzgâr ve güneş enerjisi), fosil yakıtlar gibi sürekli üretim söz konusu olmadığı ve doğrudan doğanın gücünden yararlanmaya dayalı olduğu için üretilen enerji hava durumuna ve mevsimlere bağlı olarak aylık ve hatta yıllık döngülerde güç çıkışında büyük dalgalanmalar gösterdiğinden dolayı kesintilidir[8] (Hadjipaschalis vd. 2009). Bir rüzgâr türbininin çıkışındaki dalgalanmaların (deşarj süresi) üstesinden gelmek için enerji fazla üretildiğinde depolanmalı ve üretim seviyeleri

---

[6] https://www.eesi.org/papers/view/energy-storage-2019 (Eişim tarihi: 04.10.2021)

[7] https://www.energy.gov/sites/default/files/2019/07/f65/Storage%20Cost%20and%20Performance%20Characterization%20Report_Final.pdf

[8] https://www.eesi.org/papers/view/energy-storage-2019 (Eişim tarihi: 23.10.2021)

gerekli talepten daha az olduğunda serbest bırakılmalıdır (Hadjipaschalis vd. 2009). Bu noktada, enerji üretimi için iklimsel koşullar elverişli olmadığı durumlarda büyük miktarda enerji depolayabilen ve uzun bir süre boyunca serbest bırakabilen enerji depolama teknolojilerine ihtiyaç duyulmaktadır (Hall ve Bain, 2008).

Bu nedenle, yenilenebilir enerji teknolojilerinin elektrik şebekelerine uygun entegrasyonunu sağlamak amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektriğin uygun kurallar altında depolanması gereklidir (González vd., 2015).

3.1.1.2 Enerji Depolama Teknolojileri ve Avantajları

Günümüz dünyasında, küresel ısınma ve iklim değişikliği tehdidini en aza indirebilmek için yenilenebilir enerji kaynaklarına büyük ölçüde ihtiyaç duyulmasından ve birçok ülkenin yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektrik enerjisine önem vermesinden dolayı, enerji depolama ve güç yönetimi giderek daha önemli hale gelmektedir (Luo vd., 2015).

Elektrik enerjisi, en kolay elde edilebilen enerji türlerinden biri olarak kabul edilmekle birlikte, 2012'de tüketim sıralamasında petrolden sonra ikinci sırada yer almıştır (Aneke ve Wang, 2016). Ancak, yenilenebilir kaynaklardan (rüzgâr, güneş, vs.) üretilen elektrik arzının kesintili olmasından dolayı ve sürekli gelişen talepleri karşılayabilmek adına çok yönlü güç ve enerji yoğunluğu sunduğu için enerji depolama sistemlerine ihtiyaç vardır (Hadjipaschalis vd. 2009). Fakat bu enerji kaynaklarının güç çıkışı, geleneksel güç kaynaklarının çıktısı kadar güvenilir ve değişen talep döngülerine uyum sağlayabilecek kadar kolay değildir[9]. Bu dezavantaj ancak yenilebilir enerji kaynakları tarafından üretilen fazla gücün depolanmasıyla aşılabilir (Luo vd., 2015). Elektriği kolayca depolanabilen diğer enerji türlerine dönüştürmek için enerjisi depolama teknolojileri olarak adlandırılan çeşitli teknolojiler vardır. Bu teknolojiler şu şekilde gruplandırılabilir: mekanik enerji depolama, kimyasal enerji depolama, elektrokimyasal (süperkapasitör enerji depolama, pil enerji depolama), süper iletken

[9] https://www.energy.gov/sites/default/files/2019/07/f65/Storage%20Cost%20and%20Performance%20Characterization%20Report_Final.pdf (Eişim tarihi: 08.07.2021)

manyetik enerji depolama ve termal enerji depolamadır (Aneke ve Wang, 2016). Çeşitlilik arz eden enerji depolama teknolojilerinin yüksek şarj/deşarj verimi, yüksek depolama kapasitesi, uzun ömür, kendiliğinden deşarj olmanın ve kapasite kayıplarının az olması, ucuzluk, enerji yoğun olması gibi belli başlı özellikleri taşıması beklenmektedir (Kozak ve Kozak, 2012). Tüm bu özellikler enerji depolama teknolojilerinin geleneksel yöntemlere göre tartışılmaz bazı üstün yönlerini ortaya koymaktadır.

Hadjipaschalis vd.'e (2009) göre bu üstün yönlerden biri: enerji depolama teknolojilerinin yenilenebilir enerjinin üretildiği anda kullanılmasından ziyade ihtiyaç duyulduğu anda kullanılmasına öncülük ettiği için günümüzde modern enerji tedarik zincirinde de önemli bir unsur olarak kabul edilmesidir. Çünkü elektrik enerjisi depolaması hem yük hem de üretimdeki değişimleri dengelemektedir. Bunun temel nedeni, şebeke istikrarını, yenilenebilir enerji kaynaklarının penetrasyonunu ve enerji sistemlerinin verimliliğini artırabilmesi, fosil enerji kaynaklarını koruyabilmesi ve enerji üretiminin çevresel etkisini azaltabilmesidir. Elektrik enerjisi üretiminin yeterli olmadığı durumlarda, açığı karşılamak için genellikle gaz türbini ve hidroelektrik sistemleri gibi santraller devreye alınmaktadır. Rüzgâr, güneş ve gelgit gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kesintili enerji üretimi nedeniyle oluşan arz ve talep dengesizliği güç şebekesini stabilize etme zorluğunun artmasına neden olmuştur. Şebeke yükünü seviyelendirme genellikle geçmiş trendler kullanılarak günlük ve mevsimsel kullanım tahminine dayanır (Aneke ve Wang, 2016). Bu süreçte kârlı bir kullanım faktörü sağlamak için enerjinin entegre edilmesi gerekmektedir. Diğer bir değişle üretildiği haliyle elektrik depolanamadığı için elektriğin gerektiğinde tekrar enerjiye dönüştürülmesi amacıyla depolanabilen bir enerji formuna dönüştürülmesi gerekmektedir. Çünkü, depolama teknolojileri, özellikle yoğun ve son saatler arasında artan maliyet farkının olduğu pazarlarda yüksek dağıtım potansiyeline sahiptir (Ferreira vd., 2013). Bu sebeple, enerji depolama teknolojilerinin bir diğer büyük avantajı enerji santrali elektrik üretimi kesintiye uğradığında yedek enerji kaynağı olarak esneklik sağlamasıdır. (Hadjipaschalis vd. 2009).

Luo vd. (2015)'e göre depolama teknolojilerinin diğer avantajları ise; yüksek elektrik taleplerinin karşılanmasına yardımcı olmak, zaman boyutunda değişkenlik gösteren enerjiyi yönetmek, yenilenebilir enerji kaynaklarının kesintisini azaltarak enerji üretmek, güç kalitesini ve güvenilirliğini artırmak, akıllı şebekelerin hayata geçirilebilmesini kolaylaştırmaktır. Enerji depolama teknolojileri enerji israfını azaltmaya ve enerji kullanım verimliliğini artırmaya yardımcı olduğu için enerji yönetimi açısından son derece büyük öneme sahiptir. Isı ve elektrik gibi ikincil enerji biçimlerinin depolanması ve üretilmesi için tüketilen birincil enerji kaynaklarının (fosil yakıtlar) kullanım miktarını azaltmaya yardımcı olur. Bu durum yalnızca küresel ısınmayla birlikte karbon emisyonu (CO2) ve diğer sera gazı emisyonlarını azaltmakla kalmaz, aynı zamanda tükenebilir olduğuna inanılan fosil yakıtların korunmasına da yardımcı olur. Ayrıca rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi ve deniz gelgit akımı gibi yenilenebilir, temiz ve kesintili enerji kaynaklarının şebekeye nüfuzunu artırmada önemli bir rol oynamaktadır. Aynı zamanda, enerji sistemlerine yönelik mikro şebeke sistemlerinde güç kalitesini iyileştirmeye ve talebi arzla eşleştirmeye yardımcı olur (Aneke ve Wang, 2016).

Enerji depolama teknolojilerinin bahsedilen avantajlarından da anlaşılabileceği gibi bu teknolojiler sadece teknik alt yapı değil aynı zamanda çevresel, ekonomik, politik ve sosyal içerikli başlıkların bir arada bulunmasını gerektirmektedir.

3.1.1.3 Gelişmekte Olan Enerji Depolama Teknoloji Türleri

Yenilenebilir enerji kaynaklarının depolanabilmesi için belli başlı sistemler mevcuttur. Enerji depolama sistemleri mekanik, elektrik, kimyasal ve termal temelli sistemler olarak sınıflandırılmaktadır. Birbirinden farklı bu sistemler elde edilen enerjinin depolanma öncesi ve sonrası dönüşüm aşamalarına göre birbirinden ayrılmaktadır (Tetteh vd., 2021). Bu teknolojiler şarj edilebilir bataryalar, lityum iyon piller, elektrokimyasal süper kapasitörler, süper iletken manyetik enerji depolama ve kinetik enerji depolama gibi teknolojileri içermektedir. Örneğin elektrik, enerji depolama çeşitlerinden süperkapasitör teknolojisinde doğrudan elektrik enerjisi olarak

depolanırken; mekanik enerji olarak depolanan elektrik pompaj depolamalı hidroelektrik santralinde dolaylı yoldan potansiyel enerjiye dönüştürülür (Tetteh vd., 2021). Bu teknolojiler geleceğe yönelik temiz enerji ortamı sağlamaktadır (Hall ve Bain, 2008) ve bir kısmı bugün yoğun bir şekilde kullanımdayken, diğerleri hala yoğun araştırma ve geliştirme aşamasındadır (Hadjipaschalis vd., 2009).

Mevcut araştırmada ele alınan ve hala yoğun araştırma ve geliştirme aşamasında olan gelişmekte olan enerji depolama teknolojileri şunlardır:

- Volanlar (Flywheels),
- Sıvı Hava Enerji Depolama Teknolojileri (Liquid Air Energy Storage Technologies),
- Termoelektrik Enerji Depolama (Thermoelectric Energy Storage),
- Yeraltı Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santrali (Underground Pumped Hydro),
- İzotermal Basınçlı Hava Enerji Depolama (Isothermal Compressed Air Energy Storage (I-Caes)

Genel anlamda bahsi geçen bu teknolojileri depolama sistemlerine göre sınıflandırıldığında volanlar, pompaj depolamalı hidroelektrik enerji depolama, izotermal basınçlı hava enerjisi depolaması, sıvı hava enerji depolama teknolojileri mekanik enerji depolama türlerine aittir (Aneke ve Wang, 2016; Luo vd., 2015). Mekanik enerji depolama türleri, elektrik enerjisini kolayca depolayabilen ve potansiyel ve kinetik enerji formlarına dönüştürebilen elektromekanik sistemlerdir[10]. Mekanik

---

10 https://www.energy.gov/sites/default/files/2019/07/f65/Storage%20Cost%20and%20Performance%20Characterization%20Report_Final.pdf (Eişim tarihi: 14.10.2021)

depolama sistemlerinin en büyük dezavantajı su kaynaklarına, yer altı mağaraları gibi belli başlı coğrafi özelliklere sahip alanlarda kurulmaları gerekmesidir (Tetteh vd., 2021).

Diğer bir yandan, mevcut araştırmada ele alınan bir diğer gelişmekte olan enerji depolama teknolojisi olan termoelektrik enerji depolama termal enerji sistemine örnek olarak gösterilebilmektedir. Termoelektrik enerji depolama sistemi ise termal enerjiyi büyük bir kapasiteyle ve doğrudan depolayabilmektedir. Bu sistemler enerjiyi mevsimsel koşulları göz önünde bulundurarak ısıtmak ve soğutmak amaçlı kullanabilmektedir (Tetteh vd., 2021). Bir sonraki alt başlıkta gelişmekte olan enerji depolama teknolojileri ayrıntılarıyla ele alınmıştır.

3.1.1.3.1 Volanlar

Volan enerji depolama teknolojilerinin çalışma prensibi antik çağlardan beri bilinmesine rağmen, ilk önemli volan uygulamaları 1950'li yıllarda gyro otobüslerin İsviçre ve Avusturya'da kullanılmasıyla başlamıştır (Boicea, 2014). Volanlar, elektriği kinetik enerji olarak depolama olanağından yararlanır. Devinimsizlik yoluyla kısa vadeli güç sağlayabilen ve kinetik enerjiye dayanan bir depolama sistemidir. Şarj olduğunda, volan hızlanır. Boşaldığında, kinetik enerji geri çekilir[11]. Volan sistemi Şekil 9'da (Özdemir ve Hadra, 2012) gösterilmiştir.

---

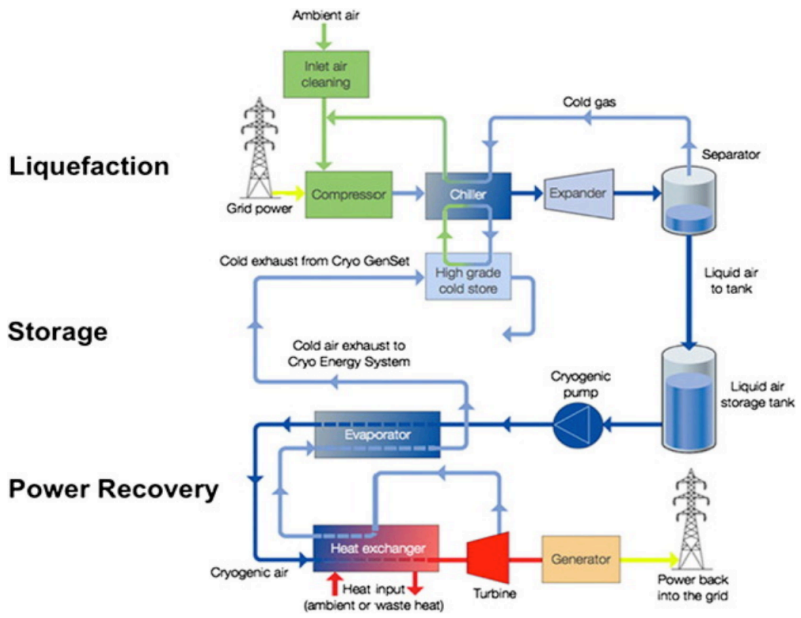
11 https://www.energy.gov/sites/default/files/2019/07/f65/Storage%20Cost%20and%20Performance%20Characterization%20Report_Final.pdf (Eişim tarihi: 14.10.2021)

Şekil 9: Volan Sistemi

Volan enerji depolama teknolojileri Şekil 9'da görülebileceği üzere beş ana bileşenden oluşmaktadır. Bunlar; volan, ana makine, uyarma jeneratörü, dönüş düzenleyici ve manyetik destektir (Luo vd., 2015). Uygulama anlamında volanlar, dönen bir kütlenin kinetik enerjisini depolar. Volana mekanik bir yük yani bir elektrik jeneratörü bağlandığında deşarj işlemi başlar. Tersi durumda ise volana bir tork uygulandığında sistem şarj olur (Boicea, 2014). Düşük hızlı ve yüksek hızlı olmak üzere iki ana tip volan vardır. İlk tip daha ucuzdur ancak deşarj süresi birkaç saniye ila birkaç dakika kadar enerji sağladığı için kısadır. Malzeme olarak ise çelik kullanılır. İkinci tip ise daha uzun süre yani bir saate kadar enerji sağlayabilir, ancak yaklaşık 100 kat daha pahalıdır. Çünkü karbon fiber gibi gelişmiş kompozit malzemeler kullanılır (Luo vd., 2015). Bu teknolojinin avantajları, döngü sayısı, şarj etme ve deşarj hızı, güç derecesi ve modülerliğidir. Dezavantajları ise düşük hızlı tip teknoloji için sınırlı enerji depolaması; yüksek hızlı tip için ise maliyettir. Bu teknoloji, uzak mesafeli elektrik sistemlerinde başarıyla uygulanmakta ve yenilenebilir enerji kaynaklarının daha fazla yaygınlaşmasına izin vermektedir (Ferreira vd., 2013).

3.1.1.3.2 Sıvı Hava Enerji Depolama

Adından da anlaşılacağı gibi, sıvı hava enerji depolama, elektrik enerjisinin sıvı hava şeklinde depolanmasını içerir. Kriyojenik enerji depolaması (CES) olarak da bilinir. Bu teknoloji şu anda Birleşik Krallıktaki "Highview Power Storage" tarafından kurulan, Birleşik Krallıkta Slough'da bir tesiste kullanılmaktadır. Sıvı hava enerji depolama sisteminin şematik görünümü Şekil 10'da (Aneka ve Wang, 2016) gösterilmiştir.

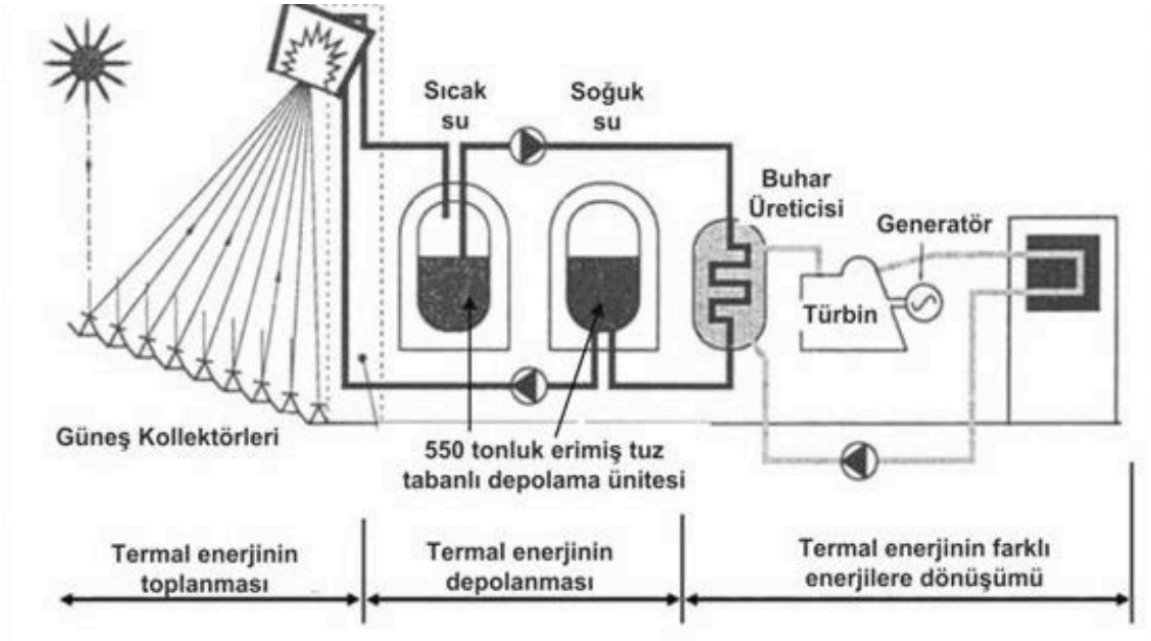


Şekil 10: Sıvı Hava Enerji Depolama Teknolojileri Süreci

Şekil 10 incelendiğinde sürecin ilk aşamasının, sıkıştırılmış hava enerji depolama'nın (CAES) sıkıştırma aşamasına benzediği görülmektedir. Sıkıştırılmış hava daha sonra sıvılaştırılır ve atmosfer basıncına yakın bir basınçta bir tankta depolanır. Bu işlemin bir ana avantajı, sıvı havanın gazlı hava tarafından işgal edilen hacmin 1/700'ünü işgal etmesi ve bunun sonucunda büyük miktarda havanın küçük muhafazalarda depolanmasıyla sonuçlanmasıdır. Bununla birlikte, %40-%70 gibi nispeten düşük bir verimliliğe sahiptir. Bu teknoloji şu anda gelişim aşamasında olduğundan, özellikle sıvılaştırma sürecinin geliştirilerek ve güç üretimi aşamasında sıkıştırma ısısı kullanılarak verimliliğinin iyileştirilmesi gerekmektedir (Aneka ve Wang, 2016).

3.1.1.3.3 Termoelektrik Enerji Depolama Teknolojileri

Termoelektrik enerji depolama teknolojisi gelişmekte olan depolama teknolojileri arasında olmasına rağmen çok tercih edilen enerji depolama biçimlerinden biridir. Bu sistemler, enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla kullanılacakları zamana kadar elektrik veya diğer atık ısı kaynaklarını termal enerji şeklinde depolamak için kullanılan cihazlardan oluşur. Termoelektrik enerji depolama yönteminin uygulanması, depolama sıcaklığı, depolama ortamı gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Termoelektrik enerji depolama teknolojilerinin en büyük avantajlarından biri ise jeolojik konum kısıtlamalarına bağlı olmamasıdır (Garcia vd. 2019). Şekil 11'de [12] çalışma prensibi şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 11: Termoelektrik Depolama Süreci

[12] https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/43740/mod_resource/content/0/Hafta11Termal%20enerji%20depolama.pdf (Eişim tarihi: 15.10.2021)

Şekil 11'de görülebileceği gibi termoelektrik depolama teknolojileri üç süreçten oluşmatadır. Bunlar; termal enerjinin toplandığı şarj aşaması, toplanan bu ısının depolanması aşaması ve termoelektrik enerjisinin kullanılması için jeneratörler aracılığı ile boşaltılması yani deşarj aşamalarıdır (Eren & Köksal, 2019).

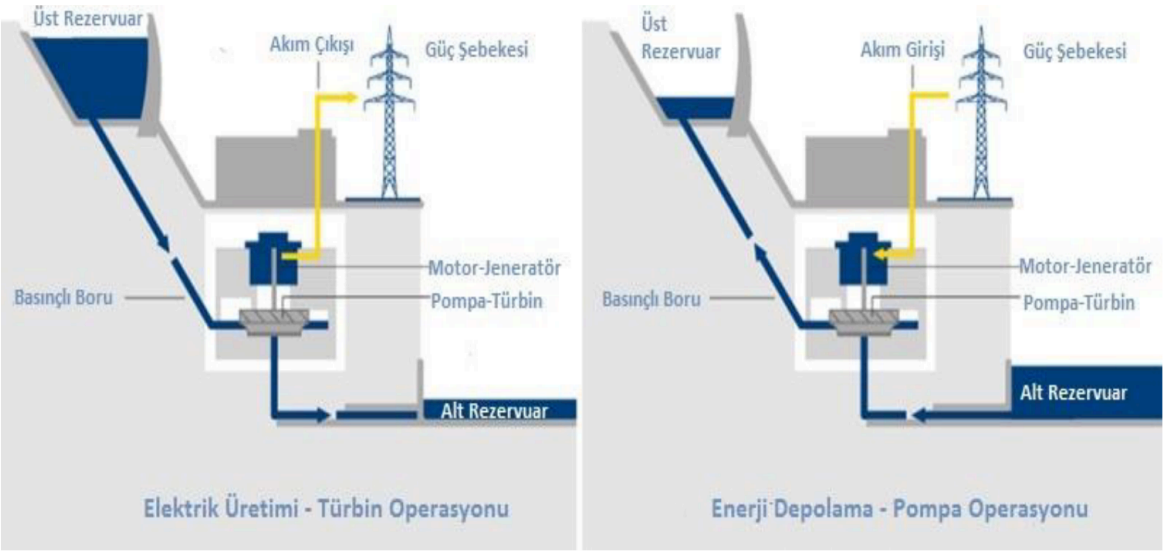
Termoelektrik enerji depolama sistemleri, şekil X'deki depolama aşamasında tanımlanabileceği üzere genellikle düşük sıcaklık ve yüksek sıcaklık sistemleri olarak sınıflandırılır (Mercangöz vd. 2012). Düşük sıcaklık sisteminde termoelektrik enerji depolama -20 veya -10°C'nin altındaki bir sıcaklık aralığında çalıştığı varsayılır. Genellikle bina ısıtma ve soğutma uygulamasında, güneş enerjisiyle pişirme, güneş enerjili su kazanı ve hava ısıtma sistemlerinde kullanılırlar (Aneka ve Wang, 2016).

Diğer bir yandan yüksek sıcaklıktaki termoelektrik enerji depolama sistemleri genellikle yenilenebilir enerji teknolojileri, atık ısı geri kazanımı ve termik güç sistemlerinde kullanılmaktadır. Sıcak depolama tankı ısı pompası yardımı ile 120 ila 140°C civarlarında 6 ila 10 saatte şarj edilirken enerjinin en çok kullanıldığı akşam saatlerinde 1-2 saatte boşaltılabilmektedir. Ancak sıcak depolama tanklarının dezavantajlarından olan zayıf yalıtım ve sıvı akış hızı ısı kapasitelerine göre ayarlandığı takdirde bahsedilen dezavantajlar avantaja dönüştürülebilir (Talluri vd., 2019; Aneka ve Wang, 2016). Her iki sistem konut sistemlerinde mevsime bağlı olarak hem ısıtma hem soğutma olarak kullanılabilmektedir. Aynı zamanda jeotermal ve güneş enerjisi gibi sıcaklık sağlayan yenilenebilir enerji kaynaklarına entegre edilebilmektedir (Talluri vd., 2019).

3.1.1.3.4 Yeraltı Pompaj Hidro Depolama Teknolojileri

Pompaj depolama hidroelektrik santralleri, elektrik üretmek için yerçekimi kuvvetini kullanan büyük ölçekli enerji depolama tesisleridir. Yeraltı pompaj depolamalı hidroelektrik santralleri dikey olarak birbirinden ayrılmış iki su deposu kullanır. Elektrik talebinin yoğun olmadığı saatlerde, su daha yüksek seviyedeki rezervuara pompalanır. Elektriğe ihtiyaç duyulduğu yoğun saatlerde ise, su alt seviye su rezervuarına geri

bırakılır böylece türbinler aracılığı ile güç üretilmiş olur[13] (Luo vd., 2015). Şekil 12 Ünver vd.'nin (2015) çalışmasından elde edilmiş olup pompaj depolama hidroelektrik sistemleri pompa ve türbin operasyonları şematiğini göstermektedir.



Şekil 12: Pompaj Hidro Depolama Sistemleri Pompa ve Türbin Operasyonları Şematiği

Şekil 12'de görülebileceği gibi su daha düşük bir rezervuardan daha yüksek bir rezervuara pompalanarak ve daha sonra elektrik üreten türbinlerden geçirilerek bağlantı yoluyla geri salınarak enerjiyi depolayan ve üreten bir teknolojidir. Elektrik talebinin düşük olduğu zamanlarda, suyu daha yüksek rezervuara pompalamak için fazla üretim kapasitesi kullanılır. Bu teknik ile önemli miktarda enerji depolamanın tek yolu, ikinci bir su kütlesinin üzerinde ya da yakınında mümkün olduğunca yüksek bir tepede bulunan büyük bir su kütlesine sahip olmaktır. Bazı yerlerde bu doğal olarak gerçekleşirken, bazılarında ise su kütlelerinden biri veya her ikisi yapay olarak inşa edilmektedir (Hadjipaschalis vd. 2009; Ferreira vd., 2013; Ünver vd., 2015; Luo vd., 2015).

Daha yüksek elektrik talebi olduğunda, su bir türbin aracılığıyla alt hazneye geri salınarak elektrik üretir. Motor/jeneratör grupları, pompa ve türbin görevi görür. Bazı

[13] https://www.eesi.org/papers/view/energy-storage-2019 (Eişim tarihi: 13.10.2021)

tesisler alt rezervuar olarak terk edilmiş madenleri kullanır, ancak çoğu iki doğal su kütlesi veya yapay rezervuar arasındaki yükseklik farkını kullanır. Pompaj depolama tesisleri sadece suyu rezervuarlar arasında kaydırır, ancak kombine pompalı depolama tesisleri ise doğal buhar akışı yoluyla geleneksel hidroelektrik santralleri gibi kendi elektriğini üretir. Diğer hidroelektrik santraller gibi pompalı depolama santralleri de yük değişimlerine saniyeler içinde cevap verebilmektedir (Hadjipaschalis vd. 2009).

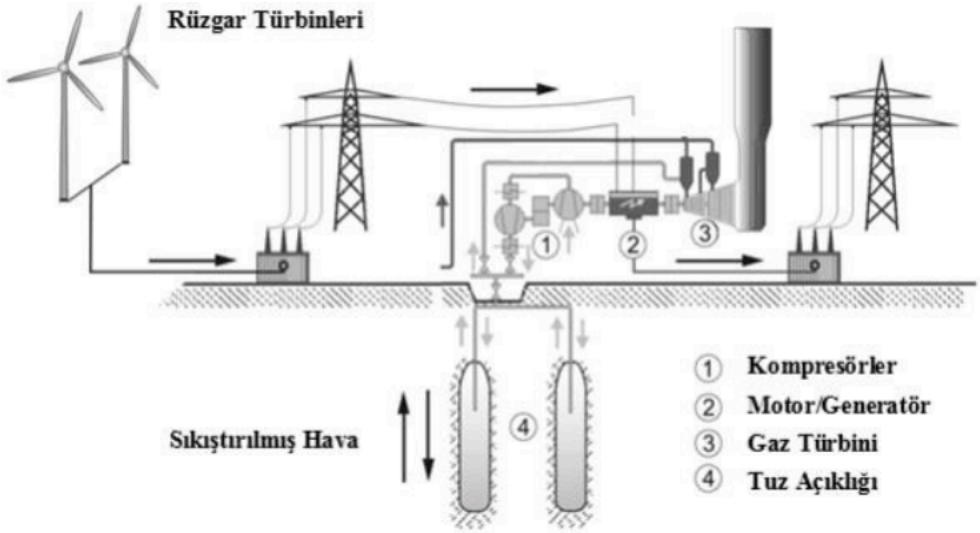
Suyu yükseltilmiş rezervuara pompalamak için kullanılan elektrik enerjisinin yaklaşık %70-85'i bu sistem sayesinde geri kazanılabilir. Teknik, sermaye maliyetleri ve uygun coğrafya kritik karar faktörleri göz önüne alındığında büyük miktarda elektrik enerjisinin işletme bazında depolanmasının maliyet açısından en uygun yolu olarak görülmektedir (Hadjipaschalis vd. 2009). Diğer enerji depolama teknolojileriyle karşılaştırıldığında, pompaj depolama hidroelektrik sistemi, özellikle çok büyük kapasiteli depolama için düşük maliyetli olabilmektedir. Elektrik Gücü Araştırma Enstitüsü'ne göre, kurulum maliyeti lityum iyon piller için 2.500$ ile 3.900 arasında iken, pompaj depolama hidroelektrik sistemi için 1.700$ ile 5.100$ arasında değişmektedir. Pompaj depolama hidroelektrik sistemi, tam bir döngü boyunca yüzde 80'den fazla enerji verimliliği sağlayabilmektedir. Lityum iyon piller yaklaşık 6 saate kadar elektrik sağlayabilirken pompaj depolama hidroelektrik tesisleri 10 saate kadar elektrik sağlayabilmektedir. Bu avantajlarına rağmen, bu tarz projelerinin zorluğu, uzun vadeli yatırım olmalarıdır (Luo vd., 2015). İzin ve inşaat süreleri toplamda 3-5 yıl sürebilmektedir. Bu durum, özellikle hızlı değişen bir piyasada daha kısa vadeli dönüt sağlayan yatırımları tercih eden yatırımcıları korkutabilir. Bath County, Virginia'da, dünyanın en büyük pompaj hidro depolama tesisi 1985 yılında inşa edilmiştir ve yaklaşık 750.000 haneye güç sağlamaktadır.

Pompaj hidro depolama tesislerinin enerji şebekesinin ihtiyaçlarına daha duyarlı olması ve ayrıca kapalı devre sistemlerde çalışması için ayarlanabilir hızlara sahip olmasına izin vermektedir. Kapalı devre bir pompaj depolama hidroelektrik sistemi, geleneksel pompaj depolama hidroelektrikten farklı olarak sürekli akan bir su kaynağına

bağlanmadan çalışabilmektedir ve böylece pompaj depolamalı hidroelektrik enerjisini daha fazla bölgeye konumlandırmak için fırsat sağlamaktadır[14].

3.1.1.3.5 İzotermal Basınçlı Hava Enerji Depolama Teknolojileri

Sıkıştırılmış hava enerji depolama sistemi elektriğin daha ucuz olduğu yoğun olmayan saatlerde Şekil 13'de görülebileceği üzere havayı sıkıştırarak yeraltı tuz mağaralarında ya da yapay rezervuarlarda depolayarak elektriğin kullanılmasını sağlar (Ferreira vd., 2013).



Şekil 13: Basınçlı Hava Enerji Depolama Sistemleri

Özdemir ve Hadra'nın (2012) çalışmasından elde edilen Şekil 13'te görülebileceği üzere enerjiye ihtiyaç duyulduğunda, yeraltı mağarasından gelen hava tekrar tesise verilir, burada sıkıştırılır ve ısıtılır sonuçta ortaya çıkan genleşme bir elektrik jeneratörüne dönüştürülür (Moser vd., 2020). Enerji yüksek basınçlı hava şeklinde depolanır. Bu ısıtma işlemi sırasında genellikle karbon salınımı sağladığı ve ısı atmosfere yayıldığı için basınçlı hava doğal gaz gibi fosil yakıtlarla tekrar ısıtılır. Basınçlı hava enerjisi türbinler tarafından eşit ısıda tutulur (Luo vd., 2015). Bu sınırlı

[14] https://www.eesi.org/papers/view/energy-storage-2019 (Eişim tarihi: 13.10.2021)

verimliliği ortadan kaldırmak için doğal gaz kullanan tesislerin enerji çıkışını üç katına çıkarır. Sıkıştırılmış hava enerji depolama sistemi, hava basıncından gelen ısı korunduğunda yüzde 70'e kadar enerji verimliliği sağlayabilir, aksi takdirde verimlilik yüzde 42 ile 55 arasındadır.[15].

Şu anda, faaliyette olan yalnızca iki sıkıştırılmış hava enerji depolama sistemi tesisi bulunmaktadır: biri McIntosh, Alabama diğeri ise Almanya'nın, Huntorf şehrinde bulunmaktadır. 1978 yılında Almanya'da Huntorf'ta kurulan sistem dünya çapında uygulanan ilk sistemdir. 8 saatlik basınçlı hava şarjı ve 2 saatlik bir döngüde çalışır. Depolama oyukları olarak iki tuz mağarası kullanmaktadır. 1991 yılında kurulan McIntosh santrali 26 saate kadar çalışabilmektedir (Luo vd., 2015). Teksas, Anderson County'de CAES tesisi yapım aşamasındadır[16] [17].

Sıkıştırılmış hava enerji depolaması teknolojisinin avantajları dayanıklılık ve esnekliktir. Ayrıca bir diğer avantajı ise özellikle talep fazlası olarak değerlendirilebilecek rüzgâr elektrik enerjisi sonucu ortaya çıkan havanın kompresörlerde sıkıştırılarak yeraltında depolanması için kullanılabilmesidir (Özdemir ve Hadra, 2012). Dezavantajları ise sermaye maliyetleri, konum ve yavaş tepki verme özellikleridir. Ferreira vd., (2013)'e göre bu dezavantajların üstesinden gelebilmek için küçük ölçekli basınçlı hava enerji depolama teknolojilerinin yerleştirilmesi için depolama tanklarının inşa edilmesi önerilmektedir.

---

[15] https://www.eesi.org/papers/view/energy-storage-2019 (Eişim tarihi: 14.10.2021)

[16] https://www.energy.gov/sites/default/files/2019/07/f65/Storage%20Cost%20and%20Performance%20Characterization%20Report_Final.pdf (Eişim tarihi: 14.10.2021)

[17] https://www.eesi.org/papers/view/energy-storage-2019(Eişim tarihi: 15.10.2021)

3.2 İkinci Adım: İhyitaçların Belirlenmesi - Teknoloji Gelişim Zarfı Modelinin Uygulanması

3.2.1 Teknoloji Tahmini

Herhangi bir teknoloji alanına yönelik istihbarat sağlayabilmek adına öncelikle belli bir alana yönelik teknolojilerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu noktada teknoloji istihbaratı yöntemleri arasında en büyük katkıyı sağlayan teknoloji gelişim zarfının ilk aşaması olan teknoloji tahmini yöntemidir. İncelenen teknoloji alanına yönelik gelişen teknoloji eğilimleri nelerdir sorusunun cevabı bu adımda aranmıştır. Cevap her bir farklı teknoloji alanına uyarlanabilir olup bu süreçte teknolojilerin tahmini yoğun literatür araştırması, webinarlar ve seminerlere katılım sağlanarak ya da uzmanlara danışılarak belirlenebilmektedir.

Bu araştırmada ise araştırma önerisi aşamasında belirlenmiştir. Bu sebeple enerji alanına ait teknolojiler yoğun bir şekilde incelenmiştir. Bu incelemede küresel ölçekte bilimsel yayınlar, kitaplar, web sayfaları, ülkelerin enerji bakanlığı dökümanları gibi yol göstericek ve teknolojileri keşfetmeye yardımcı olacak kaynaklar derinlemesine incelenmiştir. Yazılı kaynaklara ek olarak enerji teknolojilerine ait gerçekleştirilen webinarlara, seminerlere ve toplantılara katılım gösterilmiştir[18]. Neticede, gelişmekte olan enerji depolama teknolojilerinin (volanlar, sıvı hava enerji depolama teknolojileri, termoelektrik enerji depolama, yeraltı pompaj hidro, izotermal basınçlı hava enerji depolama) 2014 ve 2015 yıllarında Ar&Ge çalışmaları başlamış olup ve hala yoğun Ar&Ge aşamalarındadır (DoE, 2015). Bu teknolojilerin araştırmanın amacına uygun teknolojiler olduğu farkedilmiş olup bu araştırmada teknoloji istihbaratı geliştirmek adına ele alınmıştır. Literatür ve webinarlar aracılığı ile tespit edilen bu gelişmekte olan enerji depolama teknolojilerinin hala gelişmekte olup olmadığını tahmin edebilmek adına akademisyenler, enerji depolama teknolojileri uzmanları ve enerji bakanlığı üst yöneticileri gibi doktora derecesine sahip alanın önde gelen 10 farklı alan uzmanına

[18] https://www.energy.gov/technologytransitions/doe-energy-storage-webinars (Eişim tarihi: 14.10.2021)

aşağıda yer alan teknoloji açıklamaları kendileri ile anket aracılığı ile paylaşılmış olup neticede %90'ı bu teknolojilerin gelişmekte olan ve hala yoğun Ar&Ge araştırması yürütülen teknolojiler olduğunu tahmin ederek bu araştırma için bir kez daha uygun olduğu uzman aracılığı ile de teyit edilmiştir.

Uzmanlara sunulan alternatif enerji depolama teknolojilerinin açıklamaları şöyledir:

- **A1. Volanlar:** Ciddi enerji sorunlarına, enerji gelişmelerine, mevcut enerji kullanımına yeni bir çözüm sunmak için elektromekanik bir sistem olan Volanların birçok avantajı mevcuttur. Bunlar yüksek enerji dönüşüm verimliliği (%85~95), uzun ve yüksek enerji depolama yoğunluğu, kısa sürede güç sağlama, çevre dostu ve gürültüsüz olması, kısa şarj süresi, uzun kullanım ömrü, uygulamada geniş, kolay bakım ve sürekli çalışma avantajları sağlamasıdır. Volan teknolojileri elektrik enerjisi, güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisi için kullanılabilmektedir (Liu & Jiang, 2019). Enerji, volan teknolojilerinin enerji depolama mekanizmalarında önemli bir kayıp olmadan uzun süre depolanabilir. Örneğin; 24 saat kesintisiz çalışmadan sonra hızda sadece %5'lik bir kayıpla karşılaşılmaktadır (Bherde vd., 2018). Güç aralığı 20 MW'a kadar çıkarken, enerji aralığı 5MWh'a kadar çıkabilmektedir (Mongird vd., 2019; Çolak & Kaya, 2020; Daim vd., 2014)
- **A2. Sıvı Hava Enerji Depolama Teknolojileri:** Sıvı hava enerji depolama teknolojisi elektrik kullanarak soğuk havayı sıvılaştırdıktan sonra bu likidite havasını bir tankta depolar, daha sonra elde edilen sıvı havayı tekrar gaz haline dönüştürerek elektrik elde etmek için türbine gönderir. Bu sistem sayesinde uzun süreli ve büyük ölçekli enerji depolanması sağlanmaktadır. Bu sayede bu teknolojiler, havanın depolama alanını ve yenilenebilir enerji üretiminin depolama basıncı değişkenliğini azaltabilmektedir (An vd., 2020). Ayrıca, bu sistemde sıkıştırma alt sistemi (compression subsystems), soğuk depolama alt sistemi (cold storage subsystems) ve genişleme güç üretim sistemi (expension power generation subsystems) gibi bazı alt sistemler bulunduğundan coğrafi koşullara bağımlılığın azaltılmasına yardımcı olabilmektedir. Örneğin; sıvı hava enerji depolama sisteminin bir bileşeni olan soğuk depolama alt sistemi, basınçlı havayı soğutmak için düşük sıcaklıktaki sıvı havanın soğuk enerjisini depolamak ve geri kazanmak için avantaj sağlar (An vd., 2020).

- **A3. Termoelektrik Enerji Depolama:** Termo-Elektrik Enerji Depolama (TEES), termik santrallerde depolanan ısının, depolama sistemi maliyetlerini azaltarak elektriğe dönüştürülmesini sağlar (Vinnemeier vd., 2016). Termoelektrik enerji depolaması sadece sıcak depolama olarak değil, ortamın sıcaklık derecesine göre soğuk depolama olarak da sınıflandırılmaktadır. Bu nedenle, coğrafi ve jeolojik kısıtlamalardan büyük ölçüde muaftır (Vinnemeier vd., 2016; Ayachi vd., 2016). Fazla elektrik üretimi dönemlerinde, buhar sıkıştırmalı ısı pompası elektrik tüketir ve düşük sıcaklıktaki ısı kaynağı ile daha yüksek sıcaklıktaki bir ısı emici arasında ısıyı transfer eder (Ayachi vd., 2016). Pik saatlerde elektrik üretmek için bu sıcaklık farkı birkaç saat korunabilir (Ayachi vd., 2016). Bu iki farklı uygulamanın farklı teknolojileri ve sistem maliyetleri vardır (Morandin vd., 2011). Bu nedenle, büyük ölçekli bir enerji depolama teknolojisi olarak özellikle multimegawatt termoelektrik enerji depolaması, pompalı depolama hidroelektrik (PSH) ve sıkıştırılmış hava enerji depolama (CAES) sistemleri gibi mevcut teknolojilere bir alternatiftir (Ayachi vd., 2016; Daim vd., 2014).
- **A4. Yeraltı Pompaj Hidro:** Yeraltı pompalı hidro depolama teknolojisi, şebeke elektrik tüketim maliyetlerini düşürürken, yeraltı su rezervuarlarının kullanımını artırır. Bu depolama sistemi, yeterli yeraltı su kaynaklarına sahip uzak ilçeler ve çiftlikler veya düz topolojik alanlar için çok iyi bir alternatiftir (Shirinda vd., 2020; Stutz vd., 2020). Sistem, yer altı rezervuarını yakındaki bir göletten elde ettiği suyla şişirerek yerçekimi potansiyel enerjisini depolamak için fazla enerjiyi kullanarak çalışır (Stutz vd., 2020: s.2). Bu nedenle, arazinin ve suyun buharlaşmasının azaltılması gibi geleneksel pompalı hidro enerji depolamaya göre avantajlar sağlar. Böylece rezervuarların inşaat maliyetlerini de azaltabilmektedir (Guo vd., 2020; Çolak & Kaya, 2020; Daim vd., 2014).
- **A5. İzotermal Basınçlı Hava Enerji Depolama:** İzotermal basınçlı hava enerji depolama sistemi (I - CAES) Enairys Powertech ve LightSail enerji şirketleri tarafından geliştirilmiştir (Dib vd., 2021). En rekabetçi teknolojilerden biri olan I-CAES, basınçlı hava enerjisi depolama teknolojilerinin yenilenebilir kaynaklara entegre edilmiş bir versiyonudur. Böylece yenilenebilir enerji kesintisi önlenebilmektedir. Ayrıca I-CAES sistemi, izotermal bir süreç olması için deşarj ve şarj sırasında sıcaklığı sabit tutmaya çalışır (Zao vd., 2020). Bu nedenle, yüksek enerji verimliliği performansına sahip olmak için İzotermal CAES, yarı izotermal bir kompresör/genişleticiyi dikkate alır (Dib vd., 2021). Geleneksel bir gaz türbini teknolojisi olan bu sistem, havayı sıkıştırmak ve yeraltı

mağaralarında depolamak için elektrik kullanmaktadır (Mongird vd., 2019; Çolak & Kaya, 2020).

3.2.2 Teknoloji Karaterizasyonu

Teknoloji karakterizasyonu sürecinde bir önceki adımda yani teknoloji tahmininde belirlenen teknolojileri için teknoloji istihbaratı sağlamak adına belli başlı kriterler ve alt kriterler belirlenmiştir. Çalışmada ele alınan teknolojileri çok boyutlu olarak değerlendirebilmek için literatür araştırmalarından (Abbas vd., 2020; Kim vd., 2017; Daim vd., 2014; Çolak ve Kaya, 2020; Zhao vd., 2019; Hannan vd., 2017) yola çıkarak sosyal, teknik, çevresel, ekonomik ve politik kriterlerin kullanılmasına karar verilmiştir. Çünkü, Sheikh (2013), Abotah (2014), Kim vd. (2017), Çolak ve Kaya, (2020), Daim vd.(2014) ve Lingga (2016) çalışmalarında toplumun sosyal yapısı olan insan faktörünün enerji kullanımı üzerinde çok büyük etkileri olduğuna değinerek enerji depolama teknolojilerinin sosyal kriter nezdinde değerlendirilmesinin önemli olduğu kanısına varılmıştır. Teknik kriter ise Lingga (2016), Garces vd. (2021), Abotah (2014), Kim vd. (2017), Colak ve Kaya (2020), Zhao vd. (2019) ve Daim vd., (2014) tarafından bu teknolojilerin teknik alt yapı göz önünde bulundurularak değerlendirilmesinde en önemli etken olduğunu vurgulamıştır. Lingga (2016), Garces vd. (2021), Abotah (2014), Kim vd. (2017), Colak & Kaya (2020), Zhao vd. (2019), Kocaoğlu vd. (2016) ve Sheikh (2013) enerji depolama teknolojilerinin yaban hayatına etkisi, hava kirliliği, sera gazı emisyonu ve su kirliliği gibi birçok çevresel unsur üzerinde etkisi olduğunu vurgulamaktadırlar. Mongird vd. (2019), Garces vd. (2021), Abotah (2014), Kim vd. (2017), Çolak & Kaya (2020), Zhao vd., (2019), Daim vd., (2014), Kocaoğlu vd (2016) çalışmalarında depolama teknolojilerinin maliyetli teknolojiler olmasından dolayı ekonomik kriterin bu teknolojileri değerlendirmede önemli bir etki olduğuna değinmişlerdir. Lingga (2016), Abotah (2014), Kim vd. (2017), Colak ve Kaya (2020), Zhao vd. (2019) ve Daim vd. (2014) ve Sheikh (2013) çalışmalarında ise enerji güvenliği yönetmelikleri ve standartları açısından politik kriterin bu teknolojileri değerlendirmedeki öneminden bahsetmişlerdir.

Özetle literatür araştırmasından yola çıkarak, stratejik planlama aracı olan sosyal, teknolojik, çevresel, ekonomik ve politik unsurlar çerçevesinde teknolojiler değerlendirilmiş ve teknolojileri yakından etkileyen kriterler ve alt kriterler belirlenmiştir.

Aşağıda açıklamaları yapılan kriterler ve alt kriteler hiyararşik karar modeli aşamasında uzmanlara sorulmuştur. Bu aşamada öncelikle literatür aracılığı ile belirlenen bu kriterler ve alt kriterlerin ele alınan teknolojileri değerlendirmek için uygun olup olmadığını tekrar teyit etmek için sorulmuş ve tüm belirlenen unsurlar uygun görülmüştür. Sonrasında ise bu unsurların teknolojiler üzerindeki etkileri ortaya konmuştur.

- **Sosyal:** Toplumun sosyal yapısı olan insan faktörünün enerji kullanımı üzerinde çok büyük etkileri vardır (Lingga, 2016). Bu nedenle sosyal bakış açısı, depolama teknolojisinin gelişiminin (Daim ve diğerleri, 2014) tüketicileri tatmin etme, kişisel kazanç, kullanıcıları teknolojiyi tercih etme gibi sosyal etkilerini dikkate alır ve değerlendirir (Sheikh, 2013; Abotah, 2014; Kim vd., 2017; Çolak ve Kaya, 2020).

  Sosyal kriter nezdinde belirlenen dört farklı ancak ilişkili alt kriterler ise şöyledir:

  - **S1. Sosyal Eşitlik:** Herkese uygun fiyatlı enerji sağlama yeteneğine sahiptir (DoE)
  - **S2. İstihdam/İş Yaratma:** İş gücü sağlama, iş yaratma ve yoksulluğun azaltılması gibi istihdam özellikleri ile ilişkilidir (Sheikh, 2013; Kim vd., 2017; Colak & Kaya, 2020; Daim vd., 2014).
  - **S3. Kamu Güvenliği ve Sağlık Sorunları:** İnsanları uzun vadeli tehlikeli sağlık problem yaratacak etkilerinden koruyarak sağlık, güvenlik ve refah sağlar (Sheikh, 2013; Lingga, 2016; Kim vd., 2017, Colak & Kaya, 2020; Daim vd., 2014).
  - **S4. Genel Kabul:** Yeni gelişen teknolojilerin kamu, halk ve kullanıcılar tarafından benimsenmesi, kabul algısı veya farkındalığı üzerinde etkilidir. Teknolojinin sosyal faydaları, yaşam tarzı, estetiği ve sosyal kabulü,

teknolojiye karşı çıkma veya destek düzeyini hem iyileştirebilir hem de azaltabilir (Sheikh, 2013; Kocaoğlu vd., 2016; Lingga, 2016; Barham, 2019; Kim vd., 2017; Çolak, & Kaya, 2020; Daim vd., 2014).

- **Teknik:** Teknolojik gösterge, verimlilik (efficiency), olgunluk (maturity), ömür (lifetime), kapasite (capacity), tepki süresi (responce time), güç yoğunluğu (power density), enerji yoğunluğu (energy density) ve güç iletimi (power density) gibi çeşitli alt kriterlere sahiptir. Teknoloji alternatifleri arasındaki ortak özellikleri veya farklılıkları belirlemek için teknik indikatör, teknoloji değerlendirmesinin temel faktörlerinden biridir (Lingga, 2016; Garces vd., 2021; Abotah, 2014; Kim vd., 2017; Colak ve Kaya, 2020; Zhao vd., 2019; Daim vd., 2014).

  Ayrıca teknik kriter için sekiz farklı alt kriter belirlenmiştir. Bunlar:

  - **T1. Enerji ve Güç Üretimi/Depolama Kapasitesi:** Şarj edildikten sonra depolama sistemindeki enerji miktarıdır (Kim vd., 2017). İhtiyaç duyulan enerji ve elektrik üretim kapasitesi, mevcut ve muhtemel ihtiyaçlara göre değiştirilebilir (Lingga, 2016; Çolak & Kaya, 2020; Zhao vd., 2019; Daim vd., 2014).
  - **T2. Enerji Verimliliği:** Enerji verimliliği, yenilenebilir bir enerji kaynağından elde edilen faydalı enerji miktarının bir göstergesidir (Sheikh, 2013; 101). Serbest bırakılan enerji ile depolanan enerji arasındaki oran olarak nitelendirilir (Kim vd., 2017). Basınçlı hava enerji depolama sistemi (compressed air energy storage) %85 etkin verime sahipken, volan (flywheels) %85 ile %95 arasında verimliliğine sahiptir (Çolak & Kaya, 2020' Daim vd., 2014).
  - **T3. Yaşam Süresi:** Yaşam süresi, enerji depolama teknolojilerinin faydalı ömürlerinin süresini temsil eder. Konum, tasarım ve uygulama gibi bazı faktörlerin teknolojinin ömrü üzerinde etkisi vardır (Lingga, 2016). Örneğin: volan enerji depolama sisteminin ömrü 20 yıldır, basınçlı hava enerji depolamasının ömrü ise 30 yıldan fazla sürebilir (Daim vd., 2014)

- **T4. Olgunluk:** Teknoloji bir süredir kullanılıyorsa ve ilgili kusurların ve sorunların çoğu düzeltildiyse mevcut teknoloji olgun olarak kabul edilebilir. Patentlerin olgunluk ve yoğunluk seviyesini, modülerliği, ölçeklenebilirliği, esnekliği ve eskime direncini içerir, aynı zamanda teknolojinin aşamasını, trendleri ve kalıcılık kabiliyetini temsil eder (Sheikh, 2013; Lingga, 2016; Kim vd., 2017). Olgunluk parametresi, enerji depolama teknolojisinin ne kadar süredir piyasada olduğunu ve sahada test edildiğini ölçer (Kim vd., 2017; Daim vd., 2014).
- **T5. Tepki Süresi:** Tepki süresi bir depolama biriminin belirli bir girdiye tepki vermesi için geçen aralık süresidir (Kim vd., 2017). Maksimum/Anma güce (rated power) ulaşmak için tepki süresi 1 saniyeden 13 saniyeye kadar değişebilmektedir. Bu durumda daha düşük tepki süresi daha değerli olur. Volanın tepki süresi 250 milisaniye iken, ultra kapasitör 1 saniyedir (Mongird vd., 2019).
- **T6. Güç Yoğunluğu:** Nominal çıkış gücünün (the rated output) depolama cihazının hacmine bölünmesiyle elde edilir (Kim vd., 2017).
- **T7. Enerji Yoğunluğu:** Depolanan enerjinin depolama cihazının hacmine bölünmesiyle elde edilen miktardır (Kim vd., 2017; Çolak & Kaya, 2020).
- **T8. Güç İletim Oranı:** Bir depolama cihazından çıkarılan elektrik miktarının, nominal kapasitesine oranını temsil eder (Kim vd., 2017).

- **Çevresel:** Çevresel kriterler, çevresel zararları ve kirliliği dikkate alan çevresel ekosistem ile ilgilidir (Lingga, 2016; Garces vd., 2021; Abotah, 2014; Kim vd., 2017; Colak & Kaya, 2020; Zhao vd. , 2019).

  Çevresel kriter için belirlenen beş alt kriter ise şöyledir:

  - **Ç1. Sera Gazı Emisyonu/Hava Kirliliği:** Karbondioksit (CO2) emisyonları, metan (CH4), azot oksit (N2O), kükürt heksaflorür (SF6), hidroflorokarbonlar (HFC) ve perflorokarbonlar (PFC) gibi sera gazları (Kocaoğlu vd., 2016) dünya çapında ciddi bir çevre sorunları oluşturan

küresel ısınmaya neden olmaktadır (Hannan vd., 2017; Kim vd., 2017; Çolak & Kaya, 2020; Zhao vd., 2019).

- **Ç2. Döngüsel Ekonomi: Yeniden Kullanım/Geri Dönüşüm/ Bertaraf:** Bir ürünün ömrünün sona ermesi, geri dönüşüm, kimyasal veya gaz bazlı ürün imhası ve biyolojik olarak parçalanabilirlik açısından değerlendirilmelidir (Sheikh, 2013).
- **Ç3. Yaban Hayata Etkisi:** Yaban hayatı ve doğa üzerindeki zararlı etkileri göz önünde bulundurur (Kim vd., 2017; Çolak & Kaya, 2020).
- **Ç4. Arazi-Peyzaj Hasarı:** Enerji ile ilgili çevresel hasarlar, uygun olmayan tarım uygulamaları, bitki örtüsünün bozulması, hidroloji değişikliği ve asit birikimi gibi ekosistem üzerinde olumsuz etkilere neden olabilir. Toprak kalitesini ve besin dengesini sürdürmek için bu değişkenlerin dikkate alınması gerekmektedir (Kocaoğlu vd., 2016; Çolak & Kaya, 2020).
- **Ç5. Su Kirliliği:** Enerji ile ilgili teknolojiler, atık suları doğal su kaynaklarına boşaltarak su kalitesini etkileyebilmektedir. Su kaynakları üzerinde büyük kirliliklere neden olabilmektedir (Kocaoğlu vd., 2016; Kim vd., 2017; Çolak & Kaya, 2020).

- **Ekonomik:** Teknolojiyle ilgili kararları etkileyen ekonomik gösterge (Lingga, 2016), depolama teknolojisinin ömrü boyunca yapılan her türlü harcamayı gösterir (Chiesa & Franzo, 2015). Farklı alternatifleri değerlendirmenin ana bileşenlerinden birisidir (Daim vd., 2014). Ekonomik etki göstergesi, gelişmekte olan enerji depolama teknolojilerinin (Garces, 2021) temel finansal özelliklerinden bazıları olan sermaye maliyeti, işletme ve bakım maliyetleri, yaşam maliyeti, tekrarlayan maliyet, atık yönetimi maliyeti, Ar-Ge harcamaları maliyeti olmak üzere altı alt kritere ayrılmıştır. Garces vd., 2021; Abotah, 2014; Kim vd., 2017; Çolak & Kaya, 2020; Zhao vd., 2019; Daim vd., 2014).

  Ekonomik kriterler için belirlenen alt kriterler ise şöyledir:

  - **E1. Sermaye Maliyeti:** Sermaye maliyeti; temel ekipman ve tesis maliyeti, depolama biriminde kullanılacak arazi ve tamamlayıcı teknolojilerin maliyeti

gibi enerji depolama sistemlerinin kurulum sürecinde kullanılacak tüm maliyetleri içerir (Kocaoğlu vd, 2016; Kim vd, 2017). Örneğin, volanların sermaye maliyeti 600$ ile 2000$/kW arasında değişmektedir (Mongird vd., 2019; Zhao vd., 2019; Daim vd., 2014).

- **E2. Kullanım ve Bakım Maliyetleri:** Kullanım ve Bakım maliyeti (sabit ve değişken), sistemi ilk yıl için işletmek ve sürdürmek için yapılan tüm harcamaları içerir. Ek olarak, İşletme ve Bakım maliyeti, hammadde maliyetleri, işçilik maliyeti, değiştirme maliyetleri, ürün ve hizmet maliyetlerini de içermektedir (Daim vd., 2014; Kocaoğlu vd., 2016; Çolak & Kaya, 2020; Zhao vd., 2019; Daim et al., 2014).
- **E3. Tekrarlayan Maliyet:** Ömür döngüsüne (cycle life) bölünen birim enerji başına maliyeti temsil eder (Kim vd., 2017).
- **E4. Atık Yönetimi Maliyeti:** Enerji teknolojilerinin bazı süreç çıktıları çevreye zararlı olabilmektedir. Bu nedenle güvenli bir şekilde kontrol altına alınmaları ve bertaraf edilmeleri gerekir. Dolayısıyla, atık yönetimi maliyet kalemleri, enerji üretim sürecinden sonra atıkların toplanması, taşınması, işlenmesi, geri dönüştürülmesi, depolanması veya bertaraf edilmesi ile ilgilidir (Kocaoğlu vd., 2016).
- **E5. Kullanım Ömrü/İmha Maliyeti:** İmha etme veya kullanım ömrü sonu maliyeti, ömrünü tamamlamış ekipmanlardan kurtulmak için yapılan tüm harcamaları kapsar (Daim vd., 2014; Kim vd., 2017; Daim vd., 2014).
- **E6. Ar&Ge Harcamalarının Maliyeti:** Gelişen enerji depolama teknolojileri yoğun Ar-Ge harcamalarına sahiptir. Bu nedenle, ortaya çıkan enerji depolama teknolojilerini geliştirmek için kuruluşların finansal kısıtlamalarla uğraşmaktadırlar (Kocaoğlu vd., 2016). Bu teknolojiler için yapılan tüm araştırma ve geliştirme harcamları Ar&Ge harcama maliyetlerini içerir.

- **Politik:** Politik faktörlerin düzenlemeler, stratejiler ve politikalar dahil olmak üzere gelişen depolama teknolojisinin politik etkileri üzerinde birçok etkileri vardır (Daim

vd., 2014; Sheikh, 2013; Lingga, 2016; Abotah, 2014; Kim vd., 2017; Colak & Kaya, 2020). Politik kriterler nezdinde ise literatüre dayalı olarak dört farklı alt kriter belirlenmiştir.

- **P1. Enerji Güvenliği:** Enerji güvenliği; yeterli, istikrarlı ve güvenli enerji arzının mevcudiyeti ve istikrarlı enerji fiyatı ile ilgilidir. Hükümetlerin hem enerji fiyatını hem de enerji arzını kontrol etmesi ve sabit tutması gerekmektedir (Sheikh, 2013). Enerji kaynakları dayanıklı/hasarsız ve güvenilir olmalıdır. Esneklik, enerji sistemindeki şoklar ve değişikliklerle başa çıkarken, güvenilirlik, ihtiyaç duyulan enerjiye erişilebilirlikle güvenli bir şekilde baş eder (Kocaoğlu vd., 2016; Sheikh, 2013; Kim vd., 2017).
- **P2. Yönetmelikler / Standartlar:** Hem kamuya ait hem de özel şirketler herhangi bir enerji depolama teknolojisine yatırım yaparlarken, belirli beklentileri zorunlu kılan düzenleme, yönetmelik ve standartları dikkate almaları gerekmektedir (Kocaoğlu vd., 2016; Sheikh, 2013; Lingga, 2016).
- **P3. Devlet/Kamu Ar-Ge Çerçevesi:** Devlet veya ulusal laboratuvarları tarafından finanse edilen araştırma ve geliştirme, özel sektör destekli teknoloji transferi faaliyetleri, stratejiye dayalı teknoloji yol haritaları ve teknolojinin yaygınlaştırılması/geliştirilmesinin olumlu etkilerini artırabilmektedir (Sheikh, 2013; Lingga, 2016).
- **P4. Beyaz Sertifika/Enerji Tasarruf Sertifikası/Enerji Verimliliği Kredisi:** Beyaz sertifikanın amacı, enerji tasarrufu ve enerji verimliliğinden (KYOS) maksimum düzeyde yararlanmaktır. Bu sertifika, enerji dağıtımcılarını ve tedarikçilerini bir dönem boyunca enerji verimliliği hedeflerini takip etmekle yükümlü kılar (Kocaoğlu vd., 2016).

Belirlenen alternatif enerji depolama teknolojilerini çok yönlü değerlendirebilmek adına kriterler ve ilişkili alt kriterler belirlendikten sonra teknoloji gelişim zarfının diğer adımı olan teknoloji değerlendirmesi adımına geçilmiştir.

3.2.3 Teknoloji Değerlendirmesi

Metodoloji bölümünde de ele alındığı gibi sosyal ağ analizi, bibliyometrik analiz yoluyla toplanan patent ve bilimsel yayın verilerini kullanarak bir gruptaki kişilerin ya da organizasyonların ilişki yapısını tanımlayarak alanın en iyi uzmanlarını veya en iyi kurumlarını ortaya çıkarmaktadır. Bir sonraki adım olan hiyerarşik karar modeline geçmeden önce alanın önde gelen uzmanları patent ve bilimsel yayın verilerine yönelik belirlenmiştir. Çünkü bir sonraki adım uzman görüşü neticesinde gerçekleşeceği için sosyal ağ analizi bu noktada önemli bir teknoloji istihbaratı yöntemi olarak görülmüştür. Patent verileri bibliyometrik verilerden çok daha fazla ve kapsamlı olduğu için bütünlüğü korumak adına patent verilerine yönelik sosyal ağ analizi sonuçları patent analizi alt başlığında verilmiştir. Belirlenen tüm uzmanlarla çok kriterli karar verme yöntemi olan hiyerarşik karar modelinin değerlendirilmesi aşamasında Delphi yöntemi kullanılmak amacıyla iletişime geçilmiştir. Değerlendirilecek olan her bir enerji depolama teknolojisi için elde edilen bibliyometrik verilere yönelik sosyal ağ analizi sonuçları arasındalık ya da yakınlık ölçütlerine göre belirlenmiştir. Çünkü sosyal ağ analizinin yapılmasındaki amaç alan uzmanlarını keşfederek o kişilerle iletişime geçmektir. Bu noktada bu ölçüm metrikleri bir ağ içerisinde köprü vaziyeti gören yani diğer aktörlerle en fazla bağlantısı olan uzmanları göstermektedir. Her bir teknolojiye yönelik sonuçlar ise bir sonraki başlıklardaki gibidir. Her bir teknoloji ayrı ayrı göz önünde bulundurularak Web of Science veri tabanındaki veriler kullanılarak, R programlama dili ve Excel yardımıyla bibliyometrik analiz temelli sosyal ağ analizi yapılmıştır.

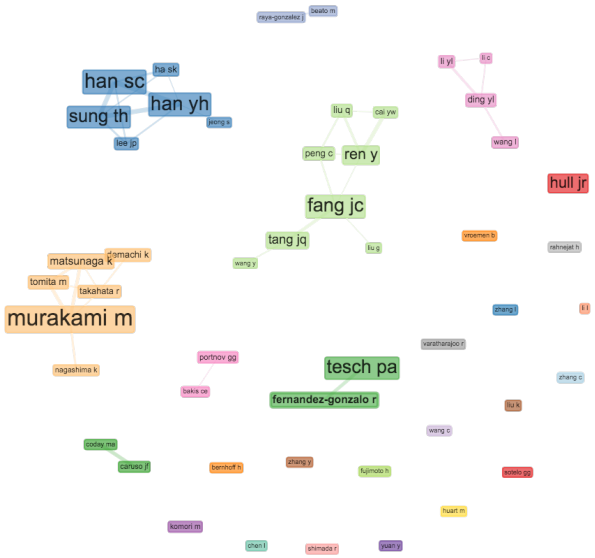
3.3 Üçüncü Adım: Alan Uzmanlarının Belirlenmesi - Sosyal Ağ Analizi

Metodoloji bölümünde de ele alındığı gibi sosyal ağ analizi, bibliyometrik analiz yoluyla toplanan patent ve bilimsel yayın verilerini kullanarak bir gruptaki kişilerin ya da organizasyonların ilişki yapısını tanımlayarak alanın en iyi uzmanlarını veya en iyi kurumlarını ortaya çıkarmaktadır. Bir sonraki adım olan hiyerarşik karar modeline geçmeden önce alanın önde gelen uzmanları patent ve bilimsel yayın verilerine yönelik

belirlenmiştir. Çünkü bir sonraki adım uzman görüşü neticesinde gerçekleşeceği için sosyal ağ analizi bu noktada önemli bir teknoloji istihbaratı yöntemi olarak görülmüştür. Patent verileri bibliyometrik verilerden çok daha fazla ve kapsamlı olduğu için bütünlüğü korumak adına patent verilerine yönelik sosyal ağ analizi sonuçları patent analizi alt başlığında verilmiştir. Belirlenen tüm uzmanlarla çok kriterli karar verme yöntemi olan hiyerarşik karar modeli aşamasında iletişime geçilmiştir. Değerlendirilecek olan her bir enerji depolama teknolojisi için elde edilen bibliyometrik verilere yönelik sosyal ağ analizi sonuçları arasındalık ya da yakınlık ölçütlerine göre belirlenmiştir. Çünkü sosyal ağ analizinin yapılmasındaki amaç alan uzmanlarını keşfetderek o kişilerle iletişime geçmektir. Bu noktada bu ölçüm metrikleri bir ağ içerisinde köprü vaziyeti gören yani diğer aktörlerle en fazla bağlantısı olan uzmanları göstermektedir. Sonuçlar ise aşağıdaki gibidir. Her bir teknoloji ayrı ayrı göz önünde bulundurularak Web of Science veri tabanındaki veriler kullanılarak, R programlama dili ve Excel yardımıyla bibliyometrik analiz temelli sosyal ağ analizi yapılmıştır.

3.3.1 Volanlar

Volan teknolojilerine yönelik taratılan anahtar kelime ("flywheel")'dır. Bu şekilde anahtar kelime WOS veri tabanında taratıldıktan sonra toplamda 2814 bilimsel yayına ulaşılmıştır. Elde edilen veriler neticesinde yapılan bibliyometrik analiz kollarından biri olan sosyal ağ analizi ile eş yazarlık yani yazarlar arasındaki ilişki boyutunu ortaya koyan analiz neticesine göre Şekil 14 elde edilmiştir.



Şekil 14: Volan Teknolojileri Bibliyometrik Sosyal Ağ Analizi

Şekil 14'de aynı rengin yansıtılmış olduğu ağ içerisinde yer alan tüm yazarlar birbiri ile ortak çalışma yürüten yazarlar olarak adlandırılmaktadır. Şekil 14'ü daha ayrıntılı yorumlayabilmek adına Tablo 3 oluşturulmuştur.

Tablo 3: Volan Teknolojileri Bibliyometrik Sosyal Ağ Analizi

No	Yazar	Kuruluş	Email Adresi	Arasındalık Değeri	Yakındalık Değeri	Yayınlanan Makale Sayısı
1	Fang, Jiancheng	Beihang University	ngjiancheng@buaa.edu.cn	14	0,000473934	25
2	Ren, Yuan	Space Engineering University PRC	renyuan_823@yahoo.com.cn	6,406593407	0,000473709	16
3	Tang, Jiqiang	Coordinat Ctr China, Beihang University	tjq_72@163.com	6	0,000473037	17
4	Han, Young-Hee	Korea Electric Power Corporation	yhhan@kepri.re.kr	4,186046512	0,000453515	18
5	Murakami, Masatomu	Shibaura Institute of Technology Japan	masatomu@shibaura-it.ac.jp	4	0,000453309	27
6	Peng, Cong	Nanjing University of Aeronautics&Astronautics	pengcong.2006@163.com	2,285714286	0,000473485	12
7	Ding, YL	University of Birmingham		2	0,000434216	10
8	Matsunaga, Koji	Shikoku Electric POwer Company	matsunaga12782@yonden.co.jp)	1,642857143	0,000453309	10
9	Takahata, Ryoichi	Koyo Seiko Co Ltd		1,357142857	0,000453309	10
10	Han, Sang-Cheol	CEN Nano Co ltd South Korea	sungha@hanyang.ac.kr	0,465116279	0,000453309	19

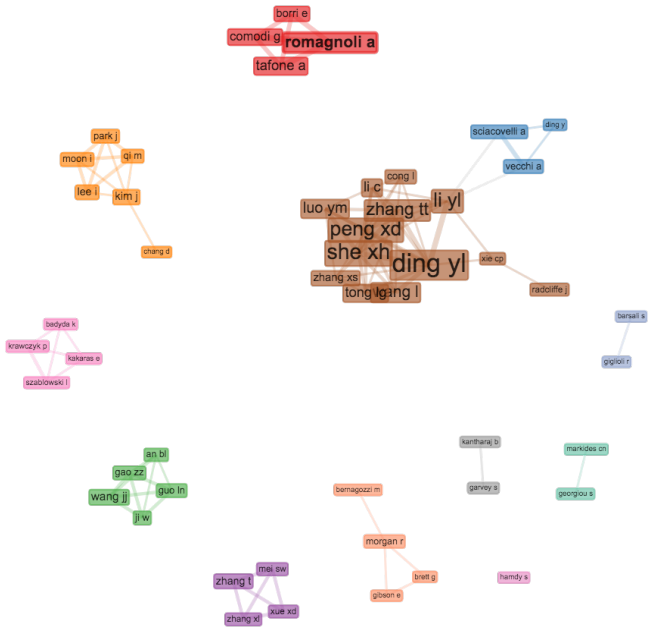
Tablo 3'de belirtildiği üzere alan uzmanları almış oldukları arasındalık merkeziliği değerine göre belirlenmiştir. Burada volan teknolojilerine yönelik 25 makaleye sahip olan Jianchheng Fang 14 ile en yüksek arasındalık (betwenneess) değerine sahip olarak ağda köprü vaziyeti gören bilim insanı olarak tanımlanmaktadır. Bahsi geçen uzman ile iletişime geçmek diğer uzmanlar ile kartopu etksine dayalı olarak iletişim kurmayı kolaylaştırabilmektedir. Sırasıyla tabloda yer alan diğer yazarlar bilimsel açıdan alanın önde gelen uzmanları olarak nitelendirilmektedirler. Tablo 3'de aynı zamanda yazarların email adresleri de yer almaktadır. Kendilerinden fikir alabilmek adına ilk iletişim eposta yolu ile gerçekleştirilmiştir.

3.3.2 Sıvı Hava Enerji Depolama Teknolojileri

Veri tabanında anahtar kelimeler sıvı hava enerji depolama teknolojilerine yönelik farklı kelime öbekleriyle taratılarak ilgili olan tüm makalelerin elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu sebeple optimal veri sayısını elde etmemizi sağlayan sıvı hava enerji depolama teknolojilerine yönelik anahtar kelimeler şöyledir:

("liquid air energy storage system*") OR ("liquid air energy storage*") OR ("liquid-air energy storage system*") OR ("liquid-air energy storage*").

Bu anahtar kelimeler ile WoS veritabanında başlık alanında yapılan tarama neticesinde ise toplamda 78 bilimsel yayın analiz edilmiştir. Sonucunda ise Şekil 15 elde edilmiştir.



Şekil 15: Sıvı Hava Enerji Depolama Teknolojileri Bibliyometrik Sosyal Ağ Analizi

Alanın en önde gelen yazarları, en yüksek sayıda eş yazarlık (co-authorship) bağlantısına dayalı olarak ağda bulunur. Yazar isimlerinin büyüklüğü arasındalık derecesine (betwenness) karşılık gelmektedir. Şekil 15 arasındalık bazında 492 yazar arasında ilk 52 yazarı göstermektedir. Alan uzmanları Tablo 4'de ayrıntılarıyla ele alınmıştır.

Tablo 4: Sıvı Hava Enerji Depolama Teknolojileri Bibliyometrik Sosyal Ağ Analizi

No	Yazar	Kuruluş	Email	Arasındalık Değeri	Yakındalık Değeri	Yayın Sayısı
1	Li, Yonglian	University of Birmingham	y.li.1@bham.ac.uk	69,37941024	0,000635728	19
2	Ding, Yulong	University of Birmingham	y.ding@bham.ac.uk	33,02697942	0,000634921	21
3	Romagnoli, Alessandro	Nanyang Technological University Singapore	a.romagnoli@ntu.edu.sg	15,35714286	0,000630915	15
4	Tafone, Alessio	Nanyang Technological University	ALESSIO001@e.ntu.edu.sg	14,64285714	0,000630915	12

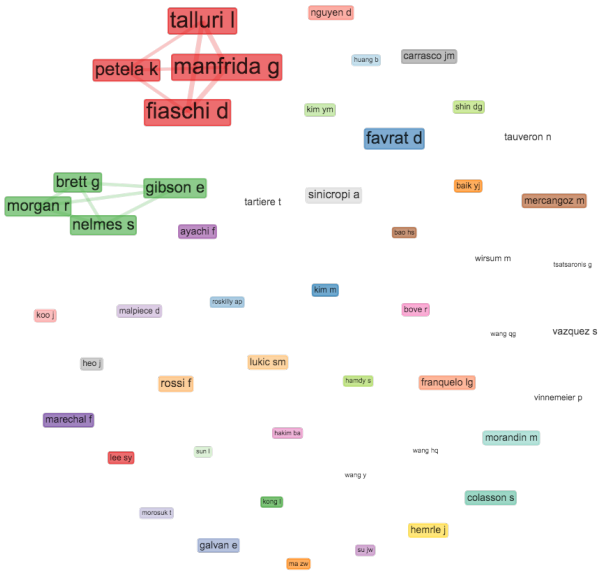
		Singapore				
5	Zhang, Tongtong	Tianjin Normal University		13,9403663	0,000633714	11
6	Ji, W	CAS Key Laboratory of Cryogenics	jiwei@mail.ipc.ac.cn	12	0,000474158	6
7	Wang, JunJie	Technical INstitute of Physics and Chemistry/University of Chinese Academy of Science, Beijing, PRC	wangjunjie@mail.ipc.ac.cn	11	0,000473709	8
8	Zhang, X	University of Birmingham	rachpe@seu.edu.cn	3,58278013	0,000631313	8
9	She, Xiaohui	University of Birmingham	x.she@bham.ac.uk	3,534845048	0,000633312	12
10	Peng, Xiaodong	University of Birmingham		2,673353802	0,000633312	11

Tablo 4'de görülebileceği üzere Birmingham üniversiteside görev yapan Dr. Li. ve Dr. Ding sırasıyla 69 ve 33 arasındalık değeri ile alanda diğer araştırmacılar ile en çok ilişkisi olan diğer bir değişle araştırmacılar arası köprü vaziyeti gören ve sistemdeki bilgi akışını etkileyen bilim insanları arasında yer almaktadırlar. Daha sonrasında ise Singapur Nanyang Teknoloji Üniversitesinde görev yapan Dr. Romagnoli ve Dr. Tafone 15 ve 14 arasındalık değeri ile alanın üçüncü ve dördüncü önde gelen bilim insanları arasında yer almaktadır.

3.3.3 Termoelektrik Enerji Depolama Teknolojileri

Termoelektrik enerji depolama teknolojilerine yönelik anahtar kelimeler şöyledir: ("Thermoelectric energy storage*") OR ("Thermo electric energy storage*") OR ("Thermo-electric energy storage*")

Termoelektrik enerji depolama teknolojilerine yönelik anahtar kelimeler ile yapılan WoS taraması neticesinde ise toplamda 17 bilimsel yayına ulaşılmıştır. Bilimsel yayın sayısı en az olan teknoloji kolundan biri termoelektrik enerji depolama teknolojileridir. Sonuçlar ise Şekil 16'da gösterilmektedir.



Şekil 16: Termoelektrik Enerji Depolama Teknolojileri Bibliyometrik Sosyal Ağ Analizi

Şekil 16'da görülebileceği üzere ağda sadece 2 küme mevcuttur. Bu durum birbiri ile ortak çalışmalar yürüten iki farklı grubun olduğunu temsil etmektedir. Alan uzmanları Tablo 5'de ayrıntılarıyla ele alınmıştır.

Tablo 5: Termoelektrik Enerji Depolama Teknolojileri Bibliyometrik Sosyal Ağ Analizi

No	Yazar	Kuruluş	Arasındalık Değeri	Yakındalık Değeri
1	Fiaschi, D	University Of Florence	0	0,000434216
2	Manfrida, G	University Of Florence	0	0,000434216
3	Talluri, L	University Of Florence	0	0,000434216
4	Petela, K	Silesian University of Technology	0	0,000434216
5	Brett, G	University of Brighton	0	0,000434216

6	Gibson, E	University of Brighton	0	0,000434216
7	Morgan, R	University of Brighton	0	0,000434216
8	Nelmes, S	University of Brighton	0	0,000434216
9	Favrat, D		0	0,000408163
10	Ayachi, F	CEA	0	0,000408163

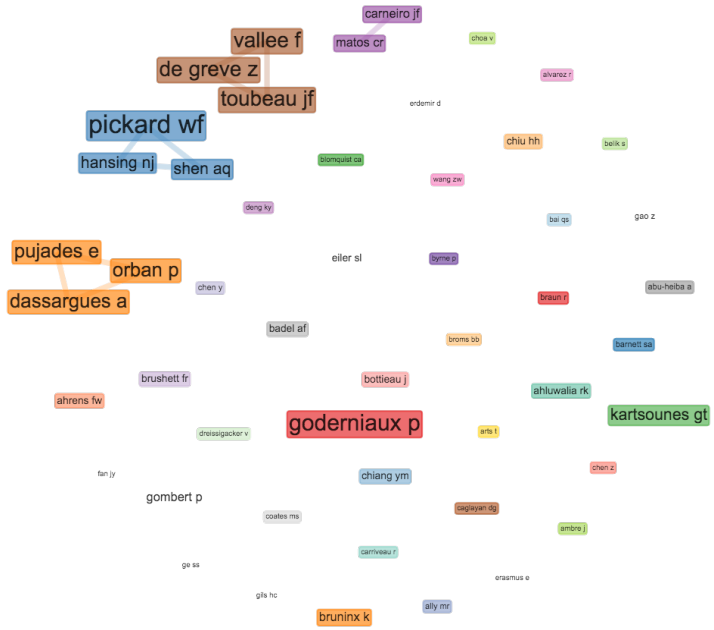
Tablo 5 Şekil 16'nın yorumlanmış halidir. Şekil 16'da kümeler arası iletişim söz konusu olmadığı için elde edilen bu şekildeki alan uzmanları arasındalık değerine göre değil yakındalık değerine göre sıralanmıştır. Ayrıca bu yazarlara ait email adreslerine kolay bir şekilde ulaşılamadığı için LinkedIn üzerinden iletişime geçilmiştir. Tablo 5'den anlaşılabileceği üzere Dr. Fiaschi, Dr. Manfrida, Dr. Talluri ve Dr. Petela University of Florence'de çalışmakta olup birlikte ortak çalışmalar yürütmüş olup her bir araştırmacı eşit yakınlık değerine sahip olduğu için düğümdeki en kısa yolu göstermektedir. Diğer bir değişle ağda yer alan bir yazara ulaşmak diğer yazarlara ulaşmayı olanaklı ve kolay hale getirmektedir. Diğer bir yandan Dr. Brett, Dr. Gibson, Dr. Morgan ve Dr. Nelmes ise University of Brighton'da iş arkadaşı olup birlikte ortak çalışmalar yürütmüş ve termoelektrik enerji depolama alanında bilim uzmanlarıdır.

3.3.4 Yeraltı Pompaj Hidro Depolama Teknolojileri

Yeraltı pompaj hidro enerji depolama teknolojilerine yönelik WoS veri tabanında taratılan anahtar kelimeler şöyledir:

("Underground*") AND ("pumped hydro*")

Yeraltı pompaj hidro teknolojilerine yönelik yukarıda bahsedilen anahtar kelimeler ile yapılan WoS taraması neticesinde ise toplamda 47 bilimsel yayına ulaşılmıştır. Sosyal ağ nalizi sonuçları ise Şekil 17'de gösterilmektedir.



Şekil 17: Yeraltı Pompaj Hidro Bibliyometrik Sosyal Ağ Analizi

Şekil 17'de görüldüğü üzere yeraltı pompaj hidro teknolojileri konusunda çalışmalar yürüten dört farklı küme söz konusudur. Bu gruplar Tablo 6'da ayrıntılarıyla ele alınacaktır.

Tablo 6: Yeraltı Pompaj Hidro Bibliyometrik Sosyal Ağ Analizi

No	Yazar	Kuruluş	Yakındalık Değeri
1	Pickard, WF	University of Washington	0.000425170
2	Hansing, NJ	University of Washington	0.000425170
3	Shen, AQ	University of Washington	0.000425170
4	Dassargues, A	University of Liege	0.000425170
5	Orban, P	University of Liege	0.000425170
6	Pujades, E	University of Liege	0.000425170
7	De Greve, Z	Technical University of Denmark	0.000425170

8	Toubeau, JF	Technical University of Denmark	0.000425170
9	Valee, F	Technical University of Denmark	0.000425170
10	Carneiro, JF	0	0.000416493

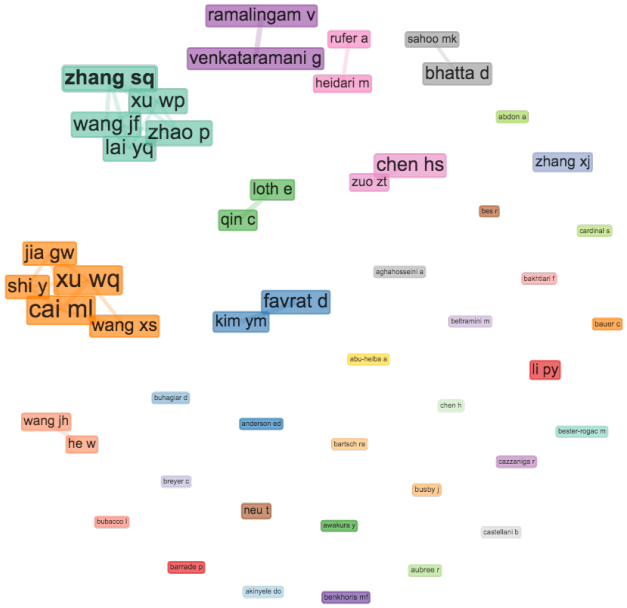
Termoelektrik enerji depolama teknolojilerinde olduğu gibi Şekil 17'de kümeler arası iletişim söz konusu olmadığı için alan uzmanları yakındalık değeri göre sıralanmıştır. Bu yazarlara ait email adreslerine kolay bir şekilde ulaşılamadığı için aynı şekilde LinkedIn üzerinden iletişime geçilmiştir. Tablo 6'dan anlaşılabileceği üzere Dr. Pickard, Dr. Hansing ve Dr. Shen University of Washington'da görev yapmakta olup birlikte çalışmalar yürüttükleri için aynı kümede yer almaktadırlar. Bu araştırmacılar eşit yakındalık değerine sahip olduğu için bu kümede yer alan uzmanlar birbirine eşit derecede uzaklığa sahiptir. Bu sebeple kümede yer alan bir uzmana ulaşmak diğer uzmanlara ulaşmakla eşit değere sahiptir.

3.3.5 İzotermal Basınçlı Hava Enerji Depolama

İzotermal basınçlı hava enerji depolama teknolojileri için WoS veri tabanında taratılan anahtar kelimeler şöyledir:

("Isothermal CAES*") OR ("Isothermal Compressed Air Energy Storage*") OR ("Isothermal*") AND ("CAES*")

İzotermal basınçlı hava enerji depolama teknolojileri için yapılan WoS taraması neticesinde ise toplamda 61 bilimsel yayına ulaşılmıştır. Sosyal ağ nalizi sonuçları ise Şekil 18'de gösterilmektedir.



Şekil 18: İzotermal Basınçlı Hava Enerji Depolama Bibliyometrik Sosyal Ağ Analizi

Şekil 18'de görüldüğü üzere izotermal basınçlı hava enerji depolama teknolojileri konusunda çalışmalar yürüten birbirinden farklı kümeler söz konusudur. Bu gruplar tablo7'de ayrıntılarıyla ele alınacaktır.

Tablo 7: İzotermal Basınçlı Hava Enerji Depolama Teknolojileri Bibliyometrik Sosyal Ağ Analizi

No	Yazar	Kuruluş	Arasındalık Değeri	Yakındalık Değeri
1	Cai, ML	Beijing University	1	0.000443655
2	Xu, WQ	Beijing University	1	0.000443655
3	Li, PY	Beijing University	0	0.000408163
4	Favrat, D	Swiss Federal Institute of Technology Lausanne	0	0.000416493
5	Kim, YM	Korea Institute of Machinery and Materials	0	0.000416493
6	Loth, E	University of Virginia	0	0.000416493
7	Qin, C	University of Virginia	0	0.000416493

8	Ramalingam, V	India Anna University	0	0.000416493
9	Venkataramani, G	India Anna University	0	0.000416493
10	Jia, GW		0	0.000443458

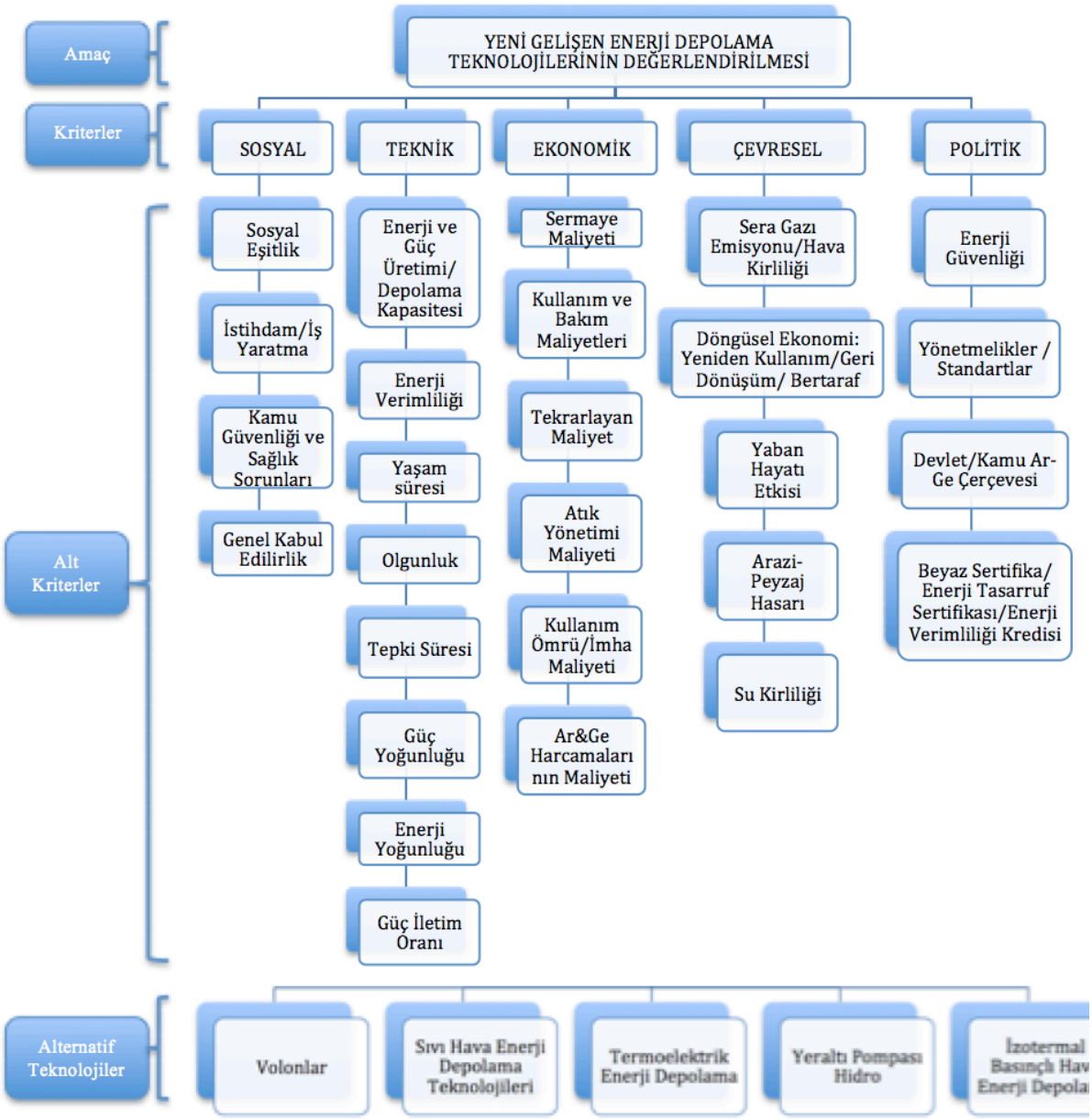
Görsel açısından Şekil 18'den ve arasındalık değeri açısından Tablo 7'den anlaşılacağı üzere Dr. Cai ve Dr. Xu farklı kümelerde yer alıp farklı kişilerle çalışmalar yürütmelerine rağmen ikisi arasındalık değeri sahiptir. Yani bu durum iki bilim insanı arasında bir çalışma yürütmüş olduğunu açıklamaktadır ve bahsedilen bu bilim insanları Çin'in Beijing üniversitesinde görev yapmaktadırlar. Yine alanın uzman bilim insanları arasında yer alan ve Dr. Favrat Swiss Federal Institute of Technology Lausanne ve Dr. Kim Korea Institute of Machinery and Materials enstitüsünde yer almalarına rağmen ortak çalışmalar yürüten alan uzmanlarıdırlar.

Bir sonraki adımdaki hiyerarşik karar modelinde oluşturulan modele yönelik alan uzmanlarından delphi tekniği yoluyla alternatif teknolojilere yönelik görüş danışılması gerektiğinden dolayı tüm alternatif teknolojiler için bu adımda sosyal ağ analizleri yapılar alana yönelik tüm uzmanlar belirtilmiştir. Tekrar hatırlatmak istenir ki patent verilerine yönelik sosyal ağ analizi sonuçları bütünlüğü sağlamak adına patent analizi başlığı altında ele alınmıştır.

3.4 Dördüncü Adım: Teknolojilerin Değerlendirilmesi - Hiyerarşik Karar Modeli Uygulaması

Çalışmada ele alınan gelişmekte olan enerji depolama teknolojileri henüz tam anlamıyla olgunlaşmamış ve ticarileştirilmemiş teknolojiler arasında yer almasından dolayı bu teknolojilerin daha kapsamlı olarak ele alınması, karar verme sürecini desteklemek için değerli sonuçlar elde etmek adına çok önemlidir. Bu sebeple, modelin üçüncü adımını oluşturan teknoloji istihbaratı yöntemi teknoloji gelişim zarfının dördüncü adımı olan hiyerarşik karar modelidir. Modelin ilk adımında belirlenen alternatif teknolojiler ve bu teknolojileri değelendirmek için belirlenen kriterler ve alt

kriterler hiyerarşik karar modeli görseline eklenerek Şekil 19'deki gibi görselleştirilmiştir.



Şekil 19: Hiyerarşik Karar Modeli

Geliştirilen Tİ modelinin ilk adımında belirlenmiş olan alternatif eneji depolama teknolojileri ve bu teknolojileri çoklu perspektifte değerlendirebilmek için literatür taraması aracılığı ile belirlenmiş olan kriterler ve alt kriterler şekil X'de hiyerarşik boyutta gösterilmektedir. Şekil 19'de tasarlanan hiyerarşik modelin amacı

alternatif beş farklı enerji depolama teknolojisi olan volan, sıvı hava enerji depolama, termoelektrik enerji depolama, yeraltı pompaj hidro ve izotermal basınçlı hava enerji depolama teknolojilerinin sosyal, teknik, ekonomik, çevresel ve politik kriterler ışığında değerlendirmektir. Herbir alternatif teknolojiyi daha ayrıntılı değerlendirebilmek için alt kriterler belirlenmiştir. Bunlar; sosyal alt kriterler: sosyal eşitlik, istihdam/iş yaratma, kamu güvenliği ve sağlık sorunları ve genel kabul edilirlik; teknik alt kriterler: enerji ve güç üretimi/depolama kapasitesi, enerji verimliliği, yaşam süresi, olgunluk, tepki süresi, güç yoğunluğu, enerji yoğunluğu ve güç iletim oranı; ekonomik alt kriterler: sermaye maliyeti, kullanım ve bakım maliyetleri, tekrarlayan maliyet, atık yönetimi maliyeti, kullanım ömrü/imha maliyeti ve ar&ge harcamalarının maliyeti; çevresel alt kriterler ise: sera gazı emisyonu/hava kirliliği, döngüsel ekonomi: yeniden kullanım/geri dönüşüm/ bertaraf, yaban hayatı etkisi, arazi-peyzaj hasarı ve su kirliliği; politik alt kriterler ise enerji güvenliği, yönetmelikler / standartlar, devlet/kamu ar-ge çerçevesi ve beyaz sertifika/enerji tasarruf sertifikası/enerji verimliliği kredisi olarak belirlenmiştir.

Bu modelin uygulanması neticesinde, gelişen enerji depolama teknolojilerini sosyal, teknik, çevresel, ekonomik ve politik gibi geniş perspektiflerde ele alarak değerlendirerek karar vericilere Ar&Ge yatırımlarından önce geniş çaplı bilgi sağlanabilecektir. Yeni gelişen enerji depolama teknolojileri için, tüm bu kriterleri ve alt kriterlerini göz önünde bulundurmak, karmaşık karar verme problemlerinde daha etkili teknoloji değerlendirmesi sağlayabilmektedir.

Hiyerarşik karar modeli aşamasında ilk olarak Şekil 19'da oluşturulan hiyerarşik karar modelinin uzmanlar tarafından doğrulanması aşaması gerçekleştirilmiştir. İkinci adımda ise kriterlerin ve alt kriterlerin sosyal ağ analizi neticesinde belirlenen uzmanlar tarafından ikili karşılaştırılması yapılarak her bir teknolojiye yönelik kriterlerin ve alt kriterlerin önem dereceleri belirlenmiştir.

3.4.1 Model Doğrulama

Oluşturulan birinci delphi çalışmasında 12 uzmandan kriterler, alt kriterler ve alternatif teknolojiler içerik açısından doğrulanması istenmiştir (content validation).

Uzmanlar Tablo 8'de U1 ile U12 arasında isimlendirilerek uzmanlık alanları ve ülkeleri belirtilmiştir. Ayrıca hangi uzmanın hangi kriterleri değerlendirdikleri belirtilmiştir.

Tablo 8: Delphi Araştırmasında Yer Alan Uzmanlar

UZMANLAR	UZMANLIK ALANLARI	Kriter	Sosyal Alt Kriteri	Teknik Alt Kriteri	Ekonomik Alt Kriteri	Çevresel Alt Kriteri	Politik Alt Kriteri	Alternatifler
U1	Makine Mühendisi/Akademisyen(TR)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
U2	Elektrik Elektronik Mühendisi/Akademisyen (KANADA)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
U3	Enerji Depolama Teknolojileri Uzmanı (ABD)	✓	✓	✓				
U4	Depolama Sistemleri Yöneticisi (ABD)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
U5	Elektrik Elektronik Mühendisi/Akademisyen (İRLANDA)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
U6	Çevre ve Enerji Çalışmaları Enstitüsü Üst Yöneticisi (ABD)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
U7	Enerji Bakanlığı Üst Yönetici (ABD)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
U8	Akademisyen (ABD)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

U9	Enerji Depolama Teknolojileri Uzmanı (ABD)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
U10	Elektrik Elektronik Mühendisi/Akademisyen (ABD)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
U11	Enerji Depolama Teknolojileri Uzmanı (ABD)		✓	✓	✓	✓		
U12	Enerji Depolama Teknolojileri Araştırmacısı (ABD)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Uzmanlara modelin doğrulaması için web tabanlı anket aracı olan Qualtrics anket linki gönderilmiştir. Hangi kriterlerin dâhil edilip edilmemesi gerektiği Tablo 8'deki uzmanlar tarafından belirlenmiştir. Uzmanlara enerji depolama teknolojilerinin değerlendirilmesi için tüm kriter, alt kriter ve alternatif teknolojilerin tanımları yer aldığı bir Qualtrics anket linki gönderilerek, oluşturulan modelin olup olmadığı, ayrıca çıkarılması veya eklenmesi gereken başka unsurlar olup olmadığı da ayrıca sorulmuştur.

Modeldeki kriterde değişiklik yapmamak adına %67 ve üstü çoğunluk kriteri göz önünde bulundurulmuştur (Lingga, 2016). Diğer tüm kriterler açısından uzmanların en az 2/3' ü yani %67'lik kısmı modeli uygun gördüğü için oluşturulan model kabul edilerek herhangi bir değişikliğe gidilmemiştir. Yani belirlenen kriterler ve alt kriterler yeni gelişen enerji depolama teknolojileri için uygun bulunmuştur. EK'de ön model doğrulama anketi yer almaktadır. Bir sonraki adımda ise modelde belirlenen kriterler ve alt kriterlerin maksimum12 uzman tarafından değerlendirme sonuçları yer almaktadır.

3.4.2 Kriter Doğrulama

Modelde belirlenen kriterlerin (Sosyal – Teknik – Ekonomik – Çevresel – Politik) değerlendirilmesi için oluşturulan birinci delphi çalışmasında 12 uzman yer almıştır. Uzmanların kriterleri değerlendirmeleri neticesinde ön modelde belirlenen tüm kriterler Tablo 9'da belirtildiği üzere kabul edilmiştir. Uygulanan delphi yöntemi neticesinde uzman değerlendirmeleri ve yorumları aşağıda yer almaktadır. Yorumlar İngilizce yapılmış olup daha sonra Türkçe'ye çevrilmiştir.

Kriterlerin değerlendirmelerinde U8 enerji depolama teknolojilerinin *Teknik ve Ekonomik* kriterler açısından değerlendirilmemesi gerektiği önerisinde bulunulurken; U2 ve U9 ise *Sosyal* kriter ve *Politik* kriter için hayır demiştir. Ayrıca U9 aşağıdaki yorumu eklemiştir:

U9 Yorum:

TR:

"Teknik perspektif, verimlilik ve teknik olgunluk olmak üzere ikiye ayrılabilir."

İNG:

"Technical perspective can be divided into two which are efficiency and technical maturity."

U4 ise kriterler arasında sadece *Sosyal* kriterin yer almaması gerektiğini önererek aşağıdaki yorumu yapmıştır.

U4 Yorum:

TR:

"Politik perspektifin, tedarik zincirinde hangi ülke veya ülkelerin baskın olduğunu içerdiğini varsaydım"

İNG:

"I assumed the political vector includes which country or countries dominants the supply chain"

Tablo 9: Kriter Doğrulama

	Kriterler	Evet		Hayır		Toplam	Yüzdelik Oran (Evet/Toplam)	Değerlendirme
1	Sosyal	8	%73	3	%27	11	**%73**	**KABUL**
2	Teknik	10	%91	1	%9	11	**%91**	**KABUL**
3	Ekonomik	11	%100			11	**%100**	**KABUL**
4	Çevresel	10	%91	1	%9	11	**%91**	**KABUL**
5	Politik	9	%82	2	%18	11	**%82**	**KABUL**

3.4.3 Alt Kriter Doğrulama

Uzmanların kriterleri değerlendirmeleri neticesinde ön modelde belirlenen Sosyal boyutun alt kriterleri arasında yer alan *İstihdam/İş Yaratma* hariç diğer kriterler ve alt kriterlerin kabul edildiği görülmüştür.

3.4.3.1 Sosyal - Alt Kriter Doğrulama

Tablo 10'da sosyal perspektirf alt kriterlerin değerlendirmeleri mevcuttur. Uzman U2 - U3 ve U4 sosyal kriterler arasında *Sosyal Eşitlik ve İstihdam/İş Yaratma* alt kriterlerinin yer almaması gerektiğini önermiştir. U8 modelde diğer alt kriterlerin hepsine ihtiyaç duyulurken sadece *İstihdam/İş Yaratma* alt kriterine ihtiyaç duyulmadığını dile getirmiştir. U9 ise modelde sadece *Kamu Güvenliği ve Sağlık Sorunları* alt kriterinin yeterli olacağını dile getirmiştir.

Tablo 10: Sosyal - Alt Kriter Doğrulama

	Alt Kriterler	**Evet**		**Hayır**		**Toplam**	**Yüzdelik Oran (Evet/Toplam)**	**Değerlendirme**
1	Sosyal Eşitlik	8	%67	4	%33	12	**%67**	**KABUL**
2	İstihdam/İş Yaratma	8	%67	4	%42	12	**%67**	**KABUL**
3	Kamu Güvenliği ve Sağlık Sorunları	12	%100			12	**%100**	**KABUL**
4	Genel Kabul Edilirlik	11	%92	1	%8	12	**%92**	**KABUL**

3.4.3.2 Teknik – Alt Kriter Doğrulama

Tablo 11'de teknik alt kriterlinin uzmanlar tarafından değerlendirme sonuçları mevcuttur. U4 *Güç Yoğunluğu ve Enerji Yoğunluğu* alt kriterlerinin modelde yer almaması gerektiğini savunurken; U5 *Olgunluk* alt kriteri için U8 ise *Teknik* alt kriterlerinin hepsi için hayır yanıtını vermiştir.

U7 tüm kriteleri onaylamasının yanı sıra aşağıdaki yorumu yapmıştır:

U7 Yorum:

TR:

"Gidiş Dönüş verimliliği - yan hizmetler – sistem toparlanması- emisyonlarının azaltılması –ayak izi"

İNG:

"R/T (round trip) efficency - ancillary services- blackstart-emission reductions-footprint"

U9 *Olgunluk, Tepki Süresi, Güç Yoğunluğu ve Enerji Yoğunluğu* alt kriterlerinin modelde yer almaması gerektiğini oylamıştır.

U10 sadece *Güç İletim Oranı* için hayır yanıtını kullanarak, aşağıdaki yorumu yapmıştır:

U10 Yorum:

TR:

"Enerji kaynağının (depolamanın) yük noktalarına ne kadar uzaklıkta olduğunun bir göstergesi olan "Güç Aktarım Hızı"nı "Yüke Güç Aktarım Mesafesi" olarak değiştirirdim. Genellikle aktarım hızları, mesafe birimi (yani Km) ile sabitlenir"

İNG:

"I would change the "power transmission Rate" to "Power Transmission Distance to the load", which would be an indicator of how far the source of energ (storage) is located to the load points. Usually the rates in transmission are fixed by the unit of distance (ie. Km)"

Tablo 11: Teknik - Alt Kriter Doğrulama

	Alt Kriterler	**Evet**		**Hayır**		**Toplam**	**Yüzdelik Oran (Evet/Toplam)**	**Değerlendirme**
1	Enerji ve Güç Üretimi/Depolama Kapasitesi	11	%92	1	%8	12	**%92**	**KABUL**
2	Enerji Verimliliği	11	%92	1	%8	12	**%92**	**KABUL**
3	Yaşam süresi	11	%92	1	%8	12	**%92**	**KABUL**
4	Olgunluk	9	%75	3	%25	12	**%75**	**KABUL**
5	Tepki Süresi	10	%83	2	%17	12	**%83**	**KABUL**
6	Güç Yoğunluğu	9	%75	3	%25	12	**%75**	**KABUL**
7	Enerji Yoğunluğu	9	%75	3	%25	12	**%75**	**KABUL**
8	Güç İletim Oranı	9	%75	3	%25	12	**%75**	**KABUL**

3.4.3.3 Ekonomik – Alt Kriter Doğrulama

Tablo 12'de uzmanlar tarafından ekonomik alt kriterlerine yönelik değerlendirme sonuçları yer almaktadır. U2 ve U4 *Ar&Ge Harcama Maliyetlerinin* modelde yer almaması gerektiğini önermiştir. U8 ise *Ekonomik* alt kriterlerinin hepsi için hayır yanıtını vermiştir.

U7 tüm alt kriterleri kabul ederek aşağıdaki yorumu yapmıştır.

U7 Yorum:

TR:

"eşitlik- fosil yakıt altyapısının değiştirilmesi- su kullanımı- kullanım ömrü"

İNG:

"equity- replacement of fossil fuel infrastructure- water usage- life use span"

U9 ve U10 *Ekonomik* alt kriterlerinden *Atık Yönetimi Maliyeti* için hayır yanıtını vermiştir. U10 aşağıdaki yorumu yapmıştır:

U10 Yorum:

TR:

"Atık Yönetim Maliyeti", "İşletme ve Bakım Maliyeti"ne dahil edilebilir. Her iki alt kriteri de dahil ederseniz, nicelleştirildiğinde çatışmalara neden olacak "çoklu bağlantı"nın varlığı kabul edilmiş olacaktır."

İNG:

"Waste Management Cost" can be included in the "operating and Maintenance cost". If you includes both sub-criteria, there would be considered the existence of "multicollinearity", which would cause conflicts when it is quantify.

Tablo 12: Ekonomik - Alt Kriter Doğrulama

	Alt Kriterler	Evet		Hayır		Toplam	Yüzdelik Oran (Evet/Toplam)	Değerlendirme
1	Sermaye Maliyeti	10	%91	1	%9	11	**%91**	**KABUL**
2	Kullanım ve Bakım Maliyetleri	10	%91	1	%9	11	**%91**	**KABUL**
3	Tekrarlayan Maliyet	10	%91	1	%9	11	**%91**	**KABUL**
4	Atık Yönetimi Maliyeti	8	%73	3	%27	11	**%73**	**KABUL**
5	Kullanım Ömrü/İmha Maliyeti	10	%91	1	%9	11	**%91**	**KABUL**
6	Ar&Ge Harcamalarının Maliyeti	8	%73	3	%27	11	**%73**	**KABUL**

3.4.3.4 Çevre – Alt Kriter Doğrulama

Tablo 13'de çevre alt kriterlerine ait değerlendirmeler mevcuttur. U2 *Yaban Hayatı* etkisinin modelde yer almaması gerektiğini önermiştir. U4 modelde sadece *Döngüsel Ekonomi: Yeniden Kullanım/Geri Dönüşüm/ Bertaraf ve Su Kirliliği* alt kriterlerinin yer alması gerektiğini önerirken; U9 Döngüsel Ekonomi: Yeniden Kullanım/Geri Dönüşüm/ Bertaraf ve Yaban Hayatı Etkisi için hayır yanıtını kullanmıştır.

Tablo 13: Çevresel - Alt Kriter Doğrulama

	Alt Kriterler	**Evet**		**Hayır**		**Toplam**	**Yüzdelik Oran (Evet/Toplam)**	**Değerlendirme**
1	Sera Gazı Emisyonu/Hava Kirliliği	10	%91	1	%9	11	**%91**	**KABUL**
2	Döngüsel Ekonomi: Yeniden Kullanım/Geri Dönüşüm/ Bertaraf	10	%91	1	%9	11	**%91**	**KABUL**
3	Yaban Hayatı Etkisi	8	%73	3	%27	11	**%73**	**KABUL**
4	Arazi-Peyzaj Hasarı	10	%91	1	%9	11	**%91**	**KABUL**
5	Su Kirliliği	11	%100			11	**%100**	**KABUL**

3.4.3.5 Politik – Alt Kriter Doğrulama

Tablo 14'de politik alt kriterlerine ait unsurların uzmanlar tarafından değerlendirme sonuçları yer almaktadır. U2 *Devlet/Kamu Ar&Ge Çerçevesi'*nin modelde yer almaması gerektiğini önermiştir. U4 ise politika alt kriterlerinde sadece Enerji Güvenliği alt kriterinin yer almasının yeterli olacağına değinmiştir.

U8 Politik alt kriterlerinin *Devlet/Kamu Ar&Ge Çerçevesi* için evet yanıtını verirken diğerlerine hayır yanıtını vermiştir. U9 sadece *Yönetmelikler / Standartlar* için modelde yer alması gerektiğini vurgulamıştır.

Tablo 14: Politik - Alt Kriter Doğrulama

	Alt Kriterler	**Evet**		**Hayır**		**Toplam**	**Yüzdelik Oran (Evet/Toplam)**	**Değerlendirme**
1	Enerji Güvenliği	8	%80	2	%20	10	**%80**	**KABUL**
2	Yönetmelikler / Standartlar	8	%80	2	%20	10	**%80**	**KABUL**
3	Devlet/Kamu Ar-Ge Çerçevesi	7	%70	3	%30	10	**%70**	**KABUL**
4	Beyaz Sertifika/Enerji Tasarruf Sertifikası/Enerji Verimliliği Kredisi	7	%70	3	%30	10	**%70**	**KABUL**

3.4.4 Alternatif Doğrulama

Tablo 15'de alternatif teknolojilerin değerlendirme sonuçları yer almaktadır. U2 *Termoelektrik Enerji Depolama* ve *Yeraltı Pompası Hidro* Alternatiflerin modelde yer almaması gerektiğini önermiştir. U4 sadece *Sıvı Hava Enerji Depolama Teknolojileri* ve *Termoelektrik Enerji Depolama* Alternatiflerin değerlendirilmesinin yeterli olduğunu belirtmiştir. U8 *Termoelektrik Enerji Depolama* ve *Yeraltı Pompası Hidro* Alternatiflerini modelde değerlendirilmesi gerektiği önerisinde bulunmuştur.

Tablo 15: Alterantif Enerji Depolama Teknolojilerinin Doğrulanması

	Alternatifler	Evet		Hayır		Toplam	Yüzdelik Oran (Evet/Toplam)	Değerlendirme
1	Volanlar	8	%80	2	%20	10	**%80**	**KABUL**
2	Sıvı Hava Enerji Depolama Teknolojileri	9	%90	1	%20	10	**%90**	**KABUL**
3	Termoelektrik Enerji Depolama	9	%90	1	%10	10	**%90**	**KABUL**
4	Yeraltı Pompası Hidro	8	%80	2	%20	10	**%80**	**KABUL**
5	İzotermal Basınçlı Hava Enerji Depolama	8	%80	2	%20	10	**%80**	**KABUL**

Sonuç olarak kriterlerin ve alt kriterlerin uzmanlar tarafından değerlendirilmesi neticesinde hiyerarşik karar modelinde yer alan tüm kriterler, alt kriterler ve alternatifler kabul edilmiştir. Model doğrulamasından sonra ise kriterler ve alt kriterler belirlenen alternatifler nezdinde önem derecelerine göre önceliklendirilmiştir.

3.4.5 Hiyerarşik Karar Modeli İkili Karşılaştırma Sonuçları

Gelişmekte olan enerji depolama teknolojilerinin çoklu perspektifte değerlendirilebilmesi için belirlenen alan uzmanları tarafından kriterlerin, alt kriterlerin ve alternatif teknolojilerin ikili karşılaştırılması yapılmıştır. Sosyal ağ analizi neticesinde ya da LinkedIn gibi sosyal platformlardan keşfedilen alan uzmanlarıyla email yoluyla iletişime geçilerek araştırmaya katılım davetinde bulunulmuştur.

Kriterlerin ikili karşılaştırması için oluşturulan uzman grubunda toplamda 31 kişi katılmasına rağmen 15 uzman değerlendirmelerini tam olarak sonuçlandırmıştır. Bu araştırmada delphi tekniğinden yararlanıldığı için 15 uzmanın modeldeki kriterleri değerlendirerek doğrulaması yeterli bir sayı olarak tanımlanmıştır. Uzmanların hangi kriterlere yönelik değerlendirme yaptıkları Tablo 16'da belirtilmiştir. Daha sonra 100 puan üzerinden yapılan uzman değerlendirmeleri araştırmacı tarafından HDM yazılımına yüklenmiştir. 15 uzman tarafından her bir unsurun göreceli

önceliklendirilmesi yapılmıştır. Aynı zamanda 0.10 üzerinde olan tutarsızlıklar ve uzmanlar arası anlaşmazlık değerleri aşağıda bulunan analiz neticelerindede tespit edilmiştir. Değeri 0.10'dan büyük olan tutarsızlıklar araştırmadan çıkarılmıştır.

Tablo 16: Delphi Yöntemi İkili Karşılaştırmada Yer Alan Uzmanlar

	Kriterler	**Sosyal Perspektif Alt Kriterleri**	**Teknik Perspektif Alt Kriterleri**	**Ekonomik Perspektif Alt Kriterleri**	**Çevresel Perspektif Alt Kriterleri**	**Politik Perspektif Alt Kriterleri**
Uzman1	✔	✓	✓		✓	✓
Uzman2	✔	✓	✓	✓		
Uzman3	✔	✓		✓	✓	
Uzman4	✓	✓	✓		✓	✓
Uzman5	✓	✓		✓		✓
Uzman6	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Uzman7	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Uzman8	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Uzman9	✓	✓		✓	✓	✓
Uzman10	✓		✓	✓	✓	✓
Uzman11	✓	✓	✓	✓		✓
Uzman12	✓					
Uzman 13		✓	✓	✓	✓	✓
Uzman 14			✓	✓	✓	
Uzman 15					✓	

3.4.6 Kriterlerin Değerlendirilmesi

Kriterlerin ikili karşılaştırması için oluşturulan uzman panelinde 12 uzman yer almıştır. Ancak, Uzman 11 (0.11), Uzman 3 (0.15), Uzman 12 (0.29) ve Uzman 5 (0.31)

tutarsızlık oranları 0.10 kabul edilebilirlik oranının üstünde olduğu için değerlendirmeden çıkarılmıştır. Bu nedenle, Tablo 17'de görülebileceği üzere sosyal, teknik, ekonomik, çevresel ve politik kriterlerin ikili karşılaştırması 8 uzman tarafından gerçekleştirilmiştir.

Tablo 17: Kriterlerin İkili Karşılaştırılması

Uzmanlar	**Sosyal**	**Teknik**	**Ekonomik**	**Çevresel**	**Politik**	**Tutarsızlık**
Uzman 2	0.09	0.3	0.28	0.24	0.09	0.03
Uzman 4	0.16	0.1	0.26	0.17	0.31	0.04
Uzman 6	0.19	0.22	0.23	0.19	0.16	0
Uzman 7	0.12	0.24	0.17	0.40	0.07	0.05
Uzman 8	0.17	0.19	0.16	0.40	0.08	0.02
Uzman 9	0.07	0.13	0.43	0.07	0.30	0.04
Uzman 10	0.11	0.27	0.2	0.14	0.28	0.05
Uzman 1	0.05	0.21	0.41	0.16	0.16	0.02
Ortalama	**0.12**	**0.21**	**0.27**	**0.22**	**0.18**	
Min.	0.05	0.1	0.16	0.07	0.07	
Max.	0.19	0.3	0.43	0.4	0.31	
Standart Sapma	0.05	0.06	0.1	0.11	0.1	
Anlaşmazlık Oranı						**0.082**

Tablo 17'de görülebileceği üzere her bir uzman beş farklı kriteri ikili karşılaştırma yaparak değerlendirdikten sonra kriterlerin ağırlıkları belirlenmiştir. Örneğin uzman 2 tarafından belirlenen kriterlerin ağırlıkları şöyledir; sosyal 0.09, teknik 0.3, ekonomik 0.28, çevresel 0.24 ve politik kritere ait ağırlıklı değer ise 0.09'dur. Tüm bu değerler normalize edilmiş ağırlıklı değerler olduğu için toplamı 1'e eşittir. Kriterler arasında en yüksek ortalamaya sahip olan ekonomik (0.27) perspektif enerji depolama

teknolojileri için uzmanlar tarafından en önemli kriter olarak değerlendirilmiştir. Daha sonra önem sırasına göre çevresel (0.22), teknik (0.21), politik (0.18) ve sosyal (0.12) kriterler sırasıyla izlemektedir. Tablo 17'nin sağ alt köşesinde yer alan anlaşmazlık oranı ise 0.082 ile uzman görüşleri arasında anlaşmazlık söz konusu olmadığı tespit edilmiştir. Her bir uzmanın vermiş olduğu cevaplar neticesinde bir tutarsızlığın olmadığı tespit edilmiştir. Çünkü üzere her uzman için tutarsızlık oranı kabul edilirlik sınırı olan %10'un altındadır.

3.4.6.1 Sosyal Perspektif Alt Kriterleri

Sosyal perspektif alt kriterleri uzmanlar tarafından değerlendirildiğinde, Uzman 10 (0.23) ve Uzman 12'nin (0.28) değerlendirmeleri tutarsızlık oranı üstünde kaldığı için uzmanların sunmuş olduğu veriler analizden çıkarılmıştır. Böylece Tablo 18'de görülebileceği üzere değerlendirmede 10 uzmanın görüşleri yer almıştır. Tüm alt kriterler değerlendirildiğinde, anlaşmazlık oranında kabul edilebilirlik oranı olan 0.10'dan büyük olmadığı için sosyal perspektif alt kriterlerine yönelik uzman görüşleri arasında anlaşmazlık (0.101) söz konusu değildir.

Tablo 18: Sosyal Alt Kriterlerin İkili Karşılaştırılması

Uzmanlar	Sosyal Eşitsizlik	İstihdam/ İş Yaratma	Kamu Güvenliği ve Sağlık Sorunları	Genel Kabul Edilirlik	Tutarsızlık
Uzman 13	0.43	0.23	0.16	0.18	0.01
Uzman 1	0.13	0.29	0.29	0.29	0
Uzman 7	0.28	0.17	0.27	0.27	0.01
Uzman 11	0.04	0.07	0.65	0.23	0.05
Uzman 2	0.13	0.47	0.25	0.15	0.02
Uzman 3	0.17	0.31	0.38	0.13	0.1
Uzman 4	0.06	0.52	0.2	0.22	0.02
Uzman 6	0.22	0.21	0.31	0.25	0

Uzman 8	0.22	0.2	0.25	0.33	0
Uzman 9	0.22	0.1	0.29	0.39	0.03
Ortalama	**0.19**	**0.26**	**0.31**	**0.24**	
Min.	0.01	0.01	0.01	0.13	
Max.	0.43	0.52	0.65	0.97	
Standart Sapma	0.11	0.15	0.15	0.22	
Anlaşmazlık Oranı					**0.101**

Sosyal perspektife ait alt kriterler arasından kamu güvenliği ve sağlık sorunları uzmanlar tarafından 0.31 ortalama değeri ile en önemli kriter olarak kabul edilmiştir. En önemli ikinci kriter ise istihdam-iş yaratma (0.28) kabul edilirken genel kabul edilebilirlik (0.24) ile üçüncü önem sıralarına sahiptir.

3.4.6.2 Teknik Perspektif Alt Kriterleri

Tablo 19'da uzmanlar tarafından teknik perspektirfe ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma sonuçları yer almaktadır. Teknik kriterler değerlendirilirken karar vericiler arasından Uzman 12'nin (0.25) tutarsızlık oranı yüksek olduğu için alan uzmanının sunmuş olduğu değerler araştırmadan çıkarılarak toplamda 10 uzman teknik perspektif alt kriterlerini ikili karşılaştırma yaparak değerlendirmiştir. Uzman görüşleri arasındaki anlaşmazlık oranı ise 0.045 olduğu için görüşler arasında anlaşmazlık söz konusu olmadığı tespit edilmiştir.

Tablo 19: Teknik Alt Kriterlerin İkili Karşılaştırılması

Uzmanlar	Enerji ve Güç Üretimi/Depolama Kapasitesi	Enerji Verimliliği	Yaşam Süresi	Olgunluk	Tepki Süresi	Güç Yoğunluğu	Enerji Yoğunluğu	Güç İletim Oranı	Tutarsızlık Oranı
Uzman 11	0.24	0.22	0.16	0.09	0.09	0.07	0.07	0.06	0.05
Uzman 1	0.17	0.16	0.13	0.04	0.2	0.1	0.07	0.14	0.04
Uzman 2	0.26	0.18	0.09	0.07	0.11	0.1	0.09	0.1	0.02
Uzman 7	0.12	0.13	0.19	0.09	0.2	0.11	0.09	0.08	0.01
Uzman 10	0.11	0.34	0.08	0.05	0.1	0.12	0.17	0.03	0.07
Uzman 13	0.17	0.09	0.12	0.09	0.15	0.13	0.15	0.09	0.01
Uzman 14	0.09	0.14	0.13	0.1	0.2	0.14	0.13	0.09	0.02
Uzman 4	0.16	0.11	0.25	0.23	0.08	0.08	0.07	0.03	0.04
Uzman 6	0.13	0.11	0.1	0.14	0.12	0.14	0.13	0.13	0
Uzman 8	0.13	0.2	0.13	0.15	0.1	0.11	0.1	0.07	0.01
Ortalama	**0.16**	**0.17**	**0.14**	**0.11**	**0.14**	**0.11**	**0.11**	**0.08**	
Min.	0.09	0.09	0.08	0.04	0.08	0.07	0.07	0.03	
Max.	0.26	0.34	0.25	0.23	0.2	0.14	0.17	0.14	
Standart Sapma	0.05	0.07	0.05	0.05	0.05	0.02	0.03	0.03	
Anlaşmazlık Oranı									**0.045**

Tablo 19'da görülebileceği üzere Teknik perspektif alt kriterleri arasından en yüksek önem derecesine enerji verimliliği (0.17) sahiptir, daha sonra ise enerji ve güç üretimi/depolama kapasitesi (0.16) gelmektedir. Üçüncü sırada önem derecesine sahip alt kriterler yaşam süresi (0.14) ve tepki süresi (0.14) yer alırken; dördüncü sırada ise aynı ortalama derecelerine sahip olan olgunluk (0.11), güç yoğunluğu (0.11) ve enerji yoğunluğu (0.11) yer almaktadır. Uzmanlar tarafından belirlenen önem derecesi

sıralamasında en son sırada yer alan teknoloji perspektifi alt kriteri ise güç iletim oranıdır (0.08).

3.4.6.3 Ekonomik Perspektif Alt Kriterleri

Ekonomik perspektif alt kriterleri değerlendirilmeleri sonucunda Uzman 4'e (0.16) ait tutarsızlık oranı yüksek olduğu için değerler arasından çıkarılmıştır. Tablo 20'de ise 11 uzmanın ikili karşılaştırma neticesinde ekonomik perspektifi alt kriterleri önem dereceleri yer almaktadır. Tablodaki uzmanların görüşleri ise 0.10 tutarsızlık oranından düşük olduğu için herhangi bir tutarsızlık bulunmamaktadır. Aynı şekilde uzmanlar arasındaki anlaşmazlık oranı (0.054) 0.10 değerinden düşük olduğu için herhangi bir anlaşmazlıkla karşılaşılmamıştır.

Tablo 20: Ekonomik Alt Kriterlerin İkili Karşılaştırılması

Uzmanlar	Sermaye Maliyeti	Kullanım ve Bakım Maliyeti	Tekrarlayan Maliyet	Atık Yönetimi Maliyeti	Kullanım Ömrü /İmha Maliyeti	Ar&Ge Harcamaları Maliyeti	Tutarsızlık Oranı
Uzman 2	0.32	0.12	0.11	0.11	0.14	0.2	0.02
Uzman 10	0.3	0.2	0.11	0.11	0.11	0.17	0.07
Uzman 11	0.3	0.22	0.11	0.1	0.08	0.18	0.1
Uzman 13	0.17	0.29	0.22	0.1	0.09	0.13	0.01
Uzman 14	0.18	0.1	0.14	0.17	0.1	0.31	0.02
Uzman 3	0.35	0.19	0.08	0.07	0.08	0.24	0.02
Uzman 5	0.34	0.2	0.12	0.12	0.13	0.09	0.05
Uzman 6	0.21	0.18	0.17	0.16	0.14	0.13	0
Uzman 7	0.11	0.17	0.21	0.22	0.15	0.14	0.02
Uzman 8	0.34	0.22	0.1	0.08	0.1	0.16	0.01
Uzman 9	0.24	0.12	0.1	0.08	0.1	0.37	0.03
Ortalama	**0.26**	**0.18**	**0.13**	**0.12**	**0.11**	**0.19**	

Min.	0.11	0.1	0.08	0.07	0.08	0.09	
Max.	0.35	0.29	0.22	0.22	0.15	0.37	
Standart Sapma	0.08	0.05	0.04	0.04	0.02	0.08	
Anlaşmazlık Oranı							**0.054**

Tablo 20'deki sonuçlardan 0.26 ortalama değeri ile sermaye maliyeti en yüksek önem derecesine sahiptir. Önem derecesine göre sırasıyla Ar&Ge harcamaları maliyeti (0.19), kullanım ve bakım maliyeti (0.18), tekrarlayan maliyet (0.13), atık yönetimi maliyeti (0.12) ve kullanım ömrü/imha maliyeti (0.11) yer almaktadır.

3.4.6.4 Çevresel Perspektif Alt Kriterleri

Uzman 11 (0.12) Uzman 2 (0.11) ve Uzman 5 (0.11) değerlendirmelerinde karşılaşılan yüksek tutarsızlık oranı nedeniyle değerlendirmeden çıkarılmıştır. Tablo 21'de yer alan toplamda 11 uzman çevresel perspektif alt kriterlerini göreceli önceliklerine göre değerlendirmiştir.

Tablo 21: Çevresel Alt Kriterlerin İkili Karşılaşırılması

Uzmanlar	**Sera Gazı Emisyonu/ Hava Kirliliği**	**Döngüsel Ekonomi: Yeniden Kullanım/Geri Dönüşüm/Bertaraf**	**Yaban Hayatı Ekisi**	**Arazi-Peyzaj Hasarı**	**Su Kirliliği**	**Tutarsızlık Oranı**
Uzman 14	0.31	0.09	0.19	0.17	0.24	0.02
Uzman 1	0.17	0.21	0.12	0.22	0.28	0.02
Uzman 4	0.17	0.09	0.22	0.05	0.47	0.06
Uzman 10	0.3	0.16	0.12	0.09	0.33	0.08
Uzman 13	0.23	0.25	0.11	0.18	0.24	0.02
Uzman 15	0.15	0.15	0.23	0.16	0.31	0.02

Uzman 3	0.15	0.3	0.2	0.2	0.15	0.03
Uzman 6	0.2	0.16	0.21	0.21	0.22	0
Uzman 7	0.16	0.18	0.21	0.2	0.25	0.01
Uzman 8	0.22	0.19	0.2	0.18	0.22	0.03
Uzman 9	0.38	0.28	0.08	0.07	0.18	0.04
Ortalama	**0.22**	**0.19**	**0.17**	**0.16**	**0.26**	
Min.	0.15	0.09	0.08	0.05	0.15	
Max.	0.38	0.3	0.23	0.22	0.47	
Standart Sapma	0.07	0.07	0.05	0.06	0.08	
Anlaşmazlık Oranı						**0.06**

Tablo 21'de yer alan çevresel perspektif alt kriterleri arasında uzman değerlendirmelerine göre en yüksek önceliğe sahip kriter su kirliliğidir (0.26) ve sera gazı emisyonu/hava kirliliğidir (0.22). Takip eden kriterler ise sırasıyla döngüsel ekonomi: yeniden kullanım/geri dönüşüm/bertaraf (0.19), yaban hayata ekisi (0.17) ve arazi-peyzaj hasarıdır (0.16). Uzman görüşleri arasındaki anlaşmazlık söz konusu olmayıp anlaşmazlık oranı ise 0.06'dır.

3.4.6.5 Politik Perspektif Alt Kriterleri

Tablo 22'de yer alan politik perspektife ait alt kriterlerin değerlendirilmesi neticesinde uzman görüşlerinde herhangi bir tutarsızlıkla karşılaşılmamış olup 10 uzman kriterleri değerlendirmiştir.

Tablo 22: Politik Alt Kriterlerin İkili Karşılaştırılması

Uzmanlar	**Enerji Güvenliği**	**Yönetmelik/Standartlar**	**Devlet/Kamu Ar&Ge Çerçevesi**	**Beyaz Sertifika/Enerji Tasarruf Sertifikası/Enerji Verimliliği Kredisi**	**Tutarsızlık Oranı**
Uzman 10	0.35	0.08	0.18	0.39	0.08
Uzman 11	0.3	0.19	0.14	0.37	0.1
Uzman 13	0.28	0.34	0.22	0.16	0
Uzman 1	0.39	0.25	0.2	0.16	0.01
Uzman 4	0.71	0.09	0.05	0.15	0.05
Uzman 5	0.5	0.25	0.12	0.13	0.01
Uzman 6	0.28	0.29	0.21	0.21	0
Uzman 7	0.31	0.28	0.2	0.21	0.01
Uzman 8	0.34	0.12	0.41	0.12	0
Uzman 9	0.29	0.44	0.1	0.17	0.06
Ortalama	**0.38**	**0.23**	**0.18**	**0.21**	
Min.	0.28	0.08	0.05	0.12	
Max.	0.71	0.44	0.41	0.39	
Standart Sapma	0.13	0.11	0.09	0.09	
Anlaşmazlık Oranı					**0.095**

Tablo 22'de görüleceği üzere politik perspektife ait alt kriterler arasında en yüksek önem derecesine sahip kriter enerji güvenliğidir (0.38). Enerji güvenliğini takip

eden kriterler ise yönetmelik/standartlar (0.23), beyaz sertifika/enerji tasarruf sertifikası/enerji verimliliği kredisi (0.21) ve devlet/kamu Ar&Ge çerçevesi (0.18)'dir.

3.4.7 Kriterlerin ve Alt Kriterlerin Önem Sıralamaları

Gelişmekte olan enerji depolama teknolojileri için belirlenen kriterler ve bu kriterlere ait alt kriterler önem derecelerine göre sıralandığında Tablo 23'de belirtilen sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 23: Kriterlerin ve Alt Kriterlerin Önem Sıralaması

Kriterler	Ortalama Değer	Alt Kriterler	Ortalama Değer	Etki Değeri
Sosyal	0.12	Kamu Güvenliği ve Sağlık Sorunları	0.31	1
		İstihdam/ İş Yaratma	0.26	2
		Genel Kabul Edilirlik	0.24	3
		Sosyal Eşitsizlik	0.19	4
Teknik	0.21	Enerji Verimliliği	0.17	1
		Enerji ve Güç Üretimi/Depolama Kapasitesi	0.16	2
		Yaşam Süresi	0.14	3
		Tepki Süresi	0.14	3
		Olgunluk	0.11	4
		Güç Yoğunluğu	0.11	4
		Enerji Yoğunluğu	0.11	4
		Güç İletim Oranı	0.08	5
Ekonomik	0.27	Sermaye Maliyeti	0.26	1
		Ar&Ge Harcamaları Maliyeti	0.19	2
		Kullanım ve Bakım Maliyeti	0.18	3
		Tekrarlayan Maliyet	0.13	4

		Atık Yönetimi Maliyeti	0.12	5
		Kullanım Ömrü /İmha Maliyeti	0.11	6
Çevresel	0.22	Su Kirliliği	0.26	1
		Sera Gazı Emisyonu/Hava Kirliliği	0.22	2
		Döngüsel Ekonomi: Yeniden Kullanım/Geri Dönüşüm/Bertaraf	0.19	3
		Yaban Hayatı Ekisi	0.17	4
		Arazi-Peyzaj Hasarı	0.16	5
Politik	0.18	Enerji Güvenliği	0.38	1
		Yönetmelik/Standartlar	0.23	2
		Beyaz Sertifika/Enerji Tasarruf Sertifikası/Enerji Verimliliği Kredisi	0.21	3
		Devlet/Kamu Ar&Ge Çerçevesi	0.18	4

Tablo 23'de yer alan tüm kriterler arasında ekonomik perspektif (0.27) en önemli etki değerine sahiptir. Ekonomik kriterler arasında yer alan sermaye maliyeti (0.26) ise en yüksek etki değerine sahipken en düşük etki değerine sahip alt kriter ise kullanım ömrü/imha maliyetidir (0.11). Uzman değerlendirmeleri sonucunda ikinci sırada öneme sahip olan kriter ise çevresel (0.22) perspektiftir. Su kirliliği (0.26) ve sera gazı emisyonları/hava kirliliği (0.22) önem derecesi bakımından ilk iki sırada yer alan alt kriterlerdir. Üçüncü sırada önem derecesine sahip olan teknik perspektife (0.21) ait en önemli alt kriterler ise enerji verimliliği (0.17) ve enerji ve güç üretimi/depolama kapasitesi (0.16)'dır. En düşük önem derecesine sahip alt kriter ise güç iletim oranıdır (0.08). Dördüncü önem sırasında yer alan politik perspektife (0.18) ait en önemli alt kriter enerji güvenliği (0.38) iken en düşük önem derecesine sahip alt kriter ise devlet/kamu Ar&Ge çerçevesi (0.18)'dir. Uzman değerlendirmesi sonucunda en son önem derecesine sahip olan sosyal perspektife (0.12) ait en yüksek ortalamaya sahip olarak birinci sırada yer alan kamu güvenliği ve Sağlık sorunları (0.31). Tüm kriterler ve

alt kriterle uzmanlar tarafından değerlendirilmesinin yanı sıra araştırmada değerlendirilen teknolojilerin ve bu teknolojilerin her bir kriter ve alt kritere yönelik önem sıralamaları bir sonraki başlıklarda değinilmiştir.

3.4.8 Alternatif Teknolojilerin İkili Karşılaştırılması

Alternatif teknolojilerin ikili karşılaştırması yapıldığında uzman görüşlerinde herhangi bir tutarsızlıkla karşılaşılmamış olup toplamda 7 uzman değerlendirmesi Tablo 24'te yer almaktadır.

Tablo 24: Alternatif Enerji Depolama Teknolojilerinin İkili Karşılaştırılması

Uzmanlar	**Volan**	**Sıvı Hava Enerji Depolama Teknolojileri**	**Termoelektrik Enerji Depolama**	**Yeraltı Pompaj Hidro**	**İzotermal Basınçlı Hava Enerji Depolama**	**Tutarsızlık Oranı**
Uzman 2	0.21	0.19	0.18	0.19	0.25	0.04
Uzman 4	0.25	0.15	0.28	0.17	0.15	0.04
Uzman 6	0.20	0.20	0.20	0.21	0.20	0
Uzman 7	0.23	0.22	0.19	0.17	0.19	0.02
Uzman 8	0.25	0.18	0.17	0.2	0.21	0.01
Uzman 10	0.21	0.2	0.22	0.17	0.21	0.05
Uzman 13	0.22	0.19	0.18	0.21	0.2	0.01
Ortalama	**0.22**	**0.19**	**0.2**	**0.19**	**0.2**	
Min.	0.2	0.15	0.17	0.17	0.15	
Max.	0.25	0.22	0.28	0.21	0.25	
Standart Sapma	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	
Anlaşmazlık Oranı						**0.022**

Tablo 24'te yer alan değerlendirmesi yapılan beş farklı gelişmekte olan enerji depolama teknolojilerinden en yüksek göreceli öneme sahip olan depolama teknolojisi volanlardır (0.22). İkinci önem derecesine sahip olan teknolojiler ise aynı ortalama değerine sahip olan sıvı hava enerji depolama teknolojileri (0.19) ve yeraltı pompaj hidro (0.19) teknolojileridir. Önem derecesi en düşük olanlar ise aynı ortalama derecelerine sahip termoelektrik enerji depolama (0.2) ve izotermal basınçlı hava enerji depolama (0.2) teknolojileridir.

Her bir alternatif teknolojinin alt kriterler bazında ayrı ayrı değerlendirilmesi neticesinde Tablo 25'de gösterilen ortalama değerlere göre önem dereceleri belirlenmiştir.

Tablo 25: Kriter ve Alt Kriterlerin Ortalama Değeri ve Önem Derececsi

Kriterler	Alt Kriterler	Kriterler Arası Ortalama Değerler	Alternatif Teknolojiler									
			Volanlar		Sıvı Hava Enerji Depolama Teknolojileri		Termoelektrik Enerji Depolama		Yeraltı Pompası Hidro		İzotermal Basınçlı Hav Enerji Depolama	
			Ortalama Değer	Önem Derecesi	Ortalama Değer	Önem Derecesi	Ortalama Değer	Önem Derecesi	Ortalama Değer	Önem Derecesi	Ortalama Değer	Önem Derece
Sosyal	**Sosyal Eşitlik**	0.19	0.27	2	0.18	2	0.23	1	0.16	1	0.16	2
	İstihdam/İş Yaratma	0.26	0.27	2	0.19	1	0.18	3	0.16	1	0.21	1
	Kamu Güvenliği ve Sağlık Sorunları	0.31	0.26	3	0.19	1	0.19	2	0.15	2	0.21	1
	Genel Kabul Edilirlik	0.24	0.36	1	0.17	3	0.17	4	0.16	1	0.15	3
	Teknolojilerin Sosyal Kriterler için Ortalama Değeri		0.29		0.18		0.19		0.16		0.18	
Teknik	**Enerji ve Güç Üretimi/Dep**	0.16	0.15	7	0.21	1	0.19	6	0.25	1	0.2	1

	olama Kapasitesi											
	Enerji Verimliliği	0.17	0.3	1	0.16	4	0.24	3	0.14	5	0.16	3
	Yaşam süresi	0.14	0.16	6	0.21	1	0.19	6	0.25	1	0.2	1
	Olgunluk	0.11	0.2	4	0.19	2	0.19	6	0.25	1	0.17	2
	Tepki Süresi	0.14	0.3	1	0.17	3	0.27	2	0.13	6	0.14	5
	Güç Yoğunluğu	0.11	0.28	2	0.16	4	0.2	5	0.2	3	0.15	4
	Enerji Yoğunluğu	0.11	0.22	3	0.17	3	0.23	4	0.22	2	0.16	3
	Güç İletim Oranı	0.08	0.18	5	0.17	3	0.3	1	0.19	4	0.17	2
	Teknolojilerin Teknik Kriterler için Ortalama Değeri		0.22		0.18		0.23		0.20		0.17	
Ekonomik	**Sermaye Maliyeti**	0.26	0.19	4	0.22	4	0.15	1	0.21	2	0.23	4
	Kullanım ve Bakım Maliyetleri	0.18	0.14	1	0.19	2	0.23	4	0.22	3	0.21	2
	Tekrarlayan Maliyet	0.13	0.17	3	0.17	1	0.28	5	0.21	2	0.18	1
	Atık Yönetimi Maliyeti	0.12	0.16	2	0.23	5	0.16	2	0.2	1	0.24	6
	Kullanım Ömrü/İmha Maliyeti	0.11	0.23	5	0.2	3	0.16	2	0.2	1	0.22	3
	Ar&Ge Harcamaları nın Maliyeti	0.19	0.19	4	0.2	3	0.18	3	0.2	1	0.23	5
	Teknolojilerin Ekonomik Kriterler için Ortalama Değeri		0.18		0.20		0.19		0.21		0.22	

Çevresel	**Sera Gazı Emisyonu/Hava Kirliliği**	0.22	0.2	1	0.22	5	0.17	1	0.19	3	0.22	3
	Döngüsel Ekonomi: Yeniden Kullanım/Geri Dönüşüm/ Bertaraf	0.19	0.21	2	0.21	4	0.19	2	0.18	2	0.2	2
	Yaban Hayatı Etkisi	0.17	0.23	3	0.18	3	0.19	2	0.18	2	0.22	3
	Arazi-Peyzaj Hasarı	0.16	0.24	4	0.16	2	0.17	1	0.25	4	0.18	1
	Su Kirliliği	0.26	0.23	3	0.2	4	0.21	3	0.14	1	0.23	4
	Teknolojilerin Çevresel Kriterler için Ortalama Değeri		0.22		0.19		0.18		0.19		0.21	
Politik	**Enerji Güvenliği**	0.38	0.21	3	0.16	3	0.2	3	0.26	1	0.16	4
	Yönetmelikler / Standartlar	0.23	0.24	2	0.17	2	0.23	1	0.16	2	0.2	2
	Devlet/Kamu Ar-Ge Çerçevesi	0.18	0.33	1	0.18	1	0.18	4	0.15	3	0.17	3
	Beyaz Sertifika/Enerji Tasarruf Sertifikası/Enerji Verimliliği Kredisi	0.21	0.24	2	0.17	2	0.21	2	0.16	2	0.22	1
	Teknolojilerin Politik Kriterler için Ortalama Değeri		0.25		0.17		0.20		0.18		0.19	

Teknolojiler kendi aralarında karşılaştırıldığında Tablo 25'de görülebileceği üzere bu teknolojilerin güçlü ve zayıf yanları şöyledir; teknolojiler her bir kritere ait alt

kriterler için sahip olduğu ortalamalar elde edildiğinde volan teknolojileri (0.29) her bir sosyal kriter için en yüksek ortalamaya sahiptir. Bu nedenle volan teknolojileri sosyal eşitlik, istihdam/ iş yaratma, kamu güvenliği ve sağlık sorunları ve genel kabul edilebilirlik açısından diğer alternatif teknolojilere göre üstün konumdadır. Önem sırasına göre diğer teknolojiler ise termoelektrik enerji depolama (0.19), sıvı hava (0.17) ve izotermal basınçlı hava (0.17) enerji depolama teknolojileri olarak sıralanarak, ortalama değerleri birbirine yakınlık göstermektedir. Sosyal kriterler arasında en yüksek ortalama değere sahip genel kabul edilebilirlik (0.31) alt kriteri volan (0.36) ve yeraltı pompaj hidro (0.16) teknolojileri için en yüksek öneme sahiptir. Sosyal kriterler arasında yer alan özellikler açısından gelişime en çok ihtiyaç duyan teknoloji ise yeraltı pompası hidro (0.16) depolama teknolojisidir. Çünkü bu alternatif diğer alternatifler arasında en düşük ortalamalara sahiptir. Kamu güvenliği/sağlık sorunları (0.28) ve istihdam iş yaratma (0.23) kriterleri ise sıvı hava enerji depolama (0.19) ve izotermal basınçlı hava enerji depolama teknolojileri (0.21) açısından ilk sırada yer alan etkiye sahiptir. Termoelektrik enerji depolama teknolojisi sosyal eşitlik (0.23) açısından en yüksek öneme sahipken genel kabul edilebilirlik (0.17) açısından ise sıralamada düşük öneme sahiptir.

Her bir alternatif teknoloji teknik kriter bazında sahip olduğu ortalamalar neticesinde sırasıyla termoelektrik enerji depolama (0.23), volanlar (0.22), yeraltı pompası hidro (0.20), sıvı hava (0.18) ve izotermal basınçlı hava (0.17) enerji depolama teknolojileri önem sırasına sahiptir. Alternatif teknolojilerin teknik kritere yönelik ortalamaları göz önünde bulundurulduğunda zayıf ve güçlü yönleri şöyledir: Yeraltı pompaj hidro teknolojisi enerji ve güç üretimi/depolama kapasitesi (0.25), yaşam süresi (0.25), olgunluk (0.25) açısından diğer depolama teknolojilerine kıyasla üstün özelliğe sahiptir. Enerji verimliliği (0.3), tepki süresi (0.3) ve güç yoğunluğu (0.28) volan teknolojilerinin güçlü yanını yansıtmaktadır. Termoelektrik enerji depolama teknolojileri ise enerji yoğunluğu (0.23) ve güç iletim oranı (0.30) açısından üstün teknolojiler arasında yer almaktadır. Bu teknolojilerin zayıf yönlerine bakıldığında ise volan teknolojileri enerji ve güç üretimi/depolama kapasitesi (0.16); Sıvı hava enerji depolama teknolojileri enerji verimliliği (0.16) ve güç yoğunluğu (0.16); Termoelektrik enerji

depolama enerji ve güç üretimi/depolama kapasitesi (0.19), yaşam süresi (0.19) ve olgunluk (0.19); Yeraltı pompası hidro tepki süresi (0.13); İzotermal basınçlı hava enerji depolama teknolojisinin ise tepki süresi (0.14) konularında geliştirilmesi gerekmektedir. Tüm bu bahsedilen özellikler her bir alternatif depolama teknolojisinin zayıf yanlarını göstermektedir.

Teknolojiler ekonomik perspektifte değerlendirildiğinde genel ortalama neticesinde volan teknolojileri (0.18) en düşük maliyete sahipken sırasıyla maliyetlerin yükseldiği depolama teknolojileri ise termoelektrik enerji depolama (0.19), sıvı hava enerji depolama teknolojileri (0.20), yeraltı pompası hidro (0.21) ve maliyetin en yüksek olduğu teknoloji ise izotermal basınçlı hava enerji depolama (0.22) teknolojisi olduğu uzman görüşleri neticesinde belirlenmiştir. Teknolojilerin ekonomik açıdan zayıf ve güçlü yanları değerlendirildiğinde ise; Termoelektrik enerji depolama teknolojileri için sermaye maliyeti (0.15) ve kullanım ömrü maliyeti (0.16) ve Ar&Ge harcamaları maliyeti (0.18) düşüktür. Ancak tekrarlayan maliyet (0.28) ve kullanım ve bakım maliyetleri diğer teknolojiler arasında da en yüksek maliyeti göstermektedir. Kullanım ve bakım maliyeti (0.14), tekrarlayan maliyet (0.17) ve atık yönetimi maliyeti (0.16) ise volan teknolojilerinde düşük maliyet unsurlarını göstermetedir. Diğer bir yandan sermaye maliyeti (0.23), atık yönetimi maliyeti (0.24) ve Ar&Ge harcamaları maliyeti (0.23) izotermal basınçlı hava enerji depolama teknolojileri için büyük maliyetler taşımaktadır.

Çevresel kriterler nezdinde ise sırasıyla volan teknolojileri (0.22), izotermal basınçlı hava enerji depolama (0.21), sıvı hava enerji depolama teknolojileri (0.19), yeraltı pompası hidro (0.19) ve termoelektrik enerji depolama (0.18) önem derecesine sahiptir. Alternatif depolama teknolojilerinin güçlü ve zayıf yönleri değerlendirildiğinde; yaban hayata etkisi (0.23) ve su kirliliği (0.23) açısından volan teknolojileri diğer teknolojilere kıyasla olumsuz etkiye sahipken döngüsel ekonomi: yeniden kullanım/geri dönüşüm/ bertaraf kriteri (0.21) açısından olumlu etkiye sahiptir. Sera gazı emisyonu/hava kirliliği etkisinde termoelektrik enerji depolama (0.17) önemli etkiye sahipken sıvı hava enerji depolama teknolojileri (0.22) izotermal basınçlı hava enerji depolama (0.22) olumsuz etki seviyesi daha yüksektir. Yaban hayatı etkisi ve arazi-

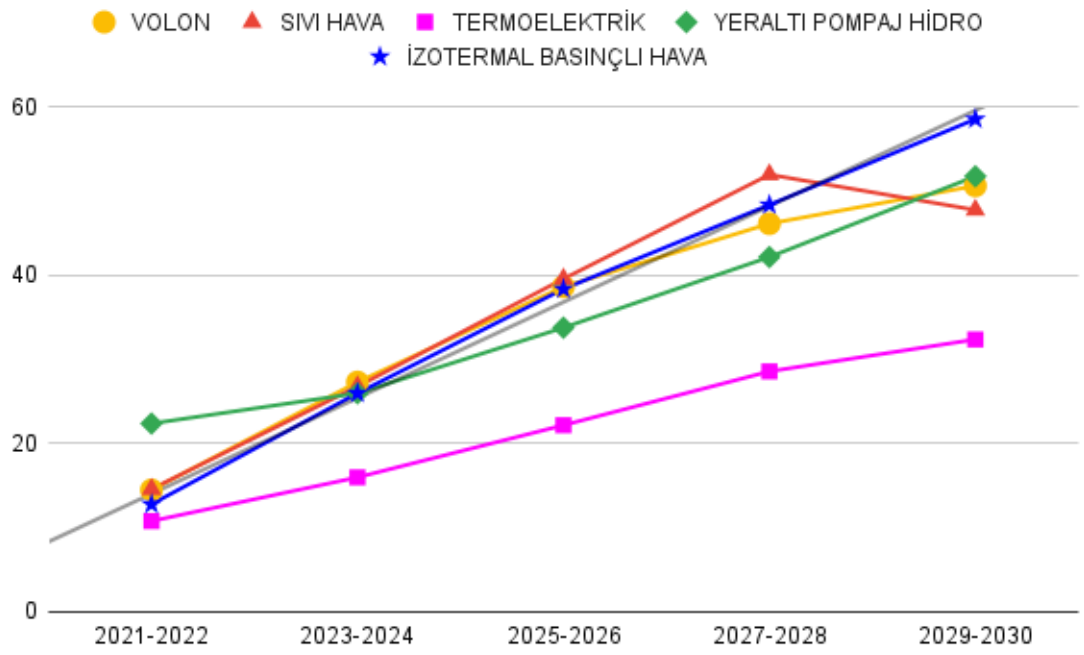
peyzaj hasarı konusunda olumsuz etkisi az olan depolama teknolojileri sıvı hava enerji depolama teknolojileri (0.18-0.16) ve termoelektrik enerji depolama (0.19 - 0.17) teknolojileridir. En az su kirliliği yaratan yeraltı pompası hidro (0.14) iken en çok kirlilik yaratanlar ise volan (0.23) ve izotermal basınçlı hava enerji depolama (0.23) teknolojileridir.

Teknolojiler politik perspektifte değerlendirilmesi neticesinde önem sırasına göre volan teknolojileri (0.25), termoelektrik enerji depolama (0.20), izotermal basınçlı hava enerji depolama (0.19), yeraltı pompası hidro (0.18) ve sıvı hava enerji depolama teknolojileri (0.17) yer almaktadır. Enerji güvenliği açısından yeraltı pompası hidro (0.26) yüksek güvenliğe sahipken sıvı hava enerji depolama teknolojileri (0.16) ve izotermal basınçlı hava enerji depolama (0.16) düşük enerji güvenliği özelliklerine sahiptir. Yönetmelik ve standartlar noktasın volan (0.24) teknolojileri önde gelen depolama teknolojileriyken Yeraltı Pompası Hidro (0.16) teknolojileri yönetmelik ve standartların düzenlenmesine ihtiyaç duymaktadır. Devlet/Kamu Ar&Ge kriteri çerçevesinde en yüksek destekler volan (0.33) teknolojilerine aktarılırken en düşük Ar&Ge destekleri ise yeraltı pompası hidro (0.15) teknolojilerine yapılmaktadır. Volan teknolojileri (0.24) beyaz sertifika/enerji tasarruf sertifikası/enerji verimliliği kredisi konusunda bir problem yaşamazken yeraltı pompası hidro (0.16) setifikalandırma konularında düzenlemelere ihtiyaç duymaktadır.

Hiyerarşik karar modeli analizi neticesinde uzman görüşleri doğrultusunda enerji depolama teknolojilerin zayıf ve güçlü yanları tanımlanmıştır. Bu tanımlamaların yanı sıra her bir teknolojinin yıl bazlı gelişim seyri bir sonraki adım olan teknoloji gelişim formülüzasyonu temelinde tanımlanmıştır.

3.4.9 Teknoloji Gelişim Seyri

Teknoloji gelişim zarfı adımında teknoloji istihbaratı sunulan her bir alternetif teknoloji için yıl bazlı tahmini gelişim seyri Şekil 20'de tanımlannmıştır.



Şekil 20: Enerji Depolama Teknolojilerinin Yıl Bazlı Gelişim Seyri

Şekil 20'de görülebileceği üzere alternatif tüm gelişmekte olan enerji depolama teknolojilerinin 2021 ve 2030 yılları aralığında teknolojik gelişim seyri uzmanlar tarafından belirlenmiştir. Toplamda yedi uzman görüşüne dayalı olarak volan, termoelektrik enerji depolama, izotermal basınçlı hava enerji depolama ve yeraltı pompası hidro teknolojileri artan oranlı teknolojik gelişim göstermektedir. Ancak, sıvı hava enerji depolama teknolojileri 2027 ve 2028 yılarından itibaren teknoloji seviyelerinde bir düşüş meydana geleceği uzmanlar tarafından nitelendirilmektedir. 2021 ve 2022 yılları aralığında yeraltı pompaj hidro enerji depolama teknolojileri teknoloji gelişimi açısından en yüksek değere sahipken 2023 yılından itibaren 2026 yılına kadar sıvı hava enerji depolama teknolojileri diğer alternatif teknolojilere nazaran teknolojik gelişim açısından yüksek değere sahiptir. 2027 yılından itibaren ise büyük bir farkla izotermal enerji depolama teknolojilerinin en yüksek değere sahip olacağı uzmanlar tarafından belirlenmiştir. Sonuç olarak tüm alternatif teknolojiler için teknoloji gelişim zarfı yıl bazlı olarak uzmanlar tarafından tanımlanmıştır. Böylece, altenatif teknolojiler arasından hangilerinin gelişim göstereceği ya da durağan seyre geçeceği

tanımlanabilmektedir. Böylece karar vericiler yatırımlarını yaparken hangi teknolojilerin teknik anlamda daha değerli olduğunu göz önünde bulundurarak yapabilmektedirler.

Gelişmekte olan enerji depolama teknolojilerinin yıl bazlı gelişim seyrinin tanımlanmasının yanı sıra bu teknolojilerin daha çok rekabet üstünlüğü sağlayabilmesi adına her bir depolama teknolojisi için ayrı ayrı patent analizi yapılmıştır. Patent analizi neticesinde mevcut depolama teknolojisine yönelik teknoloji istihbaratı çıktılarını daha da derinleştirmek amacıyla alan uzmanları, öncü kuruluşlar, öncü ülkeler ve IPC kodları belirlenerek sonuçları bir sonraki başlıkta sunulmuştur.

3.5 Beşinci Adım: Teknik Bilgilerin Tanımlanması - Patent Analizi

Teknoloji istihbaratı araçlarından biri olan patent analizi, hiyerarşik karar modeli sayesinde her bir alternatif teknolojinin çoklu perspektifte değerlendirilmesinden sonra karar vericilerin Ar&Ge yatırımı için karar verdiği teknolojiye yönelik daha ayrıntılı teknoloji istihbaratı sunmaktadır. Bu istihbarat alanın önde gelen uzmanları, öncü kuruluşlar, öncü ülkeler ve uluslararası patent kodlarından (IPC) oluşmaktadır. Aşağıda alternatif her bir depolama teknolojisi için elde edilen patent verilerinin analiz sonuçları yer almaktadır.

3.5.1 Anahtar Kelime Tanımlama

Çalışmanın ilk etapında, patent veri tabanı olan Derwent Innovation Index (DII) veri tabanı kullanılmıştır. DII veri tabanı açık erişimli bir patent veri tabanı olmamasına rağmen araştırmacı veri tabanı yöneticileriyle iletişime geçerek erişim sağlayabilmiştir. DII seçilmesindeki sebep ise verilerin Web of Science veri tabanından CSV ve sekme ile ayrılmış (tab delimeted) formatı ile indirilebiliyor olmasıdır. Bu tür veri dosyaları patent verilerinin diğer adımlarda değinelecek tüm analizlere uyarlanabilirliğinin kolaylaştırmaktadır. Tablo 26'da her bir teknolojiye özgü anahtar kelimeler ve erişilen patent sayıları yer almaktadır. Veri tabanında anahtar kelimeler teknolojilerin doğrudan isimleri belirtilerek aratıldığında Tablo 26'da belirtildiği gibi çok kısıtlı miktarda ya da konu bütünlüğünden farklı alanları da ele alan patent verilerine ulaşılmıştır. Mavi renkle

gösterilen kısımlar patent analizi için kullanılan anahtar kelimeleri ve veri sayılarını göstermektedir.

Tablo 26: Taratılan Anahtar Kelimeler

Teknolojiler	**Anahtar Kelimeler**	
Volanlar (Flywheels)	Tarama 1	**"advanced flywheel*"** (Topic): 3
	Tarama 2	"flywheels" (Topic): 2713
	Tarama 3	**"flywheels"** (Topic) and **"energy storage*"** (Topic):152
	Tarama 4	**"flywheels"** (Topic) and **"energy storage*"** (Topic) not **vehicle** (Topic) not **wearable** (Topic): 108
	Tarama 5	**"flywheels"** (Topic) and **"energy storage*"** (Topic) not **vehicle** (Topic) not **wearable** (Topic) and **Automation Control Systems** or **Telecommunications** or **Transportation** or **Energy Fuels** or **Polymer Science** (Exclude – Subject Areas): 30
Sıvı Hava Enerji Depolama Teknolojileri (Liquid Air Energy Storage Technologies)	Tarama 1	**"Liquid Air*" (Topic):2826**
	Tarama 2	**"Liquid Air Energy Storage*" (Topic):80**
	Tarama 3	**"Liquid Air Energy*" (Topic):94**
	Tarama 4	**"Energy Storage*" (Topic) and "Liquid Air*" (Topic): 166**
Termoelektrik Enerji Depolama (Thermoelectric Energy Storage)	Tarama 1	**"Thermoelectric Energy Storage*"** (Topic): 22
	Tarama 2	**Thermoelectric** (Topic) and **"Energy Storage*"** (Topic): 603
	Tarama 3	**"energy storage*"** (Topic) and **thermoelectric** (Topic) not **wearable** (Topic) not **vehicle** (Topic) not **battery** (Topic): 379
	Tarama 4	**"energy storage*"** (Topic) and **thermoelectric** (Topic) not **wearable** (Topic) not **vehicle** (Topic) not **battery** (Topic) and **Water Resources** or **Mining Mineral Processing** or **Biotechnology Applied Microbiology** or **Pharmacology Pharmacy** or **Metallurgy Metallurgical Engineering** or **Food Science Technology** or **Optics** or **Agriculture** or **Nuclear Science Technology** or **Construction Building Technology** or **Imaging Science Photographic Technology** or **General Internal Medicine** or **Automation Control Systems** or **Polymer Science** or **Telecommunications** or **Transportation** (Exclude – Subject

		Areas): 289
Yeraltı Pompaj Hidro (Undergrou nd Pumped Hydro)	Tarama 1	**"underground pumped hydro"** (Topic):1
	Tarama 2	**"underground pumped hydro*"** (Topic) and **"energy storage*"** (Topic):1
	Tarama 3	**underground** (Topic) or **"pumped hydro*"** (Topic) and **"energy storage*"** (Topic):185,291
	Tarama 4	**"pumped hydro*"** (Topic) and **"energy storage*"** (Topic):36
İzotermal Basınçlı Hava Enerji Depolama (Isothermal Compressed Air Energy Storage (I-Caes))	Tarama 1	**"isothermal compressed air*"** (Topic):14
	Tarama 2	**isothermal** (Topic) and **"compressed air*"** (Topic) and **"energy storage*"** (Topic):32
	Tarama 3	**isothermal** (Topic) and **"energy storage*"** (Topic):75
	Tarama 4	**isothermal** (Topic) and **"compressed air*"** (Topic):124

Araştırmada değerlendirilen depolama teknolojileri, patent literatüründe elektrik enerjisi depolamalarının yanı sıra elektrikli araç ve giyilebilir teknolojiler çalışmalarında da yer almaktadır. Bu sebeple veri tabanları taratıldığında elde edilen veriler içerinde sadece elektrik enerjisine yönelik depolama teknoloji çalışmalarının yer almadığı farkedilmiştir. Taratılan anahtar kelimeleri arasında “vehicle” ve “wearable” kelimeleri aramadan çıkarılarak aramanın kapsamı daha da daraltılmıştır. Bu adımdan sonra hala daha veriler arasında elektrikli araçlara ve giyilebilir teknolojilere yönelik çalışmaların yer aldığı farkedilince DII veri tabanında yer alan konu alanları (subject areas) kısmından otomasyon kontrol sistemleri (automation control systems), telekomünikasyon (telecommunications), taşımacılık (transportation), fosil yakıt enerjisi (energy fuels), tarım (agriculture), gıda mühendisliği teknolojileri (food science technologies), polimer bilimi (polymer science) gibi ilgi dışı alanlar tarama kapsamından çıkartılmıştır.

3.5.2 Uluslarası Patent Sınıflandırma Kodları (IPC)

1971 Strasbourg Anlaşması ile kurulan Uluslararası Patent Sınıflandırması (International Patent Classification - IPC), patentlerin ve faydalı modellerin ilgili oldukları farklı teknoloji alanlarına göre sınıflandırılması için bağımsız sembollerden oluşan hiyerarşik bir sistemden oluşmaktadır. Uluslararası Patent Sınıflandırmasına yönelik yeni güncellemeler yılda bir kez ve 1 Ocak'ta yayınlanmaktadır[19]. Patent sınıflandırması, veri tabanlarında taratılan patent aramasının belirli bir teknik alanla sınırlandırılmasına yardımcı olur. Uluslararası patent sınıflandırması (IPC) kodları Dünya Fikri Mülkiyet Örgütü (World Intellectual Property Organization – WIPO)[20] web sayfasında yer almaktadır.

IPC kodları hiyerarşik bir düzen içerisinde yer almaktadır. Bu hiyerarşik düzen *bölümlere, sınıflara, alt sınıflara, ana gruplara ve alt gruplara* ayrılan bir sistemdir. Bu hiyerarşik düzen örneğin H 01 M 4/13 şeklinde gösterilir. Her bir rakamın ve harfin anlamı sınıflandırma farklılıklarını göstermektedir.

En üst seviyede A ile H arasında sekiz bölüm yer almaktadır. Her bölümün içerdiği alana özgü kapsamlı bilgiler sağlamaktadır.

- A İnsan ihtiyaçları (Human necessities),
- B Operasyonları Gerçekleştirme; Taşıma (Performing Operations; Transporting),
- C Kimya; Metalurji (Chemistry; Metallurgy),
- D Tekstil; Kâğıt (Textiles; Paper),
- E Sabit Yapılar (Fixed Constructions),
- F Makine Mühendisliği; Aydınlatma; Isıtma; Silahlar; Patlatma (Mechanical Engineering; Lighting; Heating; Weapons; Blasting),
- G Fizik (Physics),
- H Elektrik (Electricity),

---

[19] https://www.wipo.int/classifications/ipc/en/

[20] https://www.wipo.int/classifications/ipc/ipcpub/?notion=scheme&version=20210101&symbol=none&menulang=en&lang=en&viewmode=f&fipcpc=no&showdeleted=yes&indexes=no&headings=yes&notes=yes&direction=o2n&initial=A&cwid=none&tree=no&searchmode=smart

İlk hiyerarşik düzeyde A ile H arasında yer alan bölümlerden sonra, ikinci hiyerarşik düzeyde, her bir bölüm sınıflara bölünmektedir. Üçüncü hiyerarşik düzeyde ise her sınıf bir veya birkaç alt sınıf içermektedir. Her alt sınıf ana gruplar ya da alt gruplar olmak üzere tekrar gruplara ayrılmaktadır[21]. Analizi yapılan patent verileri tüm bu hiyerarşik düzene göre sonraki bölümlerde tablolar halinde belirtilmiştir.

3.5.3 Patent Analizi Bulguları

Patent Analizi, araştırmada incelenen tüm enerji depolama teknolojileri için ayrı ayrı analiz edilerek bulgular ayrı başlıklar halinde aşağıda ayrıntılarıyla belirtilmiştir. Analiz sonuçlarını elde edebilmek için R programlama dili, VOSviewer, CiteSpace yazılımları ve Excel kullanılmıştır. Veriler, 2021 Kasım ayında Derwent Innovation Index (DII) veri tabanından elde edilmiştir.

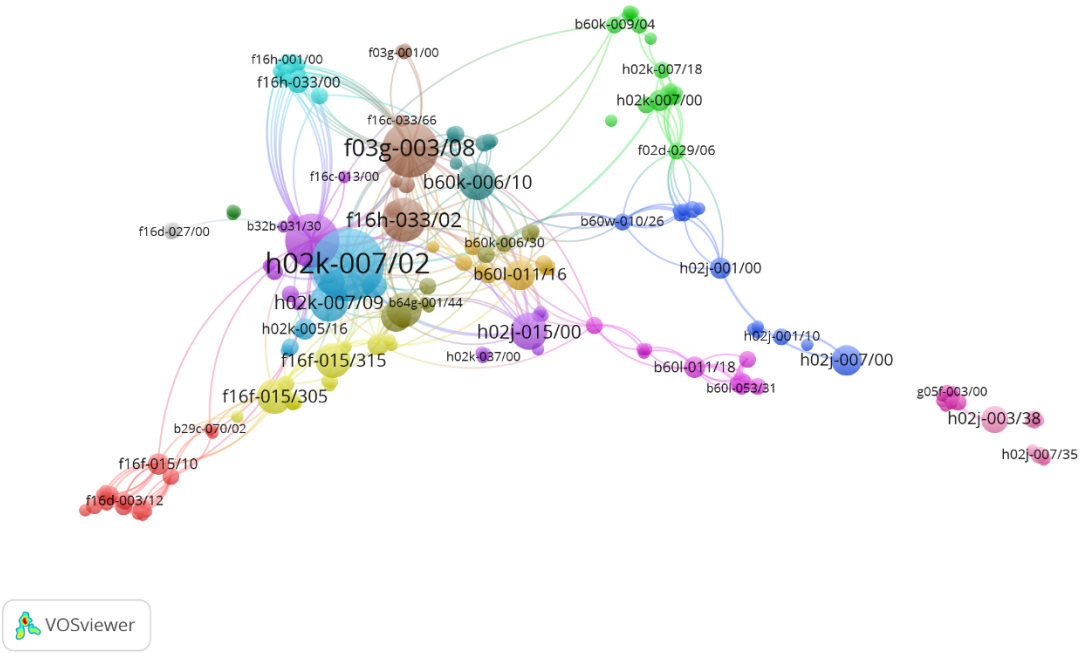
3.5.3.1 Volanlar

3.5.3.1.1 Uluslararası Patent Sınıflandırma (IPC) Kodları

DII veri tabanında anahtar kelimeler Tablo 26'da da belirtildiği üzere *"flywheels" (Topic)* şeklinde taratılmıştır. Veri temizlemesi sonucu 152 patent verisine ulaşılmıştır. Veri setine bağlı olarak yapılan patent analizi sonucunda uluslararası patent sınıflandırma kodları (IPC) kodları, volan teknolojilerine yönelik üretim yapan en belirgin organizasyonlar ve sosyal ağ analizi yöntemi ile alan uzmanları belirlenmiştir. Volan teknolojileri için yaygın kullanılan uluslarası patent sınıflandırma kodları (IPC) ve tanımlanan kodlara yönelik tüm açıklamalar aşağıdaki tabloda yer almaktadır. R, VosViewer ve excel yazılımları kullanılarak IP kodlarına yönelik aşağıdaki eş ortaya çıkma analizi elde edilmiştir.

---

[21] https://www.dpma.de/english/search/classifications/patents_and_utility_models/ipc/index.html#:~:text=The%20IPC%20is%20a%20hierarchical,in%20descending%20order%20of%20hierarchy (Erişim tarihi: 05.10.2021).



Şekil 21: Volan Teknolojileri IPC Kodları

Şekil 21'de yer alan IP kodlarınını arasındalık derecesine ve sınıf kodlarına göre açıklamaları Tablo 27'de mevcuttur.

Tablo 27: Volan Teknolojileri IPC Kod Tanımları

Bölüm		Sınıf		Alt Sınıf		Grup		Alt Grup		
S	**B**	**S**	**B**	**S**	**B**	**S**	**B**	**S**	**B**	**Arasındalık Değeri**
H	Elektrik	**H02**	Elektrik Gücü Üretimi, Dönüşümü veya Dağıtımı	**H02K**	Dinamo-Elektrik Makineleri (dinamo-elektrik röleleri; Direkt akım veya alternatif akım giriş gücünün aşırı gerilim çıkış gücüne dönüştürülmesi	**H02K-007**	Dinamo-Elektrikli makinelerle yapısal olarak bağlantılı mekanik enerjiyi işlemek için düzenlemeler, örn. mekanik tahrik motorları veya yardımcı dinamo-elektrik makineleri ile yapısal ilişki	**H02K-007/02**	Durağanlığı artırmak için ek kütle, örn. volanlar	**67,37950**
F	Makine Mühendisliği; Aydınlatma; Isıtma; Silahlar; Patlama	**F03**	Sıvılar İçin Makine veya Motorlar; Rüzgâr, Yay veya Ağırlık Motorları; Başka Bir Şekilde Sağlanmayan, Mekanik Güç Veya Reaktif İtici Üretme	**F03G**	Yay, Ağırlık, Atalet veya Gibi Motorlar; Başka Bir Şekilde Sağlanmayan veya	**F03G-003**	Diğer motorlar, örn. yerçekimi veya atalet (durağan)	**F03G-003/08**	Volan kullanmak	**48,33333**

					Başka Şekilde Enerji Kaynaklarını Kullanmayan Mekanik Güç Üreten Cihazlar veya Mekanizmalar		motorları			
		F16	Mühendislik Elemanları veya Birimleri; Makine veya Tesisatların Üretimi Ve Etkin İşlevlerini Sağlamak İçin Genel Önlemler; Genel Olarak Isı Yalıtım	**F16H**	Dişliler	**F16H-033**	Tekrarlanan enerji birikimine ve dağıtımına dayalı dişliler	**F16H-033/02**	Mekanik akümülatörlü döner şanzımanlar, örn. ağırlıklar, yaylar, aralıklı bağlı volanlar	**15,14815**
B	Taşıma	**B60**	Genel anlamda araçlar	**B60K**	Araçlardaki Tahrik Ünitelerinin veya Şanzımanların Düzenlenmesi veya Montajı; Araçlar İçin Cihazlar Veya Ön Paneller; Araçlardaki Tahrik Ünitelerini	**B60K-006**	Karşılıklı veya ortak tahrik için çok çeşitli ana taşıyıcıların düzenlenmesi veya montajı, örn. elektri	**B60K-006/10**	Volan gibi şarj edilebilir mekanik akümülatörler	**41**

					n Soğutma		k motorları ve içten yanmalı motorlardan oluşan hibrit tahrik sistemleri			
				B60L	Elekrikli araçlar için tahrik ünitelerinin düzenlenmesi veya montajı; Elektrodinamik fren sistemleri; Elektrik gücü tahriki	**B60L-01**	Elektrikle çalışan araçların yardımcı ekipmanlarına elektrik gücü sağlanması	**B60L-01/16**	Güç kaynağı hattı tarafından beslenen	**15**

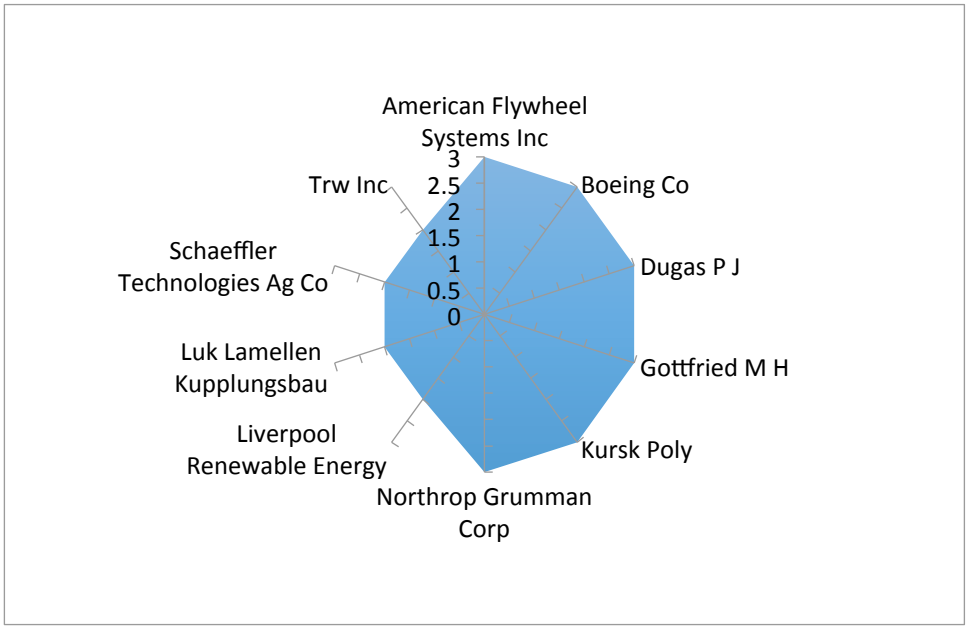
Not: S: Sembol; B: Başlık

Volan teknolojiler hem elektrikli araçlar için enerji depolanmasında hem de yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriklerin depolanmasında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Tablo 27'de görülebileceği üzere yaygın olarak kullanılan IP bölümleri H, F ve B'dir. Elde edilen sonuçlar arasında en yüksek arasındalık değerine sahip olan IP kodu H02K-007/02 (67,37950)'dir. H02K-007/02 elektrikli makinelerdeki durağanlığı artırmak için kullanılan volan araştırmalarını kapsamaktadır. F bölümüne ait ve mekanik güç üreten cihazlar ve mekanizmalar için volan kullanımını içeren IP kodu ise F03G-003/08 (48,33333)'dir. Aynı bölüm koduna sahip F16H-033/02 (15,14815) ise mekanik akümülatörler ve döner şanzımanlar gibi dişliler için volan kullanımına yönelik patentleri içerir. Volan teknolojilerine ait toplamda direk ilişkili olduğu düşünülen 152 veri seti analizi sonucunda IP kodlarına yönelik H ve F bölümlerinin yanı sıra B bölümüne ait patentler de karşımıza çıkmaktadır. B bölümünde yer alan patentler

araçlara yönelik patentleri kapsamaktadır. 41 arasındalık değerine sahip olan B60K-006/10 IP kodu, elektrikli araçlar için üretilen şarj edilebilir volan gibi mekanik akümülatörleri kapsamaktadır. Son olarak yine aynı alt sınıfta yer alan B60L-01/16 (15) IP kodu, Elektrikle çalışan araçların yardımcı ekipmanlarına güç kaynağı hattı tarafından beslenen elektrik gücü sağlanması çalışmalarını içermektedir[22].

3.5.3.1.2 Lider Organizasyonlar

Yapılan patent analizleri sonucunda volan teknolojilerine yönelik faaliyet gösteren şirketlerin sahip oldukları patent sayıları Şekil 22'de gösterilmektedir.



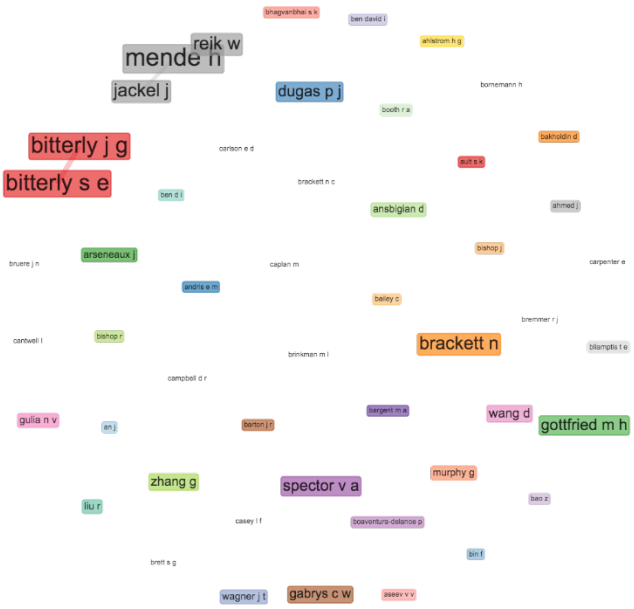
Şekil 22: Volan Organizasyonların Patent Sayıları

[22]https://www.wipo.int/classifications/ipc/ipcpub/?notion=scheme&version=20210101&symbol=B&menulang=en&lang=en&viewmode=f&fipcpc=no&showdeleted=yes&indexes=no&headings=yes&notes=yes&direction=o2n&initial=A&cwid=none&tree=no&searchmode=smart

Volan teknolojilerine yönelik alanın en önde gelen organizasyonları Şekil 22'de incelendiğinde American Flywheel System (USA), Boing (USA), Patrick J. Dugas (USA), Gottfried Wilhelm Leibniz, The Leibniz University Hannover (Germany), Kursk Poly ve Northrop Grumman Şirketleri bu alana yönelik üç patente sahipken; Liverpool Renewable Energy, Luk Lamellen Kupplungsbau Gmbh, Schaefferler Technologies ve Trw şirketleri volan teknolojilerine yönelik iki patantleri mevcuttur. Organizasyonların temlik eden patentleri ise bir sonraki başlıktaki tabloda içerikleriyle ele alınmıştır.

3.5.3.1.3 Sosyal Ağ Analizi

R programlama dili ve Excel kullanılarak, volan teknolojilerine yönelik sosyal ağ analizi sonuçları Şekil 23'de ki gibi elde edilmiştir.



Şekil 23: Volan Patent Verisi Soyal Ağ Analizi

Şekil 23'deki sosyal ağ analizi sonuçlarında şekilde farkedilebileceği üzere kümeler arası bağlantı olmadığı için arasındalık derecesi yerine bitişiklik derecesi kullanılarak mucitler iş birliği potansiyeline göre aşağıdaki tabloda da belirtilmiştir. Şekilden Mende H., Jackel J., ve Rejk W'ın üzerinde çalıştıkları ortak patent

çalışmalarının olduğunu görebilmekteyiz. Aynı şekilde Bitterly J. G. ve Bitterly S.E.'in ortak patentlerinin olduğu yorumlanabilir. Her ne kadar patentleri kişiler icat etse de bazı şirket kurallarında patenti devralan diğer bir adıyla temlik eden şirketler olmaktadır. Çoğu zaman patenler patent siciline kayıt ile üçüncü kişilere devredilebilmektedir[23]. Bu nedenle Tablo 28'de aynı zamanda patenti temlik eden şirketler de yer almaktadır.

Tablo 28: Volan Patent Verisi Sosyal Ağ Analizi Sonuçları

İcat Eden Kişiler	**Yakınlık Değeri**	**Ortak İcatçılar**	**Patent Bilgileri**		
MENDE H. JAECKEL J. REIK W	**0,00042517** **0,00042499** **0,00042499**	JAECKEL J; MENDE H; REIK W; SEEBACHER R; JACKEL J	**P1**	**Patent Adı**	Automotive torque transmission has first flywheel separated from second by torsion dampener with peripheral energy storage components
				Patent No	DE10224874-A1; FR2826079-A1; JP2003004101-A; FR2826079-B1; JP4797176-B2; DE10224874-B4
				Temlik Eden/Devir Alan	LUK LAMELLEN & KUPPLUNGSBAU BETEILIGUNGS (LAMG-C); LUK LAMELLEN & KUPPLUNGSBAU BETEILIGUNGS (LAMG-C); LUK LAMELLEN & KUPPLUNGSBAU GMBH (LAMG-C); SCHAEFFLER TECHNOLOGIES GMBH&CO KG (ISCH-C); SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG & CO KG (ISCH-C)
				Derwent Sınıflandırma Kodu	Q63
		MENDE	**P2**		Torsional vibration damper i.e. cam damper,

[23] http://www.rmark.com.tr/patent-devri.html

		H; REIK W		**Patent Adı**	for use in internal combustion engine of motor vehicle, has energy storage staying in effective connection with surface of disk, where effect of storage is controlled during operation of damper
				Patent No	DE102012220957-A1
				Temlik Eden/Devr Alan	SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG&CO KG (ISCH-C) 2013K48776
				Derwent Sınıflandırma Kodu	Q17; Q51
		JACKEL J; MENDE H	**P3**	**Patent Adı**	Torsional vibration damper, for a power train of a motor vehicle, has helical spring energy storage elements arranged in a circular configuration in the damper, and plastically deformed metal enlargements stamped out of abutment surfaces
				Patent No	GB2352280-A; GB2352280-B
				Temlik Eden/Devir Alan	LUK LAMELLEN & KUPPLUNGSBAU GMBH (LAMG-C)
				Derwent Sınıflandırma Kodu	Q63
BITTER LY J.G.	**0,00041649**	BITTER LY S E; BITTER LY J G	**P1**	**Patent Adı**	Flywheel based energy storage appts. - has hub of strong lightweight material and magnetic bearing sleeve opposite shaft bearing with hub having liq. contg. channel to provide self-restoring bearing system
				Patent No	US5268608-A

BITTERLY S.E.	**0,00041649**			**Temlik Eden/Devir Alan**	AMERICAN FLYWHEEL SYSTEMS INC (AMFL-Non-standard)
				Derwent Sınıflandırma Kodu	X11; X12
		BITTERLY S E; BITTERLY J G	**P2**	**Patent Adı**	Method of making an anisotropic energy-storage flywheel - uses compressed tubes to couple a fibre composite rim to a lightweight hub.
				Patent No	US5729903-A
				Temlik Eden/Devir Alan	AMERICAN FLYWHEEL SYSTEMS INC (AMFL-Non-standard)
				Derwent Sınıflandırma Kodu	A85; P52; X12; X16
DUGAS P.J.	**0,00040816**	DUGAS P J	**P1**	**Patent Adı**	Portable multi-stack flywheel energy storage assembly for storing energy from e.g. electrical grid, in power generation facility, has clutch assemblies designed to engage at predetermined speed to provide sequential startup of flywheels
				Patent No	US2014103760-A1
				Temlik Eden/Devir Alan	DUGAS P J (DUGA-Individual)
				Derwent Sınıflandırma Kodu	X15
		DUGAS P J	**P2**	**Patent Adı**	Portable multi-stack flywheel energy storage assembly for storing energy from electrical grid or other energy sources, e.g. wind turbines and photovoltaic solar power has motor generator, a solid shaft or a notched shaft, keyed shafts
				Patent No	US2011175370-A1
				Temlik Eden/Devir	DUGAS P J (DUGA-Individual)

				Alan	
				Derwent Sınıflandırma Kodu	Q54; X15
		DUGAS P J	**P3**	**Patent Adı**	Flywheel energy storage assembly for storing energy from electrical power generating plants, has drive shaft extending from second end of motor/generator and flywheels mounted below motor/generator coupled to drive shaft
				Patent No	US2015381012-A1; US2018138779-A9; US10103600-B2
				Temlik Eden/Devir Alan	DUGAS P J (DUGA-Individual)
				Derwent Sınıflandırma Kodu	X11; X15

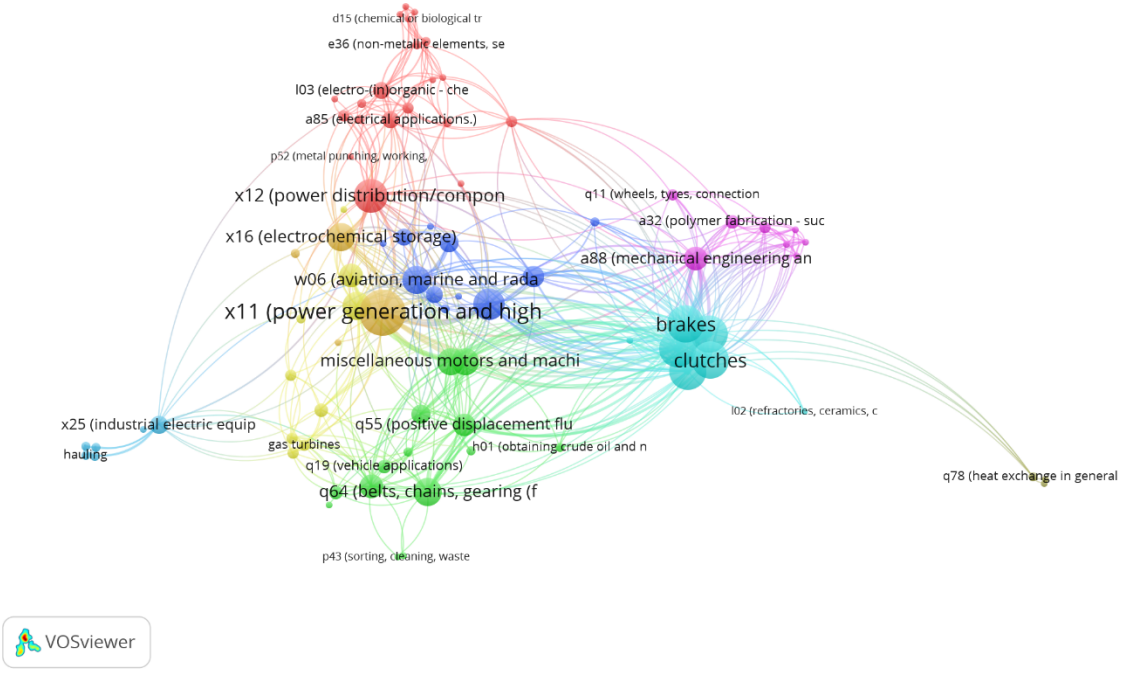
Tablo 28'de görülebileceği gibi Mende H. (0,00042517), Jackel J. (0,00042499), ve Rejk W. (0,00042499) ortak patent çalışmasında yer almış olup bu çalışmalar genellikle otomotiv volanlarına yönelik enerji depolama bileşenleri ve motorlu taşıtların güç aktarım sistemleri gibi içeriklerde olduğu görülmektedir. Bu patentlere temlik eden organizasyonlar ise Luk Lamellen & Kupplungsbau Beteiligungs ve Schaeffler Technologies Ag & Co Kg'dir. Bitterly J. G. (0,00041649) ve Bitterly S.E. (0,00041649)'nin çalışmaları incelendiğinde volan tabanlı enerji depolama uygulamalarına ve anizotropik enerji depolama volanı yapma yöntemlerine yönelik patentler geliştirmiş olup, her iki patentin sahibi American Flywheel Systems Inc. olduğu görülmektedir. Son olarak ise Dugas P. J. (0,00040816), elektrik şebekesinden veya diğer enerji kaynaklarından gelen enerjiyi depolamak için taşınabilir çok yığınlı volan enerji depolama mekanizmalarına yönelik patentler icat etmiştir. Patentlerin sahibi ise kendisidir. Sonuç olarak, farklı kümelerdeki mucitler arasında bir iş birliği olmayıp her bir grup birbirinden tamamen farklı alanlara yönelik araştırmalar yapmaktadır. En

yüksek yakınlık oranlarına sahip ilk üç mucit elektrikli araçlara yönelik volan depolama teknolojilerini araştırırken ikinci ve üçüncü grupta olan mucitler elektrik enerjisine yönelik depolama teknolojilerine yönelik araştırmalar yürütmektedirler.

3.5.3.1.4 Derwent Patent Sınıfladırma Kodları için Eş Oluşum Analizi

Derwent Innovation Index (DII), tüm teknolojiler için A ile X aralığında 20 geniş konu bölümüne ve ayrıca sınıflara ayrılan basit bir sınıflandırma sistemi kullanarak patent belgelerini sınıflandırır. A ile M aralığındaki bölümler Kimya bölümlerini; P ile Q aralığı mühendislik bölümlerini; S ile X aralığı ise elektrik ve elektronik bölümlerini kapsamaktadır. Harflerden oluşan her sınıf akabinde iki rakam alarak sınıflandırılır. Örneğin, X22, Elektrikli otomotiv patentleri için sınıf tanımıdır. Bu sınıflandırma, belirli bir teknoloji alanındaki patentlere yönelik etkili ve hassas arama yapılmasını sağlar.

Şekil 24'de volan teknolojilerine ait DII veri tabanından elde edilen patent verisine ait en çok kullanılan patent sınıflandırma kodları yer almaktadır.



Şekil 24: Volan Teknolojileri Derwent Patent Sınıflandırma Kodları

DII patent kodlarına yönelik yapılan eş ortaya çıkma analizi sonucu, Şekil 24'de farklı renk kümelerindende anlaşılabileceği üzere 9 küme mevcuttur. Kümeler arasında yani DII sınıf kodları arasında etkileşim söz konusu olduğu için Tablo 29'de burada kodlar arasındalık değerine göre sıralanmıştır.

Tablo 29: Volan Teknolojileri Derwent Patent Sınıflandırma Kod Tanımları

DII Sınıflandırma Kodları	Arasındalık Değeri	Küme Bağlantısı	Açıklama
x12	**312,84246**	2	Güç dağıtımı, bileşenler, dönüştürücüler. Güç Üretimi ve Yüksek Güçlü Makineler (Konvansiyonel güç üreten ana taşıyıcılar. Dinamo-elektrikli makineler. MHD jeneratörleri.
x11	**247,51658**	2	Güç üretimi ve yüksek güçlü makineler
q13	**195,57963**	3	Güç aktarma organları, zincir seti, şanzıman sistemleri
x25	**148**	10	Endüstriyel elektrikli ekipman
a88	**79,39362**	1	Makine mühendisliği ve araçları ör. valfler, dişliler ve konveyör bantları.
l03	**78**	9	Elektro-(in)organik - iletkenlerin, dirençlerin, mıknatısların kimyasal özellikleri

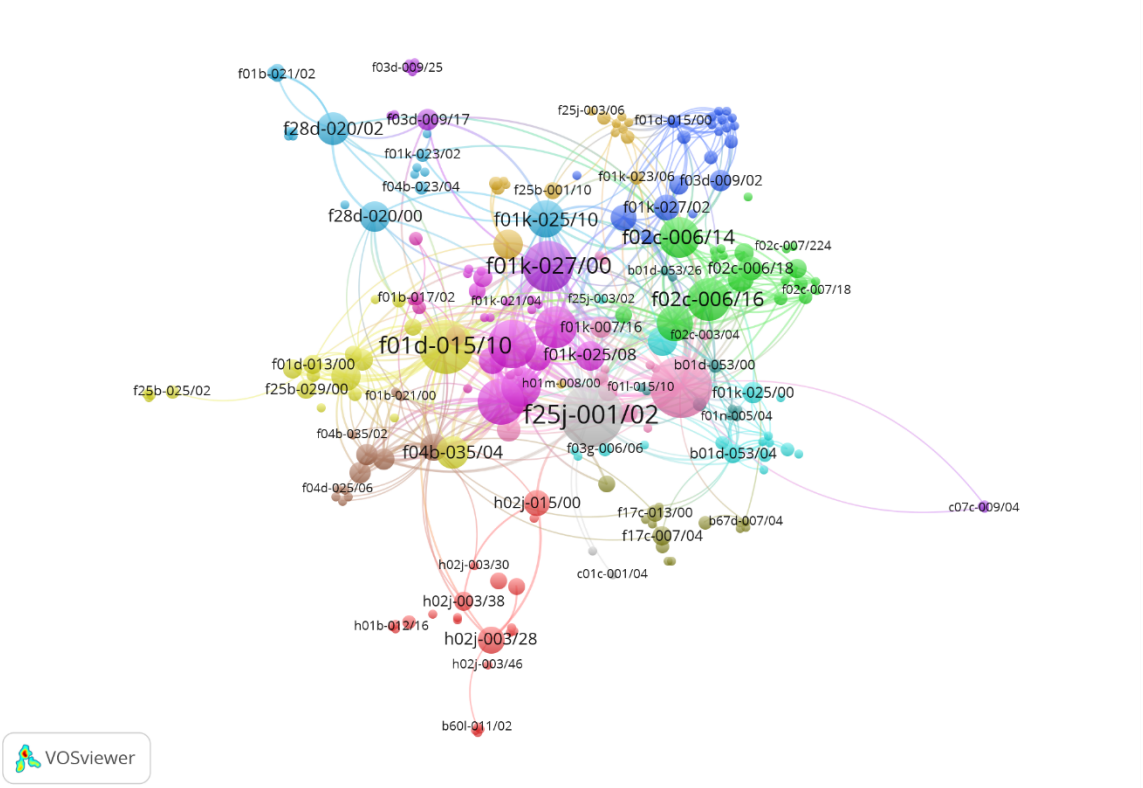
Volan depolama teknolojileri için Tablo 29'de görüldüğü üzere X, Q, A ve L gibi birbirinden farklı DII sınıf kodları mevcuttur. X12 (312,84246) sınıflandırma kodu, güç dağıtımı, dönüştürücüler, güç üretimi ve konvansiyonel güç üreten ana taşıyıcılara yönelik yüksek güçlü makineler, dinamo-elektrikli makineler ve mhd jeneratörler çalışmalarını içeren araştırmalar sınıflandırmasıdır. X11 (247,51658) güç üretimi için yüksek güçlü makineler iken X25 (148) endüstriyel elektrikli ekipman çalışmalarını sınıflandırmaktadır. Diğer yandan Q13 (195,57963) güç aktarma organları, zincir seti, şanzıman sistemleri yönelik kontrolleri içermektedir. A88 (79,39362) ise valfler, dişliler ve konveyör bant araçlarını içermektedir. Özetle, volan teknolojileri DII patent sınıflandırma kodlarında çeşitlilik göstermektedir.

3.5.3.2 Sıvı Hava Enerji Depolama Teknolojileri

3.5.3.2.1 Uluslararası Patent Sınıflandırma (IPC) Kodları

DII veri tabanında şu anahtar kelimeler: *"energy storage*" (Topic) and "liquid air*" (Topic)* taratılarak 166 patente ulaşılmıştır. Veri setine bağlı olarak yapılan patent analizi sonucunda uluslararası patent sınıflandırma kodları (IPC), sıvı hava enerji depolama teknolojilerine yönelik araştırma yapan organizasyonlar ve alan uzmanları belirlenmiştir.

Sıvı hava enerji depolama teknolojileri için yaygın kullanılan uluslarası patent sınıflandırma kodları (IPC) R, VosViewer ve excel yazılımları kullanılarak Şekil 25'de görülebileceği üzere eş oluşum analizi ile elde edilmiştir.



Şekil 25: Sıvı Hava Enerji Depolama Teknolojileri IPC Kodları

Şekil 25'de10'dan fazla farklı küme patent sınıflandırma kodlarının kullanım içeriğine göre yer almaktadır. IP kodlarına yönelik yapılan eş oluşum analizi neticesinde tanımlanan kodlara yönelik tüm açıklamalar arasındalık değerine göre sıralanmış bir şekilde Tablo 30'da yer almaktadır.

Tablo 30: Sıvı Hava Enerji Depolama Teknolojileri IPC Kod Tanımları

Bölüm		**Sınıf**		**Alt Sınıf**		**Grup**		**Alt Grup**		
S	**B**	**S**	**B**	**S**	**B**	**S**	**B**	**S**	**B**	**Arasındalık Değeri**
F	Makine Mühendisliği; Aydınlatma; Isıtma; Silahlar; Patlama	**F01**	Genel Olarak Makine Veya Motorlar; Motor Tesisleri; Buharlı Motorlar	**F01D**	Pozitif Olmayan Deplasmanli Makineler Veya Motorlar, Ör. Buhar Türbinleri (yanmalı motorlar F02; sıvılar için makineler veya motorlar F03, F04; pozitif deplasmanlı olmayan pompalar F04D)	**F01D-015**	Özel kullanım için makine veya motor uyarlamaları; Düzenleme ve kontrol şeklinde çalıştırılan cihazlarla motor kombinasyonu	**F01D-015/10**	Sürüş için uyarlamalar veya elektrik jeneratörleriyle kombinasyonlar	**290,70290**
				F01K	Buhar Motor Tesisleri; Buhar Akümülatörleri; Başka Şekilde Sağlanmayan Motor Santralleri; Özel Çalışma Sıvıları Veya Çevrimler	**F01K-025**	Özel çalışma sıvılarının kullanımı ile karakterize edilen tesisler veya motorlar; Kapalı çevrim	**F01K-025/10**	Buharların soğuk olması, örn. amonyak, karbondioksit, eter	**63,50547**

					Kullanan Motorlar (gaz türbini veya jet tahrik tesisleri F02; buhar üretimi F22; nükleer enerji santralleri)		lerde çalışan tesisler.			
						F01K - 027	Isı veya sıvı enerjisini mekanik enerjiye dönüştürmek için tesisler	**F01K - 027/00**	Isı veya sıvı enerjisini mekanik enerjiye dönüştürmek için tesisler	**57,35671**
		F25	Dondurma Veya Soğutma; Kombine Isıtma Ve Soğutma Sistemleri; Isı Pompası Sistemleri; Buz İmalatı Veya Depolanması; Gazların Sıvılaştırılması Veya Katılanması	**F25J**	Gazların Veya Gaz Karışımlarının Basınç Ve Soğuk İşlem İle Sıvılaştırılması, Katılanması Veya Ayrılması (kriyojenik pompalar F04B 37/08; gaz depolama kapları, gaz tutucular F17; kapları sıkıştırılmış, sıvılaştırılmış veya katılaştırılmış gazlarla doldurma veya kaplardan	**F25J -001**	Gazları veya gazlı karışımları sıvılaştırmak veya katılaştırmak için işlemler veya aparatlar	**F25J-001/02**	Soğutma kullanımını gerektiren, örn. helyum veya hidrojen	**281,23396**
								F25J-001/00	Gazları veya gazlı karışımları sıvılaştırmak veya katılaştırmak için işlemler veya	**134,84411**

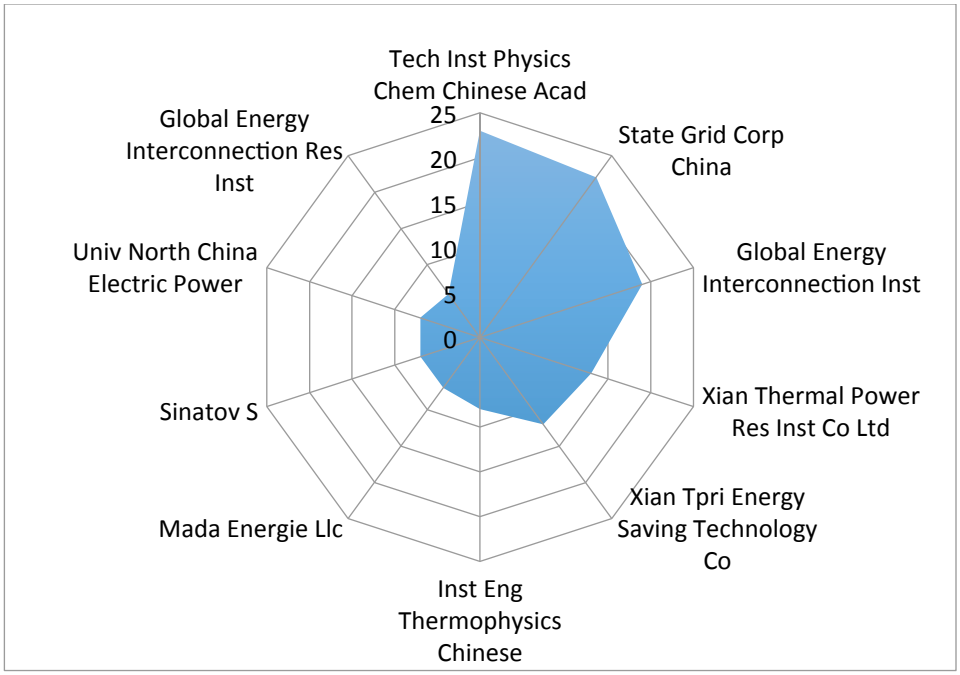
					boşaltma F17C) ; soğutma makineleri , tesisleri veya sistemleri F25B)				apar atlar	

Sıvı hava depolama teknolojilerine yönelik IP kodları incelendiğinde Tablo 30'dan da anlaşılabileceği üzere analizi yapılan veri setine ait çalışmaların çoğunun F patent sınıfına ait çalışmalar olduğu görülmektedir. F01D-015/10 (290,70290) uluslararası patent sınıflandırma (IPC) kodunun en yüksek arasındalık değerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu patent sınıfı buhar türbinleri gibi makine veya motorların özel kullanımı için elektrik jeneratörleriyle kombinasyonuna yönelik uyarlamaları içermektedir. F01K- 025/10 (63,50547) IP kodu buharların soğutulmasına yönelik özel çalışma sıvılarının kullanımı ile karakterize edilen tesisler, motorlar ya da kapalı çevrimlerde çalışan tesisleri kapsamaktadır. F01K- 027/00 (57,35671) ısı veya sıvı enerjisini mekanik enerjiye dönüştürmek için oluşturulacak tesis çalışmalarını içermektedir. F25J-001/02 (281,23396) gazları veya gazlı karışımları sıvılaştırmak veya katılaştırmak için soğutma işlemlerinin yapılabilmesi için gerekli işlemler ve aparatlarla ilişkilidir. F25J-001/00 (134,84411) ise bir önceki IP grubuna ait olup gazları veya gazlı karışımları sıvılaştırmak veya katılaştırmak için işlemler veya aparatlara yönelik araştırmaları kapsamaktadır[24].

3.5.3.2.2 Lider Organizasyonlar

Şekil 26'da sıvı hava enerji depolama teknolojilerine yönelik en çok patent sayısına sahip ilk 10 organizayon yer almaktadır.

[24]https://www.wipo.int/classifications/ipc/ipcpub/?notion=scheme&version=20210101&symbol=F&menulang=en&lang=en&viewmode=f&fipcpc=no&showdeleted=yes&indexes=no&headings=yes&notes=yes&direction=o2n&initial=A&cwid=none&tree=no&searchmode=smart

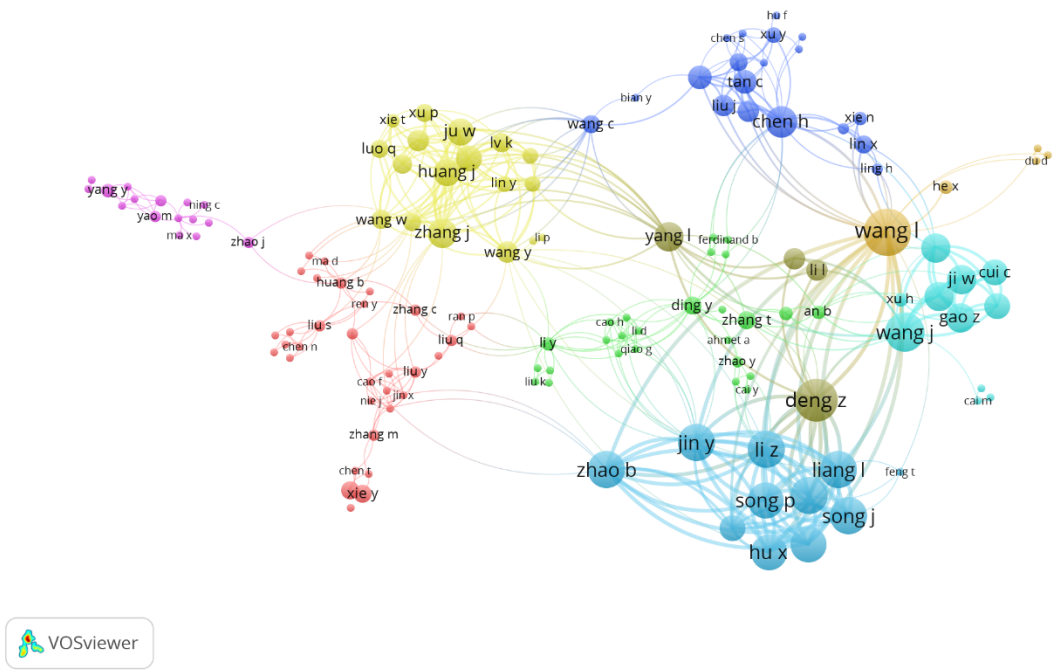


Şekil 26: Sıvı Hava Enerji Depolama Teknolojileri Lider Organizasyonlar

Techical Institute of Physics and Chemistry Chinese Academy of Science' ın 23, State Grid Corporation China organizasyonunun 22, Global Energy Interconnection Institution'ın 19, Xian Thermal Power Res Institution Co Ltd organizasyonunun ise alana yönelik Xian Thermal Power Res Institution Co Ltd organizasyonunun ise 13 patente sahip olduğu gözlemlenmiştir.

3.5.3.2.3 Sosyal Ağ Analizi

Sosyal ağ analizi sonuçlarını elde edebilmek için Vosviewer, R programlama dilleri ve excel kullanılarak Şekil 27'de sunulmuştur. R programlama dili kullanılarak eşyazar analizi neticesinde arasındalık değeri neticesine göre aşağıdaki şekilde dokuz farklı küme oluşmuştur. En yüksek arasındalık değerine sahip mucit alandaki en yüksek patent sayısına sahip ve diğer mucitler ile ortak yürüttüğü araştırma sayıları fazla olduğu için kapı tutucu (gatekeeper) olarak adlandırılmaktadırlar.



Şekil 27: Sıvı Hava Enerji Depolama Teknolojileri Patent Verisi Sosyal Ağ Analizi

Şekil 27'de görülebileceği üzere Yang L., Wang C. Ve Zhang J. 7 küme ile iletişim içerisindeyken; Wang J. 4; Zahng X. 3 diğerleri ise sadece 1 küme ile etkileşim içerisindedir. Tablo 31'de alan uzmanlarının sahip oldukları patent isimlerinin ve numaralarının yanı sıra patentlere temlik eden ve bir önceki şekilde belirtilen öne çıkan organizasyonlar ayrıntılı bir şekilde yer almaktadır. Tablo 31'de bahsedilen patentler mucitlerin sadece birkaç patent çalışmasından oluşmaktadır. Patent sayıları fazla olduğu için hepsi Tablo 31'de yansıtılamamıştır.

Tablo 31 : Sıvı Hava Enerji Depolama Teknolojileri Patent Verisi Sosyal Ağ Analizi Sonuçları

İcat Eden Kişiler	**Arasındalık Değeri**	**Ortak İcatçılar**	**Patent Bilgileri**		
YANG L.	**346,94270**	WANG J; CHEN J; YANG L; AN	**P1**	**Patent Adı**	Cryogenic liquid air energy storage system, has organic rankine cycle (ORC) low-temperature power generation device which is connected with liquefied natural gas (LNG) cold storage device for recovering cold energy

DENG Z. WANG J.	**289,29934** **187,09789**	B; ZHANG T			
				Patent No	CN107489469-A; CN207420649-U
				Temlik Eden/Devir Alan	TECH INST PHYSICS & CHEM CHINESE ACAD (CAPC-C)
				Derwent Sınıflandırma Kodu	Q51; Q75
		LI L; WANG S; WANG J; YANG L; DENG Z	**P2**	**Patent Adı**	Low temperature liquid air energy storage system has grade storage unit which is set with latent heat to form recycling, and first low temperature pipeline and second low temperature pipeline are run through multi-grade storage unit
				Patent No	CN105697066-A
				Temlik Eden/Devr Alan	TECH INST PHYSICS & CHEM CHINESE ACAD (CAPC-C)
				Derwent Sınıflandırma Kodu	Q51; Q52; Q78
		LI L; WANG S; WANG J; YANG L; DENG Z	**P3**	**Patent Adı**	Low temperature liquid air energy storage system, has compressor group connected with energy storage unit, substance storage unit connected with heat exchanger, and heat exchange and storage channels fixed with liquid cooling medium.
				Patent No	CN205225461-U
				Temlik Eden/Devir Alan	TECH INST PHYSICS & CHEM CHINESE ACAD (CAPC-C)
				Derwent Sınıflandırma Kodu	Q52

WANG L.	**147,45763**	DENG Z; HU X; JIN Y; LI Z; LIANG L; SONG J; SONG P; TANG G; WANG L; XU G; YANG C; ZHAO B	**P1**	**Patent Adı**	Pressure-increasing-type liquid air storage tank cryogenic energy storage system, has liquid air storage tank mutually connected with expansion machine, where pressure of liquid air storage tank is greater than pressure of air compressor.
				Patent No	CN105927303-A; CN105927303-B
				Temlik Eden/Devir Alan	STATE GRID CORP CHINA (SGCC-C); GLOBAL ENERGY INTERCONNECTION INST (SGCC-C); STATE GRID CORP CHINA (SGCC-C); GLOBAL ENERGY INTERCONNECTION INST (SGCC-C)
				Derwent Sınıflandırma Kodu	Q75
		DENG Z; HU X; JIN Y; LI Z; LIANG L; SONG J; SONG P; WANG L; XU G; YANG C; ZHAO B	**P2**	**Patent Adı**	Mixed working fluid type cryogenic liquid air energy storage system has working tanks that communicated with liquid air storage tank through pipe which introduces refrigerant in mixed working fluid storage tank
				Patent No	CN206073567-U
				Temlik Eden/Devir Alan	STATE GRID CORP CHINA (SGCC-C); GLOBAL ENERGY INTERCONNECTION INST (SGCC-C)
				Derwent Sınıflandırma Kodu	Q51; Q75
WANG C. ZHANG X. ZHANG	**84,00658** **80,49243**	BIAN Y; ZHANG X; WANG C	**P1**	**Patent Adı**	Liquid air energy storage-based dual-fuel ship power system has closed Rankine circulation loop that is connected in liquid air power generation process loop which is provided for gasification of liquid air to provide power for ships
				Patent No	CN111486479-A
				Temlik Eden/Devir Alan	UNIV SOUTHEAST (UYSE-C)
				Derwent Sınıflandırma Kodu	Q51; Q52; Q73; Q75; X11

J.	**44,66054**	WANG C; ZHANG X	**P2**	**Patent Adı**	Liquid-air energy-saving technology based movable island power supply system, has charging module provided with air storage tank and air release assembly, where air storage tank is connected with air release assembly through pipeline
				Patent No	CN108869215-A
				Temlik Eden/Devir Alan	UNIV SOUTHEAST (UYSE-C)
				Derwent Sınıflandırma Kodu	Q54; X12
		LV K; MA T; WANG Y; ZHANG J; JU W; HUANG J; LIN Y; WANG C; YANG L; ZHENG T; WANG D; LIU X	**P3**	**Patent Adı**	Liquefied natural gas system coupled liquid compressed air energy storage system for use in coastal area, has storage device whose outlet is connected to air pre-heating device, where outlet of pre-heating device is connected to air heater
				Patent No	CN112177882-A; CN213574507-U
				Temlik Eden/Devir Alan	XIAN THERMAL POWER RES INST CO LTD (CHHN-C); XIAN TPRI ENERGY SAVING TECHNOLOGY CO (CHHN-C); XIAN THERMAL POWER RES INST CO LTD (CHHN-C)
				Derwent Sınıflandırma Kodu	Q51; Q55; Q75

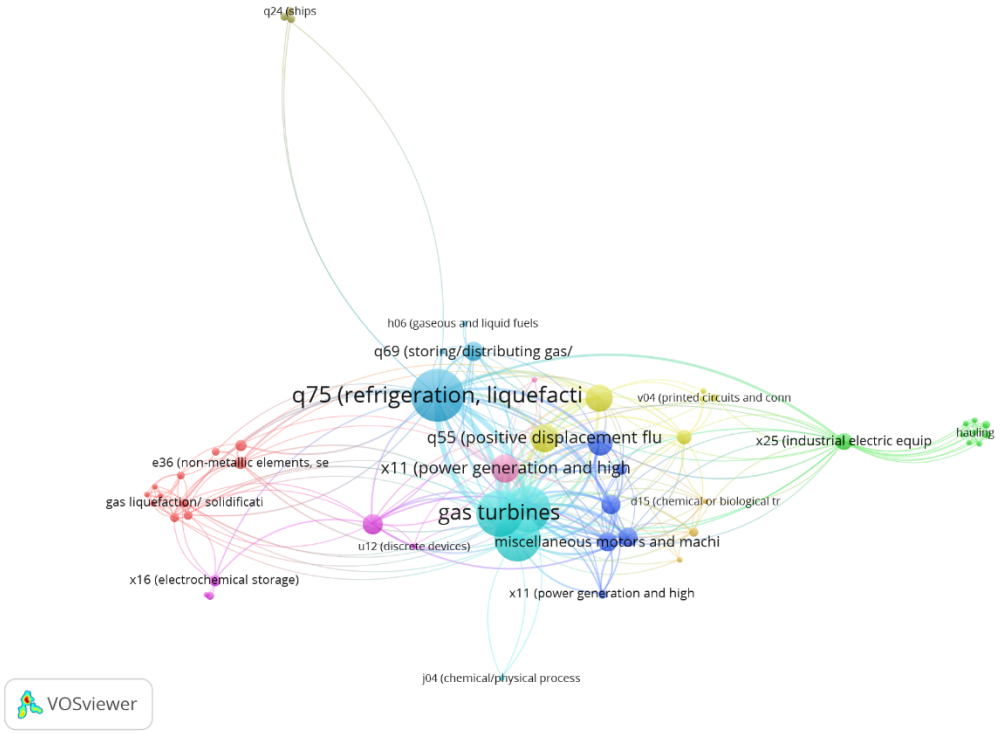
Sıvı hava enerji depolama veri seti için yapılan eş yazar analizi neticesinde en yüksek arasındalık değerine Yang L.'in (346,94270) sahip olduğu görülmektedir. Tüm mucitler arasında Yang L. bir araştıma kümesiyle çalışmalar yürütmüş olup Deng Z. (289,29934) ve Wang J. (187,09789)'ın yanı sıra birçok araştırmacı ile de çalışmalar yürütmüştür. Bu sebeple Yang L. şekilde de görülebileceği üzere araştırma merkezinde yer almaktadır. Muciti olduğu birçok patente temlik eden ve toplamda 23 patente sahip Techical Institute of Physics and Chemistry Chinese Academy of Science

organizasyonunun olduğu gözlemlenmektedir. Wang L.'in arasındalık değerine ise 147,45763 olup icat ettiği patentlere temlik eden adına çalışmış olduğu State Grid Corp China organizasyonudur. Son olarak Wang C. (84,00658), Zhang X. (80, 49243) ve Zhang J. (44,66054) ortak Ar&Ge çalışmaları yürütmüş olup sahip oldukları patentlere temlik eden organizasyonun University of Southeast China ve Xian Thermal Power Res Institution Co Ltd. olduğu görülmektedir. Tüm patentlere ait DII sınıflandırma kodlarının Q sınıfına ait olduğu tespit edilmiştir. Bir sonraki adımda DII sınıflandırma kodları tanımlanacaktır.

Özetle sıvı hava enerji depolama teknolojilerine yönelik yapılan sosyal ağ analizi neticesinde mucitlerin ve organizasyonların genellikle Çin merkezli oldukları gözlemlenmiştir. Bu teknolojilerin araştırma geliştirme çalışmaları Çin'de yaygın olarak ele alındığı söylenebilir.

3.5.3.2.4 DII Patent Sınıfladırma Kodları için Eş Oluşum Analizi

Şekil 28'de sıvı hava enerji depolama teknolojilerine ait DII veri tabanından elde edilen patent verisine ait eş oluşum analizi neticesinde en çok kullanılan patent sınıflandırma kodları yer almaktadır.



Şekil 28: Sıvı Hava Enerji Depolama Teknolojileri Derwent Patent Sınıflandırma Kodları

Şekil 28'den elde edilen neticeler sonucunda Tablo 32'de eş oluşum neticesinde elde edilmiş arasındalık değerine göre sıralanmış DII sınıflandırma kodları bulunmaktadır.

Tablo 32: Sıvı Hava Enerji Depolama Teknolojileri Derwent Patent Sınıflandırma Kod Açıklamaları

DII Sınıflandırma Kodları	Arasındalık Değeri	Açıklama
q75	**109,26290**	Soğutma, sıvılaştırma (F25)
q52	**15,39583**	Yanmalı motorlar, gaz türbinleri (F02B-G).
x11	**2,34847**	Güç Üretimi ve Yüksek Güçlü Makineler (H02K, N).
x12	**2,14685**	Güç dağıtımı/bileşenler/dönüştürücüler.
q55	**1,01654**	Pozitif yer değiştirmeli akışkan makineleri/pompaları/kompresörleri (f04b,c))

Tablo 32'de yer alan DII patent sınıflandırma kodları arasında Q7 aydınlatma ve ısıtma ile ilgili yapılan araştırmaları kapsamaktadır. Sıvı hava enerji depolama teknolojilerine yönelik patent verilerinden elde edilen DII sınıflandırma kodları arasında en yüksek arasındalık değeri Q75'ın (109,26290) sahip olduğu görülmektedir. Q75 sınıflandırma kodu soğutma ve sıvılaştırma ile ilgili araştırmaları içermektedir. Q5 ise motorlar ve pompalar ile ilgili yapılan icatlardır. Q52 (15,39583) grubu ise yanmalı motorlar ve gaz tribünlerini kapsamaktadır. Q55(1,01654) ise sıvılar için makineler, motorlar diğer bir değişle pozitif yer değiştirmeli akışkan makineleri/pompaları/kompresörler kapsamındaki icatları kapsamaktadır.

Diğer bir yandan, X harfi ile başlayan gruplar ise elektrik enerji mühendisliği kategorilerini içermektedir. X11 (2,34847) güç üretimi ve yüksek güçlü makineler (H02K), konvansiyonel güç üreten ana taşıyıcılar, dinamo-elektrikli makineler ve MHD jeneratörleri araştırmalarının içermektedir. 2,14685 arasındalık değeri ile X12 sınıflandırma kodu ise güç dağıtımı/bileşenler/dönüştürücüler (H01B, H01T, H02G, H02J, H02M) Yüksek güçlü AC, DC ve HVDC dağıtım/kontrol; güç ve iletişim kabloları; süper iletken kablolar, bobinler ve mıknatıslar; güç kablolarının ve hatlarının takılması; güç transformatörleri, reaktörler; kıvılcım boşlukları ve devreler; izolatörler;

yüksek güç konektörleri; güç dönüştürücüler; iletken, süper iletken ve yalıtkan malzemeler kategorisini kapsamaktadır[25].

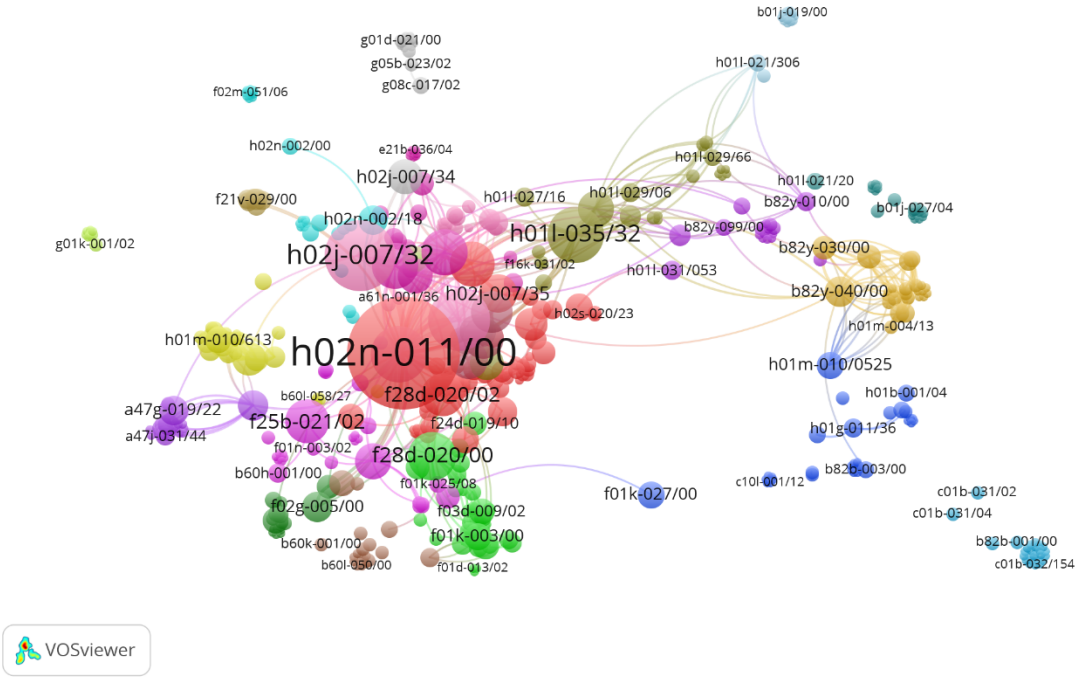
3.5.3.3 Termoelektrik Enerji Depolama Teknolojisi

3.5.3.3.1 Uluslararası Patent Sınıflandırma (IPC) Kodları

Termoelektrik enerji depolama teknolojileri için DII veri tabanında *thermoelectric (Topic) and "energy storage*" (Topic)* anahtar kelimeleri taratılarak toplamda 603 patent verisi elde edilmiştir. Elde edilen patent verilerine bağlı olarak yapılan patent analizi sonucunda uluslararası patent sınıflandırma kodları (IPC) kodları, termoelektrik enerji depolama teknolojilerine yönelik üretim yapan organizasyonlar ve alan uzmanları sosyal ağ analizi yöntemi ile belirlenmiştir.

R, VosViewer ve Excel yazılımları kullanılarak IP kodlarına yönelik aşağıdaki eş oluşum analizi elde edilmiştir. Şekil 29'da eş oluşum analizi neticesinde elde edilen 15'den fazla farklı küme patent sınıflandırma kodlarının kullanım içeriğine göre yer almaktadır.

[25] https://images.webofknowledge.com/images/help/DII/hp_database.html#dsy3781-TRS_section_u



Şekil 29: Termoelektrik Enerji Depolama Teknolojileri IPC Kodları

Şekil 29'dan elde edilen neticede termoelektrik enerji depolama teknolojileri için yaygın kullanılan uluslarası patent sınıflandırma kodları (IPC) arasındalık değerine göre Tablo 33'de sıralanmış ve tanımlanan kodlara yönelik tüm açıklamalar belirtilmiştir.

Tablo 33:Termoelektrik Enerji Depolama Teknolojileri IPC Kod Açıklamaları

Bölüm		**Sınıf**		**Alt Sınıf**		**Grup**		**Alt Grup**		
S	**B**	**S**	**B**	**S**	**B**	**S**	**B**	**S**	**B**	**Arasındalık Değeri**
H	Elektrik	**H02**	Elektrik Gücü Üretimi, Dönüşümü Veya Dağıtımı	**H02N**	Elektrikli Makineler	**H02N-011**	Jeneratörler veya motorlar;	**H02N-011/00**	Başka yerde temin edilmeyen jeneratörler veya motorlar; Elektrik veya manyetik yollarla	**273,74198**

									elde edildiği iddia edilen kalıcı mobilia (hidrostatik basınç ile F03B 17/04; dinamo-elektrik ile H02K 53/00)	
				H02J	Elektrik Gücünün Temini Veya Dağıtımı İçin Devre Düzenlemeleri Veya Sistemleri; Elektrik Enerjisi Depolama Sistemleri	**H02J-003**	Doğru akım (Direct Current-DC) şebeke veya DC dağıtım ağları için devre düzenlemeleri	**H02J-003/38**	İki veya daha fazla jeneratör, dönüştürücü veya transformatör tarafından tek bir ağı paralel olarak beslemek için düzenlemeler	**128,19448**
		H01	Temel Elektrik Elemanları	**H01L**	Yarı İletken Cihazlar; Başka Şekilde Sağlanmayan Elektrikli Katı Hal Cihazları	**H01L-035**	Farklı malzemelerin birleşimini içeren termoelektrik cihazlar	**H01L-035/32**	Cihazı oluşturan hücre veya termokuplun yapısı veya konfigürasyonu ile karakterize edilir	**131,16455**
F	Makine Mühendisliği; Aydınlatma;	**F28**	Genel Olarak Isı Değişimi	**F28D**	Isı Değişim Ortamlarının Doğrudan Temas	**F28D-020**	Genel olarak ısı depolama tesisleri	**F28D-020/02**	Gizli ısı kullanarak	**110,41709**

	Isıtma; Silahlar; Patlama Motorlar yada Pompalar				Etmediği Başka Alt Sınıflarda Bulunmayan Isı Değişim Cihazı		veya aparatları; rejenerative ısı değişim aparatı	**F28D-020/00**	Genel olarak ısı depolama tesisleri veya aparatları; rejeneratif ısı değişim aparatı	**109,92053**

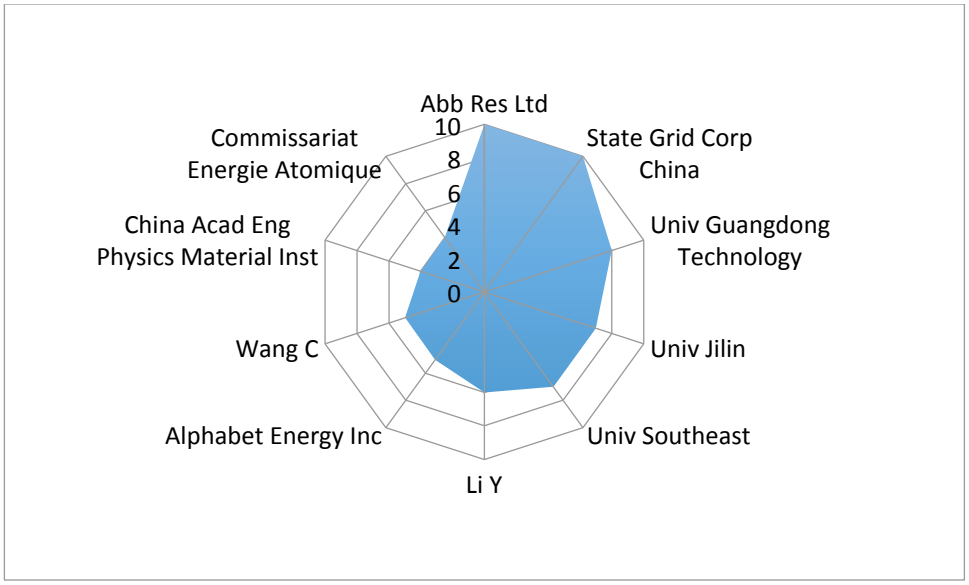
Not: S: Sembol; B: Başlık

Tablo 33'de Termoelektrik enerji depolama teknolojilerine yönelik elde edilen IPC kodlarından en yüksek betwenness değerine sahip olanların H ve F patent bölümüne ait olduğu görülmektedir. En yüksek arasındalık değerine sahip H02N-011/00 (273,74198) kodu elektrik ya da manyetik yollarla elde edilen jeneratör ya da motorlara yönelik yürütülen araştırmaları kapsamaktadır. İkinci en yüksek arasındalık değerine sahip olan H02J-003/38 (128,19448) IP kodu doğru akım (Direct Current-DC) şebeke veya dağıtım ağları için devre düzenlemelerine yönelik iki veya daha fazla jeneratör, dönüştürücü veya transformatör tarafından tek bir ağı paralel olarak beslemek için oluşturulan düzenlemeleri ele almaktadır. H01L-035/32 (131,16455) termoelektrik cihazları oluşturan hücre veya termo kulpun yapısı veya konfigürasyonu ile ilgili icatları kapsamaktadır. Diğer bir yandan F bölümüne ait en yüksek arasındalık değerin sahip ilk iki IP kodu ısı depolama için kullanılan aparatları ya da tesisleri içeren F28D-020/02 (110,41709) ve F28D-020/00 (109,92053) kodlarıdır[26].

3.5.3.3.2 Lider Organizasyonlar

Şekil 30'da termoelektrik enerji depolama teknolojilerine yönelik en çok patent sayısına sahip ilk 10 organizayon yer almaktadır.

[26]https://www.wipo.int/classifications/ipc/ipcpub/?notion=scheme&version=20210101&symbol=F&menulang=en&lang=en&viewmode=f&fipcpc=no&showdeleted=yes&indexes=no&headings=yes&notes=yes&direction=o2n&initial=A&cwid=none&tree=no&searchmode=smart



Şekil 30: Termoelektrik Enerj iDepolama Teknolojileri Lider Organizasyonlar

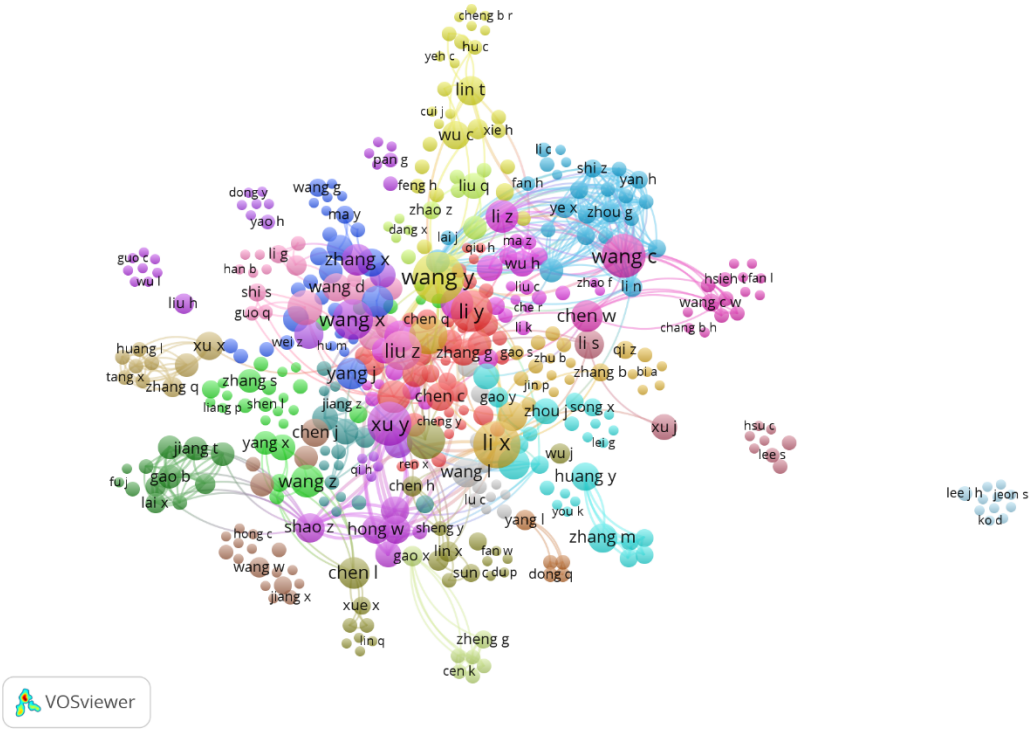
Şekil 30'dan anlaşılabileceği üzere İsviçre merkezli olup yarı iletken metaryaller ve elektronik aygıtlar üreten ayrıca dünyanın birçok yerinde kolları olan ABB Research Ltd[27]. ve Çin merkezli State Grid Corporation China şirketlerinin alana yönelik 10'ar patenleri bulunaktadır. Yine Çin üniversiteleri arasında yer alan Univ. Guangdong Technology 8, Jilin University 7 ve Southeast University 7 patente sahiptir. Özetle termoelektrik enerji depolama teknolojilerine yönelik araştırma yürüten organizasyonlar genellikle Çin'de olduğu söylenebilir.

3.5.3.3.3 Sosyal Ağ Analizi

Sosyal ağ analizi için R ve Vosviewer programlama dili kullanılmıştır. Eş yazar analizi neticesinde arasındalık değerine göre Şekil 31'de yirmiden fazla farklı küme oluşmuştuğu görülmektedir. En yüksek arasındalık değerine sahip mucit, ağda yer alan mucitler arasında pivot konumundadır. Bir ağda yer alan diğer mucitler ile ortak yürüttüğü patent sayıları fazla olduğu için mucitler arasında bilgi akışını sağlamaktadır.

---

[27] https://www.bloomberg.com/profile/company/228139Z:US (Erişim: 25.10.2021).



Şekil 31: Termoelektrik Enerji Depolama Teknolojileri Patent Verisi Sosyal Ağ Analizi

Şekil 31'de görülebileceği üzere araştırmacı sayısı ve iş birliği sayısı fazla olduğu için şekilden hangi araştırmacıların kaç küme ile iletişim içinde olduğu tam olarak tanımlanamamaktadır. Bu sebeple Tablo 34'de en yüksek arasındalık değerine göre mucitler belirlenmiş ve sahip oldukları bazı patentler, patenlere temlik eden kuruluşlar, patent numaraları ve DII patent sınıflandırma kodları yer almaktadır.

Tablo 34: Termoelektrik Enerji Depolama Teknolojileri Patent Verisi Sosyal Ağ Analizi Sonuçları

İcat Eden Kişiler	Arasındalık Derğeri	Ortak Mucitler	Patent Bilgileri		
LI L. LI Y.	**281,37282** **92,28089**	FENG D; FENG Q; FENG Y; LI L; LI Y; WANG L; WANG Z; ZHANG K	**P1**	**Patent Adı**	Semiconductor generator for power generating device, has thermoelectric module connected with medium box, where thermoelectric module applies EMF to determine temperature difference between first surface and second surface of medium box
				Patent No	CN205792307-U
				Temlik Eden/Devir Alan Kuruluş	LIANGSHAN DESHENGXINNENG EQUIP MFG CO (LIAN-Non-standard); FENG Y (FENG-Individual)
				Derwent Sınıflandırma Kodu	S03; U14; X15
WANG Y.	**190,26913**	GAO M; ZHAO D; WANG Y	**P1**	**Patent Adı**	Solar energy storage generating sodium-sulfur battery, has focusing ball and outer extending electrodes connected in case for forming energy storage generating system after being connected with rectifier in series
				Patent No	CN101854132-A
				Temlik Eden/Devr Alan	ZHAO D (ZHAO-Individual)
				Derwent Sınıflandırma Kodu	U14; X16
		WANG Y; SU Y; XIE F; HONG W; HAN Y; LI X;	**P2**	**Patent Adı**	Piston temperature difference power generation device for internal combustion engine, has thermoelectric module whose cold end surface is provided with radiating fin, and load connected to output end of direct-current/direct-current circuit
				Patent No	CN206647182-U

		JIANG B; XU Y; SHAO Z; ZHAO H		**Temlik Eden/Devir Alan**	UNIV JILIN (UYJI-C)
				Derwent Sınıflandırma Kodu	X11
ZHANG H. WANG X. LIU Y.	**145,07754** **133,59489** **69,31061**	XING Z; DAI J; ZHU B; LI Y; GE W; LI S; LIU X; ZHANG H; YU Z; JIN P; LV X; FU Q; YANG C; YIN X; SUI J; GAO X; LI A; WANG X; LI X; YUAN D; YU H; ZHANG B; CHEN X; GAO S; LIU Y	**P1**	**Patent Adı**	Thermoelectric wind power generation combined power grid peak regulation capacity allocating method, involves determining depreciation costs of energy storage units, and evaluating variable costs of energy storage units
				Patent No	CN110378523-A
				Temlik Eden/Devir Alan	DALIAN POWER SUPPLY CO STATE GRID LIAONI (SGCC-C); UNIV SHENYANG TECHNOLOGY (UYTE-C)
				Derwent Sınıflandırma Kodu	T01; U14; X15
			P2	**Patent Adı**	Semiconductor thermoelectric temperature control solid-state energy storage and conversion device, has battery box fixed with solid lithium-based battery pack, thermoelectric converting system, management system, and sensor
				Patent No	CN106099221-A; CN106099221-B

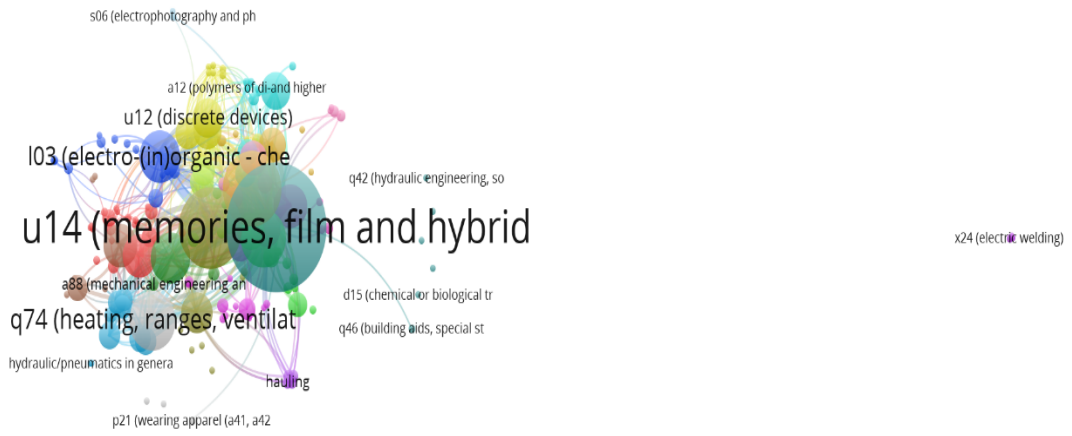
				Temlik Eden/Devir Alan	CHINA ACAD SPACE TECHNOLOGY (CAER-C)
				Derwent Sınıflandırma Kodu	L03; U14; X16
		ZHANG H	**P1**	**Patent Adı**	Anti-scalding energy-storage escalator guide rail, has guide rail main body provided with thermoelectric conversion sheet, cover plate, main circuit wires and storage battery, where upper part of conversion sheet is fixed with lead wires
				Patent No	CN103130084-A; CN103130084-B
				Temlik Eden/Devir Alan	ZHANG H (ZHAN-Individual)
				Derwent Sınıflandırma Kodu	Q38; X16; X25

Termoelektrik enerji depolama teknolojilerine yönelik gerçekleştirilen sosyal ağ analizi neticesinde Tablo 34'de görülebileceği üzere Li L. 281,37282 ile en yüksek arasındalık değerine sahiptir ve Li Y. (92,28089) ile ortak patent geliştirmiştir. Bu patent CN205792307-U patent kodu ile termoelektrik güç üreten cihaz için yarı iletken jeneratörlerle ilgilidir. Patente temlik eden organizasyonun Liangshan Deshengxinneng Equip Mfg. Co. olduğu gözlemlenmektedir. Wang Y. (190,26913) ise enerji depolama üretim sistemleri ve içten yanmalı motor için piston sıcaklık farkı güç üretim cihazlarına yönelik patenlere sahiptir. Bu patentlerin ilki CN101854132-A patent koduna sahip ve patentin sahibi ortak mucitlerden Zhao D. iken; diğer patentin numarası CN206647182-U ve temlik eden organizasyon ise Jilin Universitesi olduğu görülmektedir. Zang H. İse 145,07754 arasındalık değerine sahiptir. Wang X. (133,59489) ve Liu Y. (69,31061) ile ortak patentleri mevcuttur. Bu üç mucitin sahip oldukları patentler sırasıyla: termoelektrik rüzgâr enerjisi üretimine yönelik kombine güç şebekesi tepe düzenleme kapasite tahsis yöntemi için maliyet değerlendirmeleri (CN110378523-A); yarı iletken

termoelektrik sıcaklık kontrolü katı durum enerji depolama ve dönüştürme cihazları (CN106099221-A; CN106099221-B); haşlanma önleyici enerji depolama termoelektrik dönüşüm levhalarını (CN103130084-A; CN103130084-B) içeren buluşlarla ilgilidir.

3.5.3.3.4 Derwent Patent Sınıfladırma Kodları için Eş Oluşum Analizi

Şekil 32'de termoelektrik enerji depolama teknolojilerine ait DII veri tabanından elde edilen patent verisine ait arasındalık değerine göre sıralanmış en çok kullanılan patent sınıflandırma kodları yer almaktadır.



Şekil 32: Termoelektrik Enerji Depolama Teknolojileri Derwent Patent Sınıflandırma Kodları

Tablo 35'de Şekil 31'den elde edilen DII sınıflandırma kodları arasındalık değeri bağlı olarak önem sırasına göre sıralanmıştır.

Tablo 35: Termoelektrik Enerji Depolama Teknolojileri Derwent Patent Sınıflandırma Kod Açıklamaları

DII Sınıflandırma Kodları	Arasındalık Değeri	Açıklama
u14	**646,23890**	Hafızalar, Film ve Hibrit Devreler; Manyetik, optik, yarı iletken, ferroelektrik analog bellekler dâhil dijital bellekler.
x16	**52,23906**	Elektrokimyasal depolama
l03	**51,67268**	İletkenler, dirençler, mıknatıslar...
q78	**43,44750**	Genel olarak ısı değişimi.

x15	**38,71256**	Non-Fosil Yakıtlı Enerji Üretim Sistemleri

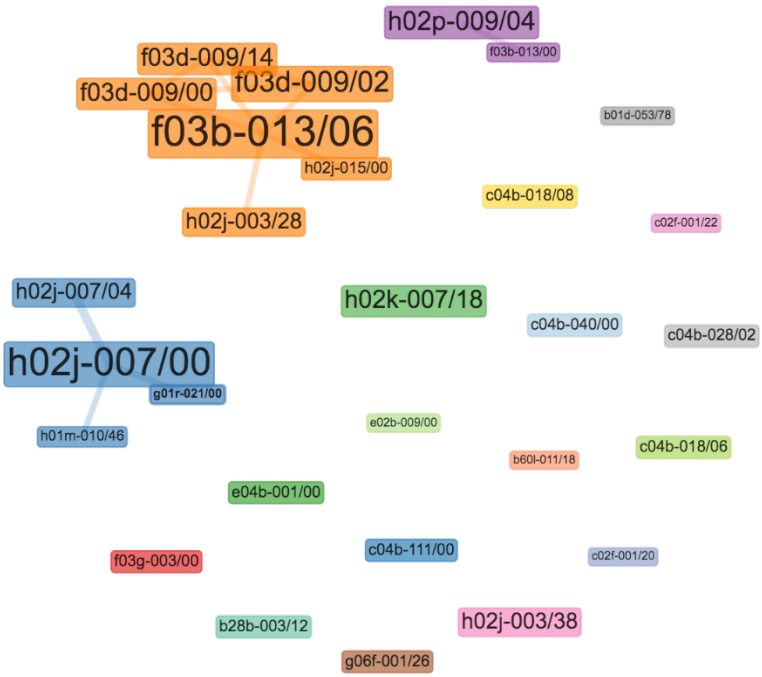
Tablo 35'de yer alan U patent sınıflandırma grubu yarı iletkenler ve elektronik devrelerle ilgili patent çalışmalarını içermektedir. U14 alt grubu G11C ve H01L patent sınıfına ait hafızalar, film ve hibrit devreler ve manyetik, optik, yarı iletken, ferroelektrik analog bellekler dâhil dijital bellekleri içermektedir. Bunlara örnek olarak, hafızaların test edilmesi, termoelektrik cihazlar, süper iletken malzemeler, ince film katmanları, çok katmanlı seramik kablo panoları dâhil kalın film ve hibrit devreler, elektrominesans ışık kaynakları ve özellikle sıvı kristal ekran gibi pasif ekranlar çalışmalarını kapsamaktadır. X16 birincil, ikincil ve yakıt hücreleri ve piller, pil şarj cihazlarının elektrokimyasal şekilde depolamasını içeren çalışmalardan oluşmaktadır. L03 alt grubu iletkenler, dirençler, mıknatıslar, kapasitörler, elektrik deşarj lambaları, yarı iletkenler, piller, akümülatörlerin yanı sıra yakıt pilleri, manyetik kayıt ortamları, radyasyon emisyon cihazları ve termo-elektrik cihazların elektro-(in)organik ve kimyasal özelliklerini içermektedir. Q78 DII patent sınıflandırma grubu F28 patent sınıfını içeren genel olarak ısı değişimi ile ilgili çalışmaları kapsamaktadır. X15 fosil olmayan yani jeotermal, rüzgâr, dalga ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir elektrik üretim türlerini içeren enerji üretim sistemlerini içermektedir[28].

3.5.3.4 Yeraltı Pompaj Hidro Enerji Depolama Teknolojileri

3.5.3.4.1 Uluslararası Patent Sınıflandırma (IPC) Kodları

DII veri tabanından elde edilen yeraltı pompaj hidro teknolojilerine yönelik elde edilen patent veri setindeki IP numaraları için eş oluşum analizi yapılmıştır. Şekil 33'deki görsel R programlama dili kullanılarak elde edilmiştir.

[28] https://images.webofknowledge.com/images/help/DII/hp_database.html#dsy3781-TRS_section_u



Şekil 33: Yeraltı Pompaj Hidro Enerji Depolama Teknolojileri IPC Kodları

Şekil 33'den anlaşılabileceği üzere farklı renkler tarafından temsil edilen kümeler arasında etkileşim söz konusu olmadığı için Tablo 36'de yakınlık değerine göre IPC kodları sıralanmıştır.

Tablo 36: Yeraltı Pompaj Hidro Teknolojileri IPC Kod Açıklamaları

Bölüm		**Sınıf**		**Alt Sınıf**		**Grup**		**Alt Grup**		
S	**B**	**S**	**B**	**S**	**B**	**S**	**B**	**S**	**B**	**Yakınlık Değeri**
F	Makine Mühendisliği; Aydınlatma; Isıtma; Silahlar; Patlama Motorlar ya da Pompalar	**F03**	Sıvılar İçin Makine Veya Motorlar; Rüzgâr, Yay Veya Ağırlık Motorları; Mekanik Güç Veya Reaktif İtici Üretme	**F03B**	Sıvılar İçin Makineler Veya Motorlar (sıvılar ve elastik sıvılar için makineler veya motorlar F01; sıvılar için pozitif	**F03B-013**	Özel kullanım için makine veya motor uyarlamaları; Güç istasyonları veya agregalar	**F03B-013/06**	Su depolama tipi istasyonlar veya agregalar (alternatif olara	**0,00161**

					deplasmanlı motorlar F03C; sıvılar için pozitif deplasmanlı makineler F04)				k pompalar olarak işlev gören araçlara sahip olan türbinler F03B 3/10) [2006.01]	
				F03D	Rüzgâr Motorları	**F03D-009**	Özel kullanım için rüzgâr motorlarının uyarlamaları	**F03D-009/00**	Elektrik gücü üretimi için hibrit rüzgâr-fotovoltaik enerji sistemlerinin kurulumu	**0,00160**
								F03D-009/14	Sıvı kullanımı	**0,00160**

H	Elektrik	**H02**	Elektrik Gücü Üretimi, Dönüşümü Veya Dağıtımı	**H02J**	Elektrik Enerjisi Depolama Sistemleri	**H02J-015**	Elektrik enerjisini depolama sistemleri	**H02J-015/00**	Mekanik ve kimyasal sistemleri içeren elektrik enerjisi depolama sistemleri	**0,0016**
						H02J-003	Alternatif akım (AC) şebeke veya alternatif akım dağıtım ağları için devre düzenlemeleri	**H02J-003/28**	Enerjinin depolanmasıyla bir ağdaki yükün dengelenmesi için düzenlemeler	**0,0016**
						H02J-007	Bataryaları şarj etmek veya bataryalardan yük beslemek için devre düzenlemeleri	**H02J-007-04**	Şarj akımı veya voltajının düzenlenmesi	**0,00147**

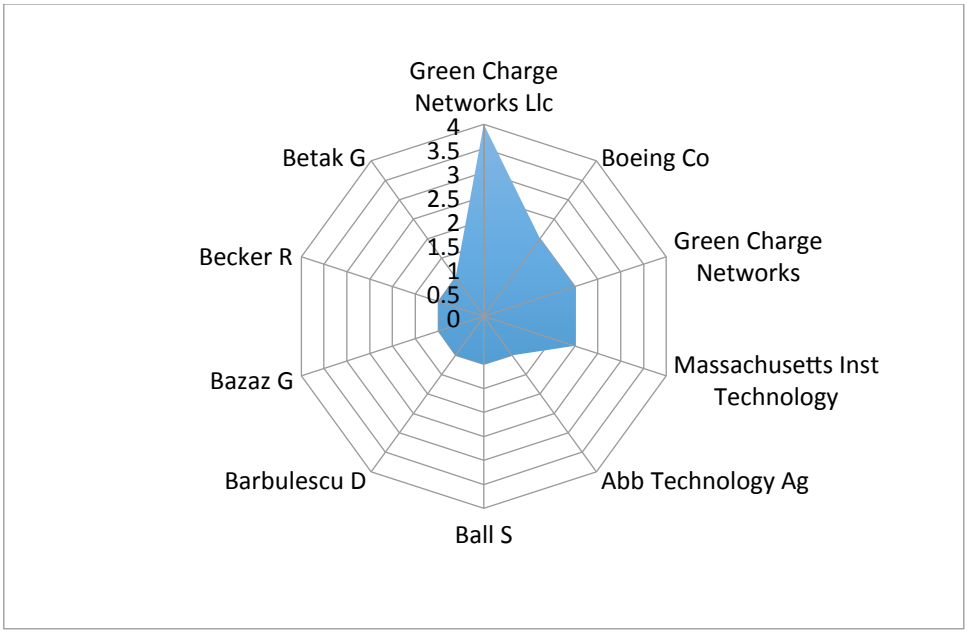
Not: S: Sembol; B: Başlık

DII patent veri tabanında yeraltı pompaj hidro enerji depolama teknolojilerine yönelik yapılan taramada patentler arasında IPC kodları arasında bağlantının çok fazla olmadığı gözlemlenmiştir. Şekil 32'de de görülebileceği üzere kodlar arasında bağlantı çok fazla gözlenememektedir. Bu sebeple, yeraltı pompası hidro enerji depolama teknolojilerine yönelik belirlenen IPC kodlarında yakınlık değeri dikkate alınmıştır. F03B-013/06, F03D-009/02 ve F03D-009/14 IPC kodlarının birbirlerine yakın yakınlık değerlerine ve aynı sınıf koduna sahip olduğu gözlemlenmiştir. Tablo 36'da yer alan IPC kodlarının işlevselliği açısından F03B-013 grubu güç istasyonları veya makine ve motorları içerirken; bu grubun bir alt grubu olan F03B-013/06 su depolama tipi istasyonlar veya agregalar ya da alternatif olarak pompalar olarak işlev gören araçlara sahip olan türbinler içermektedir. F03D-009/02, rüzgâr motorlarının uyarlamalarında elektrik gücü üretimi için hibrit rüzgâr-fotovoltaik enerji sistemleri gibi belirli konumlara kurulum için özel olarak uyarlanmış sistemlerin tanımlamasında kullanılırken F03D-009/14 ise sıvı kullanıma yönelik olmakla birlikte yine aynı gruba ait IPC kodudur.

H02J alt sınıfına ait IPC kodları elektrik enerjisi depolama sistemleri, elektrik gücünün temini veya dağıtımı için devre düzenlemeleri veya sistemlerine yönelik çalışmaları içermektedir. H02J-015/00 mekanik ve kimyasal sistemleri içeren elektrik enerjisi depolama sistemlerini kapsamaktadır. H02J-003/28 IPC kodu alternatif akım devre düzenlemelerine yönelik enerji depolanmasının bir ağdaki yükün dengelenmesindeki düzenlemeleri kapsar. H02J-007-04 ise bataryaları şarj etmek ya da yük beslemek amacıyla şarj akımı veya voltajının düzenlenmesi çalışmalarını kapsamaktadır.

3.5.3.4.2 Lider Organizasyonlar

Şekil 34'de yeraltı pompaj hidro enerji depolama teknolojilerine ait lider organizasyonlar yer almaktadır.



Şekil 34: Yeraltı Pompaj Hidro Enerji Depolama Teknolojileri Lider Organizasyonlar

Şekil 34'de görülebileceği üzere Yeraltı Pompaj Hidro patent verilerinin analizi sonucu Green Charge Networks Llc. (ABD) şirketi altı patent'e sahipken, Boing Co (ABD) ve Massachusetts Institute of Technology (ABD) iki ve Abb Technology Ag (İsviçre), Ball S ve Barbulescu D gibi diğer organizasyonlar birer patente sahiptir.

3.5.3.4.3 Sosyal Ağ Analizi

Yeraltı pompaj hidro enerji depolama teknoloji patent verileri sonucu elde edilen sosyal ağ analizi için R programlama dili kullanılmıştır. Eş yazar analizi neticesinde yakınlık değeri göre Şekil 35 elde edilmiştir. Çünkü kümeler arası iletişim söz konusu değildir.

Şekil 35: Yeraltı Pompaj Hidro Teknolojileri Patent Verisi Sosyal Ağ Analizi

Şekil 35'de görülebileceği üzere sadece Hull J. R. Ve Strasik M. arasında gerçekleştrilen patent araştırması mevcutken; diğer araştırmacılar tekil olarak patent araştırmalarını yürütmüşlerdir. Tablo 37'de daha ayrıntılı bir şekilde mucitlere ait patent bilgileri mevcuttur.

Tablo 37: Yeraltı Pompaj Hidro Depolama Teknoojileri Patent Verisi Sosyal Ağ Analizi Sonuçları

İcat Eden Kişiler	**Yakınlık Değeri**	**Ortak Mucitler**	**Patent Bilgileri**		
HULL J R	**0,0004165**	HULL J R; STRASIK M	**P1**	**Patent Adı**	Underwater pumped-hydro energy storage device for power generation plant, has throttling gas valve opened/closed to regulate gas flow from tank to maintain hydrostatic pressure between thresholds less and greater than initial pressure
				Patent No	US8456031-B1
STRASIK M	**0,0004165**			**Temlik Eden/Devir Alan Kuruluş**	BOEING CO (BOEI-C)
				Derwent Sınıflandırma	Q54; X11; X13

				Kodu	
		HULL J R; STRASI K M	**P2**	**Patent Adı**	Method of using underwater pumped-hydro energy storage device, involves determining power supply capacity of power source and load demand of power user by computer, and enabling gas to flow into or out of submersible tank via gas vent
				Patent No	US8664786-B1
				Temlik Eden/Devr Alan	BOEING CO (BOEI-C)
				Derwent Sınıflandırma Kodu	Q54; T01; X13
PROSS ER R D	**0,0004165**	PROSSE R R D	**P1**	**Patent Adı**	Method for controlling temperature of e.g. energy storage device by generating heat and discharging generated heat, involves discharging and charging energy storage devices for charging duration from electrical utility distribution grid
				Patent No	US2013193928-A1; US9007027-B2
				Temlik Eden/Devir Alan	GREEN CHARGE NETWORKS (GREE-Non-standard); GREEN CHARGE NETWORKS LLC (GREE-Non-standard)
				Derwent Sınıflandırma Kodu	X16
		PROSSE R R D	**P2**	**Patent Adı**	Method of electricity consumption mitigation using electrical energy storage system, involves discharging energy from ESS at rate of discharge based on magnitude of electricity consumption in excess of threshold value during waiting period
				Patent No	US2018241235-A1

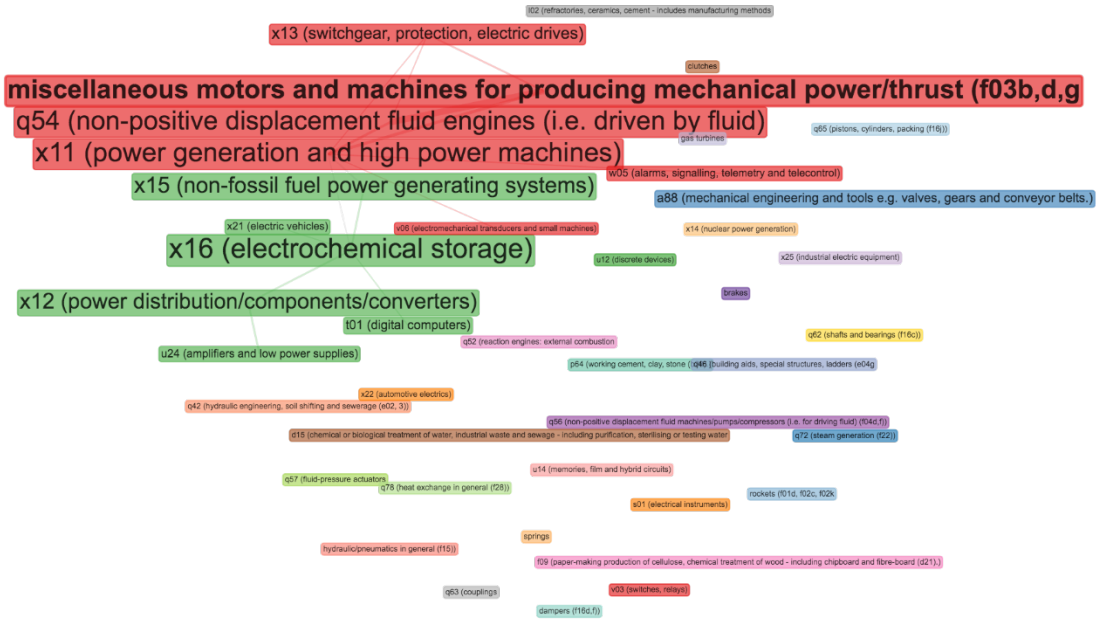
				Temlik Eden/Devir Alan	GREEN CHARGE NETWORKS LLC (GREE-Non-standard)
				Derwent Sınıflandırma Kodu	S01; X16
		PROSSE R R D	**P3**	**Patent Adı**	Method for electricity consumption mitigation using electrical energy storage system at site, involves measuring electrical characteristic of peak, and discharging amount of energy from storage system after waiting period is elapsed
				Patent No	US2015295449-A1; US9912184-B2
				Temlik Eden/Devir Alan	GREEN CHARGE NETWORKS LLC (GREE-Non-standard); GREEN CHARGE NETWORKS LLC (GREE-Non-standard)
				Derwent Sınıflandırma Kodu	T01; X16
BALL S	**0,0004165**	BALL S	**P1**	**Patent Adı**	Boost pumped system for hydroelectric regeneration, has boost pump that is located at high water storage reservoir level that takes in water at ambient reservoir pressure level and boost compresses water to increase pressure
				Patent No	GB2586336-A
				Temlik Eden/Devir Alan	BALL S (BALL-Individual)
				Derwent Sınıflandırma Kodu	Q42; Q54; W05; X11

Hull J. R. (0,0004165) ve Strasi K. M. (0,0004165) temliki Boeing şirketine ait olan elektrik üretim tesisi için su altı pompaj hidro enerji depolama cihazı (US8456031-B1) ve güç kaynağının güç kaynağı kapasitesinin ve güç kullanıcısının yük talebinin bilgisayar tarafından belirlenmesine (US8664786-B1) yönelik ortak patent

geliştirmişlerdir. Prosse R. R. D. (0,0004165) ise sıcaklığı kontrol etme yöntemi (US2013193928-A1; US9007027-B2), elektrik enerjisi depolama sistemini kullanarak elektrik tüketimini azaltma yöntemi (US2018241235-A1) ve sahada elektrik enerjisi depolama sistemi kullanılarak elektrik tüketiminin azaltılmasına yönelik yöntem (US2015295449-A1; US9912184-B2) olmak üzere şahsi olarak patentlere sahiptir. Ball S. (0,0004165) ise hidroelektrik rejenerasyon için pompalı sistem (GB2586336-A) geliştirmiştir.

3.5.3.4.4 DII Sınıflandırma Kodları için Eş Oluşum Analizi

Şekil 36'de yer alan yeraltı pompaj hidro enerji depolama teknolojilerine (Underground Pumped Hydro Energy Storage Technologies) ait DII veri tabanından elde edilen patent verisine ait en çok kullanılan patent sınıflandırma kodları yer almaktadır.



Şekil 36: Yeraltı Pompaj Hidro Enerji Depolama Teknolojileri Derwent Patent Sınıflandırma Kodları

DII patent sınıflandırma kodlarını gösteren Şekil 36 R programı kullanılarak elde edilmiştir. Ancak kümeler arası etkileşim olmadığı için Tablo 38'de elde edilen bulgular yakınlık değerlerine göre sıralanmıştır.

Tablo 38: Yeraltı Pompaj Hidro Derwent Patent Sınıflandırma Kod Açıklamaları

DII Sınıflandırma Kodları	Yakınlık Değeri	Açıklama
x11	**0,000829876**	Güç Üretimi ve Yüksek Güçlü Makineler
x16	**0,000829187**	Elektrokimyasal Depolama
x15	**0,000826446**	Fosil Olmayan Yakıtlı Enerji Üretim Sistemleri
q54	**0,000824402**	Akışkan motorlar
x12	**0,000824402**	Güç Dağıtımı/Bileşenler/Dönüştürücüler

Yeraltı pompaj hidro enerji depolama teknolojilerine yönelik yapılan patent araştırmasında Tablo 38'de görülebileceği üzere elektrik enerjisi mühendisliği araştırmalarını içeren X sınıfına yönelik çalışmaların çoğunlukta olduğu saptanmıştır. X11 (0,000829876) DII sınıflandırma kodu, güç üretimi ve yüksek güçlü makineleri, konvansiyonel güç üreten ana taşıyıcıları, dinamo-elektrikli makineleri ve MHD jeneratörlerine yönelik araştırmaları içermektedir. X16 (0,000829187), yakıt hücreleri ve pillere yönelik elektrokimyasal depolama araçlarını kapsamaktadır. X15 (0,000826446), jeotermal, rüzgâr, dalga ve güneş enerjisi gibi fosil olmayan, yenilenebilir enerji yakıtlarına yönelik enerji üretim sistemlerini içermektedir. Q54 (0,000824402) motorlar ve pompalara yönelik başlatma ve ateşleme çalışmalarını kapsamaktadır. X12 ise güç dağıtımı ya da dönüştürücülerine yönelik iletken, süper iletken ve yalıtkan malzemelere yönelik araştırmalardır[29].

[29] https://images.webofknowledge.com/images/help/DII/hp_database.html#dsy3781-TRS_section_u

3.5.3.5 İzotermal Basınçlı Hava Enerji Depolama Teknolojileri

3.5.3.5.1 Uluslararası Patent Sınıflandırma (IPC) Kodları

İzotermal basınçlı hava enerji depolama teknolojilerine yönelik DII veri tabanında anahtar kelimeler *isothermal (Topic) and "compressed air*" (Topic)* şeklinde taratıldığında 124 patent verisine ulaşılmıştır. Veri setine bağlı olarak yapılan patent analizi sonucunda uluslararası patent sınıflandırma kodları, izotermal basınçlı hava enerji depolama teknolojilerine yönelik araştırma yapan en belirgin organizasyonlar ve sosyal ağ analizi yöntemi ile alan uzmanları belirlenmiştir.

İzotermal basınçlı hava enerji depolama teknolojileri için yaygın kullanılan uluslarası patent sınıflandırma kodları (IPC) R programlama dili kullanılarak eş oluşum analizi Şekil 37'daki gibi elde edilmiştir.

Şekil 37: İzotermal Basınçlı Hava Enerji Depolama Teknolojileri IPC Kodları

Şekil 37'da görülebileceği üzere kümeler arası ilişki söz konusu olmadığı için Tablo 39'da detaylı bir şekilde yakınlık değerine göre IP kodları sıralanmıştır.

Tablo 39: İzotermal Basınçlı Hava Enerji Depolama Teknolojileri IPC Kod Açıklamaları

Bölüm		Sınıf		Alt Sınıf		Grup		Alt Grup		
S	**B**	**S**	**B**	**S**	**B**	**S**	**B**	**S**	**B**	**Yakınlık Değeri**
F	Makine Mühendisliği; Aydınlatma; Isıtma; Silahlar; Patlama Motorlar yada Pompalar	**F04**	Sıvılar İçin Pozitif Deplasman Makineleri; Sıviıar Veya Elastik Sıvılar İçin Pompalar	**F04B**	Pompalar	**F04B-041**	Elastik akışkanlar için özel olarak uyarlanmış pompa tesisatları veya sistemleri	**F04B-041/02**	Rezervuarlara sahip pompalar	**0,000496771**
						F04B-039	Elastik akışkanlar için özel olarak uyarlanmış pompaların veya pompalama sistemlerinin bileşen parçaları, detayları veya aksesuarları	**F04B-039/06**	Soğutma; Isıtma; Donmanın önlenmesi	**0,000494805**

		F01	Makine Veya Motorlar; Motor Santraller; Buharlı Motorlar	**F01K**	Buharlı Motor Tesisleri; Buhar Akümülatörleri; Başka Şekilde Sağlanmayan Motor Santralleri; Özel Çalışma Sıvıları Veya Döngüler Kullanan Motorlar	**F01K-027**	Isı veya sıvı enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren tesisler	**F01K-027/00**	Isı veya sıvı enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren tesisler	**0,000496278**
		F02	Yanmalı Motorlar; Sicak Gaz Veya Yanma Ürünü Motor Tesisleri	**F02C**	Gaz-Türbin Tesisleri; Jet Tahrik Tesisleri İçin Hava Girişleri; Hava Solunumlu Jet Tahrik Tesislerinde Yakıt Tedariğinin Kontrolü	**F02C-006**	Gaz türbini tesislerinin diğer cihazlarla kombinasyonları	**F02C-006/16**	Basınçlı havayı depolamak için	**0,00049505**

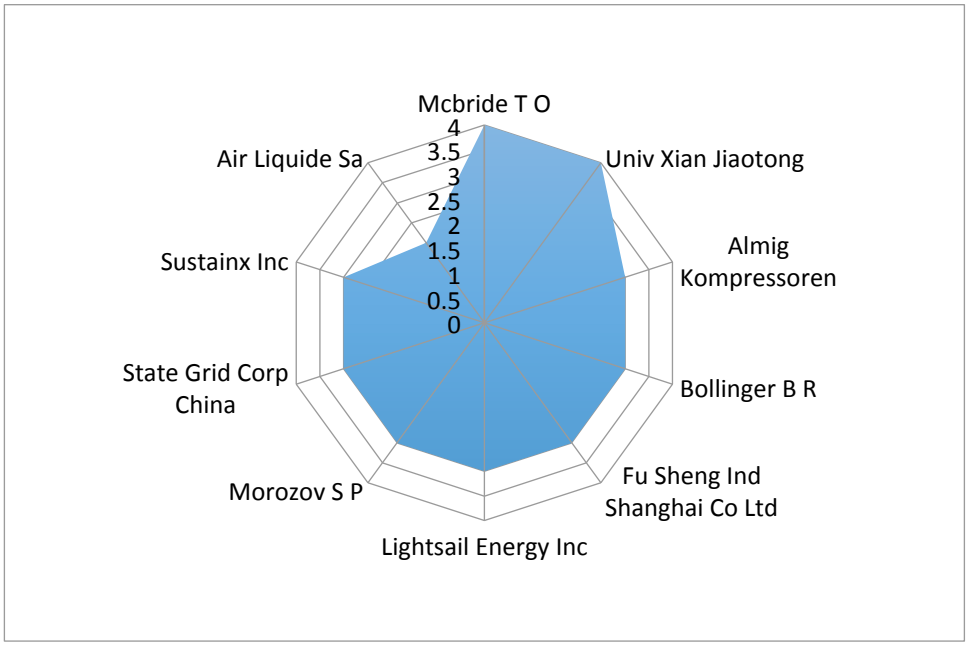
Not: S: Sembol; B: Başlık

İzotermal basınçlı hava enerji depolama teknolojilerine ait patenler incelendiğinde Tablo 39'da da görülebileceği üzere IP kodlarının H bölümüne ait oldukları fark edilmiştir. IP kodlarını belirlemek için yapılan eş oluşum analizi (co-occurance analysis) neticesinde kümeler arasında fazla bağlantı görülmediği için arasındalık değeri yerine yakınlık değeri göz önünde bulundurulmuştur. En yüksek yakınlık değerine sahip olan F04B-041/02 IP kodu Elastik akışkanlar için özel olarak uyarlanmış rezarvuarlara sahip pompa tesisatları veya sistem araştırmalarını içermektedir. F04B-039/06 IP kodu, soğutma, ısıtma, donmanın işlemlerinin önlenmesi için pompaların veya pompalama sistemlerinin bileşen parçaları, detayları veya aksesuarlarının üretimine yöneliktir. F01K-027/00 ısı veya sıvı enerjisini mekanik

enerjiye dönüştüren buharlı motor tesislerinin, buhar akümülatörlerinin araştırmalarını kapsayan IP kodudur. Son olarak Tablo 38'de belirtilen ve 0,00049505 yakınlık değerine sahip olan F02C-006/16 IP kodu basınçlı havayı depolamak için gaz-türbin tesisleri, jet tahrik tesisleri için hava girişleri, hava solunumlu jet tahrik tesislerinde yakıt tedariğinin kontrolü gibi araştırma ve geliştirme konu içeriklerini kapsamaktadır.

3.5.3.5.2 Lider Organizasyonlar

Şekil 38'de izotermal basınçlı hava enerji depolama teknolojilerine ait lider organizasyonlar yer almaktadır.

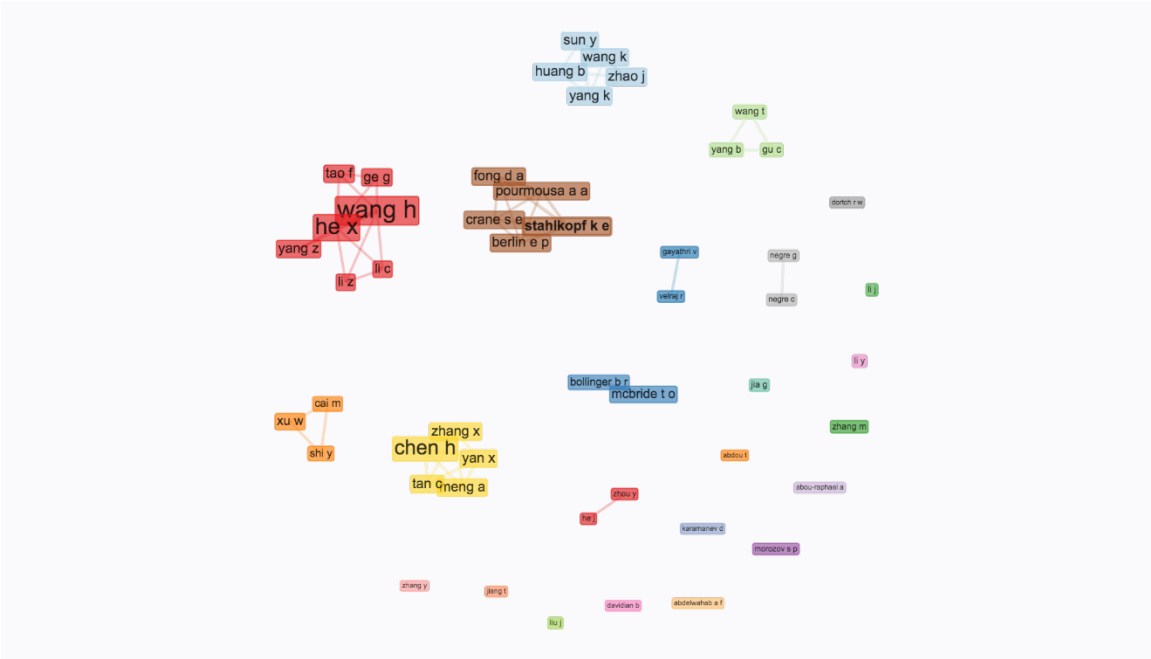


Şekil 38: İzotermal Basınçlı Hava Enerji Depolama Teknolojileri Lider Organizasyonlar

İzotermal basınçlı hava enerji depolama teknolojilerine yönelik araştırmalar ya da üretim yapan oranizasyonlar ve sahip oldukları patent sayıları yukarıdaki Şekil 38'de belirtilmiştir. Mcbride T O (ABD) ve Univ Xian Jiaotong (Çin) alana yönelik dört patente sahip iken; Alming Kompressoren Gmbh (Almanya), Bollinger B R (ABD), Fu Sheng Ind Shanghai Co Ltd (Çin) ve diğer organizasyonlar toplamda üçer patente sahiptirler.

3.5.3.5.3 Sosyal Ağ Analizi

İzotermal basınçlı hava enerji depolama teknolojileri için sosyal ağ analizi sonuçlarını elde edebilmek için R programlama dili kullanılmıştır. R programlama dili kullanılarak eş yazar analizi neticesinde elde edilen yakınlık değerine göre Şekil 39'de farklı kümeler oluşmuştur.



Şekil 39: İzotermal Basınçlı Hava Enerji Depolama Teknolojileri Patent Verisi Sosyal Ağ Analizi

Şekil 39'den anlaşılacağı üzere kümeler arası etkileşim söz konusu olmadığı için yakınlık değeri tercih edilmiştir. Tablo 40'da sosyal ağ analizi sonucu elde edilen alan uzmanlarına ait patent bilgileri mevcuttur.

Tablo 40: İzotermal Basınçlı Hava Enerji Depolama Teknolojileri Patent Verisi Sosyal Ağ Analizi Sonuçları

İcat Eden Kişiler	Yakınlık Değeri	Ortak Mucitler	Patent Bilgileri		
WANG H.	**0,000463822**	LIU W; WANG H; ZHANG M	**P1**	**Patent Adı**	Cooling and agitating device of isothermal quenching salt bath, comprises micropore pipe in isothermal quenching salt bath tank, compressed air pot connected with micropore pipe through a pipe and the pipe on air pot is provided with valve

HE X. **GE G.** **LI C.** **LI Z.**	**0,000463822** **0,000463177** **0,000463177** **0,000463177**			**Patent No**	CN201501906-U
				Temlik Eden/Devir Alan Kuruluş	HENAN AOUDI CO LTD (HENA-Non-standard)
				Derwent Sınıflandırma Kodu	M24; X27
		WANG H; LI C; HE X; LI Z	**P2**	**Patent Adı**	Adiabatic near-isothermal compressed air energy storage system has turbine expander which is connected with expander generator, and input end of heat accumulator and electric heating device is connected with output end of wind power system
				Patent No	CN113006889-A
				Temlik Eden/Devr Alan	UNIV XIAN JIAOTONG (UYXJ-C)
				Derwent Sınıflandırma Kodu	Q52; X11; X15; X25
		WANG H; GE G; TAO F; HE X; YANG Z	**P3**	**Patent Adı**	Isothermal compressed air energy storage system, has impact-type water turbine which is connected with synchronous generator through gear box, where output end of generator which is connected to power grid through transformer
				Patent No	CN112952871-A
				Temlik Eden/Devir Alan	UNIV XIAN JIAOTONG (UYXJ-C)
				Derwent Sınıflandırma Kodu	Q54; Q55; X12

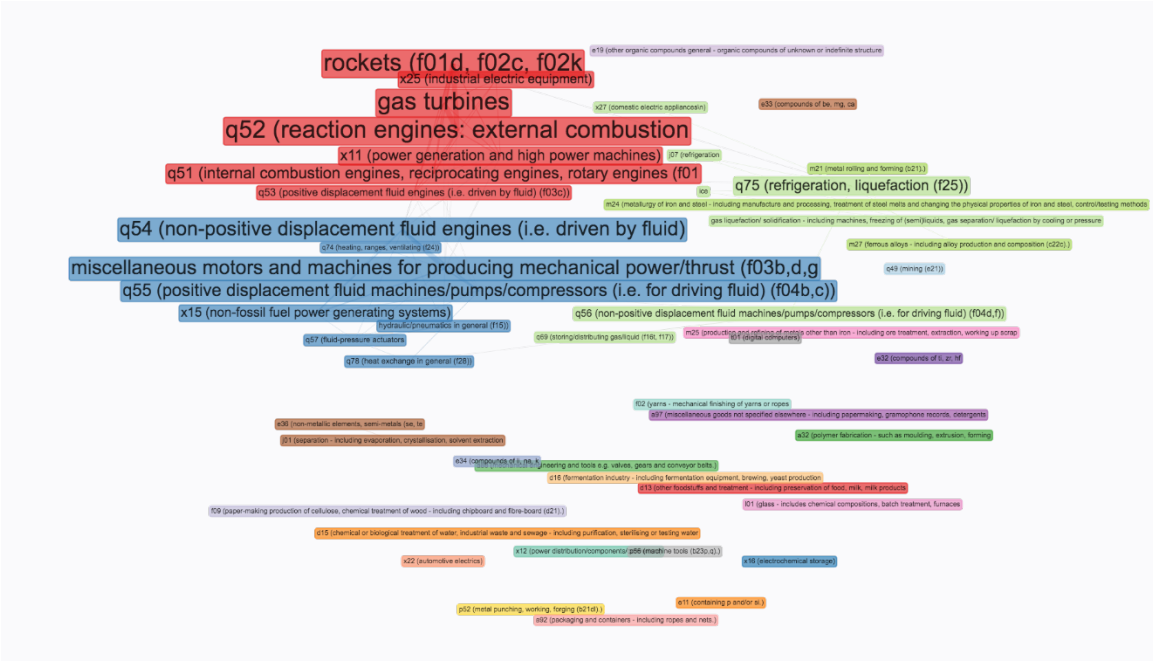
BERLIN E P **CRANE S E** **FONG D A** **POURMOUSA A A** **STAHLKOPFK E**	**0,000443656** **0,000443656** **0,000443656** **0,000443656** **0,000443656**	STAHLKOPFK E; FONGD A; CRANES E; BERLIN E P; POURMOUSA A A	**P1**	**Patent Adı**	Apparatus for compressing and expanding of gas, for compressed-air energy storage system, has network of gas conduits and valves that allows selective fluid communication between compressor/expanders, gas storage unit, and heat exchanger
				Patent No	US2012286522-A1; US8450884-B2
				Temlik Eden/Devir Alan	LIGHTSAIL ENERGY INC (LIGH-Non-standard)
				Derwent Sınıflandırma Kodu	Q54; X11
			P2	**Patent Adı**	Apparatus for performing compression or expansion of isothermal gas for energy storage applications, has piston movable within cylinder to transmit power of expanding gas out of cylinder, and pump in communication with rotating shaft
				Patent No	US2013168961-A1; US8482152-B1
				Temlik Eden/Devir Alan	LIGHTSAIL ENERGY INC (LIGH-Non-standard)
				Derwent Sınıflandırma Kodu	X13

Tablo 40'dan da anlaşılabileceği üzere Wang H., (0,000463822) He X., (0,000463822) Ge G., (0,000463177) Lı C. (0,000463177) ve Li Z. (0,000463177) ortak yürüttükleri patent çalışmalarının temliki Henan Aoudi Co Ltd ve Univ Xian Jiaotong organizasyonlarına aittir. Konu içerikleri ise izotermal basınçlı hava enerji depolama sistemlerine yöneliktir. Berlin E. P. (0,000443656), Crane S. E. (0,000443656), Fong D. A., (0,000443656) Pourmousa A. A. (0,000443656) ve Stahlkopf K. E. (0,000443656)

birlikte yürütmüş oldukları patentler Lightsail Energy Inc'e ait olup konu içeriği basınçlı hava enerji depolama sistemi için gazın sıkıştırılması ve genişletilmesi için aparata (US2012286522-A1; US8450884-B2, US2013168961-A1; US8482152-B1) yöneliktir.

3.5.3.5.4 Derwent Patent Sınıfladırma Kodları için Eş Oluşum Analizi

Şekil 40'da izotermal basınçlı hava enerji depolama teknolojilerine ait DII veri tabanından elde edilen patent verisine ait en çok kullanılan patent sınıflandırma kodları yer almaktadır.



Şekil 40: İzotermal Basınçlı Hava Enerji Depolama Teknolojileri Derwent Patent Sınıflandırma Kodları

Şekil 40'da görülebileceği üzere kümeler arası etkileşim söz konusu olduğu için DII sınıflandırma koları arasındalık değerine göre Tablo 41'de sıralanmıştır.

Tablo 41: İzotermal Basınçlı Hava Enerji Depolama Teknolojileri Derwent Patent Sınıflandırma Kod Açıklamaları

DII Sınıflandırma Kodları	Arasındalık Değeri	Açıklama
q75	**77,58586805**	Soğutma, sıvılaştırma
q55	**46,12571918**	Sıvılar için makine ve motorlar

q56	**41,76313014**	Pompalar
q51	**33,34380229**	Makineler ve motorlar
q54	**21,41801088**	Çalıştırma, ateşleme

Tablo 41'de görülebileceği üzere izotermal basınçlı hava enerji depolama teknolojileri için DII patent sınıflandırma kodları incelendiğinde tüm sınıf kodlarının Q sınıfına ait olduğu görülmektedir. En yüksek arasındalık değerine sahip Q75 (77,58586805) soğutma ve sıvılaştırma işlemlerine ait iken; Q55 (46,12571918) ve Q56 (41,76313014) pozitif yer değiştirmeli akışkan makineleri, pompaları ya da kompresörleri; Q51 (33,34380229) içten yanmalı motorları ve Q54 (21,41801088) ise pozitif olmayan deplasmanlı akışkan motorlara yönelik çalıştırma ve ateşlemeyi kapsamaktadır.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Yapılan araştırma neticesinde firmalar yüksek maliyetli Ar&Ge yatırımları yapmadan önce mevcut Ar&Ge projelerini çoklu kriterler nezdinde değerlendirerek önceliklendirebilecekleri bir teknoloji istihbaratı modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen karar destek sistem modelinde teknoloji gelişim zarfı, patent analizi, bibliyometrik analiz ve sosyal ağ analizi hibrit bir şekilde kullanılarak firmaların her bir adımda ihtiyaç duydukları bilgiler derlenerek neticesinde birbirini bütünleyen teknoloji istihbaratı sağlanmıştır. Araştırmanın literatür kısmında araştırma boşlukları tanımlandığında firmalar teknoloji istihbaratı toplarken bunu genellikle gelişi güzel yaptığı, sistematikleştirilmiş ve koordine edilmiş verimli bir teknoloji istihbaratı sistemlerinin olmadığı tespit edilmişti. Ya da yapılan çalışmalarda gözlemlendiği üzere istihbarat sağlayıcıları genellikle tek bir teknoloji istihbaratı yöntemine odaklanarak sınırlı seviyede istihbaratlar sağlamaktadır. Bu sebeple ele alınan bu araştırma neticesinde, firmalar tarafından ihtiyaç duyulan istihbaratın kapsamlı bir şekilde toplanması için sistematize edilmiş teknoloji istihbaratı modeli sunulmuştur ve geliştirilen bu model tek bir endüstri koluna uyarlanmasından ziyade teknoloji temelli Ar&Ge faaliyetleri yürüten tüm firmalara uyarlanabilecektir. Teknoloji istihbaratı yöntemleri aracılığıyla oluşturulan bu karar destek sistem modeli sayesinde firmalar yüksek maliyetli Ar&Ge yatırımları yapmadan önce projelerini elde edilen bilimsel, teknik bilgiler ve uzman görüşü nezdinde önceliklendirerek yerinde stratejik yatırım kararları alabileceklerdir. Böylece firmalar global ölçekte teknolojik gelişimleri yakından takip ederek teknolojilerin güçlü ve zayıf yönlerini tespit edebilecek ve kolaylıkla rekabet üstünlüğü sağlayabileceklerdir.

Literatür taramasının son kısımlarında bahsedilen araştırma boşluklarını doldurmak amacıyla oluşturulan araştırma sorularını cevaplandırmak gerekirse teknoloji istihbaratı modeli beş adımdan oluşmuştur. Bu beş adımda birbirini bütünleyici olduğu düşünülen teknoloji gelişim zarfı, patent analizi, bibliyometrik analiz ve sosyal ağ

analizi yöntemleri kullanılmıştır. Her bir teknoloji alanına uyarlanabilecek olan teknoloji istihbaratı karar destek sistem modelinin ilk aşamasında teknoloji alanına karar verilmektedir. Bu adım literatür, patent, web sayfası taraması olabileceği gibi uzmanlık alanı ya da alan uzmanlarının istihbarat bilgisine ihtiyaç duydukları bir teknoloji alanı olabilmektedir.

İkinci adım ise teknoloji alanına yönelik ihtiyaçların teknoloji gelişim zarfının ilk üç adımı ile tespit edilmesidir. Bunlar teknoloji tahmini, teknoloji karakterizasyonu ve teknoloji değerlendirme adımlarıdır. Literatür boşluğu tanımlanırken mevcut teknoloji istihbaratı uygulamaları gerçekleştirilirken birçok firmanın teknoloji tahmininde bulunmadığı ortaya konmuştu. Bu sebeple, teknoloji tahmini adımında amaç mevcut teknoloji alanına yönelik teknoloji tahminlerinde bulunulmaktadır. Bu tahminler literatür taraması, bibliyometirk analiz, web taraması yada uzman görüşü tahminlerine dayalı olarak yapılabilmektedir. Teknoloji karakterisynonu aşamasında gelişmekte olan teknolojilerin tahmin edilmektedir. Bu neticede ise teknoloji karakterizasyonu adımı aracılığıyla bu teknolojilerin hangi kriterler ve alt kriterler perspektifinde değerlendirilmesi gerektiğinin cevabı literatüre ya da uzman görüşüne kıyasen verilmektedir. Teknoloji değerlendirme adımında ise teknoloji karakterizasyonu adımında belirlenen perspektiflerinin nasıl değerlendirilmesi gerektiğinin cevabı verilir. Bu noktada sosyal ağ analizi ve bibiliyometrik analizler yardımı ile teknoloji değerlendirmesinde yer alacak alan uzmanlarının tanımlanması gerektiği yargısına ulaşılmıştır.

Bu yargı neticesinde, üçüncü adımda her bir teknolojiye yönelik bibliyometri ve patent verileri temel alınarak sosyal ağ analizi yöntemi uygulanarak alan uzmanları tanımlanmıştır. Alan uzmanlarının tanımlanmasının sebebi ise düzenlenecek delphi yönetemi ile alternatif teknolojiler hakkında uzmanlardan detaylı istihbaratın toplanmasını sağlamaktır.

Teknoloji istihbaratı modelinin dördüncü aşamasında ise çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan hiyerarşik karar modeli ilk adımda tanımlanan alternatif teknolojiler, kriterler ve alt kriterler baz alınarak oluşturulmuştur. Bu adımda ilk olarak hiyerarşik karar modeli uzmanlar tarafından doğrulandıktan sonra teknolojiler, kriterler

ve alt kriterlerin ikili karşılaştırması yapılarak önem dereceleri belirlenerek teknolojiik açıdan değerlendirilmiştir.

Teknoloji istihbaratı modelinini beşinci ve son adımında ise tüm bu uygulanan teknoloji istihbaratı yöntemlerini teknik alt yapıyla desteklemek amacıyla patent analizi yapılarak her bir teknolojiye yönelik IPC kodları, patent isimleri, alan uzmanları, önde gelen şirketler ve ülkeler tanımlanmıştır.

Tüm bu teknoloji istihbaratı yöntemlerinin hibrit bir şekilde uygulanması neticesinde geliştirilen teknoloji istihbaratı karar destek sistem modeli firmaların Ar&Ge yatırımları yapmadan önce benzer teknolojiler hakkında detaylı bilgilerler elde etmesini kolaylaştırmaktadır. Böylece yapılması planlanan Ar&Ge yatırımlarından önce firmalar yol gösterici mahiyetteki teknoloji istihbaratı bilgilerini elde ederek doğru yatırım kararları alabileceklerdir. Geliştirilen teknoloji istihbaratı modeli sayesinde elde edilen uygulama çıktıları ise bir sonraki sonuç ve tartışma başlığında ele alınmıştır.

Araştırmada oluşturulan teknoloji istihbaratı modelinin uygulanabilirliğini test edebilmek için gelişmekte olan enerji depolama teknolojileri ele alınmıştır. Enerji depolama teknolojilerinin değerlendirilmesindeki en temel amaçlardan biri ise daha temiz enerji olanaklarının artırılmasına ve sürdürülebilir bir çevre sağlanmasına katkı sunabilmek amacıyla karşılaşılabilecek problemlere karşı teknoloji temelli istihbarat sağlamaktır. Geliştirilen karar destek sistem modeli sayesinde gelişmekte olan beş enerji depolama teknolojisi için teknoloji istihbaratı sağlanmıştır. Bu teknolojiler; volanlar, sıvı hava enerji depolama, termoelektrik enerji depolama, yeraltı pompaj hidro ve izotermal basınçlı hava enerji depolama teknolojilerinden oluşmaktadır. Araştırmada ele alınan bu teknolojiler günümüzde hala yoğun Ar&Ge çalışmaları yürütülen enerji depolama teknolojiler arasında yer almaktadır. Bahsi geçen teknolojiler ABD Enerji Bakanlığı'nın yayınlamış olduğu enerji depolama teknolojilerine yönelik raporundan yola çıkarak belirlenmiştir. Rapor sayesinde teknoloji gelişim zarfı yöntemi adımlarından ilki olan gelişmekte olan teknolojilerin tahminine yönelik adımı ayrı bir uzman görüşü gerekmeden tanımlanmıştır. Ancak yinede teknolojilerin hala gelişmekte olan teknolojiler kulvarında olup olmadığını tespit edebilmek adına uzman görüşüne başvurulmuştur ve sonuç olarak bu teknolojilerin hala gelişmekte olan teknolojiler

arasında yer aldığı tespit edilmiştir. Aynı zamanda ayrıntılı literatür araştırması neticesinde teknoloji gelişim zarfının bir sonraki adımları olan firmaların hedeflerine ulaşabilmesindeki süreçte ihtiyaç duyulan kriterler belirlenmiş ve bu teknolojiler belirlenen kriterlere göre nasıl değerlendirilmesi gerektiğinin cevabı verilerek hiyerarşik karar modeli oluşturulmuştur. Bahsi geçen kriterler sosyal, teknik, ekonomik, çevresel ve politik kriterlerden oluşmaktadır. Teknolojilere yönelik daha ayrıntılı teknoloji istihbaratı sağlamak adına kriterlere yönelik alt kriterler belirlenmiştir. Sosyal kritere ait ilişkili alt kriterler: sosyal eşitlik, istihdam/iş yaratma, kamu güvenliği ve sağlık sorunları ve genel kabul edilebilirliktir. Teknik kriterere ait alt kriterler ise enerji ve güç üretimi/depolama kapasitesi, enerji verimliliği, yaşam süresi, olgunluk, tepki süresi, güç yoğunluğu, enerji yoğunluğu ve güç iletim oranıdır. Ekonomik perspektife ait alt kriterler ise sermaye maliyeti, kullanım ve bakım maliyetleri, tekrarlayan maliyet, atık yönetimi maliyeti, kullanım ömrü/imha maliyeti ve Ar&Ge harcamalarının maliyetlerinden oluşmaktadır. Çevre ile ilişkili kriterler ise sera gazı emisyonu/hava kirliliği, döngüsel ekonomi: yeniden kullanım/geri dönüşüm/ bertaraf, yaban hayatı etkisi, arazi-peyzaj hasarı ve su kirliliğidir. Enerji depolama teknolojilerinin değerlendirilmesinde kullanılan son kriter ise politik kriterdir. Politik kritere ait alt kriterler ise enerji güvenliği, yönetmelikler / standartlar, devlet/kamu ar-ge çerçevesi, beyaz sertifika/enerji tasarruf sertifikası/enerji verimliliği kredisidir. Toplamda 27 alt kriter çalışmada yer alarak alternatif beş enerji depolama teknolojisi tüm bu unsurlara göre ayrı ayrı değerlendirilerek önceliklendirilmiştir.

Araştırmada ele alınan kriterler ve alt kriterden oluşturulan hiyerarşik karar modeli delphi tekniniği yardımı ile uzmanlar tarafından değerlendirilmiştir. Oluşturulan modeldeki tüm kriterler, alt kriterler ve alternatif teknolojiler değerlendirme kıstasları arasında yer alıp almaması gerektiğini sorgulamak amacıyla Qualtrics anket linki ile uzmanlarla paylaşılmıştır. Uzman değerlendirmeleri neticesinde model enerji depolama teknolojilerinin değerlendirilmesi için uygun görülerek her hangi bir değişikliğe gidilmemiştir.

Teknoloji istihbaratı modeli temelinde bahsi geçen her bir teknoloji için ayrı ayrı bilimsel yayınlar ve patent verileri baz alınarak sosyal ağ analizi yöntemi kullanılarak

dünyanın önde gelen alan uzmanları tespit edilmiştir. Ayrıca ABD'de ve Türkiye'de düzenlenen enerji depolama teknolojileri ile ilgili webinarlara katılım ve LinkdIn vasıtasıyla ile keşfedilen uzmanlara email yolu ile araştırmada yer almalarına yönelik davet teklifinde bulunulmuştur. Araştırmada yer almayı kabul eden alan uzmanlar ile Portland State Universitesi tarafından geliştirilen HDM yazılımına aktarılan hiyerarşik karar modeli paylaşılmıştır. Yukarıda bahsedilen tüm kriterler temel alınarak delphi tekniği yardımı ile alternatif enerji depolama teknolojileri ikili karşılaştırma yöntemi ile değerlendirilmiştir. Değerlendirmede tutarsız cevap veren uzmanlar araştırmadan çıkarılmıştır. Her bir alternatif enerji depolama teknolojisi belirlenen kriterler ve alt kriterler nezdinde birbiri ile karşılaştırılarak göreceli etkisi en yüksek olan teknoloji tespit edilmeye çalışılmıştır. Önem derecesi en yüksek olan teknoloji tespit edilmesinin yanı sıra bu teknolojilere ait güçlü ve zayıf yanlar da ortaya konulmuştur. Ayrıca çalışmada ele alınan alternatif beş enerji depolama teknolojisi yıllar bazında nasıl gelişim göstereceği alan uzmanları tarafından Qualtrics anket linki sayesinde tespit edilmiştir.

Ele alınan tüm yöntemlerin uygulanması neticesinde elde edilen teknoloji istihbaratı çıktılarını teknik anlamda daha da desteklemek amacıyla her bir teknoloji için patent analizi yapılmıştır. Sonucunda alan uzmanları, alanın önde gelen firma, kuruluş ve ülkeler ve patentlerin IPC numaraları belirlenerek alternatifler arasından tercih edilen teknoloji hakkında daha ayrıntılı yol gösteren istihbarat bilgisi de destekleyici nitelikte sunulmuştur.

Geliştirilen teknoloji istihbaratı modelinin uygulanması neticesinde elde edilen sonuçlar incelendiğinde ise en iyi alternatif teknolojinin belirlenmesinin yanı sıra her bir teknolojiye ait sosyal, teknik, ekonomik, çevresel ve politik açıdan zayıf ve güçlü yanları tespit edilmiştir.

Neticede ise gelişmekte olan enerji depolama teknolojilerini ayrıntılı bir şekilde değerlendirebilmek adına tanımlanan sosyal, teknik, ekonomik, çevresel ve politik kriter arasında ekonomik kriterin enerji depolama teknolojilerini değerlendirmede en önemli unsur olduğu uzman görüşleri neticesinde tespit edilmiştir. Daha sonra sırasıyla bu teknolojilerin çevresel, teknik, politik ve sosyal unsurlara göre değerlendirilmesi

gerektiği uzman cevapları neticesinde tanımlanmıştır. Ekonomik kriterin en yüksek önem derecesine sahip olmasındaki temel sebep ise bu teknolojilerin çok yüksek maliyet gerektiren yatırımlara sahip olmasıdır. Çünkü enerji depolama teknolojileri tek bir maliyet unsurundan ziyade birçok maliyet unsurunu içermektedir. Bunlar; sermaye maliyeti, kullanım ve bakım maliyeti, tekrarlayan maliyet, kullanım ömrü/imha maliyeti ve Ar&Ge harcamaları maliyetlerinden oluşmaktadır. Diğer bir yandan en düşük önem derecesine sahip olan kriter ise sosyal kriter olarak nitelendirilmiştir. Enerji depolama teknolojilerin değerlendirilmesinde sosyal eşitsizlik, istihdam, kamu güvenliği ve sağlık sorunları ve genel kabul edilirlik en son göz önünde bulundurulması gereken unsurlar olduğu uzman görüşleri neticesinde anlaşılmıştır.

Teknolojilerin kendi arasındaki ikili karşılaştırılması neticesinde ise volan teknolojileri diğer alternatif teknolojiler arasında önem derecesi en yüksek olandır. Daha sonra sırasıyla aynı önem derecesine sahip sıvı hava enerji depolama teknolojileri ve yeraltı pompaj hidro teknolojileri yer alırken öenm derecesi en düşük olan teknolojiler ise termoelektrik enerji depolama ve izotermal basınçlı hava enerji depolama teknolojileridir.

Alternatif enerji depolama teknolojileri belirlenen kriterler bazında daha ayrıntılı bir şekilde değerlendirildiğinde ise teknolojilerin zayıf ve güçlü yanları belirlenmiştir. Zayıf ve güçlü yanlar sosyal perspektifte değerlendirildiğinde volan teknolojileri sosyal eşitlik, istihdam yaratma, kamu güvenliği ve sağlık sorunları, genel kabul edilebilirlik açısından en olgun enerji depolama teknolojileri arasında yer alırken yeraltı pompaj hidro enerji depolama teknolojisi ise bu alanlarda gelişime en çok ihtiyaç duyan alternatif teknolojidir.

Teknik perspektif enerji depolama teknolojileri için en önemli kriterler arasında yer aldığı için bu teknolojiler teknik perspektif açısından ayrı ayrı ele alınmıştır. Uzman değerlendirmeleri neticesinde genel anlamda termoelektrik enerji depolama teknolojileri teknik anlamda yeterli donanıma sahipken izotermal basınçlı hava enerji depolama teknolojileri teknik anlamda alt yapıya daha çok ihtiyaç duymaktadır. Tüm teknolojilerin teknik anlamda zayıf ve güçlü yönleri ayrı ayrı ele alındığında ise volan teknolojileri güç yoğunluğu açısından yüksek performansa sahipken bu teknolojiler olgunluk açısından

yeterli düzeye ulaşamadığı alan uzmanları tarafından değerlendirilmiştir. Sıvı hava enerji depolama teknolojileri, yaşam süresi ve enerji - güç üretimi/depolama kapasitesi açısından üst sırada öneme sahipken enerji verimliliği ve güç yoğunluğu alt kriterleri teknik değerlendirme neticesinde düşük önem derecesine sahiptir. Termoelektrik enerji depolama teknolojilerinin güçlü yanı hızlı tepki süresiyken güç yoğunluğundaki eksiklik ise bu teknolojilerin zayıf yanını göstermektedir. Bir diğer enerji depolama teknolojisi olan yeraltı pompaj hidro teknolojisinin teknik açıdan güçlü olduğu enerji ve güç üretimi/depolama kapasitesi, yaşam süresi ve olgunluk özellikleridir. Güç yoğunluğu açısından ise yeraltı pompaj hidro yeterli olgunluğa sahip olmadığı uzman değerlendirmeleri neticesinde tanımlanarak güç yoğunluğunu artırma konusunda bu teknolojilerin geliştirilmesi gerekmektedir. Alternatif teknolojiler arasında yer alan izotermal basınçlı hava enerji depolama teknolojilerin belirli bir olgunluk seviyesine ulaştığı ve güç iletim oranının yüksek olduğu ancak zayıf yönleri arasında enerji ve güç üretimi/depolama kapasitesi ve yaşam süresi yer aldığı alan uzmanları değerlendirmeleri neticesinde tespit edilmiştir. Teknik anlamda tanımlanan her bir teknolojinin zayıf yanları göz önünde bulundurulup gerekli yatırım değerlendirmeleri yapıldığı takdirde firmalar rekabet üstünlüğü sağlayabilecektir.

Ekonomik kriter ise alan uzmanları tarafından enerji depolama teknolojileri için en önemli değerlendirilmesi gereken kriter olarak belirlenmiştir. Bu noktada volan teknolojilerinin maliyeti diğer alternatif depolama teknolojilerine kıyasen daha düşük olarak tespit edilirken izotermal basınçlı hava enerji depolama teknolojilerinin maliyeti ise daha yüksek olarak tanımlanmıştır. Ekonomik alt kriterler bazında Volan teknolojilerinin kullanım ömrü/imha maliyeti yüksekken kullanım ve bakım maliyetleri düşüktür. Uzman değerlendirmesi neticesinde en yüksek maliyete sahip olduğu tespit edilen izotermal basınçlı hava enerji depolama teknolojileri için tekrarlayan maliyetler makul seviyedeyken atık yönetimi maliyetleri yüksek orandadır. Sıvı hava enerji depolama teknolojileri ise izotermal basınçlı hava enerji depolama teknolojilerine göre tam tersi özellik göstererek atık yönetimi maliyeti yüksekken tekrarlayan maliyet düşük seviyededir diye yorumlanabilmektedir. Termoelektrik enerji depolama ve yeraltı pompası hidro teknolojilerinin sırasıyla yüksek maliyetli oldukları maliyet kalemleri ise

tekrarlayan maliyet ve kullanım ve bakım maliyetleri yer almaktadır. Enerji depolama teknolojileri çok yüksek düzeyde maliyetli oldukları için tüm bu teknolojilere yatırım yapılırken yukarıda istihbarat olarak sunulan düşük ve yüksek maliyet unsurlarının göz önünde bulundurularak yatırım yapılması gerekmektedir.

Tüm alternatif teknolojiler çevresel perspektifte değerlendirildiğinde ise en çok çevresel anlamda kirliliğe sebebiyet veren enerji depolama teknolojisinin volan teknolojileri olduğu tespit edilirken en düşük çevresel zarara sebebiyet veren teknoloji ise termoelektrik enerji depolama teknolojisi olduğu tespit edilmiştir. Volan ve yeraltı pompaj hidro teknolojisi en çok arazi ve peyzaj hasarına sebebiyet verirken sıvı hava enerji depolama, termoelektrik enerji depolama ve izotermal basınçlı hava enerji depolama teknolojilerinin hepsi en çok su kirliliğine neden olmaktadır. Alternatif teknolojilerin vermiş oldukları en düşük çevresel hasarlar göz önünde bulundurulduğunda ise sera gazı emisyonu/hava kirliliği noktasında volan ve termoelektrik enerji depolama düşük oranda çevresel hasara neden olmaktadır. Arazi ve peyzaj hasarı açısından ise yine termoelektrik enerji depolama ve izotermal basınçlı hava enerji depolama teknolojileri yer almaktadır. Su kirliliği noktasında ise yeraltı pompaj hidro teknolojisi en düşük çevresel zararda bulunan teknolojidir.

Değerlendirme kriterlerinden en sonuncusu ise politik perspektiftir. Alternatif teknolojilerin politik perspektifte değerlendirilmesi neticesinde volan teknolojileri diğer alternatif teknolojilere nazaran enerji güvenliği, yönetmelikler/standartlar, devlet kamu Ar&Ge çerçevesi ve enerji depolama teknolojilerinin ihtiyaç duyduğu beyaz sertifika, enerji tasarrufu sertifikası ve enerji verimliliği kredisi konularında en donanımlı teknolojidir. Bahsedilen bu politik kriterler çerçevesinde ise en düşük öneme sahip olan alternatif teknoloji ise sıvı hava enerji depolama teknolojisidir. Bu teknolojinin politik noktadaki standartlar konusunda düzenlemelere ihtiyacı vardır.

Teknoloji gelişim zarfı ve çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan hiyerarşik karar modeli sayesinde alternatif depolama teknolojileri sosyal, teknik, ekonomik, çevresel ve politik perspektiflerde ayrıntılı bir şekilde değerlendirildikten sonra her bir teknolojiye yönelik patent analizi yapılarak alan uzmanları, önde gelen firmalar, kuruluşlar ve ülkelerin belirlenmesinin yanı sıra mevcut teknolojilere yönelik

uluslararası patent sınıflandırma kodları (IPC) kodları da tanımlanarak yatırım yapılması düşünülen teknoloji koluna yönelik çok daha ayrıntılı yol gösterici mahiyette teknoloji istihbaratı sunulmuştur. Patent analizi neticesinde ise alternatif beş enerji depolama teknolojisine yönelik IPC genellikle F ve H bölümlerinden oluşmaktadır. F bölümü makine mühendisliği, aydınlatma, ısıtma gibi konuları kapsarken H bölümü ise elektrik içerikli patent konularını içermektedir. Her bir teknolojinin içermiş olduğu IPC kodları çok daha ayrıntılı ve detaylı bilgiler sunduğu için bu bölümden ziyade bulgular bölümünde çok daha ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır. Volan teknolojilerine ait en önde gelen IPC kodu H02-007/02'dır ve elektrikli makinelerdeki durağanlığı artırmak için kullanılan volan araştırmalarını içermektedir. Bu teknoloji alanında lider firma ise Amerika'da faaliyet gösteren American Flywheel System ve Boeing şirketleridir. En çok patent çalışmasına sahip olan kişiler ise Luk Lamellen & Kupplungsbau Beteiligungs ve Schaeffler Technologıes Ag & Co Kg. şirketlerinde çalışan Mende, Jackel ve Rejk'dir.

Sıvı hava enerji depolama teknolojileri belirlenen IP kodu F01D-015/10'dur. Bu patent sınıfı buhar türbinleri gibi makine veya motorların özel kullanımı için elektrik jeneratörleriyle kombinasyonuna yönelik uyarlamaları içermektedir. Alana yönelik lider organizasyonlar ise Çin merkezli ve sırasıyla 23 ve 22 patent sahibi olan Techical Institute of Physics and Chemistry Chinese Academy of Science ve State Grid Corporation China'dır. Sıvı hava enerji depolama teknolojileri alanında önde gelen mucitler ise Yang L., Deng Z. Ve Wang J.'dir. Bu kişilerin sahip olduğu patentlere temlik eden kuruluş ise Techical Institute of Physics and Chemistry Chinese Academy of Science'dır.

Termoelektrik enerji depolama teknolojilerinde ise H02N-011/00 kodu önde gelen IPC kodudur ve elektrik ya da manyetik yollarla elde edilen jeneratör ya da motorlara yönelik yürütülen araştırmaları kapsamaktadır. Bu teknoloji alanında İsviçre merkezli olup yarı iletken metaryaller ve elektronik aygıtlar üreten ayrıca dünyanın birçok yerinde kolları olan ABB Research Ltd. ve Çin merkezli State Grid Corporation China şirketleridir. Alanın önde gelen mucidi ise termoelektrik güç üreten cihaz için yarı iletken jeneratörlerle ilgili patent çalışmaları olan Li L.'dir.

Yeraltı Pompaj hidro teknolojisi için ise önde gelen IPC kodu F03B-013/06'dır ve su depolama tipi istasyonlar veya agregalar ya da alternatif olarak pompalar olarak işlev gören araçlara sahip olan türbinlere ait araştırmaları içermektedir. ABD merkezli Green Charge Networks Llc., Boing Co. ve Massachusetts Institute of Technology organizasyonları alanın önde gelen kuruluşlarındandır. Alan mucitleri ise Hull J. R. ve Strasi K. M.'dir. Patentlere temlik eden şirket ise Boeing şirketidir. Patent içerikleri elektrik üretim tesisi için su altı pompaj hidro enerji depolama cihazı, güç kaynağının, güç kaynağı kapasitesinin ve güç kullanıcısının yük talebinin bilgisayar tarafından belirlenmesine yönelik ortak patentler geliştirmişlerdir.

Araştırmada değerlendirilen son alternatif depolama teknolojisi ise izotermal basınçlı hava enerji depolama teknolojsidir. IPC kodlarının H bölümüne ait olduğu bu teknoloji alanında F04B-041/02 IP kodu alanın önde gelen IPC kodunu temsil etmektedir ve elastik akışkanlar için özel olarak uyarlanmış rezarvuarlara sahip pompa tesisatları veya sistem araştırmalarını içermektedir. ABD merkezli Mcbride şirketi Çin merkezli ve Xian Jiaotong Üniversitesi alanın önde gelen araştırma kuruluşlarıdır. İzotermal basınçlı hava enerji depolama sistemlerine yönelik araştırma geliştirme çalışmaları yürüten önde gelen mucit Wang H. iken basınçlı hava enerji depolama sistemi için gazın sıkıştırılması ve genişletilmesine yönelik aparatlar için araştırmalar yürüten Berlin E. P.'dir.

Bu araştırmada geliştirilen teknoloji istihbaratı modelinin uygulanması neticesinde elde edilen istihbaratlar bu çalışmanın kapsamında enerji depolama teknolojileri üzrinde faaliyet gösteren firmalara yol gösterici mahiyettedir. Bu alanda faliyet gösteren bir firma hakkında teknoloji istihbaratı sağlanan enerji depolama teknolojileri için Ar&Ge yatırımı yapmayı planladığı takdirde elde edilen bu bulgular ışığında projelerini önceliklendirebilecektir. Elde edilen bu model sadece enerji depolama alanıyla sınırlı kalmayıp herhangi bir teknoloji alanına uyarlanabilecektir.

Çalışmada karşılaşılan engeller ise sosyal ağ analizleri yardımıyla belirlenen uluslararası alan uzmanlarının çalışmada yer alabilmeleri için kuruluşlarından resmi olarak araştırmada yer almalarına yönelik onay izni almaları gerektiği için birçok alan uzmanı araştırmayı çok ilginç bulmasına rağmen yer almayı reddetmek zorunda

kalmıştır. Bu sebeple uzmanlardan veri toplanması aşaması bir hayli zaman almıştır. Bu engelin üstesinden gelebilmek için ise Türkiye'de düzenlenen enerji konferanslarına katılarak, enerji alanında faaliyet gösteren dernek ve kuruluş ve işletmelere ulaşılarak ve LinkdIn aracılığıyla enerji alanında faaliyet gösteren uzmanlara ulaşılmış ve çalışmaya katılmayı kabul eden uzmanlardan veriler elde edilmiştir.

Çalışma kapsamında ele alınan amaç tam anlamıyla elde edilmesi istenilen teknoloji istihbaratı çıktılarını sunmuştur. Teknolojik yeniliklerin ve bilgilerin her geçen gün kendini güncellemesi adına gelecek çalışmalar için bazı öneriler mevcuttur. Önceklikler ve amaçlar kişi, kuruluş ve sektörlere göre farklılık göstermesinden dolayı çalışmada teknolojileri değerlendirmek için ele alınan tüm kriterler farklı teknoloji, sektör ve firma bazlı uygulandığı takdirde farklılık gösterebilecektir. Ayrıca hiyerarşik karar modelinde uzmanlar kriterlerin ikili karşılaştımasını 100 puan üzerinden değerlendirmelerinin nedeni her bir kritere yada alt kritere 0 ve 100 aralığında sayısal değerler atanarak o kriterin sahip olduğu sayısal değerlerin hesaplanmasını arzu edilebilirlik eğrileri (desirability curves) vasıtasıyla kolaylaştırmaktadır. Bu sebeple, gelecek çalışmaların her bir alternatif teknolojiyi ele alınan kriter bazında metriklere göre de değerlendirilmesi önerilmektedir. Örneğin; değerlendirilen her bir alternatif teknolojinin sermaye maliyetlerini 0 ile 100 aralığında maximum ve minumum limitlerde belirleyerek alan uzmanları tarafından her bir teknolojinin sayısal maliyet değerlerini tespit edilmesidir. Araştırmayı bu çerçevede ele alarak bir üst seviyeye taşıyarak teknolojileri maliyet değerleri ya da sıcaklık aralığı, enerji depolama süresi ya da yaşam ömrü gibi teknik ölçüm değerleri sayısallaştırılarak çok daha somut teknoloji istihbaratları sunulabilecektir.

KAYNAKÇA

Abbas, M. S., & Kocaoglu, D. F. (2016, September). Consistency thresholds for hierarchical decision model. In 2016 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET) (pp. 566-575). IEEE.

Abbas, Z., Yong, L., Li, Y., & Wang, R. (2020). Patent‐based trend analysis for advanced thermal energy storage technologies and their applications. International Journal of Energy Research, 44(7), 5093-5116.

Abotah, R. (2014). Evaluation of energy policy instruments for the adoption of renewable energy: Case of wind energy in the Pacific Northwest US.

Abotah, R. (2015). *Evaluation of energy policy instruments for the adoption of renewable energy: Case of wind energy in the Pacific Northwest US* (Doctoral dissertation, Portland State University).

Ackoff, R. L. (1989). From data to wisdom. *Journal of applied systems analysis*, *16*(1), 3-9.

Afif, A., Rahman, S. M., Azad, A. T., Zaini, J., Islan, M. A., & Azad, A. K. (2019). Advanced materials and technologies for hybrid supercapacitors for energy storage–a review. *Journal of Energy Storage*, *25*, 100852.

Akgün, A. E., Byrne, J., & Keskin, H. (2007). Organizational intelligence: a structuration view. *Journal of Organizational Change Management*.

Akhil, A. A., Huff, G., Currier, A. B., Kaun, B. C., Rastler, D. M., Chen, S. B., ... & Gauntlett, W. D. (2013). *DOE/EPRI 2013 electricity storage handbook in collaboration with NRECA* (p. 163). Albuquerque, NM: Sandia National Laboratories.

Alanazi, H. A., Daim, T. U., & Kocaoglu, D. F. (2015, August). Identify the best alternatives to help the diffusion of teleconsultation by using the Hierarchical Decision Model (HDM). In *2015 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET)* (pp. 422-432). IEEE.

Arman, H., & Foden, J. (2010). Combining methods in the technology intelligence process: application in an aerospace manufacturing firm. *R&d Management,* 40(2), 181-194.

An, B., Chen, J., Deng, Z., Zhang, T., Wang, J., Yang, L., & Chang, X. (2020). Design and testing of a high performance liquid phase cold storage system for liquid air energy storage. *Energy Conversion and Management*, *226*, 113520.

An, B., Chen, J., Deng, Z., Zhang, T., Wang, J., Yang, L., & Chang, X. (2020). Design and testing of a high performance liquid phase cold storage system for liquid air energy storage. *Energy Conversion and Management*, *226*, 113520.

Aneke, M., & Wang, M. (2016). Energy storage technologies and real life applications–A state of the art review. *Applied Energy*, *179*, 350-377.

April, K., & Bessa, J. (2006). A critique of the strategic competitive intelligence process within a global energy multinational. Problems and Perspectives in Management, 4(2), 86-99.

Ashton, W. B., & Stacey, G. S. (1995). Technical intelligence in business: understanding technology threats and opportunities. *International Journal of Technology Management*, *10*(1), 79-104.

Ayachi, F., Tauveron, N., Tartière, T., Colasson, S., & Nguyen, D. (2016). Thermo-Electric Energy Storage involving CO2 transcritical cycles and ground heat storage. *Applied Thermal Engineering*, *108*, 1418-1428.

Barham, H. A. (2019). Development of a Readiness Assessment Model for Evaluating Big Data Projects: Case Study of Smart City in Oregon, USA.

Bellinger, G., Castro, D., & Mills, A. (2004). Data, information, knowledge, and wisdom.

Bherde, R., Palandurkar, M., & Tarnekar, S. (2018, June). Ultra Low Frequency Low Power Oscillator using Ultra-Capacitor and Advanced Flywheel. In 2018 *International Conference on Smart Electric Drives and Power System (ICSEDPS) (pp. 18-21). IEEE.*

Boicea, V. A. (2014). Energy storage technologies: The past and the present. *Proceedings of the IEEE*, *102*(11), 1777-1794.

Bonacich, P. (1972). Factoring and weighting approaches to status scores and clique identification. Journal of mathematical sociology, 2(1), 113-120.

Bozkurt, A. (2014). Ağ toplumu ve bilgi. Türk Kütüphaneciliği, 28(4), 510-525.

Bradford, S. C. (1948). Documentation. Crosby Lockwood& Son Ltd, London.

Burmaoğlu, S., & Şeşen, H. (2017). Determinants of the Firm Innovation: The Turkish Case. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 7(5), 2222-6990.

Calof, J., Richards, G., & Smith, J. (2015). Foresight, competitive intelligence and business analytics—tools for making industrial programmes more efficient. *Форсайт*, *9*(1 (eng)).

Cavalli-Sforza, V. and Ortolano, L. (1984), "*Delphi forecasts of land-use – transportation interactions*", *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 110 No. 3, pp. 324–39.

Chaffey, D., & White, G. (2010). *Business information management: Improving performance using information systems*.

Chen, H., Zhang, G., Zhu, D., & Lu, J. (2015). A patent time series processing component for technology intelligence by trend identification functionality. *Neural Computing and applications*, *26*(2), 345-353.

Chiesa, M., & Franzò, S. (2015). The Economic Evaluation of Energy Efficiency in Industry: An Innovative Methodology. *ACEEE Summer Study Energy Effic. Ind*, 1-11.

Cleland, D. I., & Kocaoglu, D. F. (1981). *Engineering management*. McGraw-Hill Companies.

Cleveland, H. (1982). Information as a resource. *Futurist*, *16*(6), 34-39.

Çolak, M., & Kaya, İ. (2020). Multi-criteria evaluation of energy storage technologies based on hesitant fuzzy information: A case study for Turkey. Journal of Energy Storage, 28, 101211.

Cooley, M. (1980). *Architect or bee?* (p. 66). Slough: Langley Technical Services.

Daim, T. U., Li, X., Kim, J., & Simms, S. (2012). Evaluation of energy storage technologies for integration with renewable electricity: Quantifying expert opinions. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, *3*, 29-49.

Daim, T. U., Gomez, F. A., Martin, H., & Sheikh, N. (2013). Technology roadmap development process (TRDP) in the medical electronic device industry. International Journal of Business Innovation and Research, 7(2), 228-263.

Daim, T. U., & Gerdsri, N. (2009). Research and development progress assessment through technological and scientific intelligence. International Journal of Technology Intelligence and Planning, 5(4), 341-356.

Daim, T. U., Lim, D., Gomez, F. A., Schwarz, J., & Jovanovic, S. (2014). Storage technologies for wind power in the Columbia River Gorge. *International Journal of Sustainable Energy*, *33*(1), 1-15.

Dang, R. J., Mortara, L., Thomson, R., & Minshall, T. (2011). Developing a technology intelligence strategy to access knowledge of innovation clusters. *In Strategies and Communications for Innovations* (pp. 51-71). Springer, Berlin, Heidelberg.

Day, S., & Lury, C. (2017). New technologies of the observer:# BringBack, visualization and disappearance. *Theory, Culture & Society*, 34(7-8), 51-74.

Dey, Paramita and Sarbani Roy. "Social Network Analysis." Advanced Methods for Complex Network Analysis, edited by Natarajan Meghanathan, IGI Global, 2016, pp. 237-265. http://doi:10.4018/978-1-4666-9964-9.ch010

Dib, G., Haberschill, P., Rullière, R., & Revellin, R. (2021). Thermodynamic investigation of quasi-isothermal air compression/expansion for energy storage. Energy Conversion and Management, 235, 114027.

DOE/EPRI, (2013). *Electricity Storage Handbook in Collaboration with NRECA*

DOE, (2021). Long-Duration Energy Storage Workshop*: "BIG" Energy Storage: Priorities and Pathways to Long-Duration Energy Storage* https://www.sandia.gov/ess-ssl/ldes/

Erdemir, D. (2020). Development and assessment of geothermal‐based underground pumped hydroenergy storage system integrated with organic Rankine cycle and district heating. *International Journal of Energy Research*, *44*(13), 10894-10907.

Eren, B., & Köksal, M. (2019). Termal Enerji Depolama Sistemlerinin Uygulanabilirliğinin İncelenmesi. Academic Perspective Procedia, 2(3), 1357-1368.

Estep, J. (2017). *Development of a technology transfer score for evaluating research proposals: Case study of demand response technologies in the Pacific Northwest* (Doctoral dissertation, Portland State University).

Freeman, L. C., Roeder, D., & Mulholland, R. R. (1979). Centrality in social networks: II. Experimental results. *Social networks*, *2*(2), 119-141.

Ferreira, H. L., Garde, R., Fulli, G., Kling, W., & Lopes, J. P. (2013). Characterisation of electrical energy storage technologies. *Energy*, *53*, 288-298.

Ferreira, H. L., Garde, R., Fulli, G., Kling, W., & Lopes, J. P. (2013). Characterisation of electrical energy storage technologies. *Energy*, *53*, 288-298.

Frumau, C. C. (1992). Choices in R&D and business portfolio in the electronics industry: What the bibliometric data show. *Research Policy*, *21*(2), 97-124.

Garcia, L. S., Jacquemoud, E., & Jenny, P. (2019). Thermo-economic heat exchanger optimization for electro-thermal energy storage based on transcritical CO2 cycles.

Garfield, E., & Merton, R. K. (1979). *Citation indexing: Its theory and application in science, technology, and humanities* (Vol. 8). New York: Wiley.

Garces, E., Daim, T. U., & Dabić, M. (2021). Evaluating R&D Projects in Regulated Utilities: The Case of Power Transmission Utilities. *IEEE Transactions on Engineering Management*.

Gibson, C., & Brennan-Horley, C. (2016). *Putting the boot into creative cluster theory.* In Handbook on the Geographies of Innovation. Edward Elgar Publishing.

Giles, L. (1910). The art of war (Vol. 1). *Library of Alexandria.*

Gerdsri, N. (2007). An analytical approach to building a technology development envelope (TDE) for roadmapping of emerging technologies. *International Journal of Innovation and Technology Management*, *4*(02), 121-135.

Gerdsri, N., & Kocaoglu, D. F. (2003, July). An analytical approach to building a technology development envelope (TDE) for roadmapping of emerging technologies: a case study of emerging electronic cooling technologies for computer servers. In *PICMET'03: Portland International Conference on Management of Engineering and Technology Technology Management for Reshaping the World, 2003*. (pp. 380-389). IEEE.

Gonçalves, L. R., & de Almeida, F. C. (2019). How Technology Intelligence is Applied In Different Contexts?. *International Journal of Innovation: IJI Journal*, *7*(1), 104-118.

González, E. L., Llerena, F. I., Pérez, M. S., Iglesias, F. R., & Macho, J. G. (2015). Energy evaluation of a solar hydrogen storage facility: Comparison with other electrical energy storage technologies. *International Journal of Hydrogen Energy*, *40*(15), 5518-5525.

Griffith, S. B. (1963). *Sun Tzu: The art of war* (Vol. 39). London: Oxford University Press.

Grima, S., Spiteri, J., & Romānova, I. (2020). A STEEP framework analysis of the key factors impacting the use of blockchain technology in the insurance industry. The Geneva Papers on Risk and Insurance-Issues and Practice, 45(3), 398-425.

Gruber, T. (2008, May). Intelligence at the Interface: Semantic Technology and the Consumer Internet Experience. *In Presentation at Semantic Technologies Conference*, Available online at (pp. 1-40).

Guo, Z., Ge, S., Yao, X., Li, H., & Li, X. (2020). Life cycle sustainability assessment of pumped hydro energy storage. *International Journal of Energy Research*, *44*(1), 192-204.

Gür, T. M. (2018). Review of electrical energy storage technologies, materials and systems: challenges and prospects for large-scale grid storage. *Energy & Environmental Science*, *11*(10), 2696-2767.

Hadjipaschalis, I., Poullikkas, A., & Efthimiou, V. (2009). Overview of current and future energy storage technologies for electric power applications. *Renewable and sustainable energy reviews*, *13*(6-7), 1513-1522.

Hall, P. J., & Bain, E. J. (2008). Energy-storage technologies and electricity generation. *Energy policy*, *36*(12), 4352-4355.

Hamilton, J., & Selen, W. (2008). A multi-agent business intelligence framework for the travel sector. *ICEB 2008*, 36.

Hammoud, M. S., & Nash, D. P. (2014). What corporations do with foresight. European Journal of Futures Research, 2(1), 1-20.

Hannan, M. A., Hoque, M. M., Mohamed, A., & Ayob, A. (2017). Review of energy storage systems for electric vehicle applications: Issues and challenges. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 69, 771-789.

Harell, G., & Daim, T. U. (2009). Forecasting energy storage technologies. *Foresight*.

He, W., Shen, J., Tian, X., Li, Y., Akula, V., Yan, G., & Tao, R. (2015). Gaining competitive intelligence from social media data: Evidence from two largest retail chains in the world. *Industrial management & data systems.*

Hey, J. (2004). The data, information, knowledge, wisdom chain: the metaphorical link. *Intergovernmental Oceanographic Commission*, *26*, 1-18.

Hwang, C. L., & Masud, A. S. M. (1979). *Methods for multiple objective decision making. In Multiple objective decision making—methods and applications* (pp. 21-283). Springer, Berlin, Heidelberg.

Iskin, I. (2014). An assessment model for energy efficiency program planning in electric utilities: Case of the Pacific of northwest USA (Doctoral dissertation, Portland State University).

Jakawat, W., Favre, C., & Loudcher, S. (2014). Olap on information networks: A new framework for dealing with bibliographic data. In *New Trends in Databases and Information Systems* (pp. 361-370). Springer, Cham.

Jeong, Y., Park, I., & Yoon, B. (2019). Identifying emerging Research and Business Development (R&BD) areas based on topic modeling and visualization with intellectual property right data. Technological Forecasting and Social Change, 146, 655-672.

Johansson, C. (2007). *Knowledge engineering in the virtual enterprise: exploring a maturity-based decision support*(Doctoral dissertation, Luleå tekniska universitet).

Khanam, M., & Daim, T. (2021). A market diffusion potential (MDP) assessment model for residential energy efficient (EE) technologies in the US. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *144*, 110968.

Khosropour, H., Feizi, K., Tabaeean, K., & Taheri, Z. (2015). The effect of open innovation on technology intelligence in aviation industry of Iran. *Science, Technology and Society*, 20(1), 89-113.

Kerr, C., & Phaal, R. (2018). Directing the technology intelligence activity: An 'information needs' template for initiating the search. *Technological Forecasting and Social Change*, 134, 265-276.

Kerr, C. I., Mortara, L., Phaal, R., & Probert, D. R. (2006). A conceptual model for technology intelligence. *International Journal of Technology Intelligence and Planning*, *2*(1), 73-93.

Kim, J., Suharto, Y., & Daim, T. U. (2017). Evaluation of Electrical Energy Storage (EES) technologies for renewable energy: A case from the US Pacific Northwest. *Journal of Energy Storage*, *11*, 25-54.

Kocaoglu, D. F. (1983). A participative approach to program evaluation. *IEEE Transactions on Engineering Management*, (3), 112-118.

Kocaoglu, D. F., Daim, T. U., Iskin, I., & Alizadeh, Y. (2016). Technology assessment: criteria for evaluating a sustainable energy portfolio. In *Hierarchical Decision Modeling* (pp. 3-34). Springer, Cham.

Kozak, M., & Kozak, Ş. (2012). Enerji depolama yöntemleri. *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, *4*(2), 17-29.

Larson, R. R. (1996, October). Bibliometrics of the World Wide Web: An exploratory analysis of the intellectual structure of cyberspace. In Proceedings of the Annual Meeting-American Society for Information Science (Vol. 33, pp. 71-78).

Lee, S., Mortara, L., Kerr, C., Phaal, R., & Probert, D. (2012). Analysis of document-mining techniques and tools for technology intelligence: discovering knowledge from technical documents. *International Journal of Technology Management*, *60*(1-2), 130-156.

Li, X., Xie, Q., Daim, T., & Huang, L. (2019). Forecasting technology trends using text mining of the gaps between science and technology: The case of perovskite solar cell technology. *Technological Forecasting and Social Change*, *146*, 432-449.

Li, X., Zhou, Y., Xue, L., & Huang, L. (2015). Integrating bibliometrics and roadmapping methods: A case of dye-sensitized solar cell technology-based industry in China. *Technological Forecasting and Social Change,* 97, 205-222.

Lichtenthaler, E. (2003). Third generation management of technology intelligence processes. *R&d Management*, 33(4), 361-375.

Lichtenthaler, E. (2004a). Technological change and the technology intelligence process: a case study. *Journal of Engineering and technology Management*, 21(4), 331-348.

Lichtenthaler, E. (2004b). Technology intelligence processes in leading European and North American multinationals. *R&D Management*, 34(2), 121-135.

Lichtenthaler, E. (2004c). Coordination of technology intelligence processes: A study in technology intensive multinationals. *Technology Analysis & Strategic Management*, 16(2), 197-221.

Lichtenthaler, U. (2005). External commercialization of knowledge: Review and research agenda. *International Journal of Management Reviews*, 7(4), 231-255.

Lichtenthaler, U., & Ernst, H. (2007). External technology commercialization in large firms: results of a quantitative benchmarking study. *r&d Management*, 37(5), 383-397.

Lichtenthaler, U. (2009). Absorptive capacity, environmental turbulence, and the complementarity of organizational learning processes. *Academy of management journal*, 52(4), 822-846.

Liebowitz, J. (2006). Strategic intelligence*: business intelligence, competitive intelligence, and knowledge management*. Auerbach Publications.

Lingga, M. M. (2016). Developing a hierarchical decision model to evaluate nuclear power plant alternative siting technologies.

Liu, S., & Jiang, J. (2019, July). Technical Evolution of Advanced Flywheel Energy Storage System. In 2019 Chinese Control Conference (CCC) (pp. 6588-6593). IEEE.

Liu, J., Li, X., & Wang, S. (2020). What have we learnt from 10 years of fintech research? a scientometric analysis. Technological Forecasting and Social Change, 155, 120022.

Liu, H., Li, X., & Wang, S. (2021). A bibliometric analysis of 30 years of platform research: Developing the research agenda for platforms, the associated technologies and social impacts. Technological Forecasting and Social Change, 169, 120827.

Liu, S., & Wang, J. (2012, July). Diesel Rig Mechanical Peaking System Based on Flywheel Energy Storage Technology. In *Proceedings of the 2012 Third International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering* (pp. 3282-3285).

Luo, X., Wang, J., Dooner, M., & Clarke, J. (2015). Overview of current development in electrical energy storage technologies and the application potential in power system operation. *Applied energy*, *137*, 511-536.

Magala, S. (2008). Life of Social Values, Rotterdam, 18—19 May 2007. *International Journal of Cross Cultural Management*, 8(3), 363-369.

Marttunen, M., Lienert, J., & Belton, V. (2017). Structuring problems for Multi-Criteria Decision Analysis in practice: A literature review of method combinations. European Journal of Operational Research, 263(1), 1-17.

McCulloh, I., Armstrong, H., & Johnson, A. (2013). *Social network analysis with applications*. John Wiley & Sons.

McMillan, G. S., & Hamilton Iii, R. D. (2000). Using bibliometrics to measure firm knowledge: an analysis of the US pharmaceutical industry. Technology Analysis & Strategic Management, 12(4), 465-475.

Medeni, T. İ., & Aktaş, Z. (2010). Veri toplumundan bilgi toplumuna dört düzeyli bir toplum modeli. 3. *Ağ ve Bilgi Güvenliği Ulusal Sempozyumu*, 5-6.

Mercangöz, M., Hemrle, J., Kaufmann, L., Z'Graggen, A., & Ohler, C. (2012). Electrothermal energy storage with transcritical CO2 cycles. *Energy*, *45*(1), 407-415.

Meyer, M. (2002). Tracing knowledge flows in innovation systems. Scientometrics, 54(2), 193-212.

Michaelson, S. W. (2007). *Sun Tzu for execution: how to use the art of war to get results*. Simon and Schuster.

Miles, I., Saritas, O., & Sokolov, A. (2016). *Foresight for science, technology and innovation.* Switzerland: Springer International Publishing.

Mongird, K., Viswanathan, V. V., Balducci, P. J., Alam, M. J. E., Fotedar, V., Koritarov, V. S., & Hadjerioua, B. (2019). *Energy storage technology and cost characterization report* (No. PNNL-28866). Pacific Northwest National Lab.(PNNL), Richland, WA (United States).

Montgomery, D. B., & Weinberg, C. B. (1979). Toward strategic intelligence systems. *Journal of Marketing*, *43*(4), 41-52.

Montibeller, G., & Franco, A. (2010). Multi-criteria decision analysis for strategic decision making. In Handbook of multicriteria analysis (pp. 25-48). Springer, Berlin, Heidelberg.

Morandin, M., Henchoz, S., & Mercangöz, M. (2011, September). Thermo-electrical energy storage: a new type of large scale energy storage based on thermodynamic cycles. In *World Engineers' Convention, Geneva*.

Mortara, L., Kerr, C. I., Phaal, R., & Probert, D. R. (2009). A toolbox of elements to build technology intelligence systems. *International Journal of Technology Management*, *47*(4), 322-345.

Mortara, L., Kerr, C. I., Phaal, R., & Probert, D. R. (2009a). Technology intelligence practice in UK technology-based companies. *International Journal of Technology Management*, *48*(1), 115-135.

Mortara, L., Thomson, R., Moore, C., Armara, K., Kerr, C., Phaal, R., & Probert, D. (2010). Developing a technology intelligence strategy at Kodak European Research: Scan & target. *Research-Technology Management*, *53*(4), 27-38.

Mortara, L., Thomson, R., Moore, C., Armara, K., Kerr, C., Phaal, R., & Probert, D. (2010). Developing a technology intelligence strategy at Kodak European Research: Scan & target. *Research-Technology Management*, *53*(4), 27-38.

Moser, M., Gils, H. C., & Pivaro, G. (2020). A sensitivity analysis on large-scale electrical energy storage requirements in Europe under consideration of innovative storage technologies. *Journal of Cleaner Production*, *269*, 122261.

Murphy, C. (2016). *Competitive intelligence: gathering, analysing and putting it to work*. Routledge.

Nikolaidis, P., & Poullikkas, A. (2018). Cost metrics of electrical energy storage technologies in potential power system operations. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, *25*, 43-59.

Nishavathi, E., & Jeyshankar, R. (2018). Measuring Co-authorship Pattern in Research Output of Chromosome Anomalies. *Library Philosophy & Practice*.

Norling, P. M., Herring, J. P., Rosenkrans Jr, W. A., Stellpflug, M., & Kaufman, S. B. (2000). Putting competitive technology intelligence to work. *Research-Technology Management*, *43*(5), 23-28.

Nosella, A., Petroni, G., & Salandra, R. (2008). Technological change and technology monitoring process: Evidence from four Italian case studies. *Journal of Engineering and Technology Management*, *25*(4), 321-337.

Nylan, M., & Wilson, T. (2020). Circle of Fear in Early China. Religions 12: 26.

Ozcan, S., & Islam, N. (2014). Collaborative networks and technology clusters—The case of nanowire. *Technological Forecasting and Social Change*, *82*, 115-131.

ÖZDEMİR, N., & HADRA, M. Yenilenebilir Enerji Kaynakları İçin Depolama Yöntemleri Energy Storage Methods For Renewable Energy Sources.

Park, I., & Yoon, B. (2018). Technological opportunity discovery for technological convergence based on the prediction of technology knowledge flow in a citation network. Journal of Informetrics, 12(4), 1199-1222.

Phillips, R. (2000), New applications for the Delphi technique, Annual San Diego Pfeiffer and Company, Vol. 2, pp. 191□196.

Porter, A. L., & Cunningham, S. W. (2004). *Tech mining: Exploiting new technologies for competitive advantage.* John Wiley & Sons.

Porter, A. L. (2005). QTIP: Quick technology intelligence processes. *Technological Forecasting and Social Change*, 72(9), 1070-1081.

Porter, A. L., & Detampel, M. J. (1995). Technology opportunities analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, 49(3), 237-255.

Ranjbar, M. S., & Tavakoli, G. R. (2015). Toward an inclusive understanding of technology intelligence: A literature review. *Foresight*.

Qi, X., Huang, K., Wu, X., Zhao, W., Wang, H., Zhuang, Q., & Ju, Z. (2018). Novel fabrication of N-doped hierarchically porous carbon with exceptional potassium storage properties. *Carbon*, *131*, 79-85.

Quoniam, L., Hassanaly, P., Baldit, P., Rostaing, H., & Dou, H. (1993). Bibliometric analysis of patent documents for R&D management. *Research Evaluation*, *3*(1), 13-18.

Rafols, I., Hopkins, M. M., Hoekman, J., Siepel, J., O'Hare, A., Perianes-Rodríguez, A., & Nightingale, P. (2014). Big Pharma, little science?: A bibliometric perspective on Big Pharma's R&D decline. *Technological forecasting and social change*, *81*, 22-38.

Rowley, J. (2007). The wisdom hierarchy: representations of the DIKW hierarchy. *Journal of information science*, *33*(2), 163-180.

Saaty, T. L. (1997). That is not the analytic hierarchy process: what the AHP is and what it is not. *Journal of Multi□Criteria Decision Analysis*, 6(6), 324-335.

Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of mathematical psychology*, 15(3), 234-281.

Saaty T L (1980) The Analytic Hierarchy Process, McGraw Hill International.

Sauter, V. L. (2008). Competitive intelligence systems. In *Handbook on Decision* Support Systems 2 (pp. 195-210). Springer, Berlin, Heidelberg.

Savioz, P. (2003). *Technology intelligence: concept design and implementation in technology based SMEs*. Springer.

Savioz, P., & Tschirky, H. (2004). *Technology intelligence system: benefits and roles of top management.* In Bringing technology and innovation into the boardroom (pp. 220-236). Palgrave Macmillan, London.

Savioz, P. (2006). Technology intelligence systems: practices and models for large, medium-sized and start-up companies. *International Journal of Technology Intelligence and Planning*, *2*(4), 360-379.

Sawyer, RD. *(*1996). *The Complete Art of War*. Westview Press.

Schuh, G., Bremer, D., Wellensiek, M., & Drescher, T. (2013, July). Method towards a scenario-based planning of technology exploitation. *In 2013 Proceedings of PICMET'13: Technology Management in the IT-Driven Services* (PICMET) (pp. 826-836). IEEE.

Schuh, G., Lau, F., Schröder, S., & Wetterney, T. (2016, September). Next generation hardware development: The role of technology intelligence to reduce uncertainty in Agile new Product Development. *In 2016 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology* (PICMET) (pp. 2573-2582). IEEE.

Schröder, M. (2004). The performance of socially responsible investments: Investment funds and indices. *Financial markets and portfolio management*, 18(2), 122.

Senghore, F., Campos-Nanez, E., Fomin, P., & Wasek, J. S. (2014). Using Social Network Analysis to Investigate the Potential of Innovation Networks: Lessons Learned from NASA's International Space Apps Challenge. *Procedia Computer Science*, *28*, 380-388.

Setyowati, L., & Heriyanto, H. (2019, December). Research Data Management in Higher Educations: Knowledge Mapping Using Bibliometric Analysis. In Proceeding of International Conference on Documentation and Information (Vol. 2, pp. 21-33).

Sharma, N. (2008). The Origin of the 'Data Information Knowledge Wisdom'(DIKW) Hierarchy. *February, www. researchgate. net/publication/202333202 The Origin of Data Information Knowledge Wisdom DIKW Hiera*.

Shehabuddeen, N. T., & Probert, D. R. (2004, October). Excavating the technology landscape: deploying technology intelligence to detect early warning signals. In *2004 IEEE International Engineering Management Conference (IEEE Cat. No. 04CH37574)* (Vol. 1, pp. 332-336). IEEE.

Sheikh, N. J. (2013). Assessment of solar photovoltaic technologies using multiple perspectives and hierarchical decision modeling.

Shen, J., Li, Y., Akula, V., Yan, G., & Tao, R. (2015). Gaining competitive intelligence from social media data. *Industrial Management & Data Systems*, *115*(9), 1622-1636.

Shirinda, K., Kusakana, K., & Koko, S. P. (2020, October). Optimal Power Dispatch of a Grid-Connected Photovoltaic with Groundwater Pumped-Hydro Storage System Supplying a Farmhouse. In *2020 International Conference on Smart Grid and Clean Energy Technologies (ICSGCE)* (pp. 5-9). IEEE.

Shuying, L., Garces, E., & Tugrul, D. (2019, November 1). Technology forecasting by analogy-based on social network analysis: The case of autonomous vehicles. ScienceDirect.https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040162518315099

Sokolov, A., Saritas, O., & Meissner, D. (2019). Global Market Creation for Fuel Cell Electric Vehicles. In Emerging Technologies for Economic Development (pp. 131-152). Springer, Cham.

Soltani, Z., Zareie, B., Rajabiun, L., & Fashami, A. A. M. (2019). *The effect of knowledge management, e-learning systems and organizational learning on organizational intelligence*. Kybernetes.

Søilen, K. S. (2016). A research agenda for intelligence studies in business. *Journal of Intelligence Studies in Business*, *6*(1).

Stutz, H. H., Norlyk, P., Sørensen, K., Andersen, L. V., Sørensen, K. K., & Clausen, J. (2020). Finite element modeling of an energy-geomembrane underground pumped hydroelectric energy storage system. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 205, p. 07001). EDP Sciences.

Sunzi, Wee, C. H., & Wee, C. H. (2003). *Sun Zi art of war: an illustrated translation with Asian perspectives and insights*. Pearson Education South Asia.

Şahin, A. E. (2001). Eğitim araştırmalarında delphi tekniği ve kullanımı. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *20*(20).

Şenkayas, H., Öztürk, M., & Sezen, G. (2010). Lojistik tedarikçilerin seçiminde analitik hiyerarşi süreci (ahp) yöntemi: mondial şirketinde bir uygulama. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (5), 161-175.

Talluri, L., Manfrida, G., & Fiaschi, D. (2019). Thermoelectric energy storage with geothermal heat integration–Exergy and exergo-economic analysis. *Energy Conversion and Management*, *199*, 111883.

Tessier, M. J., Floros, M. C., Bouzidi, L., & Narine, S. S. (2016). Exergy analysis of an adiabatic compressed air energy storage system using a cascade of phase change materials. *Energy*, *106*, 528-534.

Tetteh, S., Yazdani, M. R., & Santasalo-Aarnio, A. (2021). Cost-effective Electro-Thermal Energy Storage to balance small scale renewable energy systems. *Journal of Energy Storage*, *41*, 102829.

Turban, E., Sharda, R., Aronson, J. E., & King, D. (2008). *Business intelligence: A managerial approach* (pp. 58-59). Corydon^ eIndiana Indiana: Pearson Prentice Hall.

Tzu, S. (2009). *The Art of War: The oldest military treatise in the world*. The Floating Press.

Tzu, S. (2021). *The Art of War-Sun Tzu*. Phoemixx Classics Ebooks.

Ünver, Ü., Bilgin, H., & Güven, A. (2015). POMPAJ DEPOLAMALI HİDROELEKTRİK SİSTEMLER. *Mühendis ve Makina*, *56*(663), 57-64.

Vinnemeier, P., Wirsum, M., Malpiece, D., & Bove, R. (2016). Integration of heat pumps into thermal plants for creation of large-scale electricity storage capacities. *Applied Energy*, *184*, 506-522.

Vischer, M., Boutellier, R., & Breitenmoser, P. (2010). Implementation of a gatekeeper structure for business and technology intelligence. *International Journal of Technology intelligence and Planning*, 6(2), 111-127.

Vercellis, C. (2009). *Business Intelligence: Data Mining and Optimization for Decision Making*. Wiley Publishing, Inc.

Veugelers, M., Bury, J., & Viaene, S. (2010). Linking technology intelligence to open innovation. *Technological forecasting and social change*, 77(2), 335-343.

Vollmer, T., Manic, M., & Linda, O. (2013). Autonomic intelligent cyber-sensor to support industrial control network awareness. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10(2), 1647-1658.

Qi, X., Huang, K., Wu, X., Zhao, W., Wang, H., Zhuang, Q., & Ju, Z. (2018). Novel fabrication of N-doped hierarchically porous carbon with exceptional potassium storage properties. *Carbon*, *131*, 79-85.

Wallacker, B. E. (1963). Sun Tzu-the art of war.

Wang, X., Yang, X., Wang, X., Xia, M., & Wang, J. (2019). Evaluating the competitiveness of enterprise's technology based on LDA topic model. Technology Analysis & Strategic Management, 1-15.

WANG, J. B., ZHAO, G. L., JIANG, X. C., & CAI, L. H. (2013). Overiew on application of flywheel energy storage technology in power grid. *Power Electronics*, *47*(7), 28-30.

Weinberger, D. (2010) The Problem with the Information – Knowledege - Wisdom Hierarchy https://hbr.org/2010/02/data-is-to-info-as-info-is-not (access 19.02.2020 at 20.30

Wilensky, H. L. (2015). *Organizational intelligence: Knowledge and policy in government and industry* (Vol. 19). Quid Pro Books.

Wing, R. L. (1988). *The art of strategy: a new translation of Sun Tzu's classic, The art of war*. Main Street Books.

Wright, S., & Calof, J. L. (2006). The quest for competitive, business and marketing intelligence. European Journal of Marketing.

Xu, Z., Ge, Z., Wang, X., & Skare, M. (2021). Bibliometric analysis of technology adoption literature published from 1997 to 2020. Technological Forecasting and Social Change, 170, 120896.

Yoon, B., & Lee, S. (2012). Managing technological knowledge for supporting R&D activities: scientometrics-based approach. Knowledge Management Research & Practice, 10(3), 237-251.

Yoon, B. (2008). On the development of a technology intelligence tool for identifying technology opportunity. *Expert Systems with Applications*, *35*(1-2), 124-135.

Zeleny, M. (1987). Management support systems: towards integrated knowledge management. *Human systems management*, *7*(1), 59-70.

Zhang, Y., Guo, Y., Wang, X., Zhu, D., & Porter, A. L. (2013). A hybrid visualisation model for technology roadmapping: bibliometrics, qualitative methodology and empirical study. Technology Analysis & Strategic Management, 25(6), 707-724.

Zhang, C., Ding, Y., Zhang, L., Wang, X., Zhao, Y., Zhang, X., & Yu, G. (2017). A Sustainable Redox‐Flow Battery with an Aluminum‐Based, Deep‐Eutectic‐Solvent Anolyte. *Angewandte Chemie International Edition*, *56*(26), 7454-7459.

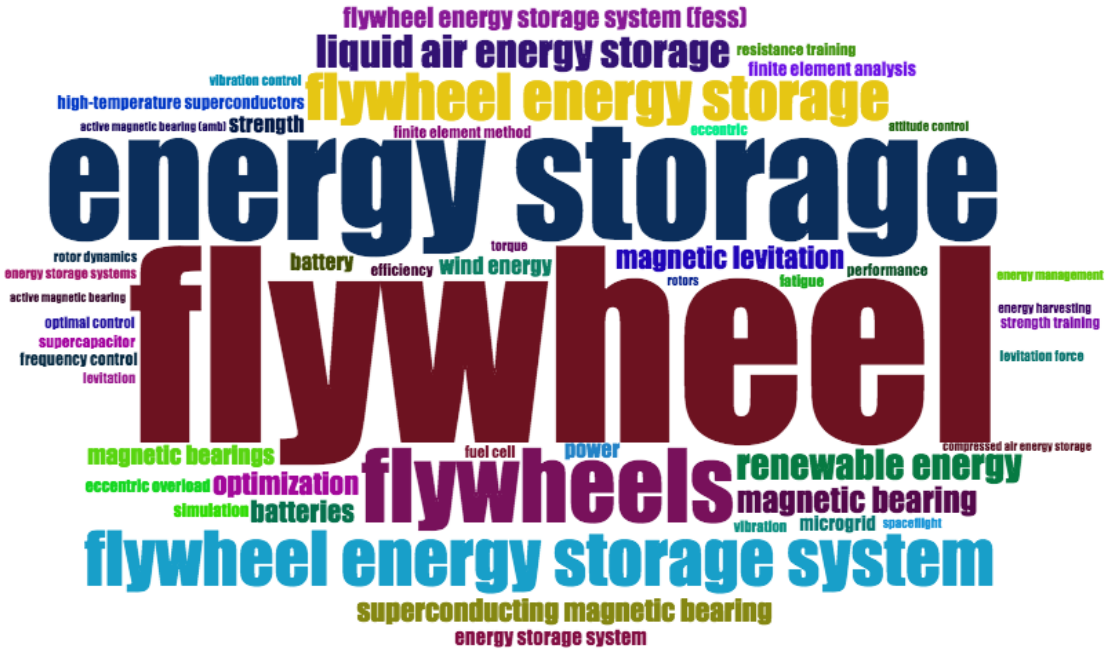
Zhao, H., Guo, S., & Zhao, H. (2019). Comprehensive assessment for battery energy storage systems based on fuzzy-MCDM considering risk preferences. Energy, 168, 450-461.

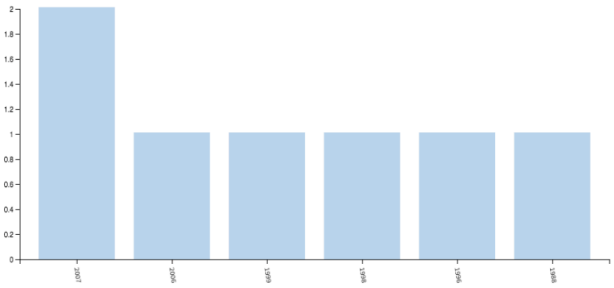
Zhao, P., Lai, Y., Xu, W., Zhang, S., Wang, P., & Wang, J. (2020). Performance investigation of a novel near‐isothermal compressed air energy storage system with stable power output. International Journal of Energy Research, 44(14), 11135-11151.

Zhao, X., Xiong, P., Meng, J., Liang, Y., Wang, J., & Xu, Y. (2017). High rate and long cycle life porous carbon nanofiber paper anodes for potassium-ion batteries. *Journal of Materials Chemistry A*, *5*(36), 19237-19244.

EKLER

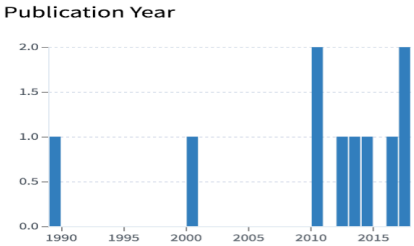
EK 1.



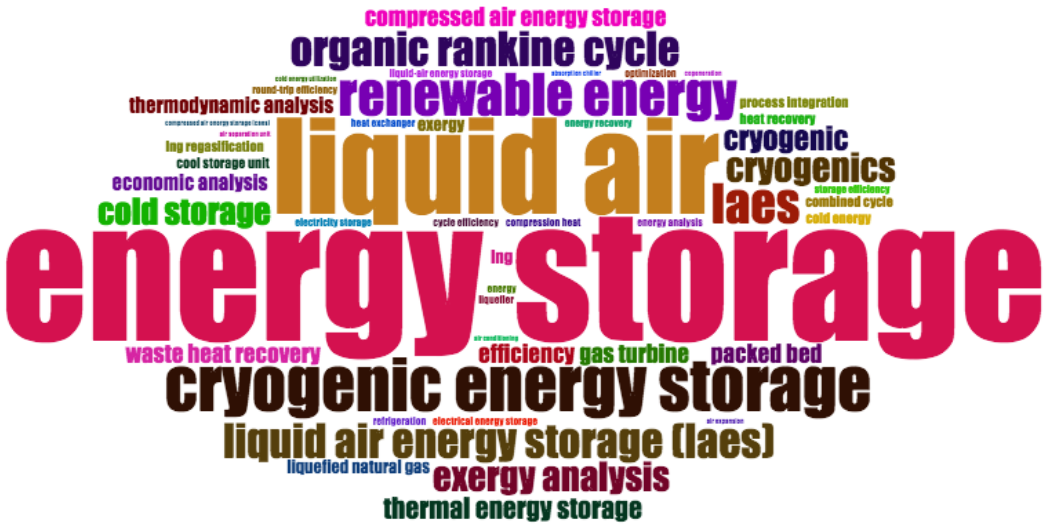


Scientific Papers
Results: 7
Searched for:
TOPIC: ("advanced flywheel*")
Timespan: All years.
Indexes: SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, ESCI.

Patents
Results: 10
Searched for:(Title:advanced flywheel* OR (Abstract:advanced flywheel* OR Claims: advanced flywheel*))

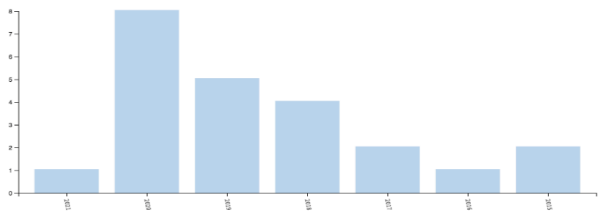


Select	Field: Publication Years	Record Count	% of 7	Bar Chart
☐	2007	2	28.571 %	
☐	2006	1	14.286 %	
☐	1999	1	14.286 %	
☐	1998	1	14.286 %	
☐	1996	1	14.286 %	
☐	1988	1	14.286 %	

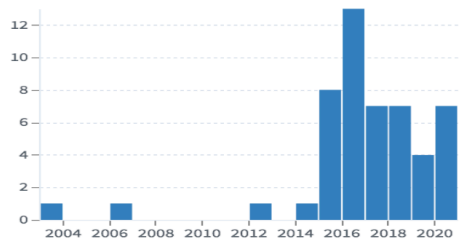


Scientific Papers
Results: 23
Searched for:
TOPIC: ("liquid air energy storage system*")
Timespan: All years.
Indexes: SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, ESCI.

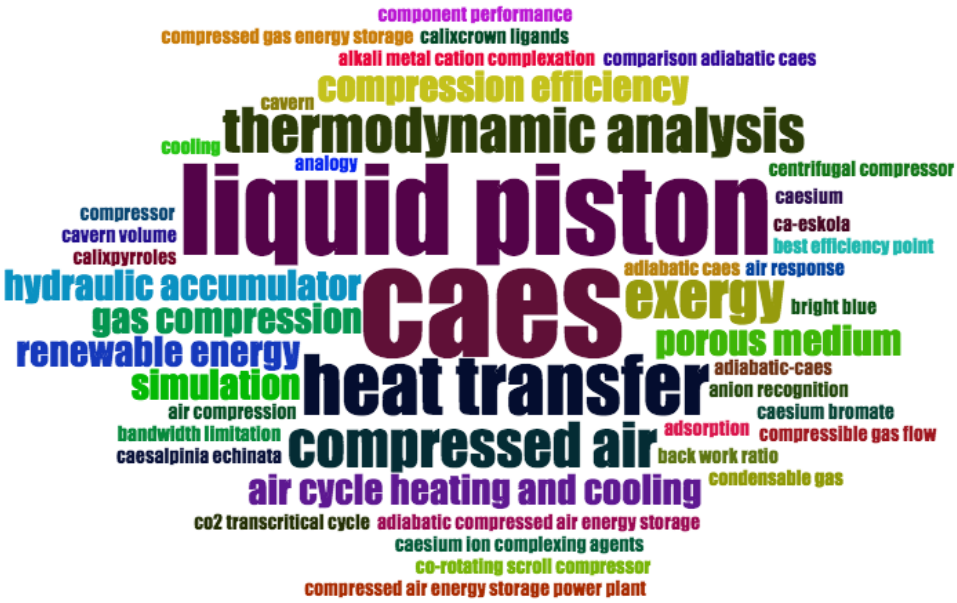
Patents
Results: 50
Searched for:(Title:liquid air energy storage system* OR (Abstract:liquid air energy storage system* OR Claims: liquid air energy storage system*))

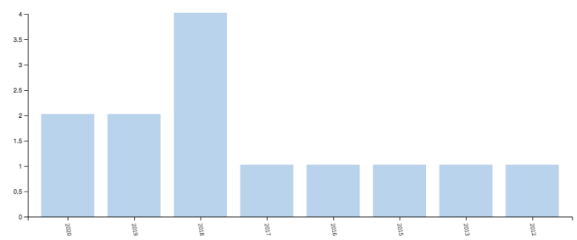


Publication Year



Select	Field: Publication Years	Record Count	% of 23	Bar Chart
☐	2021	1	4.348 %	
☐	2020	8	34.783 %	
☐	2019	5	21.739 %	
☐	2018	4	17.391 %	
☐	2017	2	8.696 %	
☐	2016	1	4.348 %	
☐	2015	2	8.696 %	

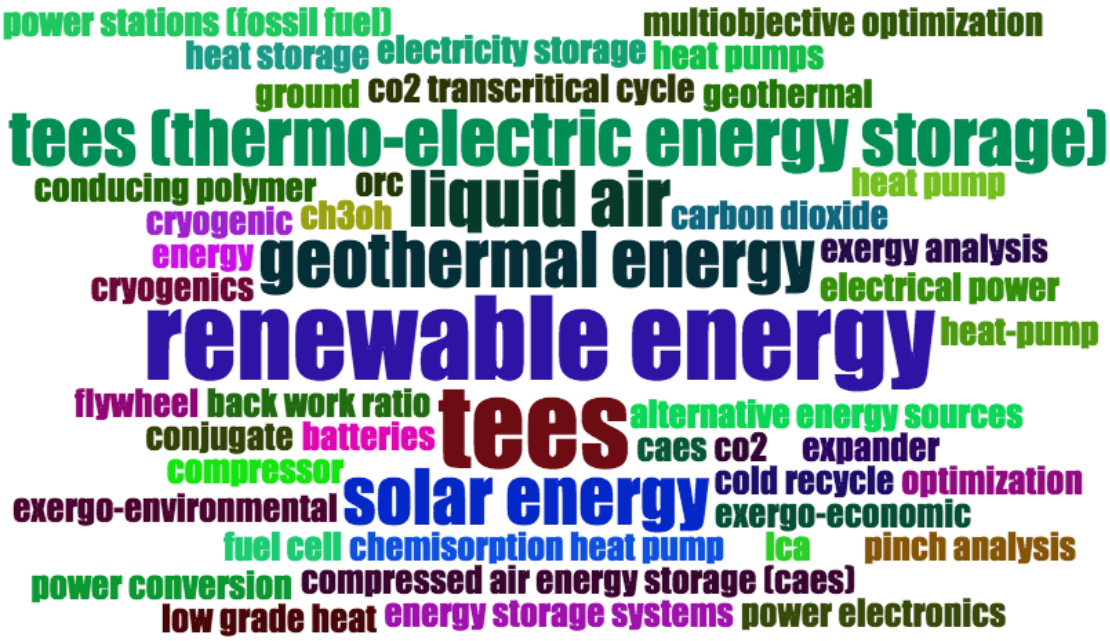




Scientific Papers
Results: 13
Searched for:
TOPIC: ("isothermal CAES*")
Timespan: All years.
Indexes: SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, ESCI.

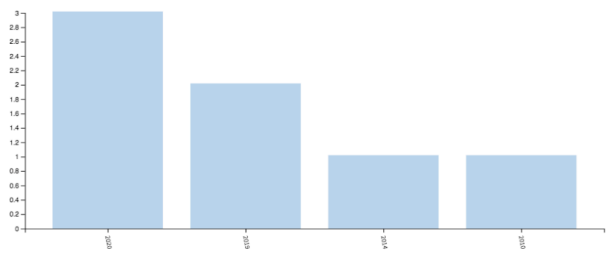
Patents
Results: 0
Searched for:(Title:isothermal CAES* OR (Abstract:isothermal CAES* OR Claims: isothermal CAES*))

Select	Field: Publication Years	Record Count	% of 13	Bar Chart
☐	2020	2	15.385 %	
☐	2019	2	15.385 %	
☐	2018	4	30.769 %	
☐	2017	1	7.692 %	
☐	2016	1	7.692 %	
☐	2015	1	7.692 %	
☐	2013	1	7.692 %	
☐	2012	1	7.692 %	

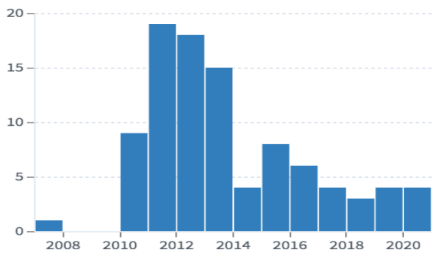


Scientific Papers
Results: 7
Searched for:
TOPIC: ("thermoelectric energy storage*")
Timespan: All years.
Indexes: SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, ESCI.

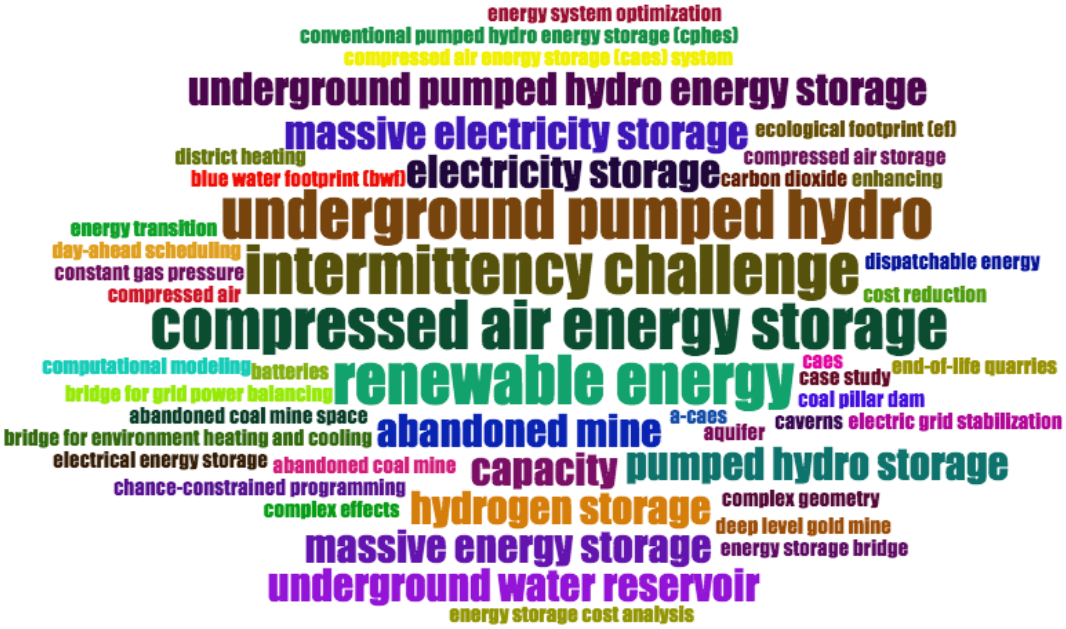
Patents
Results: 95
Searched for:(Title:thermoelectric energy storage* OR (Abstract:thermoelectric energy storage* OR Claims: thermoelectric energy storage*))

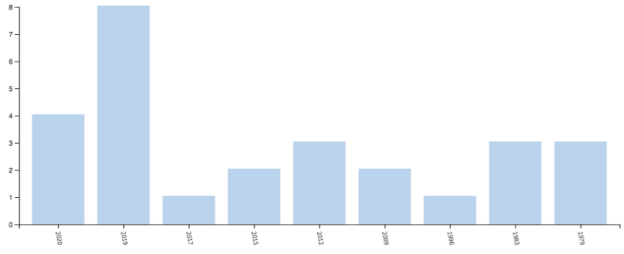


Publication Year



Select	Field: Publication Years	Record Count	% of 7	Bar Chart
☐	2020	3	42.857 %	
☐	2019	2	28.571 %	
☐	2014	1	14.286 %	
☐	2010	1	14.286 %	





Scientific Papers

Results: 27

Searched for:

TOPIC: ("underground pumped hydro*")

Timespan: All years.

Indexes: SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, ESCI.

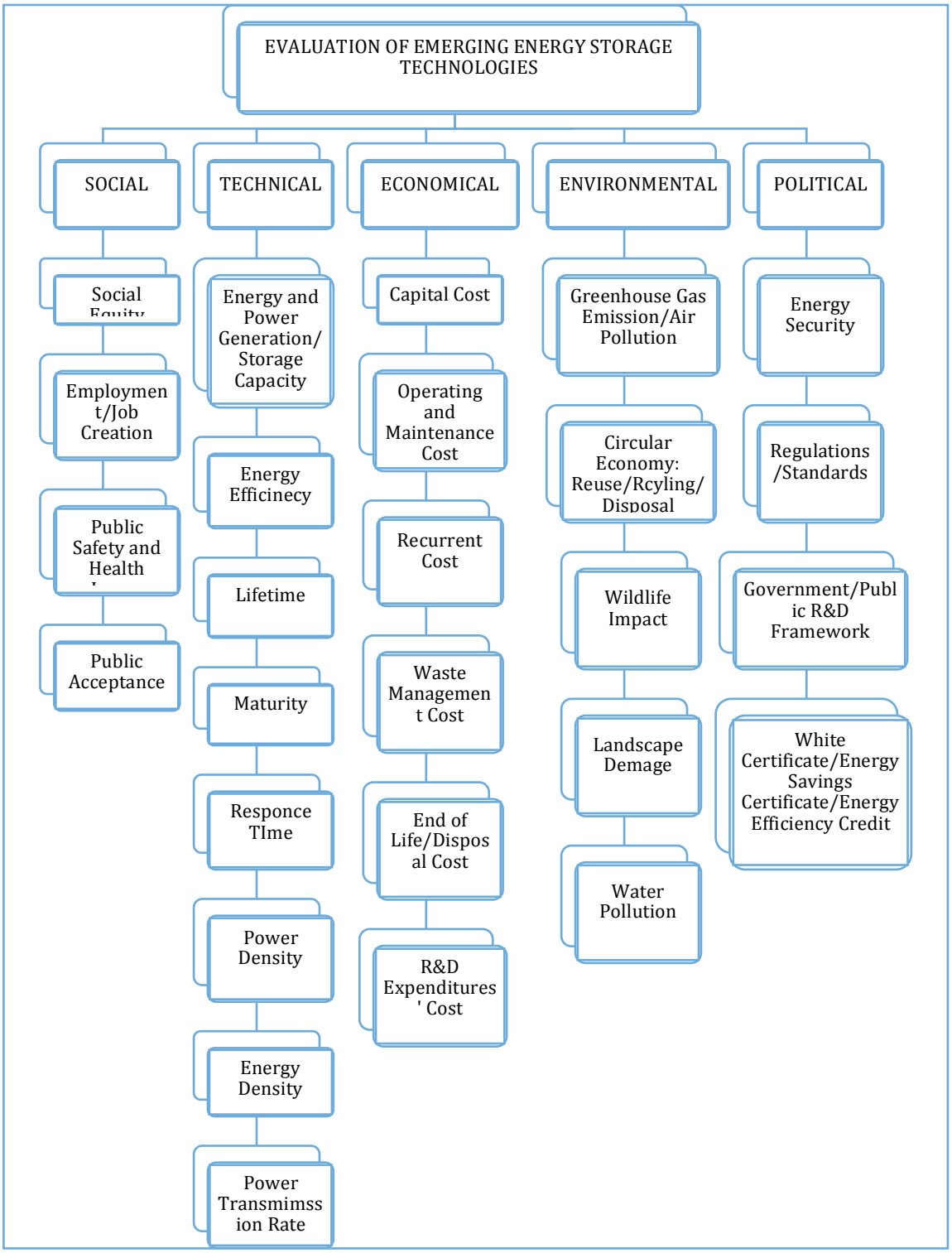
Patents

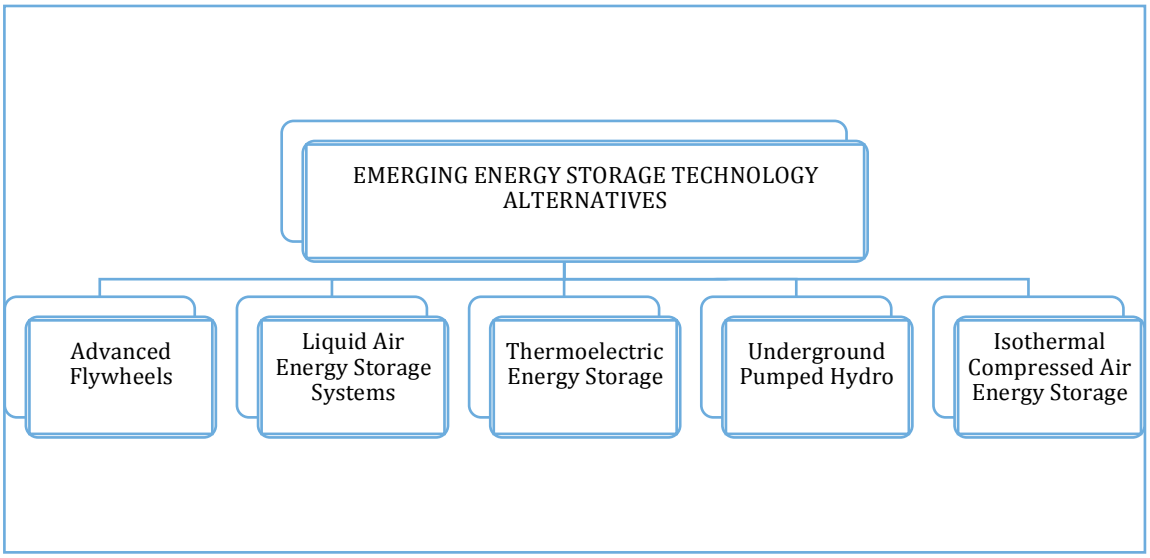
Results: 0

Searched for:(Title:underground pumped hydro* OR (Abstract:underground pumped hydro* OR Claims: underground pumped hydro*))

Select	Field: Publication Years	Record Count	% of 27	Bar Chart
☐	2020	4	14.815 %	
☐	2019	8	29.630 %	
☐	2017	1	3.704 %	
☐	2015	2	7.407 %	
☐	2012	3	11.111 %	
☐	2009	2	7.407 %	
☐	1996	1	3.704 %	
☐	1983	3	11.111 %	
☐	1979	3	11.111 %	

EK 2.


EVALUATION OF EMERGING ENERGY STORAGE TECHNOLOGIES
SOCIAL
TECHNICAL
ECONOMICAL
ENVIRONMENTAL
POLITICAL
Social Equity
Employment/Job Creation
Public Safety and Health
Public Acceptance
Energy and Power Generation/ Storage Capacity
Energy Efficinecy
Lifetime
Maturity
Responce TIme
Power Density
Energy Density
Power Transmimssion Rate
Capital Cost
Operating and Maintenance Cost
Recurrent Cost
Waste Management Cost
End of Life/Disposal Cost
R&D Expenditures' Cost
Greenhouse Gas Emission/Air Pollution
Circular Economy: Reuse/Rcyling/ Disposal
Wildlife Impact
Landscape Demage
Water Pollution
Energy Security
Regulations /Standards
Government/Public R&D Framework
White Certificate/Energy Savings Certificate/Energy Efficiency Credit


EMERGING ENERGY STORAGE TECHNOLOGY ALTERNATIVES
Advanced Flywheels
Liquid Air Energy Storage Systems
Thermoelectric Energy Storage
Underground Pumped Hydro
Isothermal Compressed Air Energy Storage

EK 3.

ALTERNATIVE TECHNOLOGIES	DEFINITIONS
A1: ADVANCED FLYWHEELS	*To provide a new solution for serious energy problems, energy developments, more effectively existing energy use, the advantages of Advanced Flywheels that is an electromechanical system are high energy conversion efficiency (85%~95%), long and high energy storage density, more power in a short time, pollution-free (environmentally friendly), absence of noise, short charging time, long lifetime, wide in the application, easy maintenance and continuous working. It can be used for electric energy, solar energy and wind energy. Energy can be stored in advanced flywheels energy storage mechanisms in high-speed mode for a long time without any considerable loss. For example, only a 5% loss in speed after 24 hours uninterrupted operation. While Power range goes up to 20 MW, Energy Range can increase up to 5MWh.*
A2: LIQUID AIR ENERGY STORAGE TECHNOLOGIES	*This energy storage technology provides long-duration and large-scale energy storage (with 100s of MWs output) by using electricity to liquefy cool air, storing this liquid air in a tank, transforming the liquid air back to a gaseous state and turning that gas into a turbine to generate electricity respectively. It can reduce the storage space of air, storage pressure volatility of renewable energy power generation. It can help to reduce dependency on geographical conditions because this system has subsystems such as a compression subsystem, cold storage subsystem and expansion power generation system. For example; the cold storage subsystem that is a component of the Liquid air energy storage system stores and recovers the cold energy of the low-temperature liquid air to cool the compressed air.*
A3: THERMOELECTRIC ENERGY STORAGE	*Thermo-Electric Energy Storage (TEES) enables the conversion of heat stored in thermal power plants to electricity by reducing storage system costs. Thermoelectric energy storage is normally classified as hot storage but also can be classified as cold storage depending on the environmental temperature level. For that reason, it is widely free from geographical and*

	geological constraints. "During periods of excess electricity generation, a vapor compression heat pump consumes electricity and transfers heat between a low-temperature heat source and a higher temperature heat sink". This temperature difference can be protected for several hours in order to generate electricity during the peak hours. These two different applications have different technologies and system costs. For that reason, multimegawatt thermoelectric energy storage as a large-scale energy storage technology is an alternative to existing technologies such as Pumped Storage hydroelectricity (PSH) and Compressed Air Energy Storage (CAES) systems.
A4: UNDERGROUND PUMPED HYDRO	*While the underground pumped hydro storage reduces the grid electricity consumption costs it also enhances the use of underground water reservoirs. This storage system is a great alternative for remote districts and farms or flat topological areas that have sufficient underground water resources. The system operates by utilizing excess energy to store gravitational potential energy by inflating a subsurface reservoir with water from a nearby pond. It provides advantages against conventional pumped hydro energy storage such as reducing the land and the water evaporation so that it can also reduce the construction costs for reservoirs.*
A5: ISOTHERMAL COMPRESSED AIR ENERGY STORAGE (I-CAES)	*Isothermal compressed air energy storage system (I - CAES) was developed by Enairys Powertech and LightSail energy. I-CAES, is a competitive technology, as an integrated version of Compressed Air Energy Storage. technologies into renewable sources so that renewable energy intermittence can be prevented. The I-CAES system tries to keep the temperature constant during discharging and charging to have an isothermal process. To have high-energy efficiency performance, Isothermal CAES considers a quasi-isothermal compressor/expander. This system as a conventional gas turbine technology uses electricity in order to compress air and store it in underground caverns.*

PERSPECTIVE	DEFINITIONS
SOCIAL PERSPECTIVE	*The human factor that is the social structure of the*

	society has significant impacts on energy usage. The social perspective considers and assesses the social effects of the development of the storage technology such as satisfying consumers, personal gain, and making users prefer the technology.
TECHNICAL PERSPECTIVE	*Has various sub criteria such as efficiency, maturity, lifetime, capacity, maturity, response time, power density, energy density and power transmission. To identify the common characteristics or differences among technology alternatives, technical perspective is one of the key factors of the technology evaluation*
ECONOMIC PERSPECTIVE	*Influences the decision about technology and displays all kinds of expenditures during the lifespan of the storage technology. Economic is one of the main components to evaluating different alternatives. Economic impact perspective is divided into six sub-criteria's: capital cost, operating and maintenance costs, end of life cost, recurrent cost, waste management cost, and R&D expenditures cost, which are some of the main financial characteristics of the emerging energy storage technologies.*
ENVIRONMENTAL PERSPECTIVE	*The environmental criteria are related to the environmental ecosystem that considers environmental: harmfulness, damages, and pollution.*
POLITICAL PERSPECTIVE	*Impacts of political effects on developing storage technology include: regulations, strategies and policies.*

SUB CRITERIAS OF SOCIAL PERSPECTIVE	DEFINITIONS
S1: Social Equity	*The ability to provide affordable energy to everyone (DOE)*
S2:Employment/Job Creation	*Employment characteristics such as workforce availability, job creation and poverty alleviation.*
S3: Public Safety and Health Issues	*Protects the health, safety and welfare of the human beings by preventing long-term hazardous health effects.*

S4: Public Acceptance	*Public acceptance, perception or awareness has impact on adoption of emerging technologies. Social benefits, lifestyle, aesthetics and social acceptance of technology can both improve and decrease opposition or support level of technology.*

SUB CRITERIAS OF TECHNICAL PERSPECTIVE	DEFINITIONS
T1: Energy and Power Generation/ Storage Capacity	*The quantity of available energy in the storage system after charging. Required energy and power generation capacity can be changed based on the actual and future needs.*
T2: Energy Efficiency	*Efficiency is an indicator of the amount of useful energy from a renewable energy source or the output productivity in the production of the source. It's measured in the " ratio between released energy and stored energy". For example, while Compressed air energy storage system has 85% effective efficiency, flywheel has between 85% and 95% efficiency.*
T3: Lifetime	*Lifetime represents the duration of the useful life of the energy storage technologies. Some factors such as location, design and application have impacts on lifetime of technology. For example, the lifetime for flywheel energy storage is 20 years while compressed air energy storage can last for over 30 years.*
T4: Maturity	*If the technology has been in use for a while and many of the associated defects and problems have been corrected it can be considered as mature. Mature represents the readiness of a technology for implementation. Maturity includes: density level of patents, modularity, scalability, flexibility and obsolescence resistance; while at the same time, maturity represents: the stage of technology, trends and persistence ability. It measures how long energy storage technology has been in the market and field-tested.*
T4: Response Time	*The interval time a storage unit takes to react to a given input.* *Response time can range from less than 1 second to 13 seconds to reach rated power so that lower response time is more valuable. While the flywheel response time is 250 milliseconds, ultra capacitor is 1 second.*

T5: Power Density	*The rated output power divided by the volume of the storage device.*
T6: Energy Density	*The stored energy divided by the volume of the storage device.*
T7: Power Transmission Rate	*The ratio of the quantity electricity removed from a storage device to its rated capacity.*

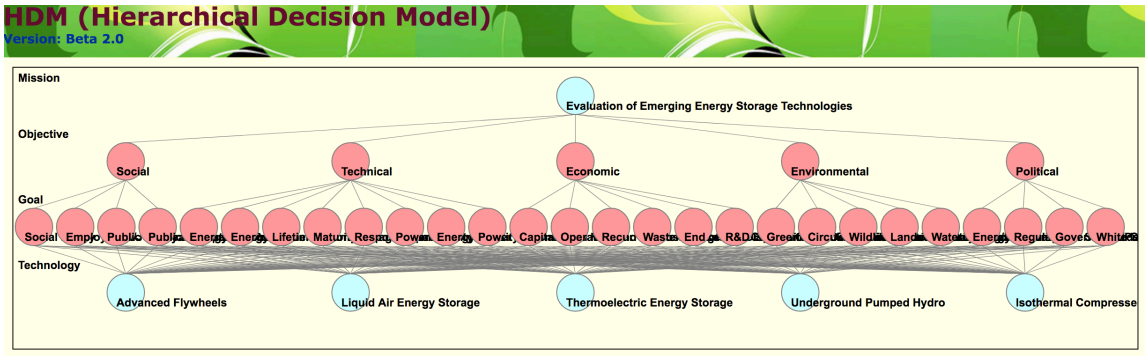
SUB CRITERIAS OF ECONOMIC PERSPECTIVE	DEFINITIONS
E1: Capital Cost	*Capital cost includes: cost of essential equipment and facility, cost of land and complementary technologies to be used in the storage unit. It includes all fiscal costs to use in the set-up process of the storage systems. For example, capital cost of flywheels range from $600 to $2000/kW.*
E2:Operating and Maintenance Cost	*O&M cost (fixed and variable) contain all the spending to operate and maintain the system for first year. In addition, O&M cost includes: raw material costs, labor cost, replacement costs, product and service costs.*
E3: Recurrent Cost	*The cost per unit energy divided by the cycle life.*
E4: Waste Management Cost	*Some process outputs of energy technologies can spread harmful toxic to the environment that is why they should be contained and disposed of safely. Waste management cost items are associated with: collecting, transporting, processing, recycling, storing or disposing of waste; after energy production process.*
E5: End of Life/Disposal Cost	*Disposal or end of life cost covers all expenditures to get rid of end-of-life equipment.*
E6: R&D Expenditures' Cost	*Emerging energy storage technologies have intense R&D expenditures. Thus, in order to develop emerging energy storage technologies, organizations need to deal with financial restraints.*

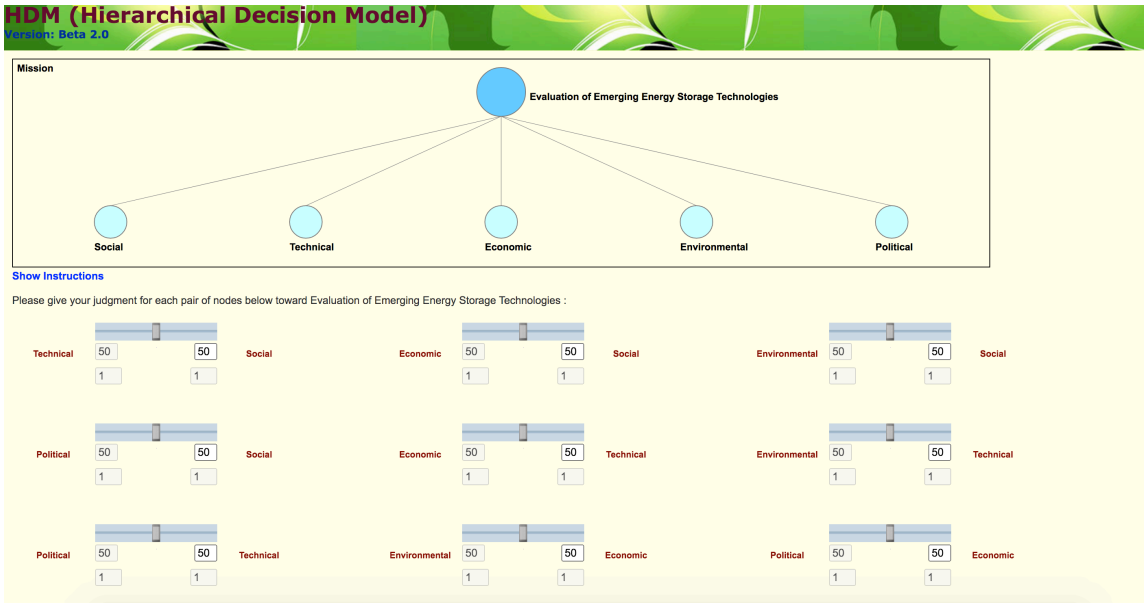
SUB CRITERIAS OF ENVIRONMENTAL PERSPECTIVE	DEFINITIONS

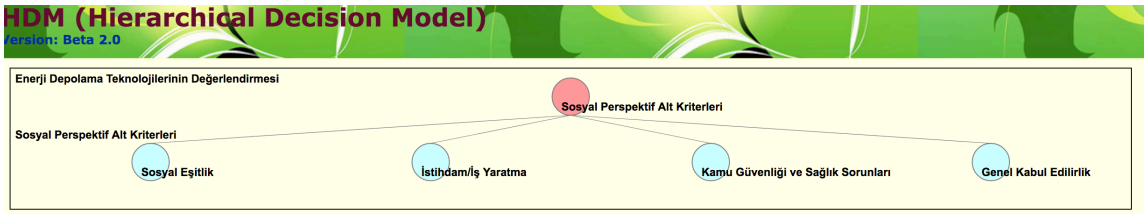
EN1: Greenhouse Gas Emission/Air Pollution	*Greenhouse gases such as carbon dioxide (CO2) emissions, methane (CH4), nitrous oxide (N2O), sulfur hexafluoride (SF6), hydrofluorocarbons (HFC) and perfluorocarbons (PFC) cause global warming that is a serious worldwide environmental problem.*
EN2: Circular Economy: Reuse/Recycling/Disposal	*End of life of a product needs to be considered in terms of: recycling, chemical, or gas based; product disposal and biodegradability.*
EN3: Wildlife Impact	*The harmful effects on wildlife and nature.*
EN4: Landscape Damage	*Energy related land degradation could cause negative effects on ecosystem such as inappropriate agricultural practices, vegetation removal, hydrology alteration and acid deposition. To sustain soil quality and nutrient balance these variables need to be considered.*
EN5: Water Pollution	*Energy related technologies could cause pollutants in water sources that affect water quality by draining of the wastewater into natural water sources.*

SUB CRITERIAS OF POLITICAL PERSPECTIVE	DEFINITIONS
P1: Energy Security	*Availability of adequate-stable-secure energy supply and stabile energy prices. Governments need to control and keep stable both energy prices and energy supplies. Energy sources have to be resilient/invulnerable and reliable. While resilience handle shocks and changes on energy system, reliability copes with the accessibility to required energy safely.*
P2:Regulations/ Standards	*When all state-owned and private companies invest in any energy storage technology they need to consider regulation and standards that obligate some certain expectations.*
P3:Government/Public R&D Framework	*Government or national laboratory funded research and development, private sector supported technology transfer activities, and strategy based technology roadmaps can increase the positive impacts of the technology deployment and development.*
P4:White Certificate/ Energy Savings Certificate (ESC)/Energy Efficiency Credit (EEC)	*The aim of white certificate is to achieve maximum utilization of energy saving and energy efficiency. White certificate obligates energy distributers and suppliers to follow energy efficiency goals over a period of time.*

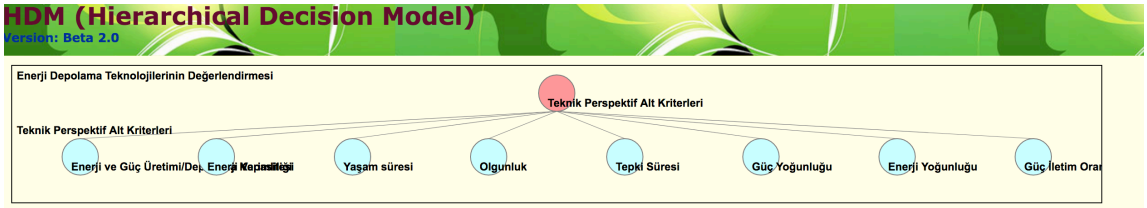
EK 4.


HDM (Hierarchical Decision Model)
Version: Beta 2.0
Mission
Evaluation of Emerging Energy Storage Technologies
Objective
Social
Technical
Economic
Environmental
Political
Goal
Technology
Advanced Flywheels
Liquid Air Energy Storage
Thermoelectric Energy Storage
Underground Pumped Hydro


HDM (Hierarchical Decision Model)
Version: Beta 2.0
Mission
Evaluation of Emerging Energy Storage Technologies
Social
Technical
Economic
Environmental
Political
Show Instructions
Please give your judgment for each pair of nodes below toward Evaluation of Emerging Energy Storage Technologies :
Technical 50 50 Social
Economic 50 50 Social
Environmental 50 50 Social
Political 50 50 Social
Economic 50 50 Technical
Environmental 50 50 Technical
Political 50 50 Technical
Environmental 50 50 Economic
Political 50 50 Economic

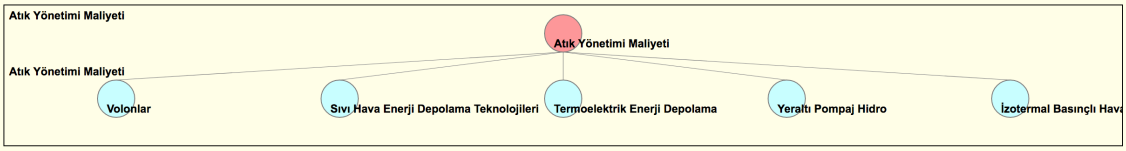


Sosyal Perspektif Alt Kriterleri	Sosyal Eşitlik	İstihdam/İş Yaratma	Kamu Güvenliği ve Sağlık Sorunları	Genel Kabul Edilirlik	Inconsistency
Uzman 13	0.43	0.23	0.16	0.18	0.01
Uzman 1	0.13	0.29	0.29	0.29	0
Uzman 7	0.28	0.17	0.27	0.27	0.01
Uzman 11	0.04	0.07	0.65	0.23	0.05
Uzman 2	0.13	0.47	0.25	0.15	0.02
Uzman 3	0.17	0.31	0.38	0.13	0.1
Uzman 4	0.06	0.52	0.2	0.22	0.02
Uzman 6	0.22	0.21	0.31	0.25	0
Uzman 8	0.22	0.2	0.25	0.33	0
Uzman 9	0.22	0.1	0.29	0.39	0.03
Mean	**0.19**	**0.26**	**0.31**	**0.24**	
Minimum	**0.04**	**0.07**	**0.16**	**0.13**	
Maximum	**0.43**	**0.52**	**0.65**	**0.39**	
Std. Deviation	**0.11**	**0.14**	**0.13**	**0.08**	
Disagreement					**0.101**



Teknik Perspektif Alt Kriterleri	Enerji ve Güç Üretimi/Depolama Kapasitesi	Enerji Verimliliği	Yaşam süresi	Olgunluk	Tepki Süresi	Güç Yoğunluğu	Enerji Yoğunluğu	Güç İletim Oranı	Inconsistency
Uzman 11	0.24	0.22	0.16	0.09	0.09	0.07	0.07	0.06	0.05
Uzman 1	0.17	0.16	0.13	0.04	0.2	0.1	0.07	0.14	0.04
Uzman 2	0.26	0.18	0.09	0.07	0.11	0.1	0.09	0.1	0.02
Uzman 7	0.12	0.13	0.19	0.09	0.2	0.11	0.09	0.08	0.01
Uzman 10	0.11	0.34	0.08	0.05	0.1	0.12	0.17	0.03	0.07
Uzman 13	0.17	0.09	0.12	0.09	0.15	0.13	0.15	0.09	0.01
Uzman 14	0.09	0.14	0.13	0.1	0.2	0.14	0.13	0.09	0.02
Uzman 4	0.16	0.11	0.25	0.23	0.08	0.08	0.07	0.03	0.04
Uzman 6	0.13	0.11	0.1	0.14	0.12	0.14	0.13	0.13	0
Uzman 8	0.13	0.2	0.13	0.15	0.1	0.11	0.1	0.07	0.01
Mean	**0.16**	**0.17**	**0.14**	**0.11**	**0.14**	**0.11**	**0.11**	**0.08**	
Minimum	**0.09**	**0.09**	**0.08**	**0.04**	**0.08**	**0.07**	**0.07**	**0.03**	
Maximum	**0.26**	**0.34**	**0.25**	**0.23**	**0.2**	**0.14**	**0.17**	**0.14**	
Std. Deviation	**0.05**	**0.07**	**0.05**	**0.05**	**0.05**	**0.02**	**0.03**	**0.03**	
Disagreement									**0.045**

HDM (Hierarchical Decision Model)
Version: Beta 2.0



Atık Yönetimi Maliyeti	Volonlar	Sıvı Hava Enerji Depolama Teknolojileri	Termoelektrik Enerji Depolama	Yeraltı Pompaj Hidro	İzotermal Basınçlı Hava Enerji Depolama	Inconsistency
Uzman 10	0.13	0.25	0.17	0.23	0.22	0.01
Uzman 13	0.33	0.17	0.13	0.19	0.19	0.02
Uzman 2	0.09	0.29	0.21	0.23	0.18	0.07
uzman 4	0.05	0.31	0.03	0.26	0.36	0.05
Uzman 6	0.2	0.19	0.18	0.21	0.2	0
Uzman 7	0.25	0.25	0.15	0.12	0.23	0.01
uzman 8	0.1	0.16	0.24	0.19	0.31	0.01
Mean	**0.16**	**0.23**	**0.16**	**0.2**	**0.24**	
Minimum	**0.05**	**0.16**	**0.03**	**0.12**	**0.18**	
Maximum	**0.33**	**0.31**	**0.24**	**0.26**	**0.36**	
Std. Deviation	**0.09**	**0.05**	**0.06**	**0.04**	**0.06**	
Disagreement						**0.06**

EK 5.

Aynur Kirbac - Research Model Evaluation

A Hierarchical Decision Model (HDM) to Evaluate Emerging Energy Storage Technologies

Research Focus:
The research goal is to develop a comprehensive multi-criteria decision model that can be applied by energy-based investment companies to identify, assess, evaluate and prioritize the best-emerging energy storage technologies and their effectiveness for their organization's strategies. The outcomes of this research will help decision makers make decisions in a complex situation with various perspectives. The assessment of emerging energy storage technologies can also contribute for Department of Energy's (DOE) policymaking, national policies and institutional research and development.

Survey Objective:
The main objective of this survey is to develop a comprehensive method to evaluate emerging energy storage technologies in the perspective of Social, Technical, Enconomic, Environmental and Political (STEEP) and to validate the HDM perspectives/factors which are identified based on a comprehensive literature review. Your invaluable comments will be highly important to shed light on those factors that are not considered in this model.

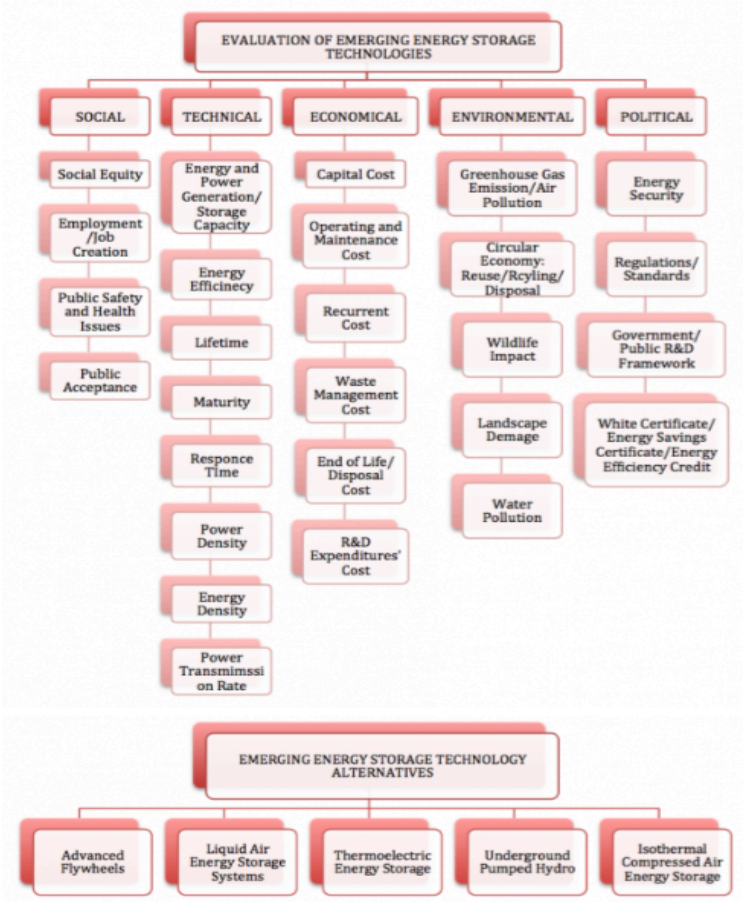
Expert Validation:
On the next page, you will be asked to evaluate the factors identified by the research as the most critical factors impacting Emerging Energy Storage Technologies. You will also be able to suggest other factors based on your experience. Your inputs and validation of the model are as practical and close to reality as possible.

Consent: I have had the chance to read and think about the information in this form. I have asked any questions I have, and I can make a decision about my participation. I understand that I can ask additional questions at any time while I take part in the research.

If you agree to the information in the consent form and take part in this study, please proceed to fill out the survey.

Please use the arrow button on the bottom right of the page to move to the next page.

Hierarchical Decision Model



The first step is to validate the perspectives (Social/Technical/ Economical/Environmental/Political) of the factors affecting Emerging Energy Storage Technologies.

For the next page of this survey:

Please identify the perspectives that you believe have an impact on the evaluation of the emerging energy storage technologies.

Please click "Yes" if you think that the specific perspective/factor has an impact on the evaluation of the emerging energy storage technologies.

Please click "No" if you think that the specific perspective/factor has no impact on the evaluation of the emerging energy storage technologies.

If there are other criteria or if you have any comments, please add them in the space provided.

Thank you for participating as an expert in my research.

Please enter your name

First Name

Last Name

PERSPECTIVE	DETAILS
SOCIAL PERSPECTIVE	*The human factor that is the social structure of the society has significant impacts on energy usage. The social perspective considers and assesses the social effects of the development of the storage technology such as satisfying consumers, personal gain, and making users prefer the technology.*
TECHNICAL PERSPECTIVE	*Has various sub criteria such as efficiency, maturity, lifetime, capacity, maturity, response time, power density, energy density and power transmission. To identify the common characteristics or differences among technology alternatives, technical perspective is one of the key factors of the technology evaluation*
ECONOMIC PERSPECTIVE	*Influences the decision about technology and displays all kinds of expenditures during the lifespan of the storage technology. Economic is one of the main components to evaluating different alternatives. Economic impact perspective is divided into six sub-criteria's: capital cost, operating and maintenance costs, end of life cost, recurrent cost, waste management cost, and R&D expenditures cost, which are some of the main financial characteristics of the emerging energy storage technologies.*
ENVIRONMENTAL PERSPECTIVE	*The environmental criteria are related to the environmental ecosystem that considers environmental: harmfulness, damages, and pollution.*
POLITICAL PERSPECTIVE	*Impacts of political effects on developing storage technology include: regulations, strategies and policies.*

Please identify the perspectives that you believe have an impact on the evaluation of the emerging energy storage technologies.

	Yes	No
Social Perspective	○	○
Technical Perspective	○	○
Environmental Perspective	○	○
Economical Perspective	○	○
Political Perspective	○	○

If there are other criteria or if you have any comments, please add them in the space provided.

Second step is to evaluate the factors under each perspectives that have impact on Energy Storage Technologies.

SUB CRITERIAS OF SOCIAL PERSPECTIVE	DETAILS
S1: Social Equity	*The ability to provide affordable energy to everyone (DOE)*
S2:Employment/Job Creation	*Employment characteristics such as workforce availability, job creation and poverty alleviation.*
S3: Public Safety and Health Issues	*Protects the health, safety and welfare of the human beings by preventing long-term hazardous health effects.*
S4: Public Acceptance	*Public acceptance, perception or awareness has impact on adoption of emerging technologies. Social benefits, lifestyle, aesthetics and social acceptance of technology can both improve and decrease opposition or support level of technology.*

Please identify the factors that you believe have an impact on the evaluation of the emerging energy storage technologies.

	Yes	No
Social Equity	○	○
Employment/Job Creation	○	○
Public Safety and Health Issues	○	○
Public Acceptance	○	○

If there are other criteria or if you have any comments, please add them in the space provided.

SUB CRITERIAS OF TECHNICAL PERSPECTIVE	DETAILS
T1: Energy and Power Generation/ Storage Capacity	*The quantity of available energy in the storage system after charging. Required energy and power generation capacity can be changed based on the actual and future needs.*
T2: Energy Efficiency	*Efficiency is an indicator of the amount of useful energy from a renewable energy source or the output productivity in the production of the source. It's measured in the " ratio between released energy and stored energy". For example, while Compressed air energy storage system has 85% effective efficiency, flywheel has between 85% and 95% efficiency.*
T3: Lifetime	*Lifetime represents the duration of the useful life of the energy storage technologies. Some factors such as location, design and application have impacts on lifetime of technology. For example, the lifetime for flywheel energy storage is 20 years while compressed air energy storage can last for over 30 years.*
T4: Maturity	*If the technology has been in use for a while and many of the associated defects and problems have been corrected it can be considered as mature. Mature represents the readiness of a technology for implementation. Maturity includes: density level of patents, modularity, scalability, flexibility and obsolescence resistance; while at the same time, maturity represents: the stage of technology, trends and persistence ability. It measures how long energy storage technology has been in the market and field-tested.*
T5: Response Time	*The interval time a storage unit takes to react to a given input.* *Response time can range from less than 1 second to 13 seconds to reach rated power so that lower response time is more valuable. While the flywheel response time is 250 milliseconds, ultra capacitor is 1 second.*
T6: Power Density	*The rated output power divided by the volume of the storage device.*
T7: Energy Density	*The stored energy divided by the volume of the storage device.*
T8: Power Transmission Rate	*The ratio of the quantity electricity removed from a storage device to its rated capacity.*

Please identify the factors that you believe have an impact on the evaluation of the emerging energy storage technologies.

	Yes	No
Energy and Power Generation Capacity/ Storage Capacity	○	○
Energy Efficiency	○	○
Lifetime	○	○
Maturity	○	○
Responce Time	○	○
Power Density	○	○
Energy Density	○	○
Power Transmission Rate	○	○

If there are other criteria or if you have any comments, please add them in the space provided.

SUB CRITERIAS OF ECONOMIC PERSPECTIVE	DETAILS
E1: Capital Cost	*Capital cost includes: cost of essential equipment and facility, cost of land and complementary technologies to be used in the storage unit. It includes all fiscal costs to use in the set-up process of the storage systems. For example, capital cost of flywheels range from $600 to $2000/kW.*
E2:Operating and Maintenance Cost	*O&M cost (fixed and variable) contain all the spending to operate and maintain the system for first year. In addition, O&M cost includes: raw material costs, labor cost, replacement costs, product and service costs.*
E3: Recurrent Cost	*The cost per unit energy divided by the cycle life.*
E4: Waste Management Cost	*Some process outputs of energy technologies can spread harmful toxic to the environment that is why they should be contained and disposed of safely. Waste management cost items are associated with: collecting, transporting, processing, recycling, storing or disposing of waste; after energy production process.*
E5: End of Life/Disposal Cost	*Disposal or end of life cost covers all expenditures to get rid of end-of-life equipment.*
E6: R&D Expenditures' Cost	*Emerging energy storage technologies have intense R&D expenditures. Thus, in order to develop emerging energy storage technologies, organizations need to deal with financial restraints.*

Please identify the factors that you believe have an impact on the evaluation of the emerging energy storage technologies.

	Yes	No
Capital Cost	○	○
Operating and Maintenance Cost	○	○
Recurrent Cost	○	○
Waste Management Cost	○	○
End-of-Life/Disposal Cost	○	○
R&D Expenditures Cost	○	○

If there are other criteria or if you have any comments, please add them in the space provided.

SUB CRITERIAS OF ENVIRONMENTAL PERSPECTIVE	DETAILS
EN1: Greenhouse Gas Emission/Air Pollution	*Greenhouse gases such as carbon dioxide (CO2) emissions, methane (CH4), nitrous oxide (N2O), sulfur hexafluoride (SF6), hydrofluorocarbons (HFC) and perfluorocarbons (PFC) cause global warming that is a serious worldwide environmental problem.*
EN2: Circular Economy: Reuse/Recycling/Disposal	*End of life of a product needs to be considered in terms of: recycling, chemical, or gas based; product disposal and biodegradability.*
EN3: Wildlife Impact	*The harmful effects on wildlife and nature.*
EN4: Landscape Damage	*Energy related land degradation could cause negative effects on ecosystem such as inappropriate agricultural practices, vegetation removal, hydrology alteration and acid deposition. To sustain soil quality and nutrient balance these variables need to be considered.*
EN5: Water Pollution	*Energy related technologies could cause pollutants in water sources that affect water quality by draining of the wastewater into natural water sources.*

Please identify the factors that you believe have an impact on the evaluation of the emerging energy storage technologies.

	Yes	No
Greenhouse Gas Emission / Air Pollution	○	○
Circular Economy: Reuse / Recycling / Disposal	○	○
Wildlife Impact	○	○
Landscape Damage	○	○
Water Pollution	○	○

If there are other criteria or if you have any comments, please add them in the space provided.

SUB CRITERIAS OF POLITICAL PERSPECTIVE	DETAILS
P1: Energy Security	*Availability of adequate-stable-secure energy supply and stabile energy prices. Governments need to control and keep stable both energy prices and energy supplies. Energy sources have to be resilient/invulnerable and reliable. While resilience handle shocks and changes on energy system, reliability copes with the accessibility to required energy safely.*
P2:Regulations/ Standards	*When all state-owned and private companies invest in any energy storage technology they need to consider regulation and standards that obligate some certain expectations.*
P3:Government/Public R&D Framework	*Government or national laboratory funded research and development, private sector supported technology transfer activities, and strategy based technology roadmaps can increase the positive impacts of the technology deployment and development.*
P4:White Certificate/ Energy Savings Certificate (ESC)/Energy Efficiency Credit (EEC)	*The aim of white certificate is to achieve maximum utilization of energy saving and energy efficiency. White certificate obligates energy distributers and suppliers to follow energy efficiency goals over a period of time.*

Please identify the factors that you believe have an impact on the evaluation of the emerging energy storage technologies.

	Yes	No
Energy Security	O	O
Regulations / Standards	O	O
Government / Public R&D Framework	O	O
White Certificate / Energy Saving Certificate (ESC) / Energy Efficiency Credit (EEC)	O	O

If there are other criteria or if you have any comments, please add them in the space provided.

ALTERNATIVE TECHNOLOGIES	DETAILS
A1: ADVANCED FLYWHEELS	*To provide a new solution for serious energy problems, energy developments, more effectively existing energy use, the advantages of Advanced Flywheels that is an electromechanical system are high energy conversion efficiency (85%~95%), long and high energy storage density, more power in a short time, pollution-free (environmentally friendly), absence of noise, short charging time, long lifetime, wide in the application, easy maintenance and continuous working. It can be used for electric energy, solar energy and wind energy. Energy can be stored in advanced flywheels energy storage mechanisms in high-speed mode for a long time without any considerable loss. For example, only a 5% loss in speed after 24 hours uninterrupted operation. While Power range goes up to 20 MW, Energy Range can increase up to 5MWh.*
A2: LIQUID AIR ENERGY STORAGE TECHNOLOGIES	*This energy storage technology provides long-duration and large-scale energy storage (with 100s of MWs output) by using electricity to liquefy cool air, storing this liquid air in a tank, transforming the liquid air back to a gaseous state and turning that gas into a turbine to generate electricity respectively. It can reduce the storage space of air, storage pressure volatility of renewable energy power generation. It can help to reduce dependency on geographical conditions because this system has subsystems such as a compression subsystem, cold storage subsystem and expansion power generation system. For example, the cold storage subsystem that is a component of the Liquid air energy storage system stores and recovers the cold energy of the low-temperature liquid air to cool the compressed air.*
A3: THERMOELECTRIC ENERGY STORAGE	*Thermo-Electric Energy Storage (TEES) enables the conversion of heat stored in thermal power plants to electricity by reducing storage system costs. Thermoelectric energy storage is normally classified as hot storage but also can be classified as cold storage depending on the environmental temperature level. For that reason, it is widely free from geographical and geological constraints. "During periods of excess electricity generation, a vapor compression heat pump consumes electricity and transfers heat between a low-temperature heat source and a higher temperature heat sink". This temperature difference can be protected for several hours in order to generate electricity during the peak hours. These two different applications have different technologies and system costs. For that reason, multimegawatt thermoelectric energy storage as a large-scale energy storage technology is an alternative to existing technologies such as Pumped Storage hydroelectricity (PSH) and Compressed Air Energy Storage (CAES) systems.*
A4: UNDERGROUND PUMPED HYDRO	*While the underground pumped hydro storage reduces the grid electricity consumption costs it also enhances the use of underground water reservoirs. This storage system is a great alternative for remote districts and farms or flat topological areas that have sufficient underground water resources. The system operates by utilizing excess energy to store gravitational potential energy by inflating a subsurface reservoir with water from a nearby pond. It provides advantages against conventional pumped hydro energy storage such as reducing the land and the water evaporation so that it can also reduce the construction costs for reservoirs.*
A5: ISOTHERMAL COMPRESSED AIR ENERGY STORAGE (I-CAES)	*Isothermal compressed air energy storage system (I - CAES) was developed by Enairys Powertech and LightSail energy. I-CAES, is a competitive technology, as an integrated version of Compressed Air Energy Storage. technologies into renewable sources so that renewable energy intermittence can be prevented. The I-CAES system tries to keep the temperature constant during discharging and charging to have an isothermal process. To have high-energy efficiency performance, Isothermal CAES considers a quasi-isothermal compressor/expander. This system as a conventional gas turbine technology uses electricity in order to compress air and store it in underground caverns.*

Please identify the alternatives that you believe have an impact on the evaluation of the emerging energy storage technologies.

	Yes	No
Advanced Flywheels	○	○
Liquid Air Energy Storage Technologies	○	○
Thermoelectric Energy Storage	○	○
Underground Pumped Hydro	○	○
Isothermal Compressed Air Energy Storage (I-CAES)	○	○

EK 6.

EXPERTS	FIELD OF EXPERTISE	INSTITUTIONS
Erik Spoerke	Long-Duration Energy Storage (LDES)	Sandia National Laboratories
Mike Gravely	(LDES)	California Energy Commission
Scott Egbert	(LDES)	New York State Energy Research and Development Authority
King Look	(LDES)	Con Edison
Todd Olinsky-Paul	(LDES)	Clean Energy Storage Alliance
Ryan Stephens	(LDES)	Shell
David Howell	(LDES)	DOE Vehicle Technologies Office
Rebecca O'Nei	Policy	Pacific Northwest National Laboratory
Erin Childs	Policy	Strategen
Rose Anderson	Policy	Oregon Public Utilities Comissio
Debbie Mursch	Policy	General Electric Renewable Energy
Vladimir Koritarov	Policy	Argonne National Laboratory
Scott Litzelman	Economics and Valuation of LDES	U.S. DOE, Program Director, ARPA-E
Paul Albertus	Economics and Valuation of LDES	U. Maryland
Marco Ferrara	Economics and Valuation of LDES	Form Energy
Max Tuttman	Economics and Valuation of LDES	DOE ARPA-E
Paul Denholm	Economics and Valuation of LDES	National Renewable Energy Laboratory
Ali Amirali	Economics and Valuation of LDES	Starwood Energy Group
Kelly Speakes-Backman	Energy Efficiency and Renewable Energy	U.S. DOE, Principal Deputy Assistant Secretary for the Office of Energy Efficiency and Renewable

		Energy
Eric Hsieh	Technology Development Lead for the DOE Energy Storage Grand Challenge	U.S. DOE Director of Grid Systems and Components, Office of Electricity
Abbas Akhil	Technology Development *for ES*	Former New Mexico State Representative
Carlos Reyes	Technology Development *for ES*	EcoElectrica
Kevin Peng	Technology Development *for ES*	Los Angeles Department of Water and Power
Sander Cohan	Technology Development *for ES*	Enel NA
Dmitry Kosterev	Technology Development *for ES*	Bonneville Power Administration
David Bianco	Technology Development *for ES*	National Grid, Nantucket Island
Michael Pesin	*Advanced Grid R&D*	U.S. DOE, Deputy Assistant Secretary for Advanced Grid Research and Development
Clifford Ho	**Thermal Storage**	Sandia National Laboratories
Bruce Kelly	TS/Molten-Salt Thermal Storage	Solar Dynamics
Maxwell Cameron-Jones	TS/Rock-Bed Thermal Storage	Siemens-Gamesa
Zhiwen Ma	TS/ Moving Particle Packed Bed Thermal Storage	National Renewable Energy Laboratory
Ben Bollinger	TS/ Pumped Thermal Storage	Malta
Torbjörn Lindquist	TS/ Molten Alloy Latent Heat Storage	Azelio
Richard Riley	TS/ Liquid Air Latent Heat Storage	Highview

Michael Starke	**Mechanical and Gravity Storage**	Oak Ridge National Laboratory
Andrea Pedretti	MGS/ Stacked Block Energy Storage	Energy Vault
Russ Weed	MGS/ Advanced Rail Energy Storage	ARES
Jeremy Goodman	MGS/ Pumped Hydro Storage	Tennessee Valley Authority
David Havard	MGS/ Advanced Pumped Hydro	GE Renewable Energy
Joe Zhou	MGS/Subsurface Pumped Storage	Quidnet
Chris San March	**Chemical, Hydrogen, and Fuels Storage**	Sandia National Laboratories)
Neha Rustagi	Technical Gaps in Hydrogen Storage	DOE Hydrogen and Fuel Cell Technologies Office
Christian Sattler	Solar Fuels	German Aerospace Center
Thomas Autrey	Liquid Organic Hydrogen Carriers	Pacific Northwest National Laboratory
Ron Kent	Hydrogen Storage	Southern Company Services SoCalGas
Noah Meeks	Hydrogen Storage	Southern Company Services
Anna Lord	Geological Storage	Sandia National Laboratories
Vince Sprenkle	**Battery storage**	Pacific Northwest National Laboratory
Tomio Tamakoshi	Sodium-sulfur batteries	NGK
Gary Yang	Vanadium Redox Flow Batteries	Uni Energy Technologies
Richard Brody	Aqueous Redox Flow Batteries	Lockheed Martin

David Bradwell	Molten Metals Batteries	Ambri
Sanjoy Banerjee	Zn-based Batteries	Urban Electric Power
C. Michael Hoff	Li-Ion Batteries	Hoffpower
Dr. Imre Gyuk	Energy Storage	
Chris Searles	Lead-Acid and Advanced Lead-Acid Battery Technologies	
Yuliya Preger, Loraine Torres-Castro, Jim McDowell	Lithium-ion Batteries	
Erik D. Spoerke, Martha M. Gross, Leo J. Small, Stephen J. Percival	Sodium-Based Battery Technologies	
Matthew Lim, Tim Lambert	Rechargeable Zinc Batteries	
Leo Small, Cy Fujimoto, Travis Anderson, Harry Pratt	Redox Flow Batteries	
Don Bender	Flywheels	
Stephen Bauer	Compressed Air Energy Storage (CAES)	
Budi Gunawan	Pumped Hydroelectric Storage (PHS)	
Hengzhao Yang	Supercapacitors	
Alexander Headley, Susan Schoenung	Hydrogen Energy Storage	
Clifford K. Ho, Andrea Ambrosini	Thermal Energy Storage Technologies	
Jacob Mueller, Stan Atcitty, Mike Ropp	Power Conversion Systems	
Howard Passell, Charlie Vartanian, Will McNamara, Jeremy Twitchell, Sam Ojetola, Pramod Kulkarni	Integrating Energy Storage – Grid Interconnection Standards	
Tu Nguyen, David Rosewater, Rodrigo	Energy Storage Management Systems	

Trevizan, Felipe Wilches-Bernal, Ray Byrne		
David Rosewater, David Schoenwald	Energy Storage Performance Testing	
Joshua Lamb, John Hewson, Yuliya Preger, Loraine Torres-Castro, David Rosewater, Randy Shurtz, Andrew Kurzawski, Reed Wittman, Chris Searles	Safety of Electrochemical Energy Storage Devices	
Jay Johnson, Rodrigo Trevizan, Jeffrey Hoaglund, Tu Nguyen	Physical Security and Cybersecurity of Energy Storage Systems	
Ujjwol Tamrakar, Hyungjin Choi, Reinaldo Tonkoski	Stability Analysis of Energy Storage Integration in Power Systems	
Todd Olinsky-Paul, Dan Borneo, Susan Schoenung	Procurement	
Susan Schoenung	Commissioning	
Ben Schenkman, Dan Borneo, Susan Schoenung	Energy Storage Deployment and Lessons Learned	
Tu Nguyen, Dan Borneo, Ray Byrne, Ricky Concepcion, Alex Headley, Rodrigo Trevizan, Felipe Wilches-Bernal	Applications and Grid Services	
Will McNamara	Energy Storage Policy & Analysis	
Richard Baxter, Ray Byrne	Energy Storage System Pricing	

EK 7.

Consent to Participate in Research

Project Title: [Evaluation of Emerging Energy Storage Technologies]

Researcher: [Aynur Kirbac], [PhD Candidate at Izmir Katip Celebi University - Department of Business Administration], [Visiting Researcher at Portland State University – Department of Engineering and Technology Management] [aynur.kirbac@ikcu.edu.tr / akirbac@pdx.edu] / [+1-971-381-99-56]

Researcher Contact: You are being asked to take part in a research study. The box below highlights key information about this research for you to consider when making a decision whether or not to participate. Carefully review the information provided on this form. Please ask questions about any of the information you do not understand before you decide to participate.

Key Information for You to Consider
• **Voluntary Consent**. You are being asked to volunteer for a research study. It is up to you whether you choose to participate or not. There is no penalty if you choose not to participate or discontinue participation. • **Purpose**. The purpose of this research is to provide a comprehensive framework that can be used for assessing and evaluating the Emerging Energy Storage Technologies. • **Duration.** It is expected that your participation will last 15 ~50 minutes for responding the research questionnaire. The questionnaires will be sent out to you once or two times during July ~ August 2021. • **Procedures and Activities.** You will be asked to validate or quantify the perspective,

criteria, or desirability metrics listed in research model.

- **Risks.** There is no foreseeable risks or discomforts of your participation.
- **Benefits**. Some of the benefits that may be expected include facilitating a follow-on research or application of research model on your organization.
- **Alternatives.** Participation is voluntary and the only alternative is to not participate.

Why is this research being done?

The purpose of this research is to provide a comprehensive framework that can be used for assessing and evaluating emerging energy storage technologies in the social, technological, environmental, economical and political (STEEP) perspective. You are being asked to participate because of your knowledge, skill, and experience in topics related to this research. About [30~50] people will take part in this research.

How long will I be in this research?

We expect that your participation will last 15~50 minutes each time for responding to the questionnaires. We plan to ask your participation one or two times during July ~ August. If you are invited for a case study interview, it will take about 1 hour.

What happens if I agree to participate?

If you agree to be in this research, your participation will include serving as one of the experts within one or two expert panels, which will help validate and quantify the research model. You may be also invited as an expert to provide insights for case study. We will tell you about any new information that may affect your willingness to continue participation in this research.

What happens to the information collected?

Information collected for this research will be used to validate and quantify the research model or will be used for case analysis. The information and analytical results will be documented in a PhD dissertation, which can be assessable from university or academic database. Your identifiable information such as name will be kept confidential.

How will my privacy and data confidentiality be protected?

We will take measures to protect your privacy including keeping your name and identifiable information hidden in the research documents. Despite taking steps to protect your privacy, we can never fully guarantee that your privacy will be protected.

To protect the security of all of your personal information, we will store your personal information and responses to the questionnaires in researcher's computer with secured password. Despite these precautions, we can never fully guarantee the confidentiality of all study information.

Individuals and organizations that conduct or monitor this research may be permitted access to inspect research records. This may include private information. These individuals and organizations include the Institutional Review Board (IRB) that reviewed this research.

What are the risks if I participate?

There is no foreseeable risks or discomforts of participating in this research.

What are the benefits if I participate?

You may benefit from participating in this research. Potential benefits of participating in this research include receiving the research outcome, which may facilitate a follow-on research or implementation of the research model in your organization.

What are my responsibilities if I choose to participate?

If you take part in this research, you will be responsible for validating & quantifying the

research model or providing your insights for case studies.

What other choices do I have besides participation in this research?

It is your choice to decide if you want to participate or not to participate in research. If you do not want to take part, it is totally fine.

What if I want to stop participating in this research?

Your participation is voluntary. You do not have to take part in this study, but if you do, you may stop at any time. You have the right to choose not to participate in any study activity or completely withdraw from participation at any point without penalty or loss of benefits to which you are otherwise entitled. Your decision whether or not to participate will not affect your relationship with the researchers, Izmir Katip Celebi University.

Will it cost me money to take part in this research?

Taking part in this research will be no costs associated with participation.

Will I be paid for participating in this research?

You will not be compensated for participation.

Who can answer my questions about this research?

If you have questions, concerns, or have experienced a research related injury, contact the research team at: [Name: Aynur Kirbac] [Phone number: +1-971-381-9956] [Email: aynur.kirbac@ikcu.edu.tr/akirbac@pdx.edu]

Who can I speak to about my rights as a research participant?

The Izmir Katip Celebi University Ethics Committee is overseeing this research. The Ethics Committee is a group of people who independently review research studies to ensure the rights and welfare of participants are protected. If you have questions about

your rights, or wish to speak with someone other than the research team, you may contact:

Balatçık Mahallesi, Havaalanı Sosesi No: 33/2 Balatçık 35620 Cigli IZMIR Office of Ethics Committee

Phone: +90 (232) 329-3535 Email: hulya.ozfindik@ikcu.edu.tr

Consent Statement

I have had the opportunity to read and consider the information in this form. I have asked any questions necessary to make a decision about my participation. I understand that I can ask additional questions throughout my participation.

By signing below, I understand that I am volunteering to participate in this research. I understand that I am not waiving any legal rights. I have been provided with a copy of this consent form. I understand that if my ability to consent for myself changes, either I or my legal representative may be asked to provide consent prior to me continuing in the study.

I consent to participate in this study.

Name of Adult Participant	**Signature of Adult Participant**	**Date**

Researcher Signature (to be completed at time of informed consent) I have explained the research to the participant and answered all of his/her questions. I believe that he/she understands the information described in this consent form and freely consents to participate.

Name of Research Team Member	**Signature of Research Team Member**	**Date**

EK 8.

Letter of Invitation to Experts

Title: Evaluation of emerging energy storage technologies
Dear [Name],

I hope this email finds you well.

I'm Aynur Kirbac, a Ph.D. candidate at Izmir Katip Celebi University, Business Administration department. At the same time, I'm a Visiting Scholar at Portland State University, Engineering and Technology Management department.

I'm currently working on my research about the evaluation of emerging energy storage technologies (advanced flywheels, liquid air energy storage systems, thermoelectric energy storage, underground pumped hydro and isothermal CAES) considering social, technical, economical, environmental and political perspectives.

The core of my research is the development of a model that can be used by energy based investment companies or the Department of Energy to assess, identify, evaluate and prioritize the emerging energy storage technologies and their effectiveness. In order to achieve this goal, the model should be validated and quantified by subject-matter experts.

It is a privilege to have your contribution as an expert by providing your invaluable inputs and insights to this research.

Participation:

Here is what is needed, should you accept to participate:

First round:

- Survey – 10 minutes: Validating the most important factors affecting emerging energy storage technologies.

Second round:

- Survey – 10 minutes: Ranking the factors.

Third round:

- Survey – 10 minutes: Quantifying Desirability Curves.

Looking forward to hearing from you and **your participation and precious time are greatly appreciated** in advance!

Also, please let me know if you are interested in the outcome of the research, I'll be glad to share research results with you upon the conclusion of my research.

Consent

Your participation in this study indicates that you have read the information provided on this link:
https://drive.google.com/file/d/1jt8REUZrChAMChqegiXdRb1Z8WWuIdtA/view?usp=sharing

The consent form indicates that you are not waiving any of your legal rights as a research participant, your personal information will be confidential and will not be shared with any third party, and you can withdraw from participating at any time.

Best Regards,

Aynur KIRBAC
Ph.D. Candidate
Business Administration Department

Izmir Katip Celebi University

+1-971-381-9956

https://www.linkedin.com/in/aynur-kirbac-747532203/