



T.C.

E G E Ü N İ V E R S İ T E S İ

Sosyal Bilimler Enstitüsü

**YALIN ÜRETİMİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK
PERSPEKTİFİNDEN İNCELENMESİ:
BİBLİYOMETRİK BİR YAKLAŞIM**

Yüksek Lisans Tezi

DİLBER TETİK

İşletme Ana Bilim Dalı

İZMİR

2023



T.C.

E G E Ü N İ V E R S İ T E S İ

Sosyal Bilimler Enstitüsü

**YALIN ÜRETİMİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK
PERSPEKTİFİNDEN İNCELENMESİ:
BİBLİYOMETRİK BİR YAKLAŞIM**

Yüksek Lisans Tezi

DİLBER TETİK

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Haydar Yalçın

İşletme Ana Bilim Dalı

İşletme Tezli Yüksek Lisans Programı

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğüne sunduğum YALIN ÜRETİMİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK PERSPEKTİFİNDEN İNCELENMESİ: BİBLİYOMETRİK BİR YAKLAŞIM adlı yüksek lisans tezinin tarafımdan bilimsel, ahlak ve normlara uygun bir şekilde hazırlandığını, tezimde yararlandığım kaynakları bibliyografyada ve dipnotlarda gösterdiğimi onurumla doğrularım.

Dilber Tetik

ÖNSÖZ

Yalın üretim sisteminin temel çıkış noktası israflardan arınmış bir sistem inşa etmektir. Bu anlayış temelinde kaynak kullanımına ilişkin bir hassasiyet barındırmaktadır. Sürdürülebilirlik anlayışı ile ortak olan bu hassasiyet yalın üretim sisteminin sürdürülebilirlik ile paralel uygulanabilir bir sistem olduğunu düşündürmektedir.

Tez çalışması ile yalın üretim sisteminin sürdürülebilirlik konusundaki potansiyelinin araştırılması hedeflenmiştir. Makro bir perspektif sunmayı amaçlayan araştırma için literatürde daha önce kullanılan yöntemlerden farklı olarak bibliyometri yöntemi tercih edilmiştir. Bibliyometri metodu ile elde edilen verileri açıklamak için ise sosyal ağ analizi metodu kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan yöntem ve metodun altyapısı ve tarihsel gelişim süreci incelendiğinde araştırmalarda yarattıkları derinlik fark edilmiştir. Tez çalışmasında yalın üretim sisteminin literatürdeki yayın portföyü ve patent kuruluşları tarafından onaylanmış patentlerdeki payı analiz edilerek makro perspektiften bir portre ortaya konmuştur.

İZMİR 2023

DİLBER TETİK

ÖZET

Son yıllarda doğal kaynakların hızla tükenmesi ve çevresel sorunların artması sürdürülebilirlik konusundaki çalışmaların hızlandırılmasını gerekli hale getirmiştir. Mevcut durum üretim ve tüketim alışkanlıklarında bazı değişiklikler yapılmasını gerektirmektedir. Üretim endüstrisi kaynak kullanımı ve tüketimi konusunda oldukça büyük bir paya sahiptir. Bu alanda yapılacak bazı düzenlemeler ile kaynakların ve süreçlerin sürdürülebilir hale getirilmesi mümkün olabilir. Tez çalışması motivasyonunu sürdürülebilirlik konusunda son yıllarda artan hassasiyet ve çözüm arayışlarına olan yoğun yönelimden almaktadır. Son yıllarda yalın üretim sistemi ile sağlanan süreç gelişiminin sürdürülebilirlik perspektifindeki potansiyelinin araştırıldığı dikkat çekmektedir. Ancak yapılan çalışmaların mikro ölçekte olduğu ve makro perspektifi yansıtan bir çalışmaya ihtiyaç olduğu tespit edilmiştir. Yalın üretim ile ilgili literatürde çok sayıda araştırma ve yayın bulunduğu gözlemlenmiştir. Böylesi geniş bir veri kümesinde etkili bir araştırma yapmak ancak sofistike metotlar ile mümkün olabilmektedir. Tez çalışmasında bibliyometri yöntemi ve sosyal ağ analizi metodu kullanılmıştır. Bibliyometrik analizler ile veritabanı içindeki örüntüleri keşfetmek ve verilerin ilişkisini ortaya koymak mümkün olabilmektedir. Tez çalışmasında bibliyometrik analizler ile yalın üretim alanındaki yayın verileri analiz edildikten sonra ağ haritaları çizdirilmiştir. Çizdirilen ağ haritaları sosyal ağ analizi metodu çerçevesinde yorumlanmıştır. Yayınlar üzerinde yapılan analizler patent analizleri ile desteklenmiştir.

Tez çalışması ile yalın üretim alanı makro perspektiften mercek altına alınmış ve sürdürülebilirlik perspektifinden alanın mevcut durumu ortaya konmuştur. Elde edilen veriler yalın üretim alanında emisyon azaltma faaliyetleri konusunda yoğun bir eğilim olduğunun altını çizmektedir. Bu veriler doğrultusunda yalın üretimin sürdürülebilirlik perspektifindeki potansiyeli bibliyometrik bir yaklaşım ile incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Ortaya çıkan büyük resim yalın üretim sisteminin vizyonunu genişlettiğini, önümüzdeki yıllarda otonom uygulamaların alt yapısında ortaya çıkacağını ve yeni roller üstleneceğini göstermektedir.

Anahtar sözcükler: Yalın üretim, Sürdürülebilirlik, Bibliyometri, Sosyal ağ analizi

ABSTRACT

In recent years, natural sources have been consuming rapidly, and environmental issues have been increasing therefore sustainability activities must be accelerated. According to the current state, production and consumption habits must be changed. The manufacturing industry has a large share of the utilization and consumption of the sources. The sources and processes could be made sustainable by applying some regulations in that field. The master thesis conveys motivation by an intense tendency to sustainability sensibility and searches for solutions accordingly. In recent years, it is remarkable that process development by the lean manufacturing system was investigated to detect sustainability potential. However, most research has a micro perspective on this issue, so holistic research should be executed. It was observed that many research and publication are available regarding lean manufacturing in the literature. Such a large data cluster requires sophisticated methods to execute effective research. The bibliometrics method and social network analysis technique were used in the master thesis. The bibliometrics method can discover patterns in a database and demonstrate relations within data. In the master thesis, firstly publication portfolio of lean manufacturing was analyzed by the bibliometrics method, then network maps were drawn. Network maps were interpreted within the social network analysis framework. The publication analysis was reinforced by patent analysis.

The lean manufacturing field was inspected from a holistic perspective and the current status of the field was presented from a sustainability perspective in the thesis. Obtained data underlined that is an intense tendency for emission reduction activities in the lean manufacturing field. Lean manufacturing was examined and evaluated in terms of sustainability perspective potential by a bibliometric approach. Obtained portrait indicated that lean manufacturing expanded its vision, will appear within autonomous systems structure, and will assume new actions.

Keywords: Lean manufacturing, Sustainability, Bibliometrics, Social network analysis

İÇİNDEKİLER

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI.....	
ÖNSÖZ.....	I
ÖZET	II
ABSTRACT	III
İÇİNDEKİLER	IV
TABLolar LİSTESİ	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
KISALTMALAR	XIII
GİRİŞ.....	
BİRİNCİ BÖLÜM	2
YALIN ÜRETİM.....	2
1.1. YALIN ÜRETİM İLKELERİ	11
1.1.1. Womac ve Jones'un Yalın Düşünce İlkeleri	11
1.1.2. Liker'in 14 İlkesi.....	13
1.2. YALIN ÜRETİM TEKNİKLERİ	14
1.2.1. Tam Zamanında Üretim	14
1.2.2. Kanban ve Çekme Sistemi	15
1.2.3. Tek Parça Akışı	16
1.2.4. Jidoka	17
1.2.5. 5S.....	19
1.2.6. Kaizen.....	21
1.2.7. Poka-Yoke	22
1.2.8. Smed	23
1.2.9. Toplam Verimli Bakım	24
1.2.10. U Tipi Hat Yerleşimi.....	24
1.2.11. Heijunka	25
1.2.12. Değer Akış Haritalama	26
1.2.13. Görsel Yönetim / Görsel Fabrika	27
1.2.14. Hücresel İmalat	28
1.3. YALIN ÜRETİMDE İSRAF KAVRAMI.....	29
İKİNCİ BÖLÜM	33
SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE YALIN ÜRETİM	33
2.1. Yeni Bir İş Stratejisi Olarak Yalın Üretim.....	37
2.2. Yalın Üretim Sistemi ve Dijitalizasyon	40
2.3. Araştırma Gerekliliği ve Bu Konuda Yapılan Çalışmalar.....	41
2.4. Sürdürülebilirlik Bakış Açısından Yalın Üretim.....	56
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM.....	62

YÖNTEM	62
3.1. BİBLİYOMETRİ	62
3.1.1. Bibliyometri Kavramının Tarihsel Gelişimi	65
3.1.2. Bibliyometrik Yasalar	71
3.1.3. Bibliyometrik Analiz Teknikleri.....	73
3.1.4. Bibliyometrik Göstergeler	75
3.2. SOSYAL AĞ ANALİZİ	77
3.2.1. Ağ, Karmaşıklık ve Çizge Kuramı Kavramları	77
3.2.2. Sosyal Ağ Analizi Teorisinin Tarihsel Gelişimi	81
3.2.3. Sosyal Ağ Analizinin Bilimsel Araştırmalar İçin Yarattığı Potansiyel	86
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM.....	89
BİBLİYOMETRİK ANALİZLER	89
4.1. YAYIN ANALİZLERİ	89
4.1.1. Etkin Yazarların Belirlenmesi.....	92
4.1.2. Yayınlardaki Anahtar sözcüklerin belirlenmesi	97
4.1.3. Etkin Ülkelerin Belirlenmesi	133
4.1.4. Etkin Araştırma Kuruluşlarının Belirlenmesi	143
4.1.5. Literatür Büyümesi.....	149
4.2. PATENT ANALİZLERİ.....	152
4.2.1. Patent Büyüme Trendi	153
4.2.2. Patent Başlıklarındaki Anahtar Sözcükler	155
SONUÇ VE ÖNERİLER:	199
KAYNAKLAR DİZİNİ:	205
TEŞEKKÜR	222
ÖZGEÇMİŞ.....	223

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. Yalın Üretimin İsrar Türlerinde Gizlenmiş Enerji Kullanımları	59
Tablo 2. Yalın Üretim İle Enerji Tasarrufu.....	60
Tablo 3. Bibliyometri Alanının Kronolojik Gelişimi.....	65
Tablo 4. Bibliyometri Kavramının Gelişimine Katkı Sağlayan Kişi Ve Kuruluşlar	68
Tablo 5. Farklı Parametrelere Göre En Etkin Yazarlar.....	96
Tablo 6. Derece Merkeziliği Ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Merkeziliği Yüksek İlk 20 Düğüm	133
Tablo 7. Farklı Parametreler İçin En Etkin Ülkelerin Sıralaması	142
Tablo 8. Farklı Parametreler İçin En Etkin Araştırma Kuruluşlarının Sıralaması.....	148
Tablo 9. Yıllara Göre Yayın Sayıları	152
Tablo 10. Yıllara Göre Patent Sayıları.....	155

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Web Of Science Veri Tabanında Yayınların Aratılması	90
Şekil 2. Verilerin Tek Dosya Haline Getirilmesi	91
Şekil 3. Verilerin Arasındaki Boşlukların Kaldırılması	91
Şekil 4. Verilerin Düz Metin Formatında Düzenlenmesi	92
Şekil 5. Yazar İsimlerinin Analizi.....	93
Şekil 6. Yazar İsimlerinin Yayınlardaki Geçiş Sıklığı	93
Şekil 7. Verilerin Farklı Yazımlarının Düzeltilmesi	94
Şekil 8. Yazarların Yayın Sayılarının Belirlenmesi	95
Şekil 9. Yayınlardaki Anahtar Sözcüklerin Analizi.....	98
Şekil 10. Yayınlardaki Anahtar Sözcüklerin Geçiş Sıklığına Göre Düzenlenmesi	99
Şekil 11. Veri Temizliği Sonrası Geçiş Sıklığına Göre Düzenlenmiş Anahtar Sözcükler	100
Şekil 12. Analiz Edilecek Anahtar Sözcükler	101
Şekil 13. Anahtar Sözcüklerin Birlikte Geçme Analizi	101
Şekil 14. Ağ Haritasının Çizimi İçin Net Dosyasının Oluşturulması	102
Şekil 15. Ağdaki Düğümleri Ve Sayılarını Gösteren Net Dosyası	102
Şekil 16. Net Dosyasının Pajek Yazılım Programına Aktarılması	103
Şekil 17. Ağ Haritalaması İçin Pajek Yazılım Programında Komut Verilmesi....	104
Şekil 18. Pajek Yazılım Programında Ağın Haritalanması	104
Şekil 19. Kamada-Kawai Yerleştirme Algoritması İle Ağın Haritalanması	105
Şekil 20. Ağ Haritasının Vosviewer Yazılım Programına Aktarılması.....	106
Şekil 21. Vosviewer Yazılım Programında Yoğunluğun Haritalanması	107
Şekil 22. Vosviewer Yazılım Programında Kümelenmenin Haritalanması	108
Şekil 23. Ağ Kümelenmesinin Vosviewer Yazılım Programında Haritalanması (Normalize Edilmemiş Kümeleme, Ağırlık: Toplam Bağlantı Gücü)	110
Şekil 24. Ağ Kümelenmesinin Vosviewer Yazılım Programında Haritalanması (Association Strength Kümeleme Metodu Kullanılmıştır, Ağırlık: Toplam Bağlantı Gücü).....	111
Şekil 25. Ağ Kümelenmesinin Vosviewer Yazılım Programında Haritalanması (Fractionalization Kümeleme Metodu Kullanılmıştır, Ağırlık: Toplam Bağlantı Gücü).....	112
Şekil 26. Ağ Kümelenmesinin Vosviewer Yazılım Programında Haritalanması (Lin/Log Modularity Kümeleme Metodu Kullanılmıştır, Ağırlık: Toplam Bağlantı Gücü).....	113
Şekil 27. Ağ Kümelenmesinin Vosviewer Yazılım Programında Haritalanması (Normalize Edilmemiş Kümeleme, Ağırlık: Bağlantılar).....	113
Şekil 28. Ağ Kümelenmesinin Vosviewer Yazılım Programında Haritalanması (Association Strength Kümeleme Metodu Kullanılmıştır, Ağırlık: Bağlantılar)..	114

Şekil 29. Ağ Kümelenmesinin Vosviewer Yazılım Programında Haritalanması (Fractionalization Kümeleme Metodu Kullanılmıştır, Ağırlık: Bağlantılar).....	114
Şekil 30. Ağ Kümelenmesinin Vosviewer Yazılım Programında Haritalanması (Lin/Log Modularity Kümeleme Metodu Kullanılmıştır, Ağırlık: Bağlantılar)...	115
Şekil 31. Pajek Yazılımında Algoritmanın Çalıştırılması	116
Şekil 32. Pajek Yazılımında Algoritmanın Çalıştırılması (Dosyaların Raporlanması)	117
Şekil 33. Pajek Yazılımında Vektör Ve Bölümleme Tanımlanması İle Elde Edilen Ağ Haritası.....	118
Şekil 34. Vosviewer Yazılım Programında Ağdaki Yoğunluğun Haritalanması.	119
Şekil 35. Ağ Kümelenmesinin Vosviewer Yazılım Programında Haritalanması (Ağırlık: Kullanıcı Tanımlı Ağırlık).....	121
Şekil 36. Ağ kümelenmesinin Vosviewer yazılım programında haritalanması (ağırlık: toplam bağlantı gücü)	122
Şekil 37. Ağ Kümelenmesinin Vosviewer Yazılım Programında Haritalanması (Ağırlık: Bağlantılar)	124
Şekil 38. Vosviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği Ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Normalize Edilmemiş Kümeleme, Ağırlık: Toplam Bağlantı Gücü)	125
Şekil 39. Vosviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği Ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Association Strength Kümeleme Metodu, Ağırlık: Toplam Bağlantı Gücü)	126
Şekil 40. Vosviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği Ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Fractionalization Kümeleme Metodu, Ağırlık: Toplam Bağlantı Gücü)	126
Şekil 41. Vosviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği Ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Lin/Log Modularity Kümeleme Metodu, Ağırlık: Toplam Bağlantı Gücü)	127
Şekil 42. Vosviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği Ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Normalize Edilmemiş Kümeleme, Ağırlık: Bağlantılar)	127
Şekil 43. Vosviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği Ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Association Strength Kümeleme Metodu Kullanılmıştır, Ağırlık: Bağlantılar).....	128
Şekil 44. Vosviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği Ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Fractionalization Kümeleme Metodu, Ağırlık: Bağlantılar)	128
Şekil 45. Vosviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği Ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Lin/Log Modularity Kümeleme Metodu, Ağırlık: Bağlantılar)	129

Şekil 46. Vosviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği Ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Normalize Edilmemiş Kümeleme, Ağırlık: Kullanıcı Tanımlı Ağırlık).....	130
Şekil 47. Vosviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği Ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Association Strength Kümeleme Metodu, Ağırlık: Kullanıcı Tanımlı Ağırlık).....	131
Şekil 48. Vosviewer yazılım programında derece merkeziliği ve arasındalık merkeziliği ölçütlerine göre ağın haritalanması (Fractionalization kümeleme metodu, ağırlık: kullanıcı tanımlı ağırlık)	131
Şekil 49. Vosviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği Ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Lin/Log Modularity Kümeleme Metodu, Ağırlık: Kullanıcı Tanımlı Ağırlık).....	132
Şekil 50. Bibexcel Yazılım Programında Verinin Parçalanması	134
Şekil 51. C1 Alanındaki Bilgilerin Out Dosyasında Görüntülenmesi	134
Şekil 52. Veri Temizliği, Köşeli Parantezlerin Çıkartılması	135
Şekil 53. Atıf Bilgilerinin Alt Alta Yazılması.....	136
Şekil 54. Verilerin Ayrı Karakterler Olduğunun Tanımlanması	136
Şekil 55. Ülkelerin Analizi İçin Out Dosyasının Oluşturulması	137
Şekil 56. Ülkeler İçin Oluşturulan Out Dosyasının Görüntülenmesi.....	138
Şekil 57. Ülkelerin Atıf Sayılarının Yazdırılması.....	139
Şekil 58. Analize Dahil Edilmeyecek 1.Sütunun Çıkartılması	139
Şekil 59. 1.Sütun Çıkartıldıktan Sonra Ülke Ve Atıf Bilgilerinin Bulunduğu Ekran Görüntüsü	140
Şekil 60. Yayınların h-İndekslerinin Hesaplatılması	141
Şekil 61. H-İndeksi Hesaplandıktan Sonra Oluşan Hdx Dosyasının Görüntülenmesi	141
Şekil 62. Araştırma Kuruluşlarının Analizi İçin Out Dosyasının Oluşturulması.....	144
Şekil 63. Araştırma Kuruluşlarına Ait Out Dosyasının Görüntülenmesi.....	144
Şekil 64. Araştırma Kuruluşlarının Yayına Atıf Sayılarının Yazdırılması.....	145
Şekil 65. Analize Dahil Edilmeyecek 1. Sütunun Devre Dışı Bırakılması.....	146
Şekil 66. 1.Sütun Çıkartıldıktan Sonra Araştırma Kuruluşları Ve Atıf Bilgilerinin Bulunduğu Ekran Görüntüsü	146
Şekil 67. Araştırma Kuruluşlarının h-İndeksinin Hesaplatılması.....	147
Şekil 68. h-İndeksi Hesaplandıktan Sonra Oluşan Hdx Dosyasının Görüntülenmesi	147
Şekil 69. Literatür Büyümesinin Analizi İçin Out Dosyasının Oluşturulması.....	149
Şekil 70. Sıklık Analizi Sonucunda Yıllara Göre Yayın Sayılarının Elde Edilmesi	150
Şekil 71. Yıllara Göre Yayın Sayılarının Grafiği	150
Şekil 72. Lens Veri Tabanında Patentlerin Görüntülenmesi	153

Şekil 73. Yıllara Göre Patent Sıklığı.....	154
Şekil 74. Yıllara Göre Patent Sıklığı Grafiği	154
Şekil 75. Patent Başlıklarındaki Anahtar Sözcüklerin Geçiş Sıklığı.....	156
Şekil 76. Patent Başlıklarındaki Anahtar Sözcüklerin Birlikte Geçme Sıklığı	157
Şekil 77. Düğüm Noktalarını Gösteren Net Dosyası	157
Şekil 78. Net Dosyasının Pajek Yazılım Programına Alınması.....	158
Şekil 79. Net Dosyasının Pajek Yazılım Programına Alınması (Dosyanın Raporlanması)	159
Şekil 80. Pajek Yazılım Programında Elde Edilen Ağ Haritası	159
Şekil 81. Pajek Yazılım Programında Kamada-Kawai Yerleştirme Algoritması Kullanılarak Elde Edilen Ağ Haritası	160
Şekil 82. Ağ Yoğunluğunun Vosviewer Yazılım Programında Haritalanması.....	161
Şekil 83. Ağ Kümelenmesinin Vosviewer Yazılım Programında Haritalanması..	162
Şekil 84. “Yalın Üretim Ve Motor” Birlikte Aratıldığında Onaylanmış Patentler Ve Başvuru Sahipleri	163
Şekil 85. “Yalın Üretim Ve Gaz” Birlikte Aratıldığında Onaylanmış Patentler Ve Başvuru Sahipleri.....	164
Şekil 86. Ağ Kümelenmesinin Vosviewer Yazılım Programında Haritalanması (Normalize Edilmemiş Kümeleme, Ağırlık: Toplam Bağlantı Gücü)	165
Şekil 87. Ağ Kümelenmesinin Vosviewer Yazılım Programında Haritalanması (Association Strength Kümeleme Metodu Kullanılmıştır, Ağırlık: Toplam Bağlantı Gücü)	167
Şekil 88. Ağ Kümelenmesinin Vosviewer Yazılım Programında Haritalanması (Fractionalization Kümeleme Metodu Kullanılmıştır, Ağırlık: Toplam Bağlantı Gücü)	168
Şekil 89. Ağ Kümelenmesinin Vosviewer Yazılım Programında Haritalanması (Lin/Log Modularity Kümeleme Metodu Kullanılmıştır, Ağırlık: Toplam Bağlantı Gücü)	170
Şekil 90. Ağ Kümelenmesinin Vosviewer Yazılım Programında Haritalanması (Normalize Edilmemiş Kümeleme, Ağırlık: Bağlantılar)	171
Şekil 91. Ağ Kümelenmesinin Vosviewer Yazılım Programında Haritalanması (Association Strength Kümeleme Metodu Kullanılmıştır, Ağırlık: Bağlantılar)..	172
Şekil 92. Ağ Kümelenmesinin Vosviewer Yazılım Programında Haritalanması (Fractionalization Kümeleme Metodu Kullanılmıştır, Ağırlık: Bağlantılar)	173
Şekil 93. Ağ Kümelenmesinin Vosviewer Yazılım Programında Haritalanması (Lin/Log Modularity Kümeleme Metodu Kullanılmıştır, Ağırlık: Bağlantılar)...	175
Şekil 94. Pajek Yazılımında Algoritmanın Çalıştırılması	176
Şekil 95. Pajek Yazılımında Elde Edilen Ağ Haritası	177
Şekil 96. Pajek Yazılımında Çizdirilen Ağın Vosviewer Yazılımında Görselleştirilmesi.....	178

Şekil 97. Vosviewer Yazılımında Ağın Kümeleme Analizi.....	179
Şekil 98. “Yalın Üretim Ve Cihaz” Birlikte Aratıldığında Onaylanmış Patentler Ve Başvuru Sahipleri.....	180
Şekil 99. Vosviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği Ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Normalize Edilmemiş Kümeleme, Ağırlık: Toplam Bağlantı Gücü)	181
Şekil 100. Vosviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği Ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Association Strength Kümeleme Metodu, Ağırlık: Toplam Bağlantı Gücü)	183
Şekil 101. Vosviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği Ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Fractionalization Kümeleme Metodu, Ağırlık: Toplam Bağlantı Gücü)	184
Şekil 102. Vosviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği Ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Lin/Log Modularity Kümeleme Metodu, Ağırlık: Toplam Bağlantı Gücü)	186
Şekil 103. Vosviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği Ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Normalize Edilmemiş Kümeleme, Ağırlık: Bağlantılar)	187
Şekil 104. Vosviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği Ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Association Strength Kümeleme Metodu, Ağırlık: Bağlantılar)	188
Şekil 105. Vosviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği Ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Fractionalization Kümeleme Metodu, Ağırlık: Bağlantılar)	190
Şekil 106. Vosviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği Ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Lin/Log Modularity Kümeleme Metodu, Ağırlık: Bağlantılar)	192
Şekil 107. Vosviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği Ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Normalize Edilmemiş Kümeleme, Ağırlık: Kullanıcı Tanımlı Ağırlık).....	193
Şekil 108. Vosviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği Ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Association Strength Kümeleme Metodu, Ağırlık: Kullanıcı Tanımlı Ağırlık).....	194
Şekil 109. Vosviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği Ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Fractionalization Kümeleme Metodu, Ağırlık: Kullanıcı Tanımlı Ağırlık).....	196
Şekil 110. Vosviewer yazılım programında derece merkeziliği ve arasındalık merkeziliği ölçütlerine göre ağın haritalanması (Lin/log modularity kümeleme metodu, ağırlık: kullanıcı tanımlı ağırlık)	198

KISALTMALAR

NUMMI: New United Motor Manufacturing Inc., Yeni Birleşik Motor İmalatı Şirketi

PUKÖ döngüsü: Planla-uygula-kontrol et-önlem al

SMED: Single minute exchange of die, tek dakikada kalıp değişimi

EPA: Environmental Protection Agency, ABD Çevreyi Koruma Ajansı

3R: Reduce, Reuse, Recycle; azalt, tekrar kullan, geri dönüştür

4R: Reduce, Reuse, Recycle, Recover; azalt, tekrar kullan, geri dönüştür, geri kazan

UNEP: United Nations Environment Programme, Birleşmiş Milletler Çevre Programı

UNIDO: United Nations Industrial Development Organization, Birleşmiş Milletler Endüstriyel Gelişim Organizasyonu

SCI: Science Citation Index, bilimsel atıf indeksi

ISI: Institute for Science Information, Bilimsel Bilgi Enstitüsü

CSV: comma separated value, virgülle ayrılmış değerler

GİRİŞ

Son yıllarda doğal kaynakların hızla tükenmesi sürdürülebilirlik konusunun daha sık gündeme gelmesine sebep olmaktadır. Bu hızlı tüketimin önüne geçilmesi için çeşitli önlemler alınmasına rağmen üretim amaçlı kaynak tüketimi ile ilgili sürdürülebilirlik yönündeki çalışmalar henüz yeterli seviyeye ulaşmamıştır. Üretimi kısıtlamadan üretim aşamasındaki kaynak tüketimi daha iyi yönetilerek bu alanda daha etkin bir kaynak planlaması yapılması hem üretim hem de kaynakların devamlılığı açısından oldukça önemlidir.

Son yıllarda çevresel kaygıların artması sürdürülebilirlik konusunda çözüm oluşturacak alternatiflerin araştırılmasına sebep olmaktadır. Üretim endüstrisinin çevresel etkileri dikkate alındığında üretim süreçlerinin sürdürülebilirlik anlayışı doğrultusunda yeniden tasarımı önem arz etmektedir. Bu süreçte hangi yolların izleneceğinin belirlenmesi önemli bir araştırma konusudur.

Üretim alanında köklü değişikliklerin yaşanmasına sebep olan yalın üretim tekniği mevcut işleyişi derinlemesine değiştiren bir anlayış getirmiştir. Yalın üretim, üretim sürecini israflardan arındıran ve üretim sürecinde kaynakların daha etkin yönetimini hedefleyen yeni bir anlayıştır. Bu bağlamda yalın üretim sisteminin, üretim alanında sürdürülebilirlik odaklı bir anlayışın geliştirilebilmesi için önemli bir potansiyel taşıdığı düşünülmektedir. Bu potansiyelin ölçülmesine yönelik literatürde çeşitli çalışmalar olduğu görülmektedir. Ancak veri ve uygulama alanının kapasitesi göz önüne alınınca bu potansiyelin ölçülmesi karmaşık bir hale gelmektedir. Karmaşık sistemlerin anlaşılır hale gelebilmesi için ağlarının analiz edilmesi gerekir (Gürsaka, 2018). Bir kavram ile ilgili literatürdeki verilerin oluşturduğu örüntünün ağ oluşturularak görselleştirilmesi, bu kavramın bağlantılarını incelemeye ve bu kavram ile ilgili makro boyutta değerlendirme yapmaya imkân sağlamaktadır. Tez çalışmasının amacı yalın üretimin yayın ve patent ağını analiz ederek makro bir perspektiften sistemin sürdürülebilirlik konusundaki potansiyelini incelemektir. Bu bağlamda yapılacak tez çalışmasında yalın üretim sisteminin ağı analiz edilecektir. Tez çalışması ile yalın üretim anlayışı bütüncül bir

çerçevede bibliyometrik analizler ile incelenecek ve sosyal ağ analizi ile yorumlanarak sürdürülebilirlik çerçevesinde potansiyeli değerlendirilecektir. Tez çalışması ile yalın üretim alanındaki literatürün profilinin görselleştirilmesi ve sürdürülebilirlik perspektifinde incelenip değerlendirilmesi hedeflenmektedir.

Tez çalışması motivasyonunu sürdürülebilirlik konusunda son yıllarda artan hassasiyet ve çözüm arayışlarına olan yoğun yönelimden almaktadır. Araştırma “Yalın üretim sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için bir araç olabilir mi?” sorusuna yanıt arayacak şekilde tasarlanmıştır. Son yıllarda literatürde yalın üretim sistemi ile sağlanan süreç gelişiminin sürdürülebilirlik perspektifindeki potansiyelinin araştırıldığı dikkat çekmektedir. Ancak bu konuda güçlü bir değerlendirme yapabilmek için makro düzeyde bir perspektif yansıtacak çalışmalara ihtiyaç vardır. Araştırma bu ihtiyacı karşılamayı hedeflemektedir. Tez çalışması ile bu konuya makro perspektiften bir bakış açısı getirilmesi ve yalın üretim sisteminin sürdürülebilirlik konusunda potansiyelinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Tez çalışması 4 bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde yalın üretim sistemi ve barındırdığı felsefe irdelenecektir. İkinci bölümde alanın sürdürülebilirlik perspektifinden görünümü aktarılacaktır. Üçüncü bölümde çalışmada kullanılacak bibliyometri yöntemi ve sosyal ağ analizi metodu tanıtılacaktır. Dördüncü bölümde yayın ve patent analizleri sunulacaktır.

BİRİNCİ BÖLÜM

YALIN ÜRETİM

Günümüzde işletmeler rekabetçi bir konum elde etmek için üstün bir çaba göstermek zorundadır. Bu durumun bir sonucu olarak işletmeler mevcut uygulamalarını gözden geçirmekte ve daha etkin uygulamalar geliştirmek için stratejiler oluşturmaktadır. Son yıllarda küresel boyutta ilgi odağı olan yalın üretim sistemi özünde Toyota'nın bu hedef ile geliştirdiği farklı stratejileri barındırmaktadır. Üretim endüstrisinde süreçleri yeniden şekillendiren bu sistemin günümüze kadar geliştirdiği donanımının ardında ufuk açıcı bir arka planı bulunmaktadır.

Sanayi Devrimi sonrası fabrikalaşma ile beraber seri üretim anlayışı üretim endüstrisine yeni bir soluk getirmiş, daha geniş bir müşteri kitlesinin talebinin standart ve ekonomik bir şekilde karşılanması mümkün hale gelmiştir. Seri üretim ile ölçek ekonomisinden faydalanarak ürünün daha düşük maliyetle üretilmesine olanak sağlamıştır (Vinodh, 2022). Seri üretim, araçlarda basit ve değiştirilebilir parçaların kullanılabilir hale getirilmesi ile montaj hattı fikrinin doğuşunu hazırlamış ve böylece otomotiv sektöründe önemli bir dönüşümün yaşanmasını sağlamıştır (Womac ve diğ., 2007). Seri üretim anlayışı ile otomobil aksamlarındaki bazı teknik değişiklikler sonucunda yaratılan inovasyon sayesinde üretim süreci ile birlikte üretilen ürünlerin tamiri de kolaylaşmıştır (Dennis, 2007). Böylece seri üretim anlayışı üretim endüstrisindeki mevcut işleyişin kökünden değişmesine sebep olmuştur.

Bu inovasyon çalışma anlayışında önemli değişikliklerin yaşanmasına zemin hazırlamıştır. 19. yüzyılda yaşanan endüstriyel devrim insan emeği ile yapılması mümkün olmayan miktarlarda üretimin makine gücü ile yapılması prensibi ile yürütülmüş ve bu prensipler süreçlerin bireysel görevlere bölünmesi sonucu görevlerde uzmanlaşma yönünde eğilime sebep olmuştur (Hobbs, 2003). Bu gelişmelere paralel olarak üretim endüstrisinde süreçlerin yönetimi ve süreçlerin tasarımı konusunda da inovasyon yaratacak gelişmeler yaşanmıştır. Bu dönemde Winslow Taylor endüstri mühendisliği

yaklaşımıyla, Alfred Sloan ise merkezi olmayan profesyonel yönetim anlayışı yaklaşımıyla ilgili bilimsel prensipler ortaya koymuştur (Dennis, 2007). Böylece üretim sürecindeki inovasyon yönetim anlayışındaki inovasyon ile birleşerek üretim endüstrisindeki işleyişi kökünden değiştirecek bir seviyeye ulaşmıştır.

Üretim endüstrisinde yeni bir döneme geçilmesine sebep olan tüm bu yenilikçi gelişmelerin zaman içinde olumsuz tarafları da olduğu anlaşılmaya başlanmıştır. Yüksek maliyetler yaratan emek yoğun üretim sürecinden seri üretime geçilmesi ile üretim maliyetleri düşürülerek üretim hacmi artırılmış ancak üretimde esneklik sağlanamadığından çeşitlilik yaratılamamış ve üretim belirli çeşitler ile sınırlanmıştır (Womac ve diğ., 2007). Diğer yandan bu yeni üretim sistemi üretim endüstrisinde yüksek stokların oluşumuna ve çalışanların ikame edilebildiği ya da işten çıkarılabildiği bir kategorizasyonun ortaya çıkışına zemin hazırlamıştır (Dennis, 2007). Seri üretim ile sınırlı çeşitte yüksek hacimde yapılan üretim uzun ve tekdüze çalışma koşulları sebebiyle çalışan perspektifinden de olumsuz etkiler yaratmıştır (Melton, 2005). Üretimin makine gücüne dayandırıldığı bu dönemde metalin işlenmesi ile ilgili süreçlerin hala insan emeği ile yapılabiliyor olması işgücünün niteliğinin üretim sürecinde önemli bir değişken olduğu anlamına geliyordu (Hobbs, 2003). Buna rağmen seri üretim anlayışı ile birlikte işgücü perspektifinde yaşanan bu olumsuz gelişmelerin gelecek dönemlerde süreçlerde olumsuz yansımalarının olacağı öngörülemiyordu.

Amerika Birleşik Devletleri ve Batıda 20. yüzyılın başlarından başlayarak tüm dünyaya yayılan kitlesel üretim hareketi üretimde nicelik odaklı bir anlayışın yerleşmesine sebep olmuştur (Arslandere, 2018). Bu yıllarda torna ve frezeleme makinaları alanında yaşanan teknolojik gelişmeler sonucu bu teknolojiyi uygulayan endüstriyel organizasyonlar üstün rekabet avantajı kazanmıştır (Hobbs, 2003). Diğer yandan makinaların genel amaçlı kullanımdan özel amaçlı kullanıma yönelik tasarlanması birim maliyetin düşürülmesi için yüksek adetli üretim yapılmasını gerektirmiştir (Dennis, 2007). Bu anlayış ile üretim hacminin artması üretim maliyetlerinin de yükselmesine sebep olmuştur ve böylece sınırlı ekonomik kaynaklara sahip rakipleri üretim konusunda yeni arayışlara yönlendirmiştir. Japonya'nın 2. Dünya Savaşı sonrasında Amerika Birleşik Devletleri ile ekonomik anlamda mücadele etmeye yönelik mühendislik çalışmaları sonucu yalın üretim kavramı

ortaya çıkmıştır (Özdağoglu, Özdağoglu ve Damar, 2022). Bu kavramın ortaya çıkışı ile çalışma anlayışında yaşanacak büyük değişimin makro düzeyde ülkelerin ekonomisini dahi etkileyecek seviyeye geleceği öngörülmüştür (Womac ve diğ., 2007).

Japonya 2. Dünya Savaşı sonrasında rakiplerinden çok farklı ekonomik koşullar içerisinde bulunuyordu ve bu nedenle sahip olduğu küçük pazar payının taleplerini en etkili şekilde karşılamak zorundaydı (Liker, 2021). Japonya'nın mevcut durumu büyük parti üretim ve tüketim için uygun kapasiteye sahip değildi (Holweg, 2007). Diğer yandan savaş sonrası dönemdeki ekonomik koşullar büyük yatırımların yapılmasına engel oluşturmuyordu (Dennis, 2007). Toyota yönetimi Japonya'nın içinde bulunduğu koşullara uygun bir yol izlemek zorundaydı. Toyota'nın bulunduğu koşullara uygun bir üretim şeklini benimsemesi gerekiyordu. Bu gelişmeler üzerine pazardaki değişken talebi karşılayacak, kaliteli ve üretken bir üretim anlayışı oluşturma konusundaki arayışları Toyota'yı yeni bir üretim sistemi oluşturmaya yönlendirmiştir. Bunun sonucunda Toyota üretim sistemi inşa edilmiş ve bu sistemin farklı organizasyonlara da uygulanmaya başlanması ile birlikte "yalın üretim sistemi" olarak da tanımlanmaya başlamıştır (Liker, 2021). Böylece bu yeni üretim sistemi üretim alanına çok farklı bir perspektif getiren yeni bir paradigma haline gelmiştir.

1950'li yıllardan sonra Japonya ekonomisi hızlı büyüme dönemine girmiş ve kitlesel üretim anlayışının da etkisi ile yüksek adetlerde düşük maliyetli üretim modeli Japon yatırımcılar için cazip hale gelmiştir (Ohno, 1988). Kitlesel üretim konseptinde üretilecek ürünlerin seçimine makinelerin hangileri üzerinde daha üretken oldukları anlayışı yön vermiştir (Hobbs, 2003).

1960'lı yıllarda bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler sonucu üretim endüstrisinde bilgisayar destekli yapıların kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Bu yıllarda Japonya'da bazı firmalar kalite iyileştirme yönetimi konusunda çalışmalar yapmış ve bu çalışmaların olumlu sonuçları Toyota yönetimini, üretim sistemine ivme kazandıracak olan toplam kalite kontrolü konusunda çalışmaya yönlendirmiştir (Womac ve Jones, 1998). Böylece Toyota üretim sistemi seri üretim anlayışına kıyasla daha kaliteli ve esnek bir üretim konsepti haline gelmiştir (Vinodh, 2022). 1970'li yıllarda Toyota üretim sisteminde özel bir yapı olduğu fark edilmeye başlanmıştır (Liker, 2021). Bu yıllarda

otomobil pazarında ithalatın yükselmesi batıda araştırmaların eğilimini ticari sorunlar üzerine yoğunlaştırmıştır (Holweg, 2007).

1969 yılında tedarikçileri ile ortak çalışmalar yapmak üzere Toyota ürün araştırma ofisini kurmuştur (Dennis, 2007). 1970'li yıllarda Toyota tüm tedarik zincirini Toyota üretim sistemine adapte etmiştir (Melton, 2005). 1973 yılında yaşanan yağ krizi ile birlikte kitlesel üretim için yapılan yatırımlar olumsuz sonuçlar sergilemiştir (Ohno, 1988). Bununla birlikte bu yıllarda otomotiv sektörünün geleceği ile ilgili kaygılar da artmaya başlamıştır (Holweg, 2007). Otomasyonun artırılmasına rağmen üretim miktarındaki düşüş ile birlikte üretim yüksek maliyetlere sebep olmaya başlamıştır. Toyota üretim sistemi ise işgücü kullanımı ve üretim miktarı konusunda esneklik gösteren yeni bir anlayış ortaya koyarak dikkat çekmeye başlamıştır.

1973 yılındaki yağ krizi sonrasında yalın üretim anlayışı Japonya'da farklı firmalar tarafından da uygulanmaya başlanmış ve daha geniş bir uygulama alanı bulmuştur (Monden, 2011). Toyota'nın uyguladığı yeni üretim sistemi ekonomik imkansızlıklardan dolayı sınırlı miktarda malzeme alımı ile yürütülüyordu, böylece stok tutulmadan üretim yapılıyor ve nakit akışı etkin bir şekilde yönetilebiliyordu (Liker, 2021). Toyota küçük parti üretim için ölçek ekonomisi ile yürütülecek bir üretim sistemi geliştirmekle birlikte hammaddenin tedarikini de bu sisteme adapte edebilmişti (Holweg, 2007). Firmalar arası işbirliğinin güçlü olduğu Japonya'da yalın üretim sistemi esnek üretim sistemini yaygınlaştırmış ve böylece firmaların tedarikçileri ile karşılıklı esnek çalışmasına olanak sağlayarak inovasyonun önünü açmıştı (Monden, 2011).

1980'li yıllarda yalın üretim sistemi Japonya'nın dışına çıkarak tanınmaya başlamıştır. Toyota'nın yurt dışında da üretim tesisleri kurmaya karar vermesi üzerine 1984 yılında General Motors ile %50 ortaklık kurmak üzere NUMMI anlaşması imzalanmıştır (Liker, 2021). NUMMI tesisleri ile Toyota üretim sisteminin Amerika'da uygulamaya konması Toyota'nın Amerika'daki yerel tedarikçilerinin bu sistem ile ilgili tecrübe edinmesini sağlamıştır (Holweg, 2007). NUMMI anlaşması ile yurtdışına ihraç edilen Toyota üretim sistemi yaygınlaşmaya ve başka iş alanlarında da uygulanmaya başlamıştır. Böylece yalın üretim anlayışı küresel boyutta tanınmaya ve otomotiv endüstrisi dışında başka sektörlerde de uygulanmaya başlamıştır.

Yalın üretim sisteminin temeli tam zamanında üretim ve otonomasyon metotlarına dayanmaktadır (Ohno, 1988). Tam zamanında üretim metodu ile stok oluşturmada üretim yapılması hedeflenmektedir. Stok oluşturmada müşterinin talebine göre üretim yapıldığında stok ile ilgili maliyetler de oluşmayacaktır. Burada amaç yatırımların doğru alanlara aktarılarak nakit akışının kesintisiz sürdürülebilmesidir. Tam zamanında üretim tekniğinin temelinde organizasyonun dinamizmini korumak için geliştirilmiş sürekli iyileştirme ve gelişim faaliyetlerini temsil eden kaizen felsefesi bulunmaktadır (Monden, 2011).

Kaizen organizasyonu sürekli gelişim için harekete geçirerek canlı tutmaktadır. Tam zamanında üretimin başarılmasında kaizen tekniğinin sağladığı dinamizmin önemli bir yeri bulunmaktadır. Tam zamanında üretim metodunun arka planında diğer üretim metotlarında kusurlu unsurlar olarak görülen müşteri tercihinin tam olarak karşılanamaması ve fazla stokların gereksiz bir yatırıma dönüşmesini tersine çeviren bir anlayış bulunmaktadır (Holweg, 2007). Ohno, tam zamanında üretim metodunu otomobil fabrikalarını ziyaret için gittiği Amerika seyahatinde süpermarket düzenini inceleyerek geliştirmiştir (Ohno, 1988). Tam zamanında üretim ile birlikte otonomasyon tekniği yalın üretim sisteminin temelini inşa etmiştir. Üretim sürecinde akışın bozulmaması için sürecin kusursuz işlemesi gerekmektedir. Bu gereklilik sürecin kusursuz işlemesi ve hata oluşmaması ya da hatanın sonraki ünitelere ilerlememesi için otonomasyon tekniğinin geliştirilmesi fikrini ortaya çıkarmıştır. Otonomasyon konseptinde makine ya da çalışanlar hatalı bir durum fark ettiklerinde üretim süreci durdurulmaktadır. Tam zamanında üretimin otonomasyon tekniği ile birlikte uygulanmasıyla üretim süreci akış halinde ilerleyebilmektedir. Akış halinde ilerleyen bir süreçte beklemler ve stoklar oluşmamaktadır. Böylece üretim süreçleri proaktif olarak problemleri engelleyen bir anlayış üzerine inşa edilmektedir. Tam zamanında üretim ve otonomasyon metotları başarı ile uygulandıktan sonra tam zamanında üretimin yapılabilmesi için üniteler arasında adet bilgisi ile ilgili iletişimin sağlanması gerekliliği Kanban fikrini ortaya çıkarmıştır (Ohno, 1988). Kanban eksilen stoğun hızla tamamlanmasını sağlayarak yatırımların stoklara yönlendirilmesini engellemek için etkin bir yol sunmuştur (Hobbs, 2003). Kanban sistemi üretim sürecinde stoğu kontrol altında tutan ve iş istasyonları arasında iletişimi sağlayan önemli bir araç haline gelmiştir. Üretim talebindeki

dalgalanmanın kontrol altına alınması gerekliliği üretimin seviyelendirilmesi fikrini ortaya çıkarmıştır. Yalın üretim sisteminde ürün çeşitliliğinin ve üretimin seviyelendirilmesi gerekliliğinin bir sonucu olarak hazırlık sürelerinin düşürülmesi bir zorunluluk haline gelmiştir (Ohno, 1988). Üretim endüstrisinde uzun hazırlık süreleri değişken taleplere uyum sağlanmasını zorlaştırmakta ve üretim sürecinin süresini uzatmaktadır. Üretim sürecinde kalıp değişimi sırasında harcanan süre yalın üretim sisteminde israf olarak görülmektedir ve bu nedenle bu hazırlık süresinin düşürülmesi önemli hedeflerden biri haline gelmiştir. Böylece hızlı kalıp değişimini mümkün hale getirerek hazırlık sürelerini azaltan smed sisteminin temelleri atılmıştır. Tüm bu tekniklerin yalın üretimin başarısında önemli bir fonksiyonu bulunmaktadır.

Yalın üretim sistemi üretim endüstrisinde üretim faaliyetlerinin yürütülmesinde izlenecek farklı yolların bir rekabet avantajı yaratabileceğini ortaya koymuştur. Yalın üretim, müşterilerin ürün ya da hizmet ile birlikte bir değeri de satın aldığı ve bu nedenle üretimin bu değeri yaratacak şekilde tasarlanması gerektiğini savunan yeni bir bakış açısını ortaya çıkarmıştır (Arslandere, 2018). Yalın üretim sistemi müşteri talebine göre üretim yaparak değer kavramının sürecin başında tanımlanmasını sağlamıştır (Melton, 2005). Yalın üretim sistemi ile üretimde sıralı bir düzen oluşturarak kapasitenin eşit dağılımını sağlanmış ve işletmelerin temel kaynakları olan işgücü ve hammadde müşteri talebine göre kombinlenerek değer yaratacak bir metot ortaya konmuştur (Hobbs, 2003). Üretim sürecine esneklik getiren bu anlayış ile çalışanların birden fazla göreve odaklanması sonucu çok fonksiyonlu çalışma prensibinin benimsenmesi üretime ivme kazandıran bir gelişme olmuştur (Womac ve diğ, 2007).

Yalın üretim sisteminin barındırdığı prensiplerin de sistemin başarısını sürdürmesinde kilit rol oynadığını söylemek mümkündür. Yalın üretim sisteminde hedefler ve hedeflere ulaşmayı sağlayacak araçlar büyük önem taşımaktadır. Yalın üretim tekniklerinin ortaya çıkışı incelendiğinde yapılan mühendislik çalışmalarının temelinde organizasyonun hedeflerine ulaşmasını kolaylaştıracak bir anlayış olduğu anlaşılmaktadır. Yalın üretim sistemindeki metotlar sürecin sorgulanması sonucunda geliştirilmiştir. Yalın üretim, sorunların kök sebebini bulmak için sürekli sorgulamayı ve sorunlar karşısında farklı bir tutum geliştirmeyi hedefleyen yeni bir anlayış getirmiştir. Öte yandan yalın üretim sistemi

ile üretimde küçük ölçekli çalışma prensibinin birçok açıdan daha verimli olduğu keşfedilmiştir (Melton, 2005).

Yalın üretim sistemi ile şüpheli tahminlere dayanan üretim anlayışı yerine müşteri talebine göre işleyen bir üretim anlayışı dizayn edilmiştir (Hobbs, 2003). Yatırımların geri kazanımını sağlayacak üretken bir sistem oluşturmayı hedefleyen yalın üretim sisteminin altını çizen prensiplerden biri hedeflenen performans ile mevcut performans arasındaki farkı kapatacak stratejilere odaklanmaktır (Monden, 2011). Yalın üretim sisteminde süreçlerin tasarımına ve gelişimine önem verilmektedir. Yalın üretimde süreçlerdeki verimsiz adımlar üretim sürecindeki akışı bozan engeller olarak görülmektedir. Yalın üretim sisteminde üretkenliğin arttırılmasında kaynakların verimli kullanılması ve israfların belirlenip iş süreçlerinden çıkartılması büyük önem taşımaktadır. Yalın üretim sisteminin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için açıkça belirlenmiş amaçlar doğrultusunda kolektif bir şekilde hareket edecek ve gerekli bilgi akışını sağlayacak güçte bir işgücü oluşturulması gerekmektedir (Feld, 2000). Yalın üretim teknikleri efektif bir şekilde uygulandığında müşteri talebinin etkin bir şekilde karşılanmasını sağlayarak rekabet için yürütülecek bir farklılaşma stratejisine dönüşmektedir (Hobbs, 2003). İsraflardan arındırılmış sürekli iyileştirmeler yapılarak etkin işleyen bir sistem oluşturmak yalın anlayışın temelidir. Bu anlayışın uygulanmasında izlenecek yol sistemin başarısı için oldukça önemlidir. Yalın üretim sistemini etkin kılan barındırdığı felsefedir. Yalın anlayışın bir kültür olarak anlaşılıp benimsenmesi, yalın uygulamaların başarılı olması için bir ön koşuldur. Yalın uygulama araçlarının yeni bir trend olarak algılanıp uygulanması yüzeysel kalmasına sebep olmaktadır (Liker, 2021). Bu nedenle yalın üretim tekniklerinin uygulanmasında yalın üretim sisteminin temelindeki anlayışın kavranması büyük önem taşımaktadır.

Yalın üretim anlayışında yönetimin üretim sürecinin içinde olması, sistemi izlemesi ve sorgulaması gerektiği, süreci geliştirecek etkin bilgiye bu kanaldan ulaşılabilceği öngörülür (Ohno, 1988). Bununla birlikte yönetimin üretim sürecine dahil olması ve çalışanlar ile etkin iletişim içinde olması çalışanlar açısından da gelişim olanağı sunar. Yönetim anlayışının bürokrasiden sıyrılarak rehberlik eden katılımcı bir yol izlemesi yoğun prosedürlere rağmen motive çalışan bir işgücü yaratabilir (Liker, 2021). Bu

motivasyonun çalışanların işine odaklanmasına ve üzerinde çalıştıkları iş için çaba göstermesine önemli katkısı olacaktır. Bununla birlikte çalışanların yetkinliklerini artırmaları özgüvenlerini de artırarak inisiyatif alabilen, işinin ötesinde düşünen bir işgücü yaratacaktır. İşletme içinde bilginin yakalanması ve organizasyonda paylaşılması yönetimin uygun şekilde yapılandırılması ile mümkün olmaktadır (Melton, 2005). Yönetimin üretim sürecinin içinde olması ve süreci izlemesi karar alma sürecinde önemli bir etki yaratmaktadır. Toyota üretim sisteminde Genchi Genbutsu olarak tanımlanan yerinde görme kavramı problem oluşan alanın bir karar almadan önce ziyaret edilmesi ve gözleme dayalı kararlar alınması, probleme yaklaşılarak bir değerlendirme yapılması bakımından oldukça kıymetlidir (Liker, 2021).

Yalın üretim sisteminde insan unsuru ön plandadır. Yalın üretim anlayışının çalışana yönelik bakış açısının temelinde Toyota'nın çalışanlarını ömür boyu istihdam etmek zorunda kalması sonrasında çalışanları ile uzun vadeli ilişki kuracağını anlayarak bu durumu işletmenin yararına dönüştürmek için çalışanların gelişimine öncelik vermesi yönündeki stratejinin etkili olduğu söylenebilir (Dennis, 2007). Bu gelişmenin çalışan perspektifinden de benzer bir stratejiyi ortaya çıkardığı söylenebilir. Çalışanlar karşılıklı güven ilişkisi içerisinde daha motive ve istekli bir şekilde çalışmaktadırlar. İnsan motivasyonunun doğru yönetimi ve kaynakların efektif kullanımı ile yalın anlayış çerçevesinde çarpıcı sonuçlar elde edilmektedir. Etkin iletişim ve ekip çalışması, sürekli strateji geliştirme ve bitmek bilmeyen gelişim yolculuğu yalın üretimin dinamiklerini sağlamaktadır. Yalın üretimi etkin kılan, insan yetenek ve motivasyonunu üretim sistemine entegre ederek süreci bütüncül bir çerçevede ele almasıdır (Feld, 2000). Bu sistemde çalışanlar birden fazla göreve odaklanarak yetkinliklerini artırmaktadır (Melton, 2005). Yalın üretim sisteminde gereksiz işgücünün tespit edilip başka süreçlerde değerlendirilmesi maliyet ve üretkenlik açısından bir kaldıraç gücü yaratmıştır (Ohno, 1988). Yalın üretim karşılıklı yardımlaşma ve takım çalışması ile daha az sayıda çalışan ile daha verimli sonuçlar alınabileceğini göstermektedir. Yalın üretim anlayışında çalışan sayısının azaltılması ve üretimin akış halinde yürütülmesi çalışanların birden fazla göreve odaklanarak fonksiyonelliğini arttırmasını sağlamaktadır. Böylece ekip içindeki etkileşim ve yardımlaşma ortamının geliştirilmesi hedeflenir. Bireysel başarının kolektif bir çalışma ortamı içerisinde ortaya çıkarılmasını teşvik eden yalın üretim anlayışı

Çalışanların gelişimini destekleyerek çalışanları organizasyonun en kıymetli unsuru haline getirir (Liker, 2021).

Yalın üretim sistemi işletme perspektifinden de sürekli gelişimi hedeflemektedir. Yalın üretim sistemi sayesinde işletmeler önemli kazanımlar elde etmektedirler. Tüm organizasyonların en öncelikli hedeflerinden biri olan verimlilik ve müşteri memnuniyetinin sağlanması yalın üretim tekniklerinin değer yaratmayan adımları süreçlerden çıkarması ile mümkün hale gelmektedir (Makwana ve Patange, 2022). Müşteri talebine göre yapılan üretim işletmelerin müşterilerin ihtiyaçlarını daha iyi anlamasını sağlayarak yoğun rekabet pazarında müşteriler ile ilişkilerin geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır (Melton, 2005). Yalın üretim, sürecin bir parçası haline gelmiş görünmeyen israfları tespit edip eleyerek süreci verimli hale getirmeyi hedeflemektedir. İrafların elenmesi işletmelerin maliyetlerini düşürerek karlılıklarını artırmalarını sağlamaktadır. Bu üretim sistemi ile maliyetleri düşürmenin yanında adet takibi ile pazardaki talebin trendini takip etmek de mümkün olabilmektedir (Monden, 2011). Bu yönüyle teknik üretimde inovasyonu desteklemektedir. Stok biriktirmeden yürütölen iş akışı fazla yatırım gerektirmemek ile birlikte yatırımların hızlı geri dönüşünü de sağlamaktadır (Hobbs, 2003). Böylece yalın üretim sistemi işletmelerin finansal kaynaklarını en verimli şekilde değerlendirmelerine olanak sağlamaktadır.

Süreçlerin iyileştirilmesini ve uygun bir düzende yürütölmesini sağlayan yalın üretim sistemi kaliteyi de desteklemektedir (Melton, 2005). Sistem sayesinde kalitenin artırılması hem müşteri perspektifinden değer yaratmakta hem de işletmenin prestijine katkıda bulunmaktadır. Bununla birlikte işletmeler kaliteyi artırarak ürünün sürdürülebilirliğine katkıda bulunmaktadırlar. Yalın üretimin bir üretim sistemi olmasının ötesinde bir yönetim teknolojisi olduğu söylenebilir (Wang, 2010). Yalın üretim sistemi işletmelerin kaynaklarının en etkili şekilde yönetilmesini hedeflemektedir. Geleneksel üretim anlayışı iş süreçlerinde bölgesel iyileştirmelere yönelirken yalın üretim anlayışı bütünsel bir bakış ile bütün süreçlerde iyileştirme yapmayı hedeflemektedir (Liker, 2021). Böylece işletmeler daha büyük ölçekte gelişim fırsatı elde etmektedirler. Yalın üretim sisteminin temelindeki yaklaşım işletmenin kapasite, işgücü, kapital, hammadde, zaman gibi kaynaklarının müşterilerin talebi ile doğru orantılı olarak kullanılmasına dayanır

(Vinodh, 2022). Böylece işletmeler kaynaklarını verimli kullanarak müşteri memnuniyetini sağlarken gelişimlerini de sürdürebilirler.

Günümüzde üretim endüstrisinden beklenen hizmet anlayışı organizasyonların kapasitesinin üzerinde bir performans ortaya koymasını gerektirmektedir. Yalın üretim sistemi bu performansın yakalanabilmesi için etkili yöntemler sunmaktadır. Organizasyonlardaki işgücünün farkındalığını ve donanımını artıracak bu uygulamalar işgücünün de gelişimini sağlamaktadır. İnsan yaratıcılığı ile harmanlanan bu etkin uygulamalar organizasyonların gelişen organizasyonlara dönüşmesini sağlayacaktır.

1.1. YALIN ÜRETİM İLKELERİ

Yalın anlayışın, hem uygulama aşamaları hem de içinde barındırdığı felsefe çok geniş bir perspektif taşıdığından bu çalışmada Womac ve Jones tarafından yayınlanan ilkeler ve Jeffrey Liker tarafından belirlenen ilkelerin her ikisi de açıklanacaktır.

1.1.1. Womac ve Jones'un Yalın Düşünce İlkeleri

Yalın üretim ile ilgili ilkeler ilk olarak 1997 yılında Womac ve Jones tarafından yayınlanmıştır. Womac ve Jones yalın düşüncenin temelindeki felsefeyi vurgulayan yalın üretim ilkelerini aşağıdaki 5 ilke ile özetlemiştir (Womac ve Jones, 1998).

Değer

Yalın üretim sistemi müşterinin talebini önceliklendirerek süreçlerini müşteri için değer yaratacak şekilde düzenleyen bir anlayış ortaya koymaktadır. Yalın düşüncenin temelini temsil eden değer kavramının nasıl belirleneceği ve nerede üretileceği yalın felsefenin uygulamasında en kritik aşamadır (Womac ve Jones, 1998). Değerin doğru tanımlanamaması durumunda hedefe ulaşmak mümkün olmayacağı gibi kaynaklar da israf edilmiş olacaktır. Bu nedenle değer kavramı yaratılmadan önce doğru bir analiz yapılması ve değerın tasarlanması gerekir. Toyota üretim sisteminde değer kavramı müşterinin üründen fiyat ve performans beklentisini karşılayacak ürünler üretmek olarak tanımlanmaktadır (Tekin M., Arslantere, Etlioğlu ve Tekin E., 2018c).

Değer Akışı

Değer akışı, üretim sürecindeki faaliyetlerin bütününi temsil etmektedir. Bu faaliyetlerin içinde ürün ya da hizmete doğrudan katma değer sağlayan faaliyetler olduğu gibi katma değer sağlamadığı halde ürün ya da hizmetin sunulmasında önemli rol oynadığından dolayı ayrıştırılamayan faaliyetler de bulunmaktadır (Durmuşoğlu, 2020). Değer akışı, ürün ve hizmetin ötesinde geniş bir perspektif sunmaktadır. Değer akışı ürün ya da hizmet ile ilgili geniş kapsamlı bir akışı ifade ettiğinden işletmenin tedarikçileri ile açık iletişim içinde olması, süreçleri ile ilgili bilgileri karşılıklı paylaşımları ve böylece değer akışının büyük çerçevede değerlendirmesinin yapılması sürecin katma değerini artıracak, israfların belirlenmesini ve ortadan kaldırılmasını sağlayacaktır (Womac ve Jones, 1998). Değer akışının kesintisiz olarak sağlanması hem üretim işletmelerinin kazancını hem de müşteri için yaratılan değeri arttırmaktadır (Tekin ve diğ., 2018c).

Akış

Akış, üretim aşamalarının birbirini takip etmesi ve üretimin tüm aşamalarının sıralı bir akış halinde tamamlanmasını ifade eder. Geleneksel üretim anlayışında üretim aşamalarının bölümlere ayrılması ve ürünlerin üretilip biriktirilmesi anlayışı yaygındır (Womac ve Jones, 1998). Ancak yalın anlayış bir işin tüm aşamalarını sıra ile tamamlayacak düzende bir üretim konsepti sunmaktadır. Bu üretim konsepti ürünün bir akış halinde üretimini ve son halini almasını ifade etmektedir. Akış, üretim sürecinin kesintisiz ilerlemesi anlamına gelir, akışın gerçekleştirilebilmesi için hazırlık sürelerinin düşürülmesi gerekir. Akış, üretim sürecini kontrol altında tutar. Akış, üretim sürecinde düzeltmeler ya da beklemler oluşmayacak şekilde düzenli ve kesintisiz üretimi ifade eder. İşlem gören bir parçaya düzeltme gereği ya da yeniden bir işlem yapılması gerekliliğinin oluşması süreci kesintiye uğratan ve akışı bozan bir israf olacağından dolayı üretim hatalarını önleyen standart çalışma prosedürleri oluşturularak akış halinde bir süreç tasarlanmalıdır (Liker, 2021).

Çekme

Çekme sistemi üretim sürecinin müşteri talebine göre yürütülmesi olarak tanımlanabilir. Burada temel fikir müşteriye istemediği ürünleri sunmak ve atıl ürünler üretmek yerine

müşterinin istediği ürünleri müşteriden talebi çekerek israf oluşturmada üretmektir (Womac ve Jones, 1998). Çekme sistemleri israfı önlemekle birlikte müşteri taleplerini etkin bir şekilde karşılayarak müşteri memnuniyetini de artırmaktadır.

Mükemmellik

Yalın üretimin ilkeleri düzenli uygulandıkça çalışanlar gelişim ve iyileştirmenin sürekliliğini fark ederler ve bu anlayışı benimserler (Womac ve Jones, 1998). Böylece çalışanlar kendi yaratıcılık ve çabalarını da ortaya koyarak mükemmelliğin yakalanmasını sağlarlar. Mükemmellik, her alanda daima yeni iyileştirmelerin mümkün olduğu anlayışı ile çalışmanın firma kültürü haline gelmesi ile kazanılacak bir anlayıştır (Çiçekli ve Soyumert, 2021).

1.1.2. Liker'in 14 İlkesi

Liker, yalın üretim sisteminin uygulanmasında rota alınacak kılavuz ilkelere odaklanmıştır. Jeffrey Liker yalın üretim konusunda 14 ilke yayınlamıştır. Bu ilkeler (Liker ve Hoseus, 2015):

- 1.ilke: Uzun vadeli bir planlama yapmak,
- 2.ilke: Süreç akışı yaratmak,
- 3.ilke: Çekme sistemleri kullanmak,
- 4.ilke: İş yükünü seviyelendirmek,
- 5.ilke: Sürecin durdurulması,
- 6.ilke: Süreçlerin ve görevlerin standartlaştırılması,
- 7.ilke: Görsel kontrol uygulamaları oluşturmak,
- 8.ilke: Çalışanlar ve süreci destekleyen teknolojiyi kullanmak,
- 9.ilke: İş kültürünü benimsemek,
- 10.ilke: İş kültürünü benimsemiş yaratıcı çalışanlar yetiştirmek,
- 11.ilke: Tedarikçileri desteklemek ve uzun vadeli ilişkiler kurmak,

12.ilke: Sorunları yerinde görmek,

13.ilke: Tüm seçenekleri değerlendirerek karar almak,

14.ilke: Hansei ve kaizen temelinde gelişen bir organizasyon oluşturmak olarak sıralanabilir.

Bu ilkeler yalın üretim sisteminin uygulanması sürecinde dikkat edilmesi gereken önemli unsurların altını çizmektedir. Bununla birlikte sürecin yönetim, çalışanlar ve tedarik zinciri perspektifinden bütüncül bir bakış açısı ile ele alınması gerektiğini vurgulamaktadır. Öte yandan üretim sürecinin hatasız ve kesintisiz yürütülmesi için önemli adımları ortaya koymaktadır. Yalın üretim sisteminin başarısında tüm ilkelerin ayrı bir katkısı bulunmaktadır. Bu bağlamda yalın üretim sisteminin etkin bir şekilde uygulanabilmesi için bu ilkelerin birbiriyle bağlantılı olduğunun kavranması ve tüm ilkelerin uygulanabileceği uygun altyapının oluşturulması gerekmektedir.

1.2. YALIN ÜRETİM TEKNİKLERİ

Yalın üretim bünyesinde çok sayıda teknik barındırmaktadır. Tez çalışmasında yalın üretim sistemine temel teşkil eden teknikler ve bu teknikler için kaldıraç gücü niteliği taşıyan teknikler detaylandırılacaktır.

1.2.1. Tam Zamanında Üretim

Tam zamanında üretim, doğru ürünün doğru zamanda doğru miktarda üretilmesini hedefleyen ve farklı çeşitte ürünlerin küçük partiler halinde üretilmesine olanak sağlayan teknik olarak tanımlanabilir (Cimorelli, 2016). Teknik 1936 yılında Kiichiro Toyoda tarafından geliştirilmiştir (Robinson, 2017). Tam zamanında üretim sürecinde çekilmek istenen üretim miktarı önceki iş sürecinde üretilen parçalardan temin edilir ve önceki iş sürecinde eksilen parçalar yeniden üretilir (Monden, 2011). Bu şekilde fazla üretim yapılmadan yeni üretim talebi karşılanmış olur. Tam zamanında üretim, üretim süreci için gerekli parçaların üretim hattına zamanında ve gerekli miktarda ulaşması ve böylece stok oluşturulmadan üretim yapılması prensibine dayanmaktadır (Ohno, 1988). Üretim sürecinde stok oluşumu süreçlerin aksamasına ve ek maliyetlerin oluşmasına sebep olmaktadır. Sistemin tam zamanında üretim konseptinde işlemesi üretim sürecinin bir

akış halinde incelenmesine ve israfların tespit edilmesine olanak sağlamaktadır (Hirano, 2009).

Bu üretim tekniği ile stok ve iş gücü yönetimi konusundaki farklı yaklaşım sayesinde üretimin düştüğü dönemlerde de verim sağlanmaktadır (Monden, 2011). Tam zamanında üretim işletmelerin hedeflerine ulaşmaları için kaynaklarını optimize ederek kullandıkları bir konsept sunmaktadır (Kanat ve Güner, 2006).

1.2.2. Kanban ve Çekme Sistemi

Yalın üretim sisteminin temelindeki iki önemli sütundan biri olan tam zamanında üretimin yürütülebilmesi için malzeme ve süreçlerin yönetimini sağlayan temel araç kanban olarak tanımlanmaktadır (Cimorelli, 2016). Yalın üretim sisteminde iş istasyonları arasında iletişimi sağlayan kanban üretim sistemini harekete geçiren bir sinyal niteliğindedir (Wang, 2010). Yalın üretim sisteminde çekme sisteminin uygulanmasını sağlayan temel araç niteliği taşıyan kanban sistemi üretim sürecini manuel olarak düzenleyerek süreçlerde üretim için öncelikleri belirlenmiş bir düzen inşa etmektedir (Vinodh, 2022). Yalın üretim bir üretim metodudur, kanban ise bu metodu uygulamak için gerekli olan araçtır (Ohno, 1988).

Kanban sistemi üretim standardizasyonunu sağlayan ve üretim sürecini kontrol altında tutmayı hedefleyen bir bilgi sistemidir (Monden, 2011). Bu sistem sayesinde üretim sürecinde müşteri talebine göre yürütülen bir stok düzeni oluşturulmaktadır. Kanban sisteminin işleyişi tüm iş akışını tersinden düşünüp değerlendirmeyi gerektirmektedir. Kanban sisteminde gerekli ürünlerin bir önceki iş sürecinden toplanması ve bir sonraki iş sürecine iletilmesi sonucu tüm ürünler için sürekli üretim yapılması ve böylece gerekli üretim ihtiyacının stok tutulmadan karşılanması hedeflenmektedir (Ohno, 1988). Kanban sistemi sayesinde stok oluşturmadan karma model üretim gerçekleştirilebilmektedir (Sundar, Balaji ve SatheeshKumar, 2014). Böylece müşteri talebindeki değişkenlik yönetilebilmektedir. Geleneksel üretim sistemlerinde ürün stokları tutularak nakit akışı stoklara yönlendirilmektedir, kanban sisteminde müşterinin talebine göre yapılan üretim sayesinde nakit akışı sisteme yönlendirilmektedir (Aslandere, 2018). Kanban

sistemindeki stok yönetimi anlayışı organizasyonların finansal kaynaklarının doğru yönetilmesine katkıda bulunmaktadır.

Sık üretilen parçalarda dah iyi performans sağladığı belirtilen Kanban Kanban sisteminin sık üretilen parçalarda en iyi performansını sergilediği söylenebilir (Cimorelli, 2016). Kanban sayısının artması stok oluşumuna sebep olabilirken Kanban sayısı azaldığında kanbanın etkinliği artar, bu nedenle kanban sayısının belirlenmesi önemli bir noktadır (Aslandere, 2018; Ohno, 1988).

Kanban sisteminin başarısında süreçlerin bu sisteme uygun şekilde tasarlanmasının bir başarı ölçütü olduğu söylenebilir. Diğer yandan kanban sisteminin süreçlerin doğru tasarlanması konusunda ipuçları veren bir sinyal olduğunu da söylemek mümkündür.

1.2.3. Tek Parça Akışı

Üretim yapılan ünitelerdeki düzenin üretim sürelerine göre ard arda ürün üretecek şekilde düzenlenmesi ile tek parça üretim konsepti oluşturulmaktadır (Monden, 2011). Bu konseptte ürün beklemeden bir üniteden diğerine geçerek üretim süreci tamamlanmaktadır. Farklı müşteri talepleri ve kısalan ürün yaşam döngüsü sonucu üretimdeki talebin etkin bir şekilde karşılanması tek parça akışı sistemi ile mümkün olmaktadır (Miltenburg, 2001). Tek parça akışı üretim sürecindeki iş adımlarının birbirine uygun şekilde bağlanması sonucu akışın kesintisiz olarak sağlandığı bir yöntem sunmaktadır (Hobbs, 2003). Üretim sürecinin kesintisiz olarak ilerlemesi sonucu tek parça akışı sisteminde stok oluşturmada üretim yapılabilmektedir (Gopalakrishnan, 2010).

Tek parça akışı düzeni üretim istasyonları arasında oluşabilecek beklemleri ve zaman kaybını önlemektedir (Cimorelli, 2016). Bununla birlikte tek parça akışı düzeni üretilen malzemeyi bir sonraki iş istasyonuna yönlendirerek üretilen ürünlerin birikmesine engel olmaktadır (Gopalakrishnan, 2010). Birikmeleri önleyerek iş alanının efektif kullanılmasına olanak sağlayan tek parça akışı düzeni üretim sürecini hızlandırmaktadır.

Üretim sisteminde standardın oluşturulmasını sağlayan kanban sistemi başarılı bir şekilde uygulandığında tek parça akış düzeninin uygulanması kolaylaşmaktadır (Durmuşoğlu, 2020). Üretim sürecinde tek parça akışı düzeninin oluşturulabilmesi için çekme sistemi,

u tipi hat yerleşimi, jidoka, standart iş ve takt zamanı tekniklerinin uygulanması ve tek parça akışı sistemi için uygun zeminin hazırlanması gerekmektedir (Miltenburg, 2001). Tek parça akışı sisteminin başarılı şekilde uygulanması sonucunda stoksuz ve esnek üretim mümkün hale gelmektedir.

1.2.4. Jidoka

Jidoka, yalın üretim sisteminin temelini oluşturan sütunlardan birini temsil etmektedir (Baudin, 2007). Bu bağlamda jidoka sisteminin başarılı bir şekilde uygulanmasının yalın üretim sisteminin etkinliğini önemli düzeyde etkileyeceği söylenebilir. Günümüzde “’yerinde kalite”’ olarak da anılan Jidoka kavramı Japonca’da insan aklına sahip makine anlamına gelmektedir (Liker, 2021). Jidoka, üretim sisteminde ya da makinalardaki işleyişi takip edip durum tespiti yaparak bir aksaklık oluştuğunda ışık ya da ses fonksiyonu ile uyarı bildirmektedir (Vinodh, 2022). Böylece anormallikleri tespit ederek çalışanları uyarmaktadır.

Yalın üretim sisteminde jidoka kalite kontrol fonksiyonudur ve hatalı parçaların sonraki istasyonlara ilerlemesini engellemektedir (Tekin, M., Arslandere, Etlioğlu, Koyuncuoğlu, Tekin, E., 2018a). Kalite standartlarının sağlanması için oluşturulan jidoka kontrol sistemi bir otomasyon sistemini andırmaktadır (Monden, 2011). Jidoka ile sağlanan otomasyon sistemi endüstrideki otomasyon sistemlerinden farklı olarak köklü bir değişim gerektirmemektedir (Baudin, 2007). Bu yönüyle tekniğin kalitenin düşük maliyetle sağlanmasına yönelik bir yol sunduğu söylenebilir. Bu teknik düşük bir maliyetle üretim sistemindeki mevcut makinelerle uygulanabilmektedir (Hirano, 2009). Bu fikir Toyota Sakichi tarafından icat edilen otomatik etkinleştirilmiş dokuma tezgahlarından esinlenerek üretilmiştir (Ohno, 1988). Dokuma tezgahlarında anormallikleri tespit eden bu sistem üretim ünitelerindeki makinalara uygulanmıştır. Yalın üretim anlayışı ile oluşturulan otonomasyon sistemi insan makine işbirliğine dayanan bir takım çalışmasını yansıtmaktadır. Otonomasyon sisteminde makinelerin sürekli çalışan takibine ihtiyaç duymaması işgücünün verimli kullanımına olanak vermektedir. Bunun yanında makinelerin otomatik olarak anormallikleri tespit edip durması hatalı ürün üretilmesine engel olmaktadır. Öte yandan jidoka tekniği ile anormalliklerin tespit edilebilmesi hataya sebep olan nedenlerin aydınlatılmasını sağlamaktadır. Böylece jidoka tekniği üretim

sürecinin geliştirilmesine de katkıda bulunmaktadır. Bu özellikleri ile jidoka tekniğinin teknolojinin etkin kullanılarak dikkat çekici sonuçların elde edildiği bir mekanizmayı temsil ettiği söylenebilir.

Otonomasyon üretimde hata oluşmasını önlemek için oluşturulmuş bir mekanizmadır. Bir sistemde çözülmeyen problemler sürecin doğru ilerlemesine engel oluşturmakta ve yeni problemleri de beraberinde getirmektedir. Bu nedenle sürecin izlenmesi ve problemlerin sebeplerinin belirlenmesi bir sistemi iyileştirmek için önemli bir adımdır. Otonomasyon mekanizması üretim hattında bir problem oluştuğunda hattı durdurarak bir sonraki üniteye problem yaşanmasını önceden engellemektedir. Bunun yanında oluşan problemler gözardı edilmemekte ve zamanında çözümlenmektedir. Dahası otonomasyon sayesinde çalışanların sorun yaratan işlerden uzaklaştırılması insan potansiyelinin daha iyi değerlendirilmesine imkan sağlamaktadır (Baudin, 2007).

Jidoka sistemi ile maliyetler azaltılarak yüksek kalitede üretim yapılması mümkün olmaktadır (Çiçekli ve Soyumert, 2021). Jidoka tekniğinin uygulandığı üretim ortamlarında jidoka kontrol mekanizması kusurlu ürünlerin üretimine izin vermez. Böylece üretim hattında gereksiz işgücü kullanımından kaçınılmış olur ve kalite kontrol otomatik olarak sağlanmış olur.

Yalın üretim tekniğinde otonomasyon fikri genişletilerek makineler dışında başka alanlarda da kullanılmıştır. Jidoka sisteminde çalışanlar sürecin normal işlemediğini farkettiğinde ve hattı durdurduğunda ya da makineler kendiliğinden durup uyarı verdiğinde bu bilgi andona bildirilmekte ve andon ile de tüm çalışanlara iletilmektedir (Liker, 2021). Üretim alanındaki çalışanlar üretim sürecinin normal işleyip işlemediğini bu panodan takip edebilmekte ve gerekli olduğu takdirde sürece müdahale edebilmektedirler. Böylece problemin belirlenmesi ve çözümlenmesi için bütüncül bir çerçevede değerlendirme yapmak jidoka tekniği ile mümkün hale gelmektedir.

Son yıllarda görülen jidoka uygulamaları yorucu, tehlikeli ve kirliliğe sebep olan süreçleri engelleyerek çalışan refahını artırmaktadır (Baudin, 2007). Günümüzde jidoka sisteminin endüstri 4.0 teknolojileri ile entegre edilerek üst düzey algılama tabanlı versiyonlarının

geliştirilmesi mümkün hale gelmiştir (Vinodh, 2022). Bu bağlamda önümüzdeki yıllarda jidoka tekniğinin daha etkin uygulamalarının görüleceğini söylemek mümkündür.

1.2.5. 5S

Organizasyonda etkin bir düzen oluşturmak için tasarlanan 5S tekniği ile ilgili ilk kavramsal çerçeve Takashi Osada tarafından geliştirilmiştir (Makwana ve Patange, 2022). Sonraki yıllarda Hiroyuki Hirano bu konuda farklı bir çerçeve sunmuştur (Shahriar, Parvez, Islam ve Talapatra, 2022). 5S sırasıyla sınıflandırma, düzenleme, temizlik, standartlaştırma, disiplin sözcüklerinin japonca karşılığının baş harflerini ifade etmektedir (Durmuşoğlu, 2020). 5S tekniğinin uygulama aşamaları aşağıda belirtilmiştir.

Ayıklama (Seiri): İlk olarak çalışma alanına ait olmayan ya da çalışma alanında gerekli olmayan malzemeler sınıflandırılıp alandan uzaklaştırılmalıdır. Bu aşamada eşyalar etiketlenerek belirli bir süre kullanım sıklıkları denetlenir (Gerşil, 2017). Böylece malzemeler kullanım durumlarına göre sınıflandırılarak organize edilirler.

Düzenleme (Seiton): Düzenleme aşamasında her malzeme için uygun bir yer belirlenmeli ve oluşturulan yer düzeni korunmalıdır. Kullanılan malzemeler kullanım sonrasında temizlenerek önceden belirlenmiş yerlerine yerleştirilmelidir (Shahriar ve diğ., 2022). Bu uygulama aşamasında oluşturulacak düzen ile aranan malzemelerin kolayca bulunması ve kullanıma hazır olması hedeflenir. İstenilen düzene ulaşmak için görsel yönergeler ve ergonomik düzenleme araçları kullanılabilir (Cimorelli, 2016).

Temizlik (Seiso): Temizlik, çalışma ortamının temizlenmesi ve temiz tutulması sürecini ifade etmektedir. Temizlenmiş bir çalışma ortamında kirlilik unsurları ya da kaybolan malzemeler daha kolay tespit edilebilmektedir (Cimorelli, 2016). Bu süreç kirliliğin kaynağının tespit edilmesi ve proaktif olarak kirliliğin önlenmesi prensibi ile çok daha geniş bir bakış açısını bünyesinde barındırmaktadır (Gerşil, 2017).

Standartlaştırma (Seiketsu): Standartlaştırma, oluşturulan yeni düzen ile ilgili kurallar belirlenmesi ve bu kuralların sürekli uygulanmasıdır. Bu kuralların uygulanmasında görsel yönetim araçlarından faydalanılmaktadır (Shahriar ve diğ., 2022). Görsel araçlar çalışanların kurallar ile ilgili farkındalığını artırarak kuralların standart olarak uygulanmasını sağlamaktadır. Standartlaştırmanın uygulanması ile talimatların nesnel

olarak yönlendirilebileceği bir düzen oluşturmak mümkün hale gelmektedir (Cimorelli, 2016). Standartlaştırma aşamasında kuralların uygulanması ile ilgili denetleme çalışmaları yapılarak işletmelerin 5S performansı da ölçümlenmektedir (Vinodh, 2022).

Disiplin (Shitsuke): 5S uygulamalarının önceki adımları gerçekleştirildikten sonra düzenin bu uygulamalar zemininde uzun vadede yürütülebilmesi ve çalışanların öz disiplininin geliştirilmesi önem taşımaktadır (Shahriar ve diğ., 2022). Disiplin, çalışma ortamında inşa edilen yeni düzen ile ilgili kurallara uyularak düzenin korunması ve oluşturulan yeni standartların bir firma kültürü haline gelmesi sürecidir.

5S uygulamaları diğer yalın üretim tekniklerinin uygulanabilmesi için uygun bir zemin oluşturur (Shahriar ve diğ., 2022). 5S sürecinin her adımı uygulandıktan sonra sürecin uygulanması için oluşturulan çerçeve korunmalıdır (Makwana ve Patange, 2022). Bu çerçevenin korunması büyük ölçüde yönetime ve çalışanlara bağlıdır. Yönetimin 5S sistemini benimsemesi ve çalışanları bu sistemin gerektirdiği kurallara uymak konusunda teşvik etmesi gereklidir. Bu bağlamda organizasyonlardaki tüm süreçlerde olduğu gibi 5S uygulamalarında da yönetim desteği büyük önem taşımaktadır. 5S uygulamaları organizasyonun tamamı tarafından benimsenip desteklendiğinde çalışma alanının doğru kullanıldığı etkin işleyen bir düzen oluşturulması mümkün hale gelecektir (Makwana ve Patange, 2022).

5S uygulaması ile çalışma ortamında verimlilik ve çalışan motivasyonunda artış hedeflenmektedir. 5S uygulamaları çalışanların verimli çalışmasını engelleyen unsurları ortadan kaldırmaktadır (Gerşil, 2017). Diğer yandan çalışma ortamında oluşabilecek güvenlik risklerini azaltmaktadır (Cimorelli, 2016). Çalışma ortamının daha etkin ve verimli işleyecek duruma gelmesi çalışanların motivasyonunu ve farkındalığını artıracak iş sürecindeki aksaklıkların görülmesini kolaylaştıracaktır (Arslandere, 2018). Böylece 5S uygulamaları sayesinde akışı engelleyen unsurlar tespit edilebilir. Bu perspektiften 5S tekniği ile sağlanan düzenin sürecin gözlemlenmesine uygun bir zemin oluşturduğu söylenebilir.

5S tekniği bütüncül bir şekilde uygulandığında verimliliğin artırıldığı, güvenli, daha temiz ve düzenli bir çalışma ortamı elde edilir (Makwana ve Patange, 2022). 5S tekniğinin

uygulanması ile çalışma alanında sade ve işlevsel bir düzen oluşturulmakta ve çalışanlar asıl işlerine odaklanabilmektedirler. Günümüzde 5S tekniği efektif bir düzen oluşturmaın ötesinde zaman kayıplarının önlenmesi ve değer katmayan aktivitelerin ayıklanması için de önemli katkılar sağlamaktadır (Shahriar ve diğ., 2022).

1.2.6. Kaizen

Kaizen, PUKÖ döngüsü (planla-uygula-kontrol et-önlem al) kapsamında yapılan sürekli iyileştirme çalışmalarıdır (Liker, 2021). Bu çalışmalar organizasyonun değişime uyum sağlamasına yardımcı olmaktadır. Kaizen süreç gelişiminde önemli bir rol oynamaktadır. Kaizen faaliyetleri organizasyonların hedeflerine ulaşabilmeleri için gerekli sinerjiyi yaratır. Bu bağlamda kaizen tekniği sürekli gelişim için etkili ve maliyetsiz bir yol sunmaktadır (Tekin ve diğ., 2018c).

Kaizen, tüm çalışanların ve üst yönetimin de dahil olduğu, herkesin yaratıcılığına önem veren bütüncül bir aktivitedir (Çiçekli ve Soyumert, 2021). Kaizen, süreçlerdeki verimsizliğin temel sebeplerini bulmayı ve bu konuda çözüm yöntemleri sunmayı hedefleyen bir anlayış ortaya koymaktadır (Sundar ve diğ., 2014). Kaizen çalışmalarının etkin bir şekilde uygulanabilmesi için çalışanların gelişiminin teşvik edilmesi, iş süreçlerinde geliştirilecek alanlar belirlenmesi, problemlerin etkin yöntemlerle çözümlenmesi ve tekrarlanmaması için çözümlerin değerlendirilmesi gerekir (Tekin ve diğ., 2018c). Çalışanların deneyimlerini paylaşmaları sürekli iyileştirme sürecinin inşa edilmesi için büyük önem taşır (Liker, 2021). Kaizen rotasyon ile çalışanların fonksiyonelliğini arttıran, birden fazla alanda uzmanlaşmalarına imkân veren bir anlayıştır (Durmuşoğlu, 2020). Kaizen çalışmaları çalışanların yaratıcılık ve yeteneklerini kullanmaları yönünde teşvik ederek üzerinde çalıştıkları süreçleri geliştirmelerine olanak verir (Arslandere ve Tekin, 2017). Kaizen tekniği çalışanların yeteneklerini bir araya getirerek sinerji oluşturur ve çalışanlar bu motivasyon ile sürekli gelişim için etkin fikirler üretirler (Tekin ve diğ., 2018c). Kaizen çalışmaları sonucu sürekli gelişim hedefi doğrultusunda üretilen yaratıcı stratejiler daimî bir gelişim trendinin insan emeği ile inşa edilmesine olanak sağlar (Vinodh, 2022).

Kaizen çalışmalarında çalışanların süreci algılamasının ve inisiyatif almasının bir başarı ölçütü olduğunu söylemek mümkündür (Sundar ve diğ., 2014). Kaizen uygulamalarının başarılı olabilmesi için tekniğin çalışanlar tarafından benimsenmesi gerekmektedir. Kaizen çalışmaları işletmenin her yönüyle incelenmesini ve gelişim fırsatlarının keşfedilmesini sağlamaktadır.

1.2.7. Poka-Yoke

Poka-Yoke, insan kaynaklı hataların önlenmesi amacıyla oluşturulmuş önleyici mekanizmalardır (Çiçekli ve Soyumert, 2021). Teknik, hataların temelini insanlardaki ortak bilişsel davranışlara dayandığını kavrayarak olası hataları önceden engellemeyi hedeflemektedir (Vinodh, 2022). Japonca'da kusur önleme anlamına gelen Poke-Yoke tekniğinin kökeninde bir işi ilk seferde doğru yapma anlayışı bulunur (Durmuşoğlu, 2020).

Poke-Yoke mekanizması hata riskini ortadan kaldırmaktadır (Çiçekli ve Soyumert, 2021). Üretim sistemindeki hatalar kaliteyi olumsuz yönde etkilemektedir. Poka-Yoke mekanizması hataları oluşmadan engelleyerek sıfır hata prensibinde bir çalışma ortamı yaratır ve bu sayede kalite iyileştirme süreçlerine de destek olarak kalite kontrol gerekliliğini ortadan kaldırabilir (Arslandere ve Tekin, 2017). Tüm bu özellikleri ile poka-yoke sistemleri hatanın engellenmesi için sade, maliyetsiz ve incelikli bir yol sunmaktadır (Robinson, 2017).

Poka-yoke mekanizmaları süreçteki farklılıkları algılayarak hata olasılığını bildirmektedir (Vinodh, 2022). Bu mekanizmalar sayesinde üretim süreci kontrol altında tutulmaktadır. Makineler üzerindeki donanımlar sayesinde teknik makinelere de uygulanabilmektedir (Çiçekli ve Soyumert, 2021). Sensörlerin poka-yoke tekniği için sıklıkla kullanılan uyarı mekanizmalarından birini temsil ettiği söylenebilir (Vinodh, 2022). Mekanizmanın uyarı fonksiyonu ışık ya da sesli uyarı ile çalışanlara uyarı bildirirken, kontrol fonksiyonu ise hatayı tespit ettiğinde malzemenin sonraki üniteye ulaşmasını engellemektedir (Arslandere ve Tekin, 2017). Böylece poka-yoke mekanizmaları üretim sırasında hata oluşmasını önleyerek kalite kontrolü otomatik olarak sağlamaktadır.

Poka-yoke mekanizmaları hatayı oluşturan sebepleri belirleyerek hatayı oluşmadan engellemeyi hedeflemektedir. Teknik hatayı engellemenin maliyetsiz olabileceğini kanıtlamaktadır. Kalite anlayışı çerçevesinde geliştirilen bu tekniğin amacı insan hatasını önlemek ve bir işin ilk seferde doğru şekilde yapılabilmesini sağlamaktır.

1.2.8. Smed (single minute exchange of die, tek dakikada kalıp değişimi)

Üretim sürecinde makinaların bir parçanın üretiminden diğerine geçerken hazırlanması ile ilgili süreç hazırlık süresi olarak tanımlanmakta ve bu sürenin azaltılması ile ilgili çalışmalar SMED (single minute exchange of die) olarak adlandırılmaktadır (Durmuşoğlu, 2020). Shigeo Shingo tarafından geliştirilen SMED tekniği teori olarak “hazırlık sürelerinin 10 dakikanın altına düşürülmesini” ifade etmektedir (Shingo, 2019).

Küçük parti üretim yapan işletmelerde önemli performans ölçütleri olan ayar süreleri ve kalıp değiştirme hızı konusunda işletmelerin yeteneklerini artırmaları için hazırlık sürelerinin düşürülmesi gerekmektedir (Aslandere, 2018). Hazırlık süresi içinde kalıp değişimi, temizlik, üretim için gerekli malzemelerin temin edilmesi gibi işler sırasında üretim durduğundan dolayı bu süre işlerin paralel olarak yapılması ya da farklı çözüm yöntemleri ile azaltılabilmektedir (Durmuşoğlu, 2020). Pazar talebine uyumlu bir üretim sürecinin inşa edilmesi için üretim hazırlık süreleri büyük önem taşımaktadır. Hızlı kalıp değişimi hazırlık sürelerini büyük ölçüde kısaltmaktadır. Öte yandan hızlı kalıp değişimi üretimde ürün çeşitliliğini olanaklı hale getirmektedir (Vinodh, 2022). Böylece değişken taleplerle ilgili süreçler daha iyi yönetilmektedir. İş ayar sürelerini kısaltarak küçük parti üretimi mümkün hale getiren smed tekniği üretimde esnekliği sağlamaktadır (Tekin ve diğ., 2018a). Smed işletmelere küçük partilerle daha fazla üretim yapma imkânı sağlamaktadır (Wang, 2010). Bu yönüyle smed tekniği üretimde üretkenliği de sağlamaktadır.

Hızlı kalıp değişimini mümkün hale getirerek üretimde esnekliği sağlayan smed tekniği işletmelerin rekabet koşullarında başarısını desteklemektedir. Yalın üretim sisteminde smed tekniği ile kalıp değişimi konusunda oldukça dikkat çekici iyileştirmeler yapılmıştır. Toyota üretim sisteminde 1945 yılında baskılama ünitesinde 2-3 saat

aralığında olan hazırlık süreleri süreç iyileştirmeleri sonucunda 1970 yılından sonra 3 dakikaya düşürülmüştür (Monden, 2011).

1.2.9. Toplam Verimli Bakım

Makine arızaları sırasında duran üretim maliyet ve gecikmelere sebep olmaktadır. Toplam verimli bakım, üretim sürecinin kesintisiz işleyebilmesi için makinelerin durma süresini azaltmak ya da ortadan kaldırmak amacıyla uygulanan önleyici bakım faaliyetleridir (Çiçekli ve Soyumert, 2021). Toplam verimli bakım ekipmanların kullanım süresi boyunca aksamaları engellemektedir (Wang, 2010).

Toplam verimli bakım ekipman, malzeme ve işgücü kaynaklı imalat problemlerinin önlenmesi amacıyla geliştirilmiş bir bakım prosedürleri çerçevesi sunmaktadır (Vinodh, 2022). Yapılan faaliyetlerin temelinde ekipman ve işgücü perspektifinde yapılacak farklı bakım faaliyetleri bulunmaktadır (Vinodh, 2022). Faaliyetler üretim sürecindeki aralıklarda kısa sürede gerçekleştirilmektedir (Wang, 2010). Toplam verimli bakım faaliyetleri üretim ekipmanlarının potansiyelinden en yüksek düzeyde faydalanılmasına olanak sağlamaktadır. Toplam verimli bakımın hedefi makine arızası yaşanmayan bir üretim sistemi oluşturmaktır (Durmuşoğlu, 2020).

Toplam verimli bakım faaliyetleri uygulanarak güvenliğin ve verimliliğin artırıldığı etkin üretim ortamları oluşturulmaktadır (Vinodh, 2022).

Son dönemde özellikle dijitalleşme ile beraber kullanılan araçlar sayesinde sistemin daha izlenebilir hale geldiği görülmektedir.

1.2.10. U Tipi Hat Yerleşimi

Makinelerin işlem sırasına göre U şeklinde bir hat etrafında yerleştirilmesi ve çalışanların bu hat içinde daha kısa mesafede daha fazla makinenin takibini yapacak şekilde çalışmasını sağlayan yerleşim düzeni U tipi hat yerleşimi olarak tanımlanmaktadır (Çiçekli ve Soyumert, 2021). U tipi hat yerleşimi iş istasyonlarında sürecin görünürlüğünü sağlamaktadır (Sundar ve diğ., 2014). Bu yerleşim düzeninde süreçteki hatalar daha kolay fark edilir ve hızlıca düzeltilebilir (Miltenburg ve Wijngaard, 1994). Hat yerleşiminin bu şekilde düzenlenmesi sonucu çalışanların yürüme mesafesi

kısıltılmaktadır (Zha ve Yu, 2014). Bu yerleşim düzeni verimliliği ve çalışanların hat üzerindeki kontrolünü arttırmaktadır (Çiçekli ve Soyumert, 2021).

U tipi hat yerleşimi gruplandırılmış görevlerin daha az iş istasyonu ile tamamlanabileceği işlevsel bir düzen sunmaktadır (Miltenburg ve Wijngaard, 1994). U tipi hat yerleşiminde hat dengelemesi değişen talebe uyum sağlamak için büyük önem taşımaktadır (Zha ve Yu, 2013). Makinaların sabit olması değişen talebe göre düzenlenecek görev atamalarının ve iş düzeninin en uygun şekilde yapılmasını gerektirmektedir (Shewchuk, 2008). Bu düzenin organize edilmesinde görev önceliğinin belirlenmesi kilit önem taşımaktadır (Miltenburg ve Wijngaard, 1994). İş önceliğine göre oluşturulacak yeni hat düzeninin üretim sürecinin başarısını belirleyen bir ölçüt olduğu söylenebilir (Zha ve Yu, 2014). Bununla birlikte çalışanların görev atamalarının en az çalışan ile en yüksek verim sağlanacak şekilde planlanması diğer bir başarı ölçütü olarak ortaya çıkmaktadır (Shewchuk, 2008). Sonuç olarak atamalar belirlenirken çeşitli parametreler değerlendirilerek optimal bir yapı oluşturulmaya çalışıldığı söylenebilir.

Üretim süreci perspektifinden u tipi hat yerleşiminin çekme sisteminin uygulanmasını kolaylaştırdığı söylenebilir (Zha ve Yu, 2014). Bununla birlikte u tipi hat yerleşimi üretim sürecinde tek parça akışının sağlanmasını da mümkün hale getirmektedir (Shewchuk, 2008). Çalışan perspektifinden kısıtlı alanda farklı talepler üzerinde çalışmanın çalışanlara çok fonksiyonlu çalışma yetkinliği kazandırdığı söylenebilir (Miltenburg ve Wijngaard, 1994).

1.2.11. Heijunka

Müşteri talebindeki dalgalanmalar üretim süreçlerinde değişkenliğe sebep olmaktadır (Sundar ve diğ., 2014). Üretimde talep değişikliklerini yönetebilmek amacıyla geliştirilmiş olan heijunka tekniği, karışık yükleme ve üretim dengelemeyi ifade etmektedir (Aslandere, 2018). Heijunka üretim sürecini talep değişikliklerine karşı dayanıklı hale getirmektedir (Hüttmeir ve diğ., 2009).

Heijunka tekniği iş istasyonlarını değişken talep koşullarına adapte ederek üretimde standardizasyonu sağlamaktadır (Vinodh, 2022). Heijunka tekniği ile daha fazla emek gerektiren işler standart bir zaman aralığına yayılarak sürece dağıtılmaktadır (Hüttmeir

ve diğ., 2009). Heijunka tekniği üretim sürecindeki talep değişikliklerini kontrol altına alarak düzgünleştirmektedir (Durmuşoğlu, 2020). Teknik, talep değişkenliğini analiz ederek kısıtlı bir zaman aralığında sabit bir akış halinde talebi karşılayacak sistemi ortaya koymayı hedeflemektedir (Lippolt ve Furmans, 2008). Karışık yükleme ile aynı hatta birden fazla ürün üretilerek üretim için gerekli hat sayısı da azaltılabilmekte ve talep değişikliklerine üretim sürecinde stok oluşturulmadan uyum sağlanabilmektedir (Aslandere, 2018). Farklı ürünlerin aynı anda bir arada üretilmesine olanak sağlayan heijunka tekniği sayesinde üretici üretim sürecindeki değişkenlik seviyesine karar verebilmektedir (Hüttmeir ve diğ., 2009). Teknik, çekme sisteminin uygulanabilmesi için uygun bir zemin oluşturmaktadır (Vinodh, 2022). Heijunka tekniğinde üretimin seviyelendirilme derecesi talepteki değişikliğe göre belirlenmektedir (Lippolt ve Furmans, 2008).

Bu teknik sayesinde üretim sürecinde değişkenliğin yönetilebilmesi için gerekli analizler yapılarak uygun bir çerçeve oluşturulabilmektedir. Teknik farklı taleplere uyum sağlanmasına imkân vererek esnekliği sağlamaktadır. Diğer yandan iş istasyonlarındaki yoğunluğu sürece dağıtarak iş yükünü dengelemektedir.

1.2.12. Değer Akış Haritalama

Değer akış haritalama hammaddenin ürün haline getirilmesi sürecinde yürütülen tüm aktivitelerin, malzeme ve bilgi akışının bütüncül bir çerçeveden incelenmesine olanak sağlayan bir teknik olarak tanımlanabilir (Rother ve Shook, 2003). Değer akış haritalama tekniği işletmenin sahip olduğu kaynakların müşteri talepleri doğrultusunda kullanılabilmesi için bir yol haritası oluşturmayı amaçlamaktadır (Vinodh, 2022).

Değer akış haritası çıkarılarak metrikler incelenebilir ve üretim süreci yeniden düzenlenebilir (Wang, 2010). Harita üzerinde inceleme yapılarak değer akışının sağlanabileceği yollar tespit edilebilir (Rother ve Shook, 2003). Değer akış haritasında üretim süreci boyunca oluşan bilgi ve malzeme akışı görselleştirilir (Durmuşoğlu, 2020). Böylece bilgi ve malzeme arasındaki bağlantılar keşfedilebilir (Tekin ve diğ., 2018b). Süreçlerdeki değer akışının keşfedilmesine olanak sağlayan değer akış haritalama tekniği sürecin gelecekteki durumunu da ortaya koyma potansiyeline sahiptir (Vinodh, 2022).

Gelecek durum haritası yapılarak mevcut durumda hangi geliştirme faaliyetlerinin yapılması gerektiği tespit edilebilir (Rother ve Shook, 2003). Öte yandan mevcut durum ve gelecek durum haritaları karşılaştırılarak değer akışının potansiyeli değerlendirilebilir.

Israfların ve israf kaynaklarının tespit edilmesini sağlayan bu teknik yalın üretim tekniklerinin uygulama alanlarının belirlenmesi için uygun bir zemin hazırlar (Durmuşoğlu, 2020). Teknik sayesinde süreçlerdeki kaynak tüketen adımlar belirlenebileceği gibi gizli potansiyeller de keşfedilebilir (Wang, 2010).

1.2.13. Görsel Yönetim / Görsel Fabrika

Yalın üretim sisteminde işletmelerde süreçlerin görselleştirilip izlenebilmesi ve sorunların görülebilmesi amacıyla oluşturulan görsel araçlar önemli bir yere sahiptir. Bu araçlar ile organizasyonda görsel bir iletişim mekanizması oluşturulur (Vinodh, 2022). Böylece tüm çalışanlar organizasyondaki gelişmelerden haberdar edilir.

Üretim sürecinin durumu, çalışanların performansı, iyileştirme çalışmalarının sonuçları bu görsel araçlar ile herkez tarafından izlenebilir ve böylece şeffaf bir çalışma ortamı yaratılmış olur (Aslandere, 2018). Yalın üretim sisteminde kullanılan görsel araçlar görünmeyen sorunların keşfedilmesine olanak sağlayarak süreçlerin değerlendirilmesi için hızlı ve etkili bir geri bildirim imkânı sunmaktadır (Vinodh, 2022). Bu faydalarının ötesinde görsel yönetim tam zamanında üretimin başarılması ve kalite kontrolün sağlanması için işletmenin bir bütün halinde sürece odaklanmasını sağlar (Kanat ve Güner, 2006).

Yalın üretim sisteminde görsel yönetim ile projeler oluşturmak stratejiler geliştirmek için Oobeya (savaş odası) kurulmakta ve projeler duvarlardaki çeşitli görseller ile çalışanların fikir ve yaratıcılıkları birleştirilerek ortaya çıkarılmaktadır (Durmuşoğlu, 2020). Görsel yönetim araçları çeşitli görsel dökümanlar şeklinde olabileceği gibi elektronik panolar gibi anlık güncelleme yapılabilen uygulamaları da bulunmaktadır. Yalın üretim sisteminde süreçlerin görsel takibi için andon sistemi kurulmuştur. Andon sistemi üretim alanında bulunan ışıklı panolardır. Bu panolardan süreçte bir aksaklık olup olmadığı tüm çalışanlar tarafından takip edilebilmektedir. Yalın üretim sisteminde toplantıların aksiyon planını uygulayacak kişi için de bir görsel plan oluşturulur ve bu görsel çalışan üzerinde

baskı kaynaklı güçlü bir etki yaratır (Durmuşoğlu, 2020). Görsel yönetim çalışanları üzerinde çalıştıkları işe katkılarını sorgulamaya sevk etmektedir (Vinodh, 2022).

Yalın üretim sisteminde görselleştirme problemlerin temel sebeplerini tespit edebilmek için önemli bir yer tutmaktadır. Literatürde görsel iletişimin yazılı iletişime kıyasla daha etkili olduğunu gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Yalın üretim sisteminde görselleştirmenin problem oluşumuna zemin hazırlayan noktaları da tespit edebilmek ve problemleri hızlı bir şekilde çözebilmek için kullanılan etkili bir yöntem olduğu söylenebilir. Görsel yönetim çalışanlara sorumluluklarını hatırlatmaktadır.

1.2.14. Hücresel İmalat

Yalın üretim sisteminde, üretim sisteminin karmaşık yapısını sadeleştirmek ve tek parça akışını sağlayarak süreçteki sorunları tespit edebilmek için hücresel imalat yaklaşımı geliştirilmiştir (Durmuşoğlu, 2020). Hücresel imalat, benzer malzemelerin üretimi için iş istasyonlarının uygun şekilde tasarlanması olarak tanımlanabilir (Irani, Subramanian ve Allam, 1999). Bu tasarım sayesinde benzer ürünler kısa hazırlık süreleri ile üretilmektedir (Singh ve Rajamani, 2012).

Hücresel imalat uygulamalarında benzerliğin yarattığı avantajdan yararlanmak amacıyla benzer aktiviteler biraraya getirilmektedir (Irani ve diğ., 1999). Teknik sayesinde üretim için gerekli ekipmanların ve hammaddenin en uygun kombinasyonu yapılarak üretim süreci optimize edilmektedir (Wang, 2010). Farklı çeşitlilikte ürünün düşük talep için ekonomik olarak üretilmesi hücresel imalat yaklaşımı ile mümkün olmaktadır (Singh ve Rajamani, 2012). Bu özellikleri ile hücresel imalat yaklaşımı değişken taleplerin üstün bir performans ile karşılanması için bir konsept sunmaktadır.

Hücresel imalat yaklaşımında tek parça akışını sağlamak ve hücre performansını yakalamak için küçük çalışan grupları küçük birimlerde donanımlarını birleştirerek çalışmaktadırlar (Durmuşoğlu, 2020). Öte yandan insansız yürütülen hücresel imalat uygulamaları da bulunmaktadır (Singh ve Rajamani, 2012).

Hücresel imalat tekniğinde hücrenin dizaynı tekniğin başarılı bir şekilde uygulanmasında kilit rol oynamaktadır (Parashar, 2008). Hücresel imalatın başarılı uygulamalarının arka planında U tipi hat yerleşiminin önemli bir yeri olduğu söylenebilir (Sundar ve diğ.,

2014). Bu yerleşim düzeni sayesinde hücre içinde üretim süreci hızlı bir şekilde tamamlanabilmektedir. Maliyet, kalite ve üretim hızı ile ilgili metrikler hücre performansı ile paralel sonuçlar sergilemektedir (Durmuşoğlu, 2020). Hücre boyutunun da hücrenin kontrol ve koordinasyonu konusunda önemli bir performans ölçütü olduğu söylenebilir (Parashar, 2008). Hücresel imalat, üretim sürecindeki malzemelerin farklı iş istasyonlarına yönlendirilmesiyle kaybedeceği zamanı kazanmayı hedeflemektedir (Singh ve Rajamani, 2012). Teknik, ürünün bir bütün haline getirilmiş düzende kısa sürede baştan sona üretilmesini sağlamaktadır (Wang, 2010).

Hücresel imalatta çok sayıda teknik bir arada kullanılarak üretimde verimliliğin artırıldığı benzersiz bir konsept ortaya konmaktadır (Parashar, 2008). Bu konsept sayesinde müşterilerin özel üretim taleplerini karşılamak mümkün hale gelmektedir (Wang, 2010). Hazırlık süreleri ve transfer sürelerinin iyileştirildiği hücre içindeki hızlı işleyiş sayesinde makinelerin çalışma süresi kısaltılmaktadır (Singh ve Rajamani, 2012). Makinelerin kullanımında optimizasyonu sağlayan bu özelliği ile teknik sürdürülebilirliğe de katkıda bulunmaktadır.

1.3. YALIN ÜRETİMDE İSRAF KAVRAMI

Bir katma değer sağlamadığı halde kaynak tüketen faaliyetler Japonca israf anlamına gelen “muda” sözcüğü ile tanımlanmaktadır (Womac ve Jones, 1998). Muda sürece değer katmayan görevler sonucunda gereksiz faaliyetlerin ortaya çıkmasına sebep olur (Vinodh, 2022). Gereksiz faaliyetler, makine ya da çalışanların bekleme süreleri, gereksiz stoklar, hatalı veya fazla üretim, üretim alanında karşılaşılan mudalardır (Womac ve Jones, 1998). Makine, ekipman ve enerji de efektif kullanılmadığında israf yaratmaktadır (Bertagnolli, 2018). Geri dönüşü olmayan yatırımlar da israf olarak değerlendirilebilir. Yalın literatüründe son yıllarda faydalanılamayan insan zekası da bir kayıp olarak değerlendirilmektedir.

Üretim alanında yaygın genel görüş değer yaratan faaliyetlerin daha verimli hale getirilmesi yönündedir, yalın anlayış ise tam tersine değer yaratmayan faaliyetlerin ortadan kaldırılmasını hedefler (Liker, 2021). İsrafın önlenmesi için değer yaratmayan faaliyetlerin belirlenmesi ve süreçten elenmesi gerekmektedir. Yalın üretim

sisteminde israfların belirlenmesinde ve elenmesinde değer akış haritalama metodundan yararlanılır (Özdağoğlu ve diğ., 2022). Bu süreçte israfların elenmesine ek olarak israfi besleyen kaynaklar da sorgulanabilir (Hirano, 2009). Yalın üretim sistemi sürece odaklanır, israfların elenmesi üretim sürecinin optimize edilmesini sağlamaktadır (Bertagnolli, 2018).

İsrafi mudanın yanında muri ve mura kavramları ile birlikte ele almak gerekir. Standartların ve kalitenin bozulmasına neden olan muri kapasitenin üzerinde yüklenme, yani aşırı yük anlamına gelir (Durmuşoğlu, 2020). Standartlaştırılmamış iş prosedürleri ve doğru organize edilmemiş çalışma ortamının murinin temel sebepleri olduğu söylenebilir (Vinodh, 2022). Mura ise üretim sürecindeki değişkenliklerden dolayı oluşan beklentiler ve kalite kayıpları sebebiyle ortaya çıkan israfi ifade eder (Durmuşoğlu, 2020). Muralar iş yükünün düzensiz olmasından kaynaklanabileceği gibi üretim planlamasındaki değişiklikler sonucu da oluşabilmektedir (Vinodh, 2022). İsf kavramının anlaşılması, israfların tespit edilmesi ve yok edilmesi yalın anlayışta önemli bir yer tutmakla beraber yalın anlayış israfları eleyen bir araçtan çok daha fazlasıdır (Liker, 2021).

Yalın üretim sisteminde 7 tür israf vardır. Yalın anlayışta insan aklı en değerli sermayedir. Yalın literatüründe insan yaratıcılığının değerlendirilememesi de bir kayıp olarak değerlendirilmektedir. Yalın üretim sistemindeki 7 temel israf aşağıda belirtilmiştir.

Fazla Üretim

Stoklamak üzere gereğinden fazla üretim yapmak iş gücü, ekipman ve üretim tesisinin değer yaratmayan bir yatırıma yönlendirilmesine sebep olmaktadır (Monden, 2011). Fazla üretim kaynaklı israfın temelinde talep edilen miktardan fazla üretmek, talep edilen süreden daha önce üretmek ve talep edilenden daha hızlı üretmek bulunmaktadır (Durmuşoğlu, 2020). Yalın üretim sisteminde fazla üretim istenmeyen bir faaliyettir ve çalışanlar fazla üretimi engellemeye çalışırlar (Shingo, 2019). Yalın üretim sisteminde temel fikir pazar talebini takip ederek fazla üretim ve stok oluşturmaktan tam zamanında ve yeterli miktarda üretim yapmaktır (Monden, 2011). Talep edilen miktarın üzerinde üretim yapılması israf olmanın ötesinde üretimin sonraki aşamalarında yeni israfların

oluşmasına zemin hazırlamaktadır (Liker, 2021). Diğer yandan fazla üretim talep edilen ve asıl üretilmesi gereken malzemelerin süreçlerinde aksamalar yaratabilir (Cimorelli, 2016). Fazla üretim sonucunda oluşan maliyet ve kayıplara ek olarak fazla üretim için harcanan emek de israf edilmektedir (Robinson, 2017).

Bekleme Süreleri

İş süreci için gerekli malzemelerin, çalışanların ya da iş sürecinde kullanılan makinaların beklenmesi gereksiz zaman kayıplarına yol açmaktadır (Durmuşoğlu, 2020). Üretim sürecindeki malzemelerin bir sonraki işlem adımı için beklemesi hedeflenen teslim sürelerine ulaşılmasını engellemektedir (Wang, 2010). Bu nedenle iş istasyonları arasındaki koordinasyonun sağlanmasının ve üretim tesisinin doğru tasarımının gereksiz beklemlerin engellenmesi için alınabilecek önlemler olduğu söylenebilir.

Gereksiz Taşımalar

İş sürecinde kullanılan malzemelerin başka ünitelere taşınması sırasında oluşan gereksiz taşımalar yerleşim düzeninden kaynaklanan bir israf türüdür (Durmuşoğlu, 2020). Gereksiz taşımalar sonucu üretilen malzemenin fazla hareketi üretimde kalitenin düşmesine sebep olmaktadır (Wang, 2010). Taşımaların engellenemediği durumlarda taşımaların minimize edilmesi konusunda çalışmalar yapılabilir (Cimorelli, 2016). Gereksiz taşımalar çalışanların zaman ve enerjisini tükettiğinden dolayı bu taşımaların engellenmesi çalışan perspektifinden de fayda sağlamaktadır.

Değer Katmayan Faaliyetler

Doğrudan müşteriye değer katmayan iş süreci içerisinde uygulanan çeşitli geliştirme faaliyetleri ile süreçten çıkarılabilecek faaliyetlerdir (Durmuşoğlu, 2020). Ürüne ya da hizmete talep edilenden fazla katma değer kazandırılması da israf yaratmaktadır (Liker, 2021). Bu nedenle üretim aşamasında değeri yaratacak karakteristik özelliklerin doğru belirlenmesi gerekmektedir. Üretim sürecindeki tüm aşamalarda değer kavramı sorgulanarak hareket edilmelidir.

Fazla Stok

Üretim süreci tamamlanmış ürünlerin ya da hammaddenin istenilen miktardan fazla miktarda depolanması fazla stok oluşturmaktadır. Gereksiz oluşturulan stoklar hem nakit akışının gereksiz yatırıma yönlendirilmesine sebep olur hem de bu stoklar için depolama, elleçleme gibi işlemler gerekeceğinden yeni maliyetler yaratır. Diğer yandan fazla stok tesis alanının efektif kullanımını engeller (Wang, 2010). Yalın üretim sistemi stok oluşturmaktan üretim yapmak üzere tasarlanmıştır. Bu nedenle fazla stok oluşturmak yalın düşünceden uzaklaşmak anlamına gelir.

Gereksiz Hareket İsrafları

Yerleşim düzeninden kaynaklı gereksiz yürümeler ya da iş süreci için gerekli malzemelerin aranması gibi gereksiz hareketler zaman kayıplarına yol açan bir başka israf çeşididir (Durmuşoğlu, 2020). Gereksiz hareketler işgücünü de gereksiz olarak yormakta ve verimliliği düşürmektedir (Wang, 2010). Bu israfın önlenmesinde çalışma ortamının ergonomik bir şekilde düzenlenmesi faydalı olabilir (Cimorelli, 2016). Uygun bir tasarım ile tesisin kurulumu bu israfın başta engellenmesini sağlayabilir.

Hatalı Ürünler

Hatalı üretilen ürünler de işletmeler için israf oluşturmaktadır. Yalın üretim sisteminde insan hatası kaynaklı bu hatalar poka-yoke mekanizması ile önceden engellenmeye çalışılır (Durmuşoğlu, 2020). Üretim sırasında oluşan bu hatalar insan hatasının yanında iyi belirlenmemiş prosedürler ya da değişkenlikten de kaynaklanabilmektedir (Cimorelli, 2016). Hatalı üretim işletmeler için bir maliyet oluşturmakla beraber müşteri kaybına da sebep olabilmektedir (Robinson, 2017). Makro bir perspektiften hatalı üretilen ürünlerin müşteriler üzerinde yaratacağı izlenim işletmenin prestijini de yakından ilgilendirmektedir.

İsrafları elemek yalın üretim sisteminin ilk çıkış noktasıdır. Bu bakımdan üretim süreçleri için oluşturulacak kriterler her zaman bu bakış açısı zemininde tasarlanmalıdır. Yalın üretim sisteminin üretimde esneklik, hız ve verimlilik sağlayacak yöntemlerinin

israflardan arınmış süreçlerde uygulanması sonucu işletmelerin rekabetçi bir konum elde etmesi mümkün olacaktır. Bu yöntemler işletmelerin maliyetlerini düşürüp kar elde etmelerinin ötesinde işletmelerin gelişiminin önünü açacaktır. Üretim endüstrisinde yeni üretim uygulamalarını mümkün hale getirecek bir altyapı sunan yalın üretim sisteminin inovasyonun tetikleyicisi olacağını söylemek mümkündür.

İKİNCİ BÖLÜM

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE YALIN ÜRETİM

Günümüzde doğal kaynaklar rekabet stratejileri çerçevesindeki bir ekonomik büyüme anlayışı ile hızla tükenmektedir. Buna ek olarak kaynak kullanımı konusundaki anlayış çevresel ve sosyal açıdan olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Son yıllarda hissedilecek seviyeye gelen bu olumsuz etkiler kaynakların ve yaşamın sürdürülebilirliği için acil önlemler alınmasını gerektirmektedir. Bu konuda çözüm arayışları üzerine odaklanan sürdürülebilirlik disiplininin ortaya çıkan bu sorunların kaynağı üzerinde çalışması gerekmektedir. Sürdürülebilirlik paradigmasının ortaya çıktığı günden günümüze kazandığı donanım bu sorunlara çözüm oluşturabilecek seviyededir.

Sürdürülebilirlik kavramı günümüzde önemli bir etkinlik seviyesine ulaşmıştır. Bu paradigmanın gelişim süreci birbirini tetikleyen bir koordinasyon çerçevesinde yaşanmıştır. 1950’li yıllarda teknolojik gelişmeler ve bu gelişmelerin bir sonucu olarak ekonomik büyümenin getirdiği düzenin irdelenmesi, eko sistemin taşıma kapasitesinin sorgulanması ve insan aktivitelerinin sonuçlarının ekoloji perspektifinden değerlendirilmesi konusundaki eğilim sonucu kaynakların kullanımı ve çevresel etkileri tartışmalara sebep olmaya başlamıştır (Kidd, 1992). 1970’li yılların ortalarına kadar devam eden tartışmalar sonucunda kalkınmanın ekolojik bir çerçevede ele alınması gerektiği yönündeki görüşler sürdürülebilirlik kavramının ortaya çıkışına zemin hazırlamıştır. 1978 yılında yayınlanan Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP; United Nations Environment Programme) raporunda üye ülkelere kalkınma

stratejilerinde ekolojik bir anlayış ile planlama yapılması ve faaliyetlerin bu planlama çerçevesinde yürütülmesi konusunda çağrı yapılmıştır (UNEP, 1978). 1980’li yıllarda sürdürülebilirlik kavramı kaynakların tüketiminin ötesinde bu tüketimin yarattığı çevresel etkiler üzerinden de yorumlanmaya başlamıştır (Zoldy ve diğ., 2022). 1980’li yılların sonlarına gelindiğinde sürdürülebilirlik konusundaki bilimsel yayın sayısının arttığı ve sürdürülebilirliğin çok sayıda araştırmacının iş birliği yaparak üzerinde çalıştığı önemli bir araştırma konusu haline geldiği söylenebilir (Bettencourt ve Kaur, 2011). Sonraki yıllarda küresel ekonomi anlayışı ile gerçekleştirilen faaliyetlerin hava, toprak ve su kirliliği yarattığı ve küresel ısınmayı tetiklediği tespit edilmiş ve global ekonomi politikası sürdürülebilirlik perspektifinden eleştirilmiştir (Mander, 2014). 21. yüzyıla gelindiğinde sürdürülebilirlik kavramının bir bilimsel disiplin olarak kabul gördüğü ve evrensel bir boyut kazandığı söylenebilir (Bettencourt ve Kaur, 2011). Tüm bu gelişmeler sonucunda günümüzde sürdürülebilirlik kavramı çok daha geniş bir çerçevede ele alınmaktadır. Başlangıçta kaynak kullanımını ve çevresel etkilerini dikkate alan sürdürülebilirlik yaklaşımı bu süreçlerin sosyal etkilerini de bünyesine katmıştır. Böylece çoklu bir perspektiften süreç ve sistemlerin mercek altına alınacağı bir döneme geçiş yapılmıştır.

Üzerinde iş birliği yapılarak etkin uygulama ve fikirlerin harmanlanması ile üstesinden gelinebilecek bir paradigma olan sürdürülebilirlik kavramı son yıllarda büyüme odaklı anlayışa rağmen varlığını güçlendirerek sürdürmektedir (Zoldy ve diğ., 2022). Günümüzde birçok faaliyet sürdürülebilirlik ölçütleri bakımından analiz edilmektedir. Çevresel etkileri belirgin şekilde hissedilen üretim de bu faaliyetlerden birini temsil etmektedir. Son yıllarda üretim ve tüketim miktarlarındaki artış dikkat çekici seviyelere ulaşmıştır. Bu artış göz önünde bulundurulduğunda üretim ve tüketim kaynaklı sorunların aynı zamanda gelişen sorunlar olduğu anlaşılmaktadır (UNEP, 2001).

20. yüzyılın sonlarında endüstriyel faaliyetlerin sürdürülebilirlik ile ilişkilendirilmesi sonucu endüstri alanında sürdürülebilirlik kavramı önem kazanmıştır. Takip eden yıllarda konunun önemi küresel ölçekte vurgulanmış ve sürdürülebilirlik ile ilgili bazı stratejiler ortaya konmuştur. Bu gelişmeler üretim alanında yürütülen faaliyetlerin yeni bir

konseptte ele alınmasının başlangıcı olmuştur. 1989 yılında Birleşmiş Milletler çevre programı (UNEP, United Nations Environment Programme) temiz üretim kavramını tanımlamış ve endüstriyel faaliyetlerin bu konseptte yürütülmesi için bir çerçeve sunmuştur (UNEP, 2001). Bu gelişmeler doğrultusunda temiz üretim anlayışını destekleyen düzenlemeler ve standartlar oluşturulmasının çevresel etkilere dikkat çekmenin yanında organizasyonların gelişimi için de fırsatlar yarattığı anlaşılmıştır (Fritsen Gomes, 2020).

Temiz üretim ile üretim girdilerini tam kapasite ile kullanmak ve kullanılmayanlardan da bir değer yaratmak mümkün olabilmektedir (Bocken ve diğ., 2014). Makro bir perspektiften temiz üretim uygulamaları sonucu değişen üretim anlayışı ile bu alandaki teknolojilerin de değişeceği söylenebilir (Nilsson, 2007). Temiz üretim, çevresel kaygıların ötesinde sağlık ve güvenliği tehlikeye sokacak riskleri de azaltmayı hedeflemektedir ve bu nedenle ürün ve hizmetlerin etkilerinin daha geniş bir perspektifte ele alınmasını ve ürün ve hizmetlerin üretiminde bütüncül bir strateji oluşturulmasını gerektirmektedir (Fritsen Gomes, 2020). Sürdürülebilir gelişmenin rotası kaynakların daha fazla kullanılarak nicelik odaklı bir gelişmedense, niteliği artırmak ve atık üretimini engellemek olmalıdır (Hopwood ve diğ., 2005). Temiz üretim stratejisi, üretim süreci perspektifinden hammadde ve enerjinin üretim süreci boyunca efektif kullanılmasını, ürün perspektifinden ise uygun tasarımlar ile ürün yaşam döngüsü boyunca çevresel etkilerin azaltılmasını amaçlamaktadır (Fritsen Gomes, 2020). ISO 14000, ISO 14001, ISO 14004 standartları bu bağlamda oluşturulmuş standartlardır.

Çevreyi koruyarak üretkenliği artıracak rekabetçi bir konsept oluşturma vizyonu ile temiz üretim anlayışı ekonomik kalkınmayı ekolojik dengeyi koruyarak sağlamayı hedeflemektedir (Nilsson, 2007). Ekoloji odaklı üretim stratejilerinin çevresel etkileri azaltırken karlılığı arttırdığı yönünde literatürde birçok çalışma bulunmaktadır (Yavuz, 2010). 2030 olarak belirlenen sürdürülebilirlik hedefleri açısından da temiz üretim anlayışına dayalı yapılar önem kazanmaktadır.

Üretim endüstrisinde temiz üretim anlayışı ile atılacak adımların sürdürülebilirliğin sağlanmasının yanında ürün ve işletme perspektifinden de çeşitli kazanımlar sağlayacağını söylemek mümkündür. Ürün yaşam döngüsü ile ilgili dengeleri

değiştirecek bu uygulamalar ürünün kalitesini ve sürdürülebilirliğini arttıracaktır. İşletmelerin imajını yeniden inşa edecek sürdürülebilirlik hedefli uygulamalar ise işletmelerin sosyal sorumluluk alanındaki konumlarını güçlendirmelerini sağlayacaktır. Temiz üretim anlayışı ile yürütülecek faaliyetler sürdürülebilir üretim sistemlerinin geliştirilmesini sağlayacaktır. Bu konuda daha derinlemesine bir inceleme yapıldığında entropi yasasına göre temiz üretim anlayışı çerçevesinde sürdürülebilir üretim sistemlerinin geliştirilebilmesi için üretim sürecinin kapalı bir sistem içinde döngüsel olarak yürütülmesi gerektiği söylenebilir (Özkan ve diğ., 2018). Bu nedenle sürdürülebilir üretim anlayışının tasarlanmasında döngüsel ekonomi kavramının anlaşılması ve bu kavramın barındırdığı prensiplerin takip edilmesi gerekmektedir (Ciliberto ve diğ., 2021). Döngüsel ekonomi, ürün değerini koruyarak sıfır atık yaklaşımı ile yürütülen endüstriyel ekonomi faaliyetleri olarak tanımlanabilir (Fritsen Gomes, 2020). Lineer ekonomi anlayışını tersine çeviren bu anlayış üretim ve tüketimde kaynak verimliliğini merkeze alarak süreçleri tasarlayan bir konsept ortaya koymaktadır (Kristensen ve Mosgaard, 2020).

Döngüsel ekonomi prensipleri ile entegre edilerek uygulanacak bir üretim sisteminin sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda atılacak önemli bir adım olacağı söylenebilir. Yalın üretim, çok sayıda araştırmacının da üzerinde görüş birliğine vardığı gibi sürdürülebilirlik ile çok sayıda ortak paydası bulunan ve birçok açıdan sürdürülebilirliğe katkıda bulunan bir anlayışı temsil etmektedir (Jarvenpaa ve Lans, 2020). Üretim sistemlerinde su, enerji ve atık ısı yeniden kullanılarak bir girdi haline dönüştürülebilir (Yavuz, 2010). Yalın üretim sisteminin teknikleri bu uygulamalar ile entegre edilerek sürdürülebilirlik perspektifi genişletilebilir. Döngüsel ekonomi perspektifinde yürütülecek yalın üretim uygulamalarının daha esnek, üretken, karmaşıklıktan arındırılmış bir yapıya bürüneceği söylenebilir (Ciliberto ve diğ., 2021).

Birleşmiş Milletler 2021 raporlarında sürdürülebilir üretim anlayışının yürütülebilmesi için israfın azaltıldığı döngüsel ekonomi anlayışı ile tasarlanmış üretim sistemlerinin oluşturulması gerektiği belirtilmiştir (Birleşmiş Milletler Raporları, 2021). Yalın üretim sistemi müşteri talebine uyumlu bir üretim anlayışı ile kaynak kullanımını optimize ederek sürdürülebilirliğe katkıda bulunmaktadır (Vinodh, 2022). Yalın üretim sistemi

barındırdığı kaynak yönetimi anlayışı ve teknik metotları ile sürdürülebilir üretim anlayışının uygulanmasına uygun bir altyapıya sahiptir. Yalın üretim teknikleri döngüsel ekonomi anlayışı ile entegre edilerek sürdürülebilir üretim sistemleri geliştirilebilir. Kaynakların etkin kullanımı ve kaynak kullanımına bakış açısı ile yalın üretim sistemi yeni bir konsept ortaya koyabilir. Son yıllarda yalın üretim sistemine yeni teknolojilerin entegre edilmesi ile yalın üretimin sisteminin etkinliğinin artırıldığı farklı uygulamaları da görülmektedir. Yalın üretim sistemi ile yeni teknolojiler birlikte kullanılarak sürdürülebilirliğin sağlanmasında daha etkili uygulamaların ortaya çıkarılması mümkün olabilir.

2.1. Yeni Bir İş Stratejisi Olarak Yalın Üretim

Üretim sektörünün karmaşık yapısı sürdürülebilirlik odaklı bir iş modeline geçiş için etkin bir yönetim modeli seçilmesini gerektirmektedir (Ciliberto ve diğ., 2021). Bu bağlamda üretim süreçlerinin sürdürülebilirlik anlayışı doğrultusunda yeniden tasarımında bütüncül bir bakış açısı ile değerlendirme yapmak önem arz etmektedir. Faukner ve Badurdeen (2014) sürdürülebilir üretimin toplam yaşam döngüsü perspektifinde ele alınması gerektiğini belirtmiştir.

Birleşmiş Milletler (2021) raporlarında en acil inovasyon gerektiren sektörlerden birinin endüstri olduğu ve bu sektörde inovasyonun gerçekleştirilebilmesi için sistemlerin, süreçlerin ve iş modellerinin sistemik bir yaklaşım ile ele alınması gerektiği belirtilmektedir. Yalın üretim anlayışının kaynak yönetimi konusundaki yaklaşımı sürdürülebilirlik konusundaki hedefleri desteklemektedir (Bertagnolli, 2018). Yalın üretim özünde ekonomik ve çevresel açıdan fayda yaratan bir anlayış barındırmaktadır (Kumar ve Mathiyazhagan, 2020). Yalın üretim anlayışı, toplum yararını gözeterek faaliyetlerini yürüten sürdürülebilir kalkınmayı hedefleyen uzun vadeli ve kalıcı kazanımlar elde etmeyi hedefleyen yeni bir paradigmadır. Yalın üretim anlayışında stok gibi fiziksel israfların ötesinde enerji ve malzeme israfı da engellenmekte, fiziksel ve fiziksel olmayan tüm kaynakların en efektif şekilde kullanımı hedeflenmektedir (Bocken, Short, Rana ve Evans, 2014). Yalın üretimin kaynakları verimli kullanmaya odaklı bakış açısı malzeme ve enerjiyi efektif kullanmayı da içermektedir (Bertagnolli, 2018).

Birleşmiş Milletler inovasyon raporlarında (2021) enerji ile ilgili dönüşüm faaliyetleri için inovasyonun önemli bir kaldıraç gücü olacağı, bu nedenle üretim sektörünün yeşil uygulamalara geçmeyi hedeflemesi gerektiği, talep kalıpları ile ilgili model değişikliklerini içeren yeni yöntemlere yönelmeyi planlamaları gerektiği belirtilmektedir. Yalın üretim uygulamaları ile üretim için önemli bir girdi ve aynı zamanda maliyet kalemi olan enerji konusunda israftan arınmış bir form oluşturulması hem çevresel performans hem de maliyet avantajı ile rekabet gücünü arttıran bir adım olacaktır (EPA; Environmental Protection Agency, 2022). Riskli malzemeler ve süreçlerin de mevcut olduğu üretim alanında çalışan güvenliğini en ön planda tutan yalın üretim anlayışı sürdürülebilirliğin sosyal unsurlarını bünyesinde barındırmaktadır (Díaz-Reza, Alcaraz ve García, 2022). Yalın üretim insan merkezli katılımcı bir yönetim anlayışı ile sürdürülebilirliğin sosyal unsurlarını, israfları elimine eden üretim prensipleri ile de ekonomik ve çevresel unsurları desteklemektedir (Jarvenpaa ve Lans, 2020). Yalın üretim sistemi, kaynakları verimli kullanarak ve sürdürülebilir kalkınmayı destekleyerek kazanç elde edilebileceğini kanıtlamış bir sistemdir (Liker, 2021). Sürdürülebilirlik unsurlarına ait bileşenler merkezi olmadığından süreçlerin içerisine dağılmış durumdadır ve bu nedenle gizli bir tasarruf potansiyeli barındırmaktadırlar (EPA, 2022). Bu potansiyelin ortaya çıkarılması için yalın üretim teknikleri uygulanabilir. Yalın üretim sisteminin tasarım ve ürün geliştirme alanlarına da uygulanması ile çok daha geniş bir perspektifte kaynak verimliliği sağlanması mümkün olabilir (Bertagnolli, 2018). Yalın üretim farklı metotlar ile entegre edildiğinde sürdürülebilirliğin tüm boyutlarını barındıracak stratejiler geliştirilmesi için tamamlayıcı bir rol üstlenmektedir (Rathi ve diğ., 2022). Yalın üretim tekniklerinden değer akış haritalama tekniği süreçteki değer yaratan ve değer yaratmayan adımları tespit edebildiği gibi süreçlerin çevresel etkilerini de ölçebilecek potansiyele sahiptir (Ciliberto ve diğ., 2021). Birçok araştırmacı değer akış haritalama yönteminin sürdürülebilirlik performansını değerlendirebileceğini belirtmektedir (Jarvenpaa ve Lans, 2020). ABD çevreyi koruma ajansı EPA (Environmental Protection Agency) değer akış haritalama tekniği ile çevresel etkileri belirleme amaçlı çalışmalar yapmıştır (Faulkner ve Badurdeen). Hartini ve diğerleri (2021) tarafından yapılan çalışmada da değer akış haritalama metodu ile üretim sürecindeki sürdürülebilirlik metrikleri ölçülmüştür. Değer akış haritalama tekniği kullanılarak üretim süreçlerinin sürdürülebilirlik bakış açısı ile

yeniden düzenlenmesi sağlanabilir. Bununla birlikte oluşturulacak yeni düzenin performansı değer akış haritalama tekniği ile değerlendirilebilir. Bu bağlamda teknik işletmelerin sürdürülebilirlik bakış açısında gelişimini sağlarken tasarruf etmelerine de katkıda bulunacaktır. Çevresel performansı artırmak için atılacak adımlar ile elde edilen tasarruflar iş ve süreçleri geliştirmek için kullanılabilir (EPA, 2022).

Birleşmiş Milletler inovasyon raporlarında sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için inovasyonun kilit rol oynadığı ve acil inovasyona ihtiyaç olan 4 sektörden birinin endüstri sektörü olduğu belirtilmektedir (BM inovasyon raporları, 2021). Bununla birlikte son yıllarda işletmelerin geleneksel kalite anlayışlarını genişleterek sürdürülebilirlik bakış açısını da kapsayan yeni bir anlayışı benimsemeye başlamış olmaları endüstri sektöründe sürdürülebilirlik konseptini destekleyen yeni üretim metotlarına geçilmesini gerektirdiği göstermektedir (Rathi ve diğ., 2022). Yalın üretimin kaynak verimliliği ile ilgili bakış açısı sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için temel bir prensip olarak ele alınabilir (Bertagnolli, 2018). Yalın üretim, müşteriye değer katmayan faaliyetleri iş süreçlerinden eleyerek ve kaynaklardan en etkin şekilde yararlanarak müşterilere değer yaratan ürünler üretmeyi hedefleyen bir üretim anlayışı olarak sürdürülebilirlik hedeflerini desteklemektedir (Jarvenpaa ve Lans, 2020). Günümüzde çalışan ve müşteri memnuniyeti hassasiyetini artırmış ve bu durum tüm iş süreçlerini etkisi altına almıştır. Son yıllarda sürdürülebilirlik konusundaki hassasiyetler iş dünyasının bu yönde aksiyonlar almasına sebep olmuş, müşteri profiline de zemin hazırlamıştır. Böylece müşteri seçimlerinde sürdürülebilirlik konseptinin daha fazla ilgi gördüğü yeni bir döneme geçilmiştir. Sürdürülebilirlik konseptinde faaliyet gösteren işletmeler tedarik zincirlerini de bu sürece adapte etmek istemektedirler. Buna ek olarak satın alma kararlarını da sürdürülebilirlik prensipleri doğrultusunda almaktadırlar. Sürdürülebilir üretim anlayışını benimseyen işletmelerin rekabet pozisyonunu da güçlendirdiği görülmektedir (Ciliberto ve diğ., 2021). Yapılan araştırmalar sürdürülebilirlik anlayışının önümüzdeki yıllarda daha da önemini arttıracak olduğunu göstermektedir. Ahmed, Mathrani ve Jayamaha (2018) tarafından yapılan araştırmada son yıllarda çoğu firmanın, firma faaliyetlerinin çevresel ve sosyal etkilerine dikkatini arttırdığının belirlendiği, gelecek 10 yıl ve sonrasında müşteri tercihi için iyi bir seçenek olabilmek için firmaların bu yöndeki etkinliklerini daha da artırmaları gerektiği belirlenmiştir. Müşterilerin tüketim bilinci

sürekli gelişim göstermektedir, bu nedenle sürdürülebilirlik anlayışı doğrultusunda faaliyet gösteren organizasyonlar müşteri perspektifinden bir değer yaratmaktadırlar (Fritsen Gomes, 2020). Çalışan perspektifinden değerlendirildiğinde çevresel yönetim stratejileri çalışan memnuniyetini ve bağlılığını arttırmaktadır (EPA, 2022). Yalın üretim sisteminin sürdürülebilirlik perspektifinde uygulanması sonucu işletmeler kendi gelişimlerini sürdürürken müşteri için de değer üreten daha gelişmiş organizasyonlara dönüşebilirler.

2.2. Yalın Üretim Sistemi ve Dijitalizasyon

Dijitalizasyonun katkısı ile süreçleri iyileştirmek ve çalışan refahını artıracak yeni uygulamalar geliştirmek mümkün olabilmektedir. Teknolojinin günümüzde geldiği seviye yalın üretim sisteminin uygulanmasında çok daha etkili sonuçlar yaratacak, süreçlere yeni bir yön verecek düzeydedir (Liker, 2021). Bu bağlamda yalın üretim sisteminin önümüzdeki yıllarda daha dijitalize edilmiş bir versiyonunun uygulanmasının mümkün olacağı söylenebilir.

Üretim süreçlerinin optimizasyonunu sağlamak için son yıllarda yapay zekâ uygulamaları üretim alanında uygulanmaya başlanmıştır. Yapay zekâ uygulamaları ile makine ayarları optimizasyonu, kalite kontrol, işlem sıralaması, kestirimci bakım faaliyetleri gibi üretim endüstrisinde kilit öneme sahip birçok problemin çözümü için uygulamalar geliştirilmektedir (Chen ve Wang, 2022). Yalın üretimin sürdürülebilirlik perspektifinde uygulanmasında insan faktörü önemli bir rol üstlenmektedir (Caiado ve diğ., 2018). Bu nedenle işletme kültürünün sürdürülebilirlik bakış açısı ile yeniden yapılandırılması büyük önem taşımaktadır. Teknolojinin adaptasyonunda insan faktörü ön planda tutulması ve çalışanların işlerini kolaylaştıracak uygulamalara odaklanması faydalı olacaktır. Yapay zekâ teknolojilerinin yalın üretim konseptine entegre edilmesi ile iki farklı disiplinin potansiyelinden de yararlanmak mümkün olabilir (Chen ve Wang, 2022). Literatürde endüstri 4.0 teknolojisi ve yalın üretimin entegrasyonuna yönelik çalışmalar da öne çıkmaktadır. Hines, Tortorella, Antony ve Romero (2022) tarafından alandaki araştırmacılara nitel anket yöntemi uygulanarak yapılan araştırmada iki teknolojinin entegrasyonunun tek başına sahip olmadıkları yeni yetenekleri ortaya çıkaracağı ve iki

teknolojinin entegre edildiğinde gelecekte odaklanacağı 5 temel konudan birinin sürdürülebilirlik olacağı belirlenmiştir. Literatürde endüstri 4.0 ve yalın üretim konusundaki araştırmaların yalın üretimin endüstri 4.0 teknolojisine adapte edilerek otomasyon boyutunda uygulanması fikrine yoğunlaştığı görülmektedir. Çalışmaların bu konuda bilgi birikimini artırmaya ve bu fikrin uygulanması için bir yol haritası belirlemeye yönelik olduğu söylenebilir. Ancak bu konuda yürütülen çalışmaların deneysel boyuta taşınması ve sonuçların değerlendirilmesi gerekmektedir. Shanin, Chen, Bouzary ve Krishnaiyer (2020) tarafından yapılan araştırma bulut teknolojisi tabanlı kanban geliştirilmesi için deneysel bir uygulama sunmuştur. Endüstri 4.0 ve yalın üretim sisteminin entegre edilerek uygulanması konusunda örnek olarak incelenebilir. Makro bir perspektiften sürdürülebilirlik faaliyetlerinin genişletilebilmesi bu faaliyetlerin tüm tedarik zincirine yayılmasını da gerektirmektedir. Dijitalizasyon bu faaliyetlerin genişletilmesinde ve denetiminde önemli bir araç haline gelmektedir. Tedarik zincirinin tamamında sürdürülebilirlik yönündeki faaliyetlerin blok zincir teknolojisi ile izlenebilir hale gelmesi sürdürülebilirlik yönündeki hedeflere ulaşmak ve bu hedeflerin önündeki engelleri belirlemek için süreç izleme ve takip olanağı ile yeni bir perspektif sunmaktadır (Saber ve diğ., 2019). Blok zincir teknolojisi ile süreçlerdeki israflar belirlenebilir ve kaynaklar daha verimli kullanılabilecek şekilde organize edilebilir.

Dijitalizasyon, yalın üretim ile ilgili sofistike uygulamalar geliştirilmesi konusunda yüksek motivasyon getirecektir. Dijitalizasyon uygulamalarının sürdürülebilirlik uygulamalarının geliştirilmesi ve otonom hale getirilmesi konusunda önemli getirileri olabilir. Bununla birlikte dijitalizasyon konusundaki çalışmaların çoğunluğunun tanımlayıcı çalışmalar olduğu, deneysel çalışmalar ile dijitalizasyonun uygulanması konusunda izlenecek yol haritasının belirlenmesinin ve uygulama sonuçlarının değerlendirilmesinin gerekli olduğu söylenebilir.

2.3. Araştırma Gerekliği ve Bu Konuda Yapılan Çalışmalar

Literatürde ekonomik, sosyal ve çevresel açıdan gelişimin ana sütunun sürdürülebilirlik olduğu görülmektedir (Kumar ve Mathiyazhagan, 2020). 1990'lı yıllardan itibaren üretim alanında bakış açısının değişmesi ile birlikte sürdürülebilirlik konsepti önemini

arttırmıştır. Bu yıllarda sürdürülebilir kalkınma için toplumun üretim ve tüketim alışkanlıklarında temel değişiklikler yapılması gerektiği belirlenmiş ve sürdürülebilir üretim ve tüketim sürdürülebilir kalkınmanın en önemli 3 unsurundan biri haline gelmiştir (Fritsen Gomes, 2020).

Literatürde son yıllarda yalın üretimin sürdürülebilirlik çerçevesinde incelendiği çalışmalarda artış olduğu görülmektedir. İngiltere % 47, Kuzey Amerika % 33 araştırma katkı oranı ile başta olmak üzere birçok ülke yalın üretimin sürdürülebilirlik bağlamında entegrasyonu ile ilgili araştırma içindedir (Kumar ve Mathiyazhagan, 2020). EPA çevreyi koruma ajansı yalın üretim ve sürdürülebilirlik entegrasyonu konusunda çeşitli kılavuzlar yayınlamaktadır. EPA yalın üretimi düşük maliyet ile kaliteli ürünleri efektif yöntemlerle ortaya çıkaran bir iş modeli olarak tanımlamış, yalın üretimin kaynak yönetimi ve sürekli gelişim prensibi ile elde ettiği sonuçların çevresel faydalar sağladığı belirtmiştir (EPA, 2022). Dünya çapında yapılan birçok araştırma yalın üretimin sürdürülebilir kalkınma ile ilişkili olduğu fikrini desteklemektedir (Mathiyazhagan ve diğ., 2022). Literatürde bu konuda yapılan araştırmalardan bazılarına ilişkin detaylar aşağıda belirtilmiştir:

King ve Lenox (2001) tarafından yapılan araştırmada yalın üretim ve çevresel performans ilişkisi 1991-1996 yılları arasında Amerika Birleşik Devletleri'ndeki 17499 üretim işletmesi için ampirik analiz metodu kullanılarak incelenmiştir. Araştırma sonucunda firmaların çevre yönetim standardı olan ISO 14000 standardına uyum gösteren ISO 9000 standartlarını uyguladıkları belirlenmiştir. Araştırma sonucunda yalın üretim uygulamalarının çevresel performansı arttırdığı yönünde ampirik kanıt elde edildiği belirtilmiştir. Bununla birlikte yalın üretim sisteminin çevresel kirliliği azaltma yönünde marjinal maliyeti azalttığı ve kaynak kullanımını azaltarak kirliliği önlediği yönünde bulgulara ulaşıldığı belirtilmiştir.

Miller ve diğerleri (2010) tarafından yapılan araştırmada küçük bir mobilya işletmesinde yalın üretim uygulamalarının çevresel pozitif etkisi ayrık olay simülasyon modellemesi ve analizi ile ve matematiksel optimizasyon ile ölçülmüştür. Araştırma sonucunda yalın üretim uygulamalarının çevresel performansı öncül olarak arttırdığı belirlenmiştir. Yalın stratejisi ile yapılan tedarikçi seçimi, kaizen ile geri dönüşüm faaliyeti ve fazla üretimden kaçınarak yapılan tasarrufların çevresel pozitif etkileri olduğu belirlenmiştir.

Yang ve diğerkleri (2011) tarafından yapılan araştırmada yalın üretim uygulamaları ile çevresel performans arasındaki ilişki araştırılmıştır. Araştırmanın örneklemini 309 uluslararası üretim işletmesi oluşturmuştur. İşletmelerden uluslararası üretim stratejileri anketi (IMSS-IV) aracılığıyla veri toplanmıştır. Veriler yapısal eşitlik modeli ile test edilmiştir. Araştırma sonucunda yalın üretimin çevresel performans için önemli bir öncül olduğunun belirlendiğı belirtilmiştir. Bunun yanında yalın üretimin odağını çevresel yönetim uygulamaları çerçevesinde genişletmesi gerektiğı belirtilmiştir.

Faulkner ve Badurdeen (2014) tarafından yapılan araştırmada değerk akış haritalama metoduna sürdürülebilirlik ile ilgili yeni metrikler eklenerek imalat hattındaki sürdürülebilirlik performansının çevresel ve toplumsal açıdan ölçülmesi hedeflenmiştir. Yaklaşım endüstride televizyon uydu antenleri üreten yerel bir işletmede vaka çalışması yapılarak test edilmiştir.

Alves, J. R. X., ve Alves, J. M. (2015) tarafından yapılan teorik çalışmada yalın üretim tekniğı ve sürdürülebilirlik prensipleri doğrultusunda yürütülecek, işletmenin kültürel dönüşümü ile desteklenecek şekilde tasarlanmış bir üretim yönetimi modeli sunulmuştur. Araştırma için literatürde bu alanda yapılan çalışmalar teorik referans olarak alınmıştır. Modelin, yalın üretim teknikleri ile israfları eleyeceği ve üretkenlik konusunda kazanımlar yaratacağının, sürdürülebilirlik perspektifi ile bu kazanımların arttırılacağı, işletmenin kültürel dönüşümü ile de modelin entegrasyonunun gerçekleştirilebileceğinin öngörüldüğü belirtilmiştir.

Resta ve diğerkleri (2016) tarafından yapılan araştırmada yalın üretim tekniğinin sürdürülebilirlik perspektifinde uygulanması için teorik bir çalışma yapılmış, çalışmanın tümevarımsal sektörler arası çoklu vaka metodolojisi ile değerlendirmesi yapılmıştır. Veriler yarı yapılandırılmış röportajlar ile toplanmıştır. Araştırma sonucunda yalın üretim tekniğinin entegrasyonunda sürdürülebilirlik stratejisi ile düzenleme yapılması gerektiğı, böylece sürdürülebilirlik konusunda oluşabilecek çevresel ve sosyal negatif etkilerin engellenmesinin sağlanabileceğı belirlenmiştir.

Cherrafi ve diğerkleri (2016) tarafından yapılan araştırmada yalın üretim tekniğı, sürdürülebilirlik ve 6 sigma anlayışları birleştirilerek oluşturulan bir model önerilmiştir.

Literatür taraması metodu ile yapılan araştırmada 1990-2015 yılları arasında yayınlanan araştırmanın kriterlerine uygunluğu belirlenmiş 118 yayın incelenmiştir. Bu araştırmada 3 anlayışın da aynı odağa sahip olduğu, israfların ortadan kaldırılması, sürekli gelişim, müşteri memnuniyeti gibi önemli ortak paydalarının bulunduğu belirlenmiştir. Araştırma sonucunda yalın üretim, sürdürülebilirlik ve 6 sigma için performans metriklerinin belirlenebileceği bir sistem oluşturulması gerektiği belirlenmiştir. Bunun yanında yalın üretim, sürdürülebilirlik ve 6 sigmanın uygulanmasını kolaylaştıracak ve etkin hale getirecek yöntemler bulunması gerektiği ve hizmet sektörü gibi başka sektörlerde de uygulanabilir bir model geliştirilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Helleno ve diğerleri (2017) tarafından yapılan araştırmada yalın üretim tekniği ve değer akış haritalama metodunun sürdürülebilirlik göstergeleri olan anahtar performans ölçütleri ile yapılan sürdürülebilirlik değerlendirme çalışmalarında kullanılan mevcut göstergelere yeni göstergeler eklenmesini önermektedir. Yeni göstergelerin belirlenebilmesi için 2009-2014 yılları arasında kullanılmış göstergelerin analizi yapılmış ve sonrasında belirlenen yeni göstergeler 3 farklı vaka çalışmasında değer akış haritalama metodu kullanılarak test edilmiştir. Araştırma sonucunda yeni göstergeler ile imalat hattında sürdürülebilirliğin farklı seviyelerinin tespit edilebildiği belirlenmiştir.

Pinto Junior ve Mendes (2017) tarafından yapılan araştırmada yalın üretim uygulamaları ve çevresel performans üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Araştırma elektronik sektöründe 4 kıtada ve 30 ülkede faaliyet gösteren 200.000'den fazla çalışanı olan bir işletmede derinlemesine ayrıntılı vaka çalışması olacak şekilde uygulanmıştır. Firma ismi gizli tutulmuş, çalışma için Alpha olarak adlandırılmıştır. Pilot test yapılan birimin Latin Amerika'da bulunduğu belirtilmiştir. Veriler, yarı yapılandırılmış görüşmeler, direkt gözlemler ve uygulama sonrası elde edilen raporlar ile toplanmıştır. Veriler içerik analizi yöntemi ile nitel olarak incelenmiştir. Araştırma sonucunda yalın üretim uygulamalarının çevresel etkileri azalttığı belirlenmiştir. Uygulamalar sonrasında enerji ve su tüketiminde azalma tespit edilmiştir. Yapılan tasarrufun finansal hesaplaması yapılmış ve yıllık 17900 Amerikan doları tasarruf edildiği tespit edilmiştir. Bu tutarın 12900 dolarlık kısmının enerji tasarrufundan, 5000 dolarlık kısmının su tasarrufundan sağlandığı belirtilmiştir.

Sajan ve diğerkleri (2017) tarafından yapılan araştırmada yalın üretim uygulamalarının küçük ve orta ölçekli işletmelerin sürdürülebilirlik performansına etkisi araştırılmıştır. Araştırmanın örneklemini Hindistan'daki 252 küçük ve orta ölçekli işletmenin anket sonucu elde edilen verileri oluşturmuştur. Araştırmanın hipotezi yapısal eşitlik modeli ile analiz yapılarak test edilmiştir. Araştırmanın analiz sonuçları yalın üretim uygulamalarının sosyal, çevresel ve ekonomik sürdürülebilirlik kategorileri için pozitif ilişkili olduğunu belirlemiştir. Bunun yanında araştırmada çevresel sürdürülebilirliğin ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik ile ilişkili olduğu da belirlenmiştir.

Habidin ve diğerkleri (2018) tarafından yapılan araştırmada yalın üretim uygulamaları, ISO 14001 standardı ve çevresel performans arasındaki ilişki incelenmiştir. Örneklem olarak Malezyadaki otomobil sektöründe faaliyet gösteren 275 işletme seçilmiş, işletmelerden anket yoluyla veri toplanmıştır. Anket verileri yapısal eşitlik modeli ile analiz edilmiş, analizlerin güvenilirliği açıklayıcı faktör analizi ve doğrulayıcı faktör analizi ile test edilmiştir. Araştırma sonucunda yalın üretim uygulamalarının ISO 14001 standardına adaptasyonu ile çevresel unsurlar üzerinde olumlu etkisini arttığı belirlenmiştir.

Iranmanesh ve diğerkleri (2019) tarafından yapılan araştırmada yalın üretim uygulamalarının çevresel sürdürülebilirlik performansına etkisi araştırılmıştır. Araştırmanın örneklemini Malezya'da bulunan 187 firmanın anket yoluyla elde edilen verileri oluşturmuştur. Araştırmanın hipotezi kısmi en küçük kareler tekniği ile ölçölmüştür. Araştırma sonuçları yalın üretim uygulamalarının süreç, ekipman, ürün tasarımı, tedarikçi ilişkileri ve müşteri ilişkilerinde sürdürülebilirlik performansı için pozitif etkili olduğunu ve sürdürülebilirlik performansında anlamlı bir etkisi olduğunu göstermiştir.

Kafuku (2019) tarafından Tanzanya'da yapılan araştırmada yalın üretim tekniğinin uygulanmasında efektif olan faktörlerin belirlenmesi için sektör uzmanlarına anket yapılmış ve plastik, odun, ekmek, metal, bisküvi ve tekstil üretimi yapan işletmelerden araştırma için veri toplanmıştır. Amaçlı örnekleme tekniği kullanılan çalışmada tanımlayıcı analiz, korelasyon analizi ve regresyon analizi uygulanmıştır. Analizin güvenilir ve geçerli olabilmesi için anketler veriler toplanmadan önce istatistikçiler ve

endüstri uzmanlarından 4 kişi tarafından kontrol edilmiştir. Araştırma sonucunda elde edilen bulgular doğrultusunda şekillendirici faktörler ile yalın üretim uygulaması için yeni bir model geliştirilmiştir.

Burawat (2019) tarafından yapılan araştırmada yalın üretim uygulamaları, sürdürülebilirlik üzerindeki performansı ve sürdürülebilir liderlik araştırılmıştır. Araştırmanın örneklemini Tayland'da bulunan küçük ve orta ölçekli işletmeler oluşturmuştur. Nicel araştırma için 374 işletmeden 598 anket verisi toplanmış, nitel araştırma için 40 katılımcıdan elde edilen katılımcı gözlemi verileri, katılımcı olmayan gözlem verileri ve derinlemesine görüşme metodu uygulanmıştır. Elde edilen veriler istatistiksel yazılım programları kullanılarak tanımlayıcı istatistikler, doğrulayıcı faktör analizi, yapısal eşitlik modelleme metotları ile analiz edilmiştir. Araştırma sonucunda sürdürülebilirlik ve yalın üretim arasında pozitif ilişki bulunmuştur. Bunun yanında yalın üretim ve sürdürülebilir liderlik arasında da pozitif ilişki bulunmuş ve yalın üretimin sürdürülebilirlik performansı ile sürdürülebilir liderlik arasında kısmi aracılık etkisi olduğu belirlenmiştir.

Henao ve diğerleri (2019) tarafından yapılan araştırmada yalın üretimin sürdürülebilirlik üzerindeki performansı literatür taraması metodu ile araştırılmıştır. Araştırma kapsamında 679 yayın 5 adım sentez metodolojisi ile incelenmiştir. Elde edilen verilerden genel görüşler ve zıt görüşler üçlü alt çizgi yaklaşımıyla kategorize edilmiştir. Elde edilen literatür çapraz referans ve tematik sentez ile gruplanmıştır. Ağ teorisindeki hesaplama araçlarından bilim ağacı kullanılmış ve alıntı zinciri oluşturacak şekilde arama denklemi oluşturulmuştur. Araştırma sonucunda 679 yayın elde edilmiştir ve bu araştırma sonuçları doğrudan ilgili, dolaylı olarak ilgili ve ilgisiz olacak şekilde 3 kategoriye ayrılmıştır. Doğrudan ilgili yayınların tamamı incelenmiştir. Araştırmada literatürdeki yayınların analizi ile elde edilen bilgiler doğrultusunda yalın üretimin sürdürülebilirliğinin sosyal, çevresel ve operasyonel ölçütleri üzerindeki performansı incelenmiştir. Araştırma sonucunda yalın üretimin her 3 sürdürülebilirlik ölçütü için pozitif katalizör konumunda olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte yalın üretimde kaynakların verimli kullanımı konusunda sıkı bir bağlılık olduğu ve bu tutumun sürdürülebilirliğin sosyal ve çevresel olgulara hassasiyet prensibini barındırdığı belirtilmiştir.

Kumar ve Mathiyazhagan (2020), yalın üretimin imalat sektöründe sürdürülebilirliğe etkisini, iş metriklerine etkisini, sosyo-kültürel ve çevresel etkilerini sistematik literatür taraması metodu ile araştırmışlardır. Araştırma 97 kilit konumdaki bilimsel yayın üzerinden yapılmış ve otomobil imalat endüstrisi alanı ile sınırlandırılmıştır. Araştırma ile yalın üretimin entegrasyonu için çalışan katılımının sağlanması ve eğitim amaçlı atölye çalışmalarının uygulanması gerekliliği belirlenmiştir. Araştırma sonucunda yalın üretim anlayışının israfların elenmesi ile ilgili uygulamalarının sürdürülebilirlik için de kilit rol oynadığı belirlenmiştir. Bunun yanında kârlılık ile ilgili metriklerin oldukça olumlu sonuçlar sağladığı belirlenmiştir.

Swarnakar ve diğerleri (2020) tarafından yapılan araştırmada literatür taramasından elde edilen veriler ve 15 yılın üzerinde sektör tecrübesi olan uzmanların görüşleri doğrultusunda yeni sürdürülebilirlik göstergeleri olan anahtar performans ölçütleri geliştirilmiş ve yalın üretim tekniklerinden değer akış haritalama metoduna entegre edilerek bir model oluşturulmuştur. Oluşturulan model Hindistan'daki otomobil yedek parça üretim endüstrisi ve PVC boru üretim endüstrisinde uygulanmış ve parametreler test edilmiştir. Araştırma sonucunda modelin 2 ayrı endüstri alanında da başarılı olduğu tespit edilmiştir ve böylece sürdürülebilirlik performansının ölçülmesinde kullanılabilecek yeni anahtar performans ölçütleri literatüre kazandırılmıştır.

Kumar ve diğerleri (2020) tarafından yapılan araştırmada Hindistan'daki otomobil sektöründen 125 otomobil işletmesi örneklem olarak seçilmiştir. İlk olarak literatür taraması ile yalın üretim alanında sürdürülebilirlik performansı için kritik başarı faktörleri belirlenmiştir. Sonra otomobil işletmelerine anket uygulanmıştır ve 20 yıl sektör tecrübesi olan uzmanların görüşleri alınmıştır. Bu bilgiler üzerinde istatistiksel analiz, erişilebilirlik matrisi uygulandıktan sonra yorumlayıcı yapısal modelleme ile veriler arasındaki ilişkiler yorumlanmıştır. Araştırma sonucunda sürdürülebilir yalın üretim uygulamalarında etkili 15 faktör belirlenmiştir.

Kamble ve diğerleri (2020) tarafından yapılan araştırmada endüstri 4.0 teknolojisinin sürdürülebilirlik üzerindeki dolaylı etkisini yalın üretim tekniğini aracı değişken olarak kullanarak araştırmışlardır. Bunun yanında endüstri 4.0 teknolojisinin yalın üretim ve sürdürülebilirlik üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Araştırmanın örneklemi

Hindistan'daki 115 işletmede çalışan 205 yöneticiden temin edilen veriler oluşturmuştur. Araştırma hipotezleri yapısal eşitlik modeli kullanılarak test edilmiştir. Araştırma sonucunda endüstri 4.0 teknolojisinin sürdürülebilirlik üzerinde direk ve dolaylı olarak anlamlı etkisi olduğu, yalın üretimin de güçlü bir aracı değişken olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında endüstri 4.0 teknolojisinin sürdürülebilirlik performansını arttırmak için yalın üretimin etkinleştiricisi olduğu belirlenmiştir.

Hartini ve diğerleri (2020) tarafından yapılan araştırmada yalın üretim tekniğinin sürdürülebilirlik konseptinde sürdürülebilir imalat dizini geliştirmek amaçlanmıştır. Araştırma Delphi metodu, analitik hiyerarşi prosesi ve değer akış haritalama metodunu kullanarak sürdürülebilir imalat dizini geliştirmek için nicel bir araştırma olarak tasarlanmıştır. Araştırmanın örneklemini Endonezya mobilya endüstrisi olarak belirlenmiştir. Araştırma sonucunda sürdürülebilir değer akış haritalama metodunun daha önceki araştırmalarda olduğu gibi imalat hattının ekonomik performansının yanında sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik performansını değerlendirebildiği belirlenmiştir. Araştırma sonucunda araştırmada uygulanan metotlar ile sürdürülebilirlik performansının fabrika seviyesinde değerlendirilebilmesi için bir çerçeve sunulabildiği belirlenmiştir.

Nawanir ve diğerleri (2020) tarafından yapılan araştırmada yalın üretim tekniğinin kurumsal sürdürülebilirlik üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Araştırmanın örneklemini Malezya'da bulunan 159 küçük ve orta ölçekli üretim işletmesi oluşturmaktadır. Yapısal eşitlik modeli kullanılarak üçlü alt çizgi boyutu nicel araştırma kapsamında incelenmiştir. İlk olarak akademisyenler ve üretim endüstrisinden yöneticiler ile kapsamlı odak grup çalışması ile oluşturulmuş anketler uygulanmıştır. Elde edilen veriler yapısal eşitlik modeli ile analiz edilmiştir. Değerlendirmenin doğruluğu ve geçerliliği için yakınsak geçerlilik ve ayırt edici geçerlilik kriter olarak alınmış ve gerekli hesaplamalar yapılmıştır. Araştırma sonucunda kurumsal sürdürülebilirliğin üçlü alt çizgi ölçüsü olan ekonomik, sosyal ve çevresel boyutların hepsi için yalın üretim tekniğinin pozitif etkisi olduğu belirlenmiştir. Bu araştırma ile yalın üretim ile sürdürülebilirlik performansı arasındaki pozitif ilişki gösterilmiştir. Bununla birlikte araştırma sonucunda yalın üretim anlayışının bütünsel olarak benimsenmesi gerektiği belirlenmiştir.

Chen ve diğ erleri (2020) tarafından yapılan araştırmada yalın üretim ile sürdürülebilirlik perspektifindeki uygulamalar arasındaki ilişki, kuruluşların  evre yönetimi ile ilgili standartlarının belirlendiği ISO 14001 standartlarına uyum yöntemleri ve yalın üretim anlayışının sürdürülebilirlik performansını nasıl sağlayabileceği araştırılmıştır. Araştırmanın örneklemini  in'de bulunan 220 üretim işletmesi oluşturmuştur. Bu işletmelerden toplanan ankete dayalı ampirik veriler kısmi en küçük kareler regresyonu yöntemi ile analiz edilmiştir. Araştırma sonucunda yalın üretim sürdürülebilirlik potansiyelini arttırdığı, bu potansiyele ulaşılmasında çalışan katılımının moderatör konumda olduğu, ISO 14001 standartlarının moderatör konumda olmadığı ancak yalın üretim anlayışı ile entegre edildiğinde sinerji yarattığı belirlenmiştir. Araştırma sonuçları ile ISO 14001 standartları ile yalın üretim uygulamalarının entegrasyonunun çevresel sürdürülebilirliği arttırdığının tespit edildiği belirtilmiştir.

Gaikwad ve Sunnapwar (2020) tarafından yapılan araştırmada yalın üretim tekniklerinin uygulanmasının sürdürülebilirlik performansı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Araştırmanın örneklemini 1986-2017 yılları arasındaki 42 yayın oluşturmaktadır. Yayınlar nitel olarak içerik analizi yöntemi ile incelenmiştir. Araştırma sonucunda yalın üretim uygulamalarının çevresel performans üzerinde etkisi olduğu belirlenmiştir.

Yıldız ve Sayın (2020) tarafından farklı sektörlerde faaliyet gösteren 121 üretim işletmesi için anket yöntemi ile yapılan araştırmada yalın üretim tekniklerinin sürdürülebilirlik etkisi araştırılmıştır. Araştırmada anket ile elde edilen veriler yapısal eşitlik modeli ile analiz edilmiştir. Araştırma sonucunda yalın üretim tekniklerinin sürdürülebilirlik performansını olumlu etkilediği belirlenmiştir.

Sadiq ve arkadaşları (2021) tarafından yapılan araştırmada yalın üretim tekniği ile mavi okyanus üretim stratejisi birleştirilerek yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir. Araştırma için öncelikle araştırma metodolojisi akış şeması oluşturulmuş, literatür taraması yapılmış ve anket uygulanarak nitel araştırma kısmı tamamlanmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda geliştirilen yaklaşım otomobil yedek parçası üreten ZESH group adlı işletmede uygulanmıştır. Mavi okyanus üretim stratejisinin etkinliğinin  l  mlenmesi için Rasch modeli kullanılmıştır. Uygulama sırasında mevcut durum ve gelecek durum değer akış haritalaması yapılmıştır. Boylamsal vaka çalışması metodu ile yapılan

çalışmada karma mod araştırma yöntemi uygulanmıştır. ANOVA programı kullanılarak gerçek zamanlı gözlemler simüle edilmiştir. Yalın üretim tekniklerinden değer akış haritalama ile mavi okyanus üretim stratejilerinden 4 eylem uygulaması vaka çalışması üzerinde gerektiği şekilde uygulanarak %26 teslim süresini azaltma ve %39 değer yaratma adımları tespit edilmiştir. Bunun yanında çevresel zararın %50 azaltıldığı ölçümlenmiştir. Araştırma sonucunda 2 yaklaşımın entegre edilmesi ile ekonomik sürdürülebilirlik sağlanırken aynı zamanda enerji tüketiminin azaltılması ile sürdürülebilirliğin çevresel boyutu konusunda olumlu performans elde edilebildiği belirlenmiştir.

Liao ve Wang (2021) tarafından yapılan çalışmada yalın üretim teknikleri, dijitalizasyon ve sürdürülebilirlik perspektifi birleştirilerek bir yaklaşım geliştirilmiştir. Araştırmada geliştirilecek yaklaşım için yapısal bir mekanizma oluşturulması amacıyla bir iş mimarisi geliştirme metodu olan TOGAF metodu uygulanmıştır. Metot vaka çalışması yapılarak uluslararası bir kimya işletmesinde uygulanmıştır. Gap analizi ile işletmenin mevcut durumu ve hedeflenen durumu analiz edilmiştir ve yapılması gereken geliştirmeler belirlenerek geçiş planı oluşturulmuştur. Dijitalizasyonun sağlanması için işletmeye geniş alan ağı (WAN) ve yerel alan ağı (LAN) entegre edilmiştir. Bilgi sistemlerinden net tavsiye skoru (NPS), müşteri ilişkileri yönetimi (CRM), kurumsal kaynak planlaması (ERP), üretim yürütme sistemi (MES), merkezi denetleme, kontrol ve veri toplama sistemi (SCADA), sürekli iyileştirme sistemi (CI) kurulmuştur ve tüm bu sistemler birleşmiş milletler sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda sosyal, çevresel ve ekonomik sürdürülebilirlik bileşenleri doğrultusunda etkinleştirilmiştir. Araştırma sonucunda yapılan dönüşüm uygulamalarının etkinliği işletmenin iş süreçlerinde yaşam döngüsü analizi yapılarak test edilmiştir. Araştırmada geliştirilen yaklaşımın işletmelerin sürdürülebilirlik perspektifinde yalın üretim teknikleri ve dijitalizasyonu sistemlerine entegre ederek ekonomik bir şekilde bu dönüşümün gerçekleştirilebileceğini ortaya koyduğu belirtilmiştir.

Ciliberto ve diğerleri (2021) tarafından yapılan çalışmada yalın üretim, sürdürülebilir üretim ve endüstri 4.0 teknolojisi arasındaki ilişki incelenmiş ve sürdürülebilir gelişim çerçevesinde yalın üretim ve endüstri 4.0 adaptasyonunun gerekliliği araştırılmıştır.

Literatür taraması metodu ile yapılan çalışmada yalın üretim, endüstri 4.0 teknolojisi ve döngüsel ekonomi öz nitelikleri matris üzerinde karşılaştırılarak aralarındaki korelasyon incelenmiştir. Araştırma sonucunda döngüsel ekonomi prensiplerinin yalın üretim anlayışına entegre edilmesinin çevresel katkıları arttıracak belirlenmiştir. Dijitalizasyonun süreçleri kısaltarak verimlilik sağlayacağı, kaynak kullanımında tasarruflu olacağı ve ürün yaşam ömrü biten ürünleri geri dönüştürebileceği ve kullanımlarını optimize edebileceği belirlenmiştir.

Razali ve Tanushan (2021) tarafından yapılan çalışmada yalın üretim tekniğinin sürdürülebilirlik üzerindeki etkisi Malezya Selangor'daki lateks eldiven üretim endüstrisinde araştırılmıştır. Araştırmada lateks eldiven üretim endüstrisindeki 3 farklı üretim işletmesinden 30 çalışan ile 5 puanlık likert ölçeği metodu kullanılarak anket yapılmıştır. 22 yalın üretim tekniği ve sürdürülebilirliğin ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlarının ele alındığı çalışmada analizler minitab 15 kullanılarak yapılmıştır. Araştırmada yalın üretim tekniğinin sürdürülebilirlik üzerindeki etkisinin yanında firmaların yalın üretim adaptasyon seviyeleri de ölçümlenmiştir. Araştırma sonucunda sürdürülebilirliğin en yüksek performansının ekonomik boyutta sonra sırasıyla çevresel ve sosyal boyutta ölçüldüğü belirtilmiştir.

Kumar ve diğerleri (2021) tarafından yapılan çalışmada Hindistan'daki otomobil endüstrisinde sürdürülebilir yalın üretim tekniğinin performansı ölçülmüş ve ekonomik, sosyal ve çevresel unsurlar doğrultusunda oluşturulmuş performans metriklerinin değerlendirmesi sunulmuştur. Performans metrikleri sistematik literatür taraması yapılarak 82 bilimsel yayının incelenmesi ile belirlenmiştir. Araştırmanın örneklemini Hindistan'daki 334 otomobil işletmesinden temin edilen anket verileri oluşturmuştur. Metriklerin performansı ANOVA istatistiksel analiz metodu ile ölçülmüştür. Araştırma sonucunda elde edilen analiz verilerine göre sürdürülebilir yalın üretim uygulamalarının Hindistan'daki otomobil endüstrisinde performansı arttırdığı belirlenmiştir. İş süreçlerinden israfların arındırıldığı ve süreçlerin hızlandığı belirlenmiştir. Belirlenen performans metrikleri ile iş süreçlerinin sürdürülebilirliğin sosyal, ekonomik ve çevresel unsurlarının her biri için bağımsız olarak incelenebileceği ve süreçlerin bu doğrultuda düzenlenebileceği belirlenmiştir.

Ahmed ve diğerleri (2021) tarafından yapılan araştırmada yalın üretim uygulamaları ve ISO 14001 standartlarının entegrasyonunun çevresel performans üzerindeki etkisi Yeni Zelanda'daki et endüstrisi için ölçümlenmiştir. Literatür araştırmasının kılavuzluğunda yalın üretim ve ISO 14001 uzmanları ile yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır. Derinlemesine görüşmeler ile temin edilen veriler dijital ortama aktarılmış ve NVivo 11 nitel yazılım programı ile analiz edilmiştir. Araştırma sonucunda yalın üretim uygulamaları ve ISO 14001 standartlarının sürdürülebilir çevresel performans için pozitif etki ve sinerji yarattığı belirlenmiştir. Bunun yanında yalın üretim araçlarına ISO 14001 standartlarının entegre edilmesi ile elde edilen modelin çevresel performansı arttırdığı belirlenmiştir.

Ghaithan ve diğerleri (2021) tarafından yapılan araştırmada Suudi Arabistan'daki petrokimya ve plastik endüstrisinde yalın üretim ve endüstri 4.0 teknolojisinin sürdürülebilirlik performansı üzerindeki entegre etkisi araştırılmıştır. Araştırmanın örneklemini plastik ve petrokimya endüstrisinde faaliyet gösteren 112 işletme oluşturmuştur. Veriler işletmelerden anket yöntemiyle toplanmıştır ve yapısal eşitlik modeli ile analiz edilmiştir. Araştırma sonucunda yalın üretim ve endüstri 4.0 teknolojisinin sürdürülebilirlik üzerinde pozitif etkisi olduğu belirlenmiştir.

Bertagnolli ve diğerleri (2021) tarafından yapılan araştırmada sürdürülebilirlik kapsamında uygulanabilecek yalın üretim uygulamaları araştırılmıştır. Araştırma sistematik literatür taraması metodu ile yapılmıştır. Araştırmada yalın üretimin sürdürülebilirlik kapsamında incelendiği 363 yayın kontrol edilmiş 81 yayının vaka çalışması olduğu belirlenmiştir. Vaka çalışmalarının birçoğunda nitel ve nicel metotlar kullanılarak yalın üretim uygulamalarının sürdürülebilirlik performansı ölçülmüştür. 81 vaka çalışmasının tamamında yalın üretimin sürdürülebilirliğin çevresel boyutu yönündeki potansiyelinin araştırıldığı belirlenmiştir. Bununla birlikte nirengi hesabı yapılan 47 meta çalışmanın yalın üretim ve sürdürülebilirlik arasındaki ilişkiyi gösterdiği belirtilmiştir. Vaka çalışmalarının yalın üretimin kurumsal sürdürülebilirlik üzerinde etkili olduğunu gösterdiği belirtilmiştir. Araştırma sonucunda sürdürülebilirlik kapsamında en sık uygulanan yalın üretim uygulamalarının tam zamanında üretim ve değer akış haritalama metodu olduğu belirlenmiştir. Yalın üretim uygulamalarının

sürdürülebilirlik kapsamındaki en yüksek etkisinin enerji tasarrufu için gerçekleştiği belirlenmiştir.

Alcaraz ve diğerleri (2022) tarafından yapılan çalışmada yalın üretim tekniklerinin sürdürülebilirlik performansı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Yapısal eşitlik modeli ile analizlerin yapıldığı çalışmada sürdürülebilirliğin sosyal, çevresel ve ekonomik boyutları gizli bağımsız değişken olarak ele alınmıştır. Bunun yanında 8 tane yalın üretim tekniği bağımlı değişken olarak değerlendirilmiştir. Araştırmanın örneklemi Meksika’da bulunan 249 işletme olarak belirlenmiştir. Anket yöntemiyle işletmelerden toplanan veriler yapısal eşitlik modeli ile analiz edilmiştir. Model uygulanmadan önce indekslerinin uygunluğu kısmi en küçük kareler yöntemi ile doğrulanmıştır. Araştırma sonucunda işletmelerin çevresel bakış açılarının ekonomik büyümelerini etkilediği belirlenmiştir. Araştırmada değişken olarak kullanılan yalın üretim araçlarının hepsinin birbirinden bağımsız olarak sürdürülebilirlik performansına etkisi olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte sürdürülebilirlik unsurlarından biri başarıldığında bir diğer sürdürülebilirlik unsurunu ortaya çıkardığı belirlenmiştir.

Naeemah ve Wong (2022) tarafından yapılan çalışmada yalın üretim tekniklerinin sürdürülebilirlik üzerindeki pozitif etkisi araştırılmıştır. Araştırma sistematik literatür taraması metodu ile yapılmıştır. Araştırmanın örneklemini 2010 ve 2021 yılları arasındaki 101 bilimsel yayın oluşturmuştur. Araştırmada üretim alanında sürdürülebilirliğe etki eden 36 tane yalın üretim metodu belirlenmiş ve en etkin 10 tanesi değerlendirmeye alınmıştır. Araştırma sonucunda en yüksek sürdürülebilirlik performansı gösteren 10 yalın üretim tekniğinin belirlendiği ve bununla birlikte önde gelen 20 tane sürdürülebilirlik metriğinin belirlendiği belirtilmiştir. Araştırma sonucunda yalın üretim tekniklerinin sürdürülebilirlik unsurları üzerindeki performansının en yüksek %38 ile ekonomik boyut için sonrasında %35 çevresel ve %27 sosyal boyut için elde edildiği belirlenmiştir.

Arora ve diğerleri (2023) tarafından yapılan çalışmada literatür taraması metodu ile yalın üretimin sürdürülebilirlik potansiyeli araştırılmıştır. Araştırmada tanınmış veri tabanlarından elde edilen yayınlar incelenmiş gri literatür hariç tutulmuştur. Literatür taramasından elde edilen veriler CMMI modeli (yetenek olgunluk model entegrasyonu)

kullanılarak değerlendirmeye alınmıştır. Araştırma sonucunda yalın üretim tekniği ve sürdürülebilirlik pratiklerinin uygulanmasının organizasyonun operasyonel ve çevresel performansını artırdığı belirlenmiştir.

Yapılan araştırmalar incelendiğinde son yıllarda yalın üretimin sürdürülebilirlik üzerine etkisinin daha yoğun olarak araştırıldığı açıkça görölmektedir. Araştırmaların örnekleme, bölgesel olarak uygulanmış olması ve belirli sektörleri temsil etmesi araştırmaları yalın üretim ile ilgili genel bir değerlendirme yapma noktasında sınırlandırmaktadır ve bu konuda bütüncül bir çalışmaya ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte araştırmaların sonuçlarından yalın üretimin sürdürülebilirlik için bir kaldıraç gücü niteliğinde olduğu görölmektedir. Araştırmaların çoğunun yalın üretimin sürdürülebilirlik performansını nicel olarak ölçtüğü görölmektedir. Bunun yanında literatürde yalın üretimin nitel faydaları da birçok araştırmacı tarafından raporlanmıştır (Jarvenpaa ve Lans, 2020). Bununla birlikte literatürde yalın üretimin odağının sürdürülebilir üretimden farklı olduğuna dair görüşler de bulunmaktadır. Yalın üretimin çevresel kaygılardan çok müşteri için değer yaratmaya odaklanması iki yaklaşım arasındaki farklılık olarak yorumlanmaktadır. Buna karşın iki kavramın birbiri ile karşılıklı bağımlılığı olduğuna dair görüş de yaygındır. Günümüzde üretim sektörü müşterilerin ihtiyaçları kadar isteklerine de odaklandığı farklı bir müşteri portföyü ile karşı karşıyadır. Tahmine dayalı yapılan kitlesel üretim bu portföyün tercihleri ile uyuşmadığında atıl bir üretim ortaya çıkmaktadır. Böyle bir sistemde sürdürülebilirlik kapsamında yapılacak iyileştirmelerin etkileri sınırlı kalmakta ve çözüm oluşturmamaktadır. Her geçen gün tükenmekte olan doğal kaynaklar için daha etkili çözümler arayışında olmak gerektiği açıktır. Yalın üretim sistemi israfları yok etmeye odaklı bir sistemdir. Bu perspektif sürdürülebilirlik konseptinde genişletilebilir. Lovins ve diğerleri (1999), yalın üretim sistemini kayıplardan arınmak için temel bir yaklaşım olarak önermiştir. Literatür taramasında da belirtildiği gibi King ve Lenox (2001) tarafından 17499 işletme üzerinde yapılan araştırmada yalın üretim uygulamalarının çevresel performansı arttırdığı yönünde ampirik kanıt elde edildiği belirtilmiştir. Puvanasvaran, Perumal, Tian, Vasu ve Muhamad (2012) tarafından yapılan araştırmada yalın üretim teknikleri ve ISO 14001 standartlarının entegrasyonu araştırılmış, literatür taraması ile yapılan araştırmanın sonucunda iki yaklaşımın metodolojisinin ve

prensiplerinin uyumlu olduğu belirlenmiştir (Puvanasvaran ve diğ., 2012). Bunun yanında literatür taramasında da belirtildiği gibi Chen ve diğ. (2020) tarafından yapılan araştırmada ISO 14001 standartları ile yalın üretim uygulamalarının entegrasyonunun çevresel sürdürülebilirliği arttırdığının tespit edildiği belirlenmiştir. Bu bağlamda yalın üretim konsepti sürdürülebilirlik perspektifinde genişletilerek sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için çözümler sunma potansiyeline sahiptir. ISO 14001 standartlarına adaptasyon bu yönde atılacak önemli bir adım olabilir. Yalın üretim köklerinde toplumun yararına hizmet eden bir anlayışını barındırmaktadır ve bu anlayış özünde toplumun geleceğini belirleyecek olan sürdürülebilirlik unsurlarını da kapsamaktadır. Yalın üretim sürekli gelişimi hedefleyen prensipler üzerine kuruludur. Sürdürülebilirlik yönündeki gelişim yalın üretim için yeni bir hedef olabilir. Yalın üretim, temel odağı çevre olmasa da israfları ilk seferde eleyerek oluşacak maliyetleri ve kirliliği proaktif olarak önceden engellemektedir (Maruthi ve Rashmi, 2015). Literatürdeki farklı görüşlerin sebebi yalın üretimin bütünsel bir şekilde ele alınmamasından kaynaklanmaktadır. Tez çalışmasının amacı bu konuda bütüncül bir çerçeve sunmaktır. Yalın üretim anlayışının sürdürülebilirlik perspektifinde genişletildiğinde başarılı sonuçlar elde edildiğine dair birçok kanıt bulunmaktadır. Yalın üretimin Japonya'daki uygulamaları bu konuda öncü niteliğindedir. 2000 yılında Japonya hükümetinin azalt, tekrar kullan, dönüştür anlamına gelen 3R (Reduce, Reuse, Recycle) yaklaşımı ile ilgili temel kanun yayınlanmasının ardından Japonya'daki üretim işletmeleri 3R anlayışı çerçevesinde üretim faaliyetlerini sürdürmüş, atık yönetimi ve maliyet konusunda oldukça başarılı sonuçlar elde etmişlerdir (Takiguchi ve Takemoto, 2008). Japonya 2004 yılında G8 zirvesinde 3R yaklaşımı ile ilgili öneride bulunmuş ve 2008 yılındaki G8 zirvesinde 3R inisiyatifinin uygulama alanının G8 ülkeleri ve diğ. bazı ülkeleri kapsayacak şekilde genişletilmesine karar verilmiştir (Japonya çevre bakanlığı, 2008). Bu bağlamda 3R anlayışının yalın üretim uygulamalarına adapte edilerek uygulanması yalın üretimin sürdürülebilirlik perspektifinde uygulanması anlamına gelmektedir ve bu entegrasyon yalın üretimin sürdürülebilirlik için bir araç olarak kullanılması konusunda güçlü bir alternatiftir. Yalın üretim sistemini yaratan ve bu sisteme öncülük eden Toyota firmasının bu anlayışı genişleterek azalt, tekrar kullan, geri dönüştür, geri kazan anlamına

gelen 4R (Reduce, Reuse, Recycle, Recover) anlayışı çerçevesinde faaliyetlerini yürütmesi bu konuda önemli bir örnek teşkil etmektedir (Toyota, 2023).

Literatürde yalın üretimin yeterli düzeyde yaygınlaşmamış olmasının tekniğin karmaşık olmasından kaynaklandığına dair görüşler de bulunmaktadır. Günümüzde yalın üretim ile ilgili gerekli donanımı edinmeyi sağlayacak kaynak ve uygulama faaliyetleri yeterli düzeydedir. Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Bakanlığı başta olmak üzere yalın üretimin yaygınlaşması konusunda kılavuzlar oluşturarak işletmelere yol gösteren kurumlar da bulunmaktadır (Yavuz, 2010). Birleşmiş Milletler Endüstriyel Gelişim Organizasyonu UNIDO (United Nations Industrial Development Organization) da teknik destek portföyünde yalın üretim teknikleri ile ilgili eğitimleri bulundurmaktadır (UNIDO, 2022). Yalın üretim tekniğini uygulayan ve başarılı olan birçok üretim işletmesi bulunmaktadır.

Literatür taramasının genel perspektifi ve yalın üretim sisteminin bütünsel uygulamaları beraber değerlendirildiğinde yalın üretim sisteminin uygulama alanı genişledikçe sistemin daha büyük ölçekte fayda yarattığı görülmektedir. Bu durum yüksek katma değer yaratmak için sistemin bütüncül olarak ele alınması gerektirdiğini göstermektedir. Yalın üretimin bütünsel olarak uygulanmasının daha etkin sonuçlar yaratması yalın üretim tekniklerinin uygulanmasında alınan sonuçların ölçekle doğru orantılı olarak yükseldiğini göstermektedir. Bu bağlamda yalın üretim sisteminin uygulama alanını genişletmesinin muazzam sonuçları olacağı açıktır.

2.4. Sürdürülebilirlik Bakış Açısından Yalın Üretim

Son yıllarda sürdürülebilirlik konseptinde yapılan dönüşümün üretim endüstrisini de etkisi altına aldığı görülmektedir. Günümüze kadar sürdürülen uygulamaların sonuçları bu etkinin sebebini açıkça göstermektedir. Üretim süreci, toplumun ihtiyaçlarının bir katma değer yaratılarak bir ürün ya da hizmet haline gelmesi için doğal kaynakların kullanılarak dönüştürülmesini gerektirmektedir (Çiçekli ve Soyumert, 2021). Doğal

kaynakların sınırlı olması ve gün geçtikçe tükenme tehlikesi ile karşı karşıya kalması kaynakların etkin kullanımını zorunlu hale getirmektedir. İçinde bulunduğumuz sosyal ve ekonomik sistem kuruluşların kendi çıkarları doğrultusunda ilerlerken yaratılan kazancın inovasyonun önünü açacağı ve ekonomik kalkınmayı sağlayacağı görüşüyle varlığını sürdürmektedir (Liker, 2021). Kısa vadeli kazancın önünü açan bu anlayış kaynak kullanımı konusunda da benzer bir yol izlemeyi beraberinde getirmiştir.

Üretim alanında sürdürülebilirlik olgusu, operasyonel performansın sürdürülebilirlik için yeterli olmadığının algılanması ve üçlü alt çizgi yaklaşımının sürdürülebilirlik için çevresel, sosyal ve ekonomik fayda anlayışını ortaya çıkarması ile birlikte dikkat çekmeye başlamıştır (Mathiyazhagan, Gnanavelbabu, Agarwal, 2022). Birleşmiş Milletler 2021 yılı raporlarında, üretim kaynaklı malzeme tüketiminin malzeme dış alımına dayanan üretim anlayışının hakim olduğu endüstrileşmeden kaynaklandığı belirlenmiştir (Birleşmiş Milletler raporları, 2021). Biyo çeşitliliğin azalması ve toprak tuzlanması gibi doğal yaşamı olumsuz etkileyen süreçlerin çoğunluğu mevcut üretim metotlarından kaynaklanmaktadır (Hopwood, Mellor ve O'Brien, 2005). Günümüzde yaşanan küresel ısınma ve diğer çevresel olumsuzlukların önüne geçilmesi ve sürdürülebilir gelişimin önünün açılabilmesi için üretim sistemlerinin sürdürülebilir üretim modeline dönüştürülmesi gerekmektedir (Birleşmiş milletler raporları, 2021). Bu değişim için bazı yeni trendler uygulanmakla birlikte bu uygulamaların henüz yeterli seviyede yaygın olmadığı tespit edilmiştir (Birleşmiş milletler raporları, 2021). Üretim sektöründe sürdürülebilirliğin tesisi için kaynak tasarrufunu odağına alan ve israfları eleyen üretim süreçleri inşa edilmelidir (Yavuz, 2010).

Dünya nüfusundaki artış üretimin önümüzdeki yıllarda artacağını ve dolayısıyla enerji tüketimi ve atık oluşum miktarının da yükseleceğini göstermektedir (Yavuz, 2010). Dünya Ekonomik Forumu'nun raporlarında (2023) toplam karbondioksit emisyonunun %30'unun endüstri sektöründen kaynaklandığı belirlenmiştir. Bu oran endüstri alanındaki dönüşümün sürdürülebilirlik çerçevesinde yüksek ölçüde etkinliğinin olacağını göstermektedir. Sadece yalın üretim tekniğinin uygulanmasının çevresel katkıları düşünüldüğünde yeşil ve temiz üretim perspektifinde genişletilmiş uygulamaların sürdürülebilirlik kapsamında çok daha etkili sonuçları olacağı açıktır (Yavuz, 2010).

2023 yılı başında Davos'ta yapılan Dünya Ekonomik Forumu'na sürdürülebilirlik konusu damga vurmuştur. Yapılan görüşmeler sonrasında hazırlanan raporlarda sürdürülebilirlik inisiyatifi doğrultusunda acil olarak harekete geçilmesi gerektiği belirlenmiştir. Bu kapsamda hazırlanan raporlarda endüstriyel alanda bu dönüşümü başlatmak için 4 temel bileşenin uygulanması gerektiği belirtilmiştir. Bu bileşenler ekonomik, sosyal ve çevresel değerlerin yaratılmasına dengeli şekilde vurgu yapılması, karbon salınımını azaltacak tüm teknoloji ve yöntemlerin devreye alınması, bu konuda sektörlerin kamu kuruluşlarının ve çalışanların iş birliği içinde olması ve teknoloji ve finansal kaynakların koordinasyonu için çevik stratejiler yaratılmasıdır (WEF raporları, 2023). Forumda önerilen bu bileşenlerin sürdürülebilirlik hedefleri kapsamında mevcut iş süreçlerinde ve yöntemlerinde değişikliğe gidilmesi gerektiğini vurguladığı açıktır. Bileşenlerin uygulanmasında iş birliği vurgusu tüm paydaşlar, işgücü ve tedarik zincirini kapsayacak genel bir çerçevede bu değişimin ele alınması gerektiğini işaret etmektedir.

Üretim endüstrisinin enerji kullanımı ile ilgili bakış açısı çevresel performansını etkileyecektir. İşletmeler enerji tüketimini azaltarak hem enerji tasarrufu sağlayacak hem de faaliyetlerinin çevresel etkilerini azaltacaklardır. Yalın üretim alanında yapılan çalışmalar incelendiğinde sistemin enerjinin etkin kullanımı konusundaki potansiyeli anlaşılmaktadır. Enerji tasarrufu konusunda diğer bir yaklaşım eski teknolojinin yenilenmesi yoluyla sürdürülebilirliğin tesis edilmesidir (Yavuz, 2010). Ancak burada teknolojinin uygulama alanları ve metotlarının belirlenmesi bir başarı ölçütü olarak karşımıza çıkmaktadır. Yalın üretim sistemi bu stratejiyi de içinde barındırmaktadır. Yalın üretimde otomasyon gerekli görüldüğü kadar uygulanmakta ve teknolojinin uygulanmasındaki denge gözetilmektedir. Yalın üretim sisteminde ekipman gelişiminden önce süreç gelişimine öncelik verilmektedir (Ohno, 1988). Süreç etkin bir şekilde tasarlanmadığında teknoloji yeterli bir çözüm oluşturmayacaktır.

Yalın üretim sürdürülebilirlik perspektifinde uygulanmaya uygun bir alt yapıya sahiptir. Bu bağlamda yalın üretim konseptinin 3R kapsamında uygulanmasının endüstri alanındaki dönüşüm için etkili bir araç olacağı söylenebilir. EPA çevre koruma ajansı çevresel sürdürülebilirlik unsurları kapsamına giren enerji kullanımının yalın üretim

konseptindeki 7 israfın içerisinde gizlenmiş olduğunu öne sürmüştür, bu konuda yayınladıkları tablo aşağıdaki gibidir (EPA, 2022):

Tablo 1. Yalın Üretimin İsraf Türlerinde Gizlenmiş Enerji Kullanımları

İsraf türü	Enerji kullanımı israfı
Fazla üretim	Gerekli olmayan ürünlerin üretimi için ekipman çalıştırarak enerji tüketmek
Stok	Depolama alanı için aydınlatma, ısıtma ve soğutma sistemlerinin enerji tüketmesi
Taşıma ve hareketler	Taşıma için enerji kullanılması, hareket alanının genişletilmesi sonucu ışıklandırma, ısıtma ve soğutma sistemlerindeki tüketimin artması
Kusurlu ürünler	Kusurlu ürünlerin üretimi için katma değer yaratmadığı halde bir enerji harcanmış olması, bu ürünlerin depolanması için ayrı alan ihtiyacı oluşması bu alanlar için aydınlatma, ısıtma ve soğutma maliyetleri oluşması ve ürünlerin tamiri için oluşan yeniden işleme maliyeti
Aşırı işleme	Ürünlerin yeniden bir işlem gerektirmesi sebebiyle gereksiz enerji tüketimi,
Bekleme	Üretimin aksadığı zamanlarda aydınlatma, ısıtma ve soğutma sistemlerindeki tüketimin devam etmesi

Kaynak: EPA, 2022.

Birleşmiş Milletler'in 2021 yılında enerji konusunda yayınladığı 3 ayrı rapor bulunmaktadır. Bu durum sürdürülebilirlik konseptinde enerji konusunun öne çıktığını göstermektedir. Bu raporlardan enerji değişimi raporunda üretim alanında enerji verimliliği sağlayacak, enerji maliyetlerini azaltacak uygulamalara geçileceği

belirlenmektedir (Birleşmiş Milletler enerji raporları, 2021). Bu bağlamda yalın üretim uygulamalarının enerji alanında sürdürülebilirlik hedeflerini karşılayabileceği açıktır. EPA çevre koruma ajansı tarafından düzenlenen EPA enerji yıldızları programı kapsamında ödül alan Toyota ve diğer üretim işletmelerinin yalın üretim uygulamalarında lider konumunda olan işletmeler olması bu konuda önemli bir göstergedir (EPA, 2022). Bu işletmelerin enerji tasarrufu ile elde ettikleri kazançlar aşağıdaki tabloda belirtilmektedir.

Tablo 2. Yalın Üretim ile Enerji Tasarrufu

<u>Yalın üretim uygulamaları sonucu enerji tasarrufu ile elde edilen finansal kaynaklar</u>
*Baxter International bir yıl içinde 300.000 Amerikan doları tasarruf etmiştir *General Electric 111.000.000 Amerikan doları tasarruf etmiştir *Toyota Motor Manufacturing (Kuzey Amerika) 2000 yılından itibaren her araç için %19 sera gazı emisyonunu azaltmıştır ve bununla birlikte tesislerinde enerji kullanımını azaltmıştır *Cummins, Inc. 1.200.000 Amerikan doları tasarruf etmiştir

Kaynak: EPA, 2022.

Yalın üretim sisteminin enerji tasarrufu konusundaki üstün potansiyelinin sürdürülebilirliğin çevresel boyutunu karşıladığını söylemek mümkündür. Yalın üretim sisteminin sürdürülebilirlik perspektifinde uygulanması durumunda işletmelerin hem sosyal sorumluluk hem de maliyetlerini azaltmak konusunda önemli bir adım atacağı anlaşılmaktadır. Gelecekte üretim uygulamalarında sürdürülebilirlik kapsamında uygulamaların bir standart haline gelmesi ve yalın üretim tekniğinin bir standart olarak uygulanması da mümkün olabilir (Yavuz, 2010).

Yalın üretim ile ilgili araştırmalar bütüncül bir çerçeveden incelendiğinde sistemin en yüksek veriminin sürdürülebilirliğin çevresel boyutu yönünde elde edildiği görülmektedir. Ancak bu noktada dolaylı etki mekanizmalarını da ön görece bir yaklaşım ile bu sonuçların irdelenmesi gerekmektedir. Sistemin uygulanması sonucu elde edilecek tasarrufların arge kaynaklarına ya da yeni yatırımlara yönlendirilmesi mümkün olabilir. Böylece işletmelerin gelişim süreci hızlandırılabilir. Ürün perspektifinden verimliliği arttıracak ve maliyetleri düşürecek bir üretim sisteminin ürünün fiyat ve performans dengesini değiştireceği söylenebilir. Bu değişim ürünün kalitesinin artırılmasını ya da ürüne yeni özellikler eklenerek ürünün niteliğinin artırılmasını sağlayabilir. Bu gelişmeler müşteri memnuniyetinin ötesinde üründe yıkıcı inovasyon yaratacak boyuta ulaşabilir. Toplumsal yaşamı derinden etkileyecek gelişmelere sebep olabilecek bu inovasyonun yeni inovasyonların da tetikleyicisi olacağı söylenebilir. Bu bağlamda ekonomik ve çevresel boyutta elde edilecek başarının sürdürülebilirliğin sosyal boyutu kapsamındaki gelişimin önünü açacağını söylemek mümkündür.

Tez çalışmasında yalın üretim sisteminin sürdürülebilirlik perspektifinde bir araç olarak potansiyelini makro bir perspektiften incelemek ve bu potansiyelin etkin bir şekilde kullanılması için bir yol haritası belirleyebilmek için yalın üretim sisteminin ağı bibliyometri yöntemi ile mercek altına alınacaktır. Bibliyometrik analizler ile elde edilecek veriler alanın büyük resmini çizecektir. Ortaya çıkacak tablo ile sistemin mevcut durumu ve gelecek senaryoları hakkında veriye dayalı bir değerlendirme yapmak mümkün hale gelecektir.

Araştırma bu bağlamda yalın üretim sisteminin sürdürülebilirlik potansiyeli taşıması konusundaki kararsızlığı giderecektir. Yalın üretimin yayın ve patent portföyünün inceleneceği çalışmanın gelecek araştırmalar için kılavuz niteliğinde bir kaynak olması beklenmektedir. Araştırmanın üçüncü bölümünde analizler için kullanılan yöntem ve metot tarihsel gelişim süreçleri de dahil olmak üzere detaylı olarak ele alınacaktır. Böylece yöntem ve metodun araştırma üzerindeki etkinliğinin anlaşılması hedeflenmektedir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

YÖNTEM

3.1. BİBLİYOMETRİ

Bibliyometri bilginin çok yönlü olarak incelenmesi için sofistike bir yol sunarak bilginin kaynağı ve geleceği konusunda çıkarımlar yapmaya olanak sağlamaktadır. Son yıllarda bibliyometri metodu, insan emeği ile yapılması mümkün olmayan araştırmaların yapılabilir hale gelmesini sağlamıştır.

Bibliyometri kavramı 1969 yılında Alan Pritchard tarafından istatistiksel ve matematiksel metotların bilimsel yayınlara uygulanması olarak tanımlanmıştır (Pritchard, 1981). Bibliyometrik analizler ile bilimsel yayınlar arasındaki bağlantılar incelenebilmektedir (Al, Soydal, Yalçın, 2010). Bibliyometrik analiz teknikleri ile literatürdeki alanların zaman içindeki gelişim sürecinin incelenmesi, bu alanlarda etkili yayınların, yazarların ya da araştırma kuruluşlarının belirlenmesi mümkün olabilmektedir. Bibliyometrik analiz ile elde edilen bilgiler, araştırma yapılan alanın entelektüel yapısını ortaya koyma potansiyeline sahiptir. Bibliyometrik analiz teknikleri son yıllarda geleneksel metotlar ile elde edilmesi mümkün olmayan öz bilgilere ulaşabilmek için etkin bir yol sunmaktadır. Bibliyometri, herhangi bir bilim alanında bilimsel potansiyeli ölçen bilimsel bir araç olarak tanımlanabilir.

Bibliyometri; bilimsel yayınların, araştırmacıların ya da araştırma kuruluşlarının etki seviyesini atıf sayısı üzerinden derecelendirerek ölçmektedir (Gingras, 2016). Bibliyometrik ağlar bilimsel yayınlar, yazarlar ve araştırma konularını tanımlayan düğümler ile bu düğümler arasındaki ilişkiyi sağlayan bağlantılardan oluşur (Van Eck ve Waltman, 2014). Bibliyometri metodunun temeli matematiksel ve istatistiksel yöntemlere dayanmaktadır (Öztürk ve Gürler, 2022). İstatistiğin bibliyometri alanında kullanılması ile karmaşık hesaplamaların yapılabilmesi mümkün hale gelmiştir (Glanzel, 2003). Bibliyometrik analizler ile ortaya çıkarılan tablonun derinlemesine araştırılması gereken

konuları işaret ettiği söylenebilir (Öztürk ve Gürler, 2022). Bibliyometrik analizin amacı, incelenen araştırma alanı için makro ölçekte bir perspektif sunmaktır. Bibliyometri alanı kütüphane ve bilgi bilimi çerçevesinde tanımlanırken sosyal bilimlerdeki çalışmalar için de etkili bir araç olabileceği keşfedilmiştir (Taubert, 2020). Bibliyometrik çalışmalarda verinin otomatik olarak toplanıp kullanılabilmesi bilimsel atıf indeksinin SCI (Science citation Index) uygulamaya geçirilmesi ile mümkün hale gelmiştir. Böylece bilimsel atıf indeksinin yarattığı olanaklar ile bibliyometri bilimsel bir alan olarak kurumsallaşmıştır (Taubert, 2020). Bibliyometrinin kurumsallaşmasıyla etki alanı da genişlemiştir. Bibliyometrik çalışmaların yaygınlaşmasında veritabanı konusundaki gelişmeler de önemli rol oynamıştır. Bu alandaki gelişmeler bibliyometri metodunun pratik ve etkili bir araştırma aracı haline gelmesini sağlamıştır. Öte yandan bibliyometrik çalışmaların yeniden uygulamaya dönük yapısı araştırmaların geçerliliğini ölçmek için de bir araç olarak görülmesini sağlamıştır (Glanzel, 2003).

Bibliyometri, bilimin dinamiklerinin keşfedilmesine olanak verir (Pendlebury, 2020). Bilimsel çalışmaların endüstriyel teknoloji üzerindeki etkisini ölçmek zor olmakla birlikte bu ilişkinin kuvvetini gösteren önemli göstergeler bulunmaktadır (Glanzel, 2003). Bilimsel bilgi ile ilgili bağlantıların tespit edilmesi ve bilgi örüntülerinin keşfedilmesi epistemik değerlerin oluşumu hakkında fikir vermektedir (De Bellis, 2014). Bibliyometri metodu ile yapılan patent analizi, bilim ve teknolojinin kesişim alanında sayısal bir perspektif ile değerlendirme yapmaya imkân sağlarken, patent analizinin yayın analizi ile birlikte ele alınması araştırmaların güvenilirliğini artırmaktadır (Glanzel, 2003).

Bibliyometrik analizlerin yapılabilmesi için çeşitli yazılım programları geliştirilmiştir. Tez çalışmasında bu yazılım programlarından Bibexcel kullanılmıştır. Çok boyutlu ölçekleme tekniği ile analiz yapmaya imkân sağlayan Bibexcel, bibliyografik veri ya da benzeri şekilde yapılandırılmış verilerin analiz edilmesi amacıyla Olle Persson tarafından geliştirilmiştir (Glanzel, 2003). Bibliyometrik analizlerin yayınlar üzerinde uygulanabilmesi için yayınlar ile ilgili analiz yapılacak bilgilerin veri tabanında işlem görmeye uygun bir forma dönüştürülmesi gerekir (Gingras, 2016). Bibliyometrik analizler yapıldıktan sonra analizlerin görselleştirilmesi ve yorumlanması ve böylece elde edilen örüntü verilerinin anlamlandırılması gerekmektedir.

Görselleştirme için yaygın olarak kullanılan 3 yaklaşım bulunmaktadır. Bu yaklaşımlar mesafe tabanlı, grafik tabanlı ve zaman çizelgesi tabanlı yaklaşımlardır. Mesafe tabanlı haritalarda iki öge arasındaki ilişkinin gücünü tespit etmekte kullanılan ölçüt bu iki öge arasındaki mesafeyken, grafik tabanlı haritalarda ögeler arasındaki çizgiler ögelerin ilişkili olduğunu göstermektedir. Ancak bu haritalarda ilişkinin gücünü ölçmek ve kümeleri belirlemek daha karmaşıktır (Van Eck ve Waltman, 2010). Düğümlerin belirli bir zaman noktasına bağlanmasını ölçüt alan zaman çizelgesi tabanlı yaklaşımın temel fikri ise bilimsel yayınların yayın tarihinin belirli bir zaman noktası ile kesişmesidir (Van Eck ve Waltman, 2014).

VOSviewer, Nees Jan van Eck ve Ludo Waltman tarafından mesafe tabanlı yaklaşım prensibi temel alınarak geliştirilmiştir. Mesafe tabanlı yaklaşım perspektifinden VOSviewer’da yapılacak bibliyometrik görselleştirmelerde düğümler arasındaki mesafenin düğümler arasındaki ilişkinin gücünü gösterdiği söylenebilir. VOSviewer bibliyometrik ağları görselleştirirken önce ağı normalize eder, sonra birbiri ile ilişkili düğümleri haritalar ve donanımında bulunan optimizasyon algoritması sayesinde düğümleri benzerliklerine göre farklı kümelere atar. VOSviewer düğümlere ait belirli özellikleri farklı renkte görselleştirmektedir. Düğümlerin ve bu düğümlere ait belirli özelliklerin farklı renkler ile görselleştirilmesi aralarındaki ilişkinin incelenebilmesine olanak sağlamaktadır. VOSviewer’ın bir diğer özelliği yoğunluğu görselleştirebilmesidir; bu özellik sayesinde birbirine yakın konumlanan düğümler ve dolayısıyla birbiri ile yakın ilişkili olan düğümler belirlenebilmektedir. VOSviewer yazılımının sınırlılıkları da bulunmaktadır. Bibliyometrik ağların görselleştirilmesi ile farklı analiz teknikleri için farklı görseller elde edilebilmekte ancak nedensellik devre dışı kalmaktadır (Van Eck ve Waltman, 2014).

Tez çalışmasında görselleştirme için VOSviewer kullanılacaktır. Bibliyometrik analizler sonucu elde edilen verilerin ilişkilendirilip yorumlanması için görselleştirme yapılacaktır. Görselleştirme sonrasında nedenselliğin aydınlatılmasında sosyal ağ analizi metodundan yararlanılacaktır.

3.1.1. Bibliyometri Kavramının Tarihsel Gelişimi

Bibliyometri alanındaki temel gelişmeler kronolojik olarak aşağıdaki tablo ile özetlenebilir. Tablodaki kronoloji, bibliyometri alanının çeşitli yasa, kural ve göstergeler türetilerek zaman içinde kazandığı donanım için bir çerçeve sunmaktadır.

Tablo 3. Bibliyometri Alanının Kronolojik Gelişimi

Tarih	Araştırmacı / Araştırma Kuruluşu	Alanla İlgili Çalışma
1873	Candolle	Bilimsel topluluklara katılımları doğrultusunda ülkelerin bilimsel güçlerindeki değişimi tanımlamıştır
1896	Campbell	Konu dağılımlarını istatistiksel yöntemlerle incelemiştir
1917	Cole ve Eales	Karşılaştırmalı anatominin literatür gelişimini belirli bir zaman aralığı için istatistiksel yöntemlerle analiz etmiştir
1923	Hulme	Bilimsel bilginin gelişimini istatistiksel bibliyografi tekniği ile analiz etmiştir
1926	A.J.Lotka	Lotka yasasının temelini atılmasına zemin hazırlayacak bilimsel üretkenliğin frekans dağılımını gösteren çalışmasını yayınlamıştır
1927	Gross ve Gross	Günümüzdeki uygulamalardan farklı olmasına karşın makale bibliyografilerinden yararlanarak bir dergi listesi oluşturdukları çalışma ile atıf analizinin ilk örneğini sunmuşlardır

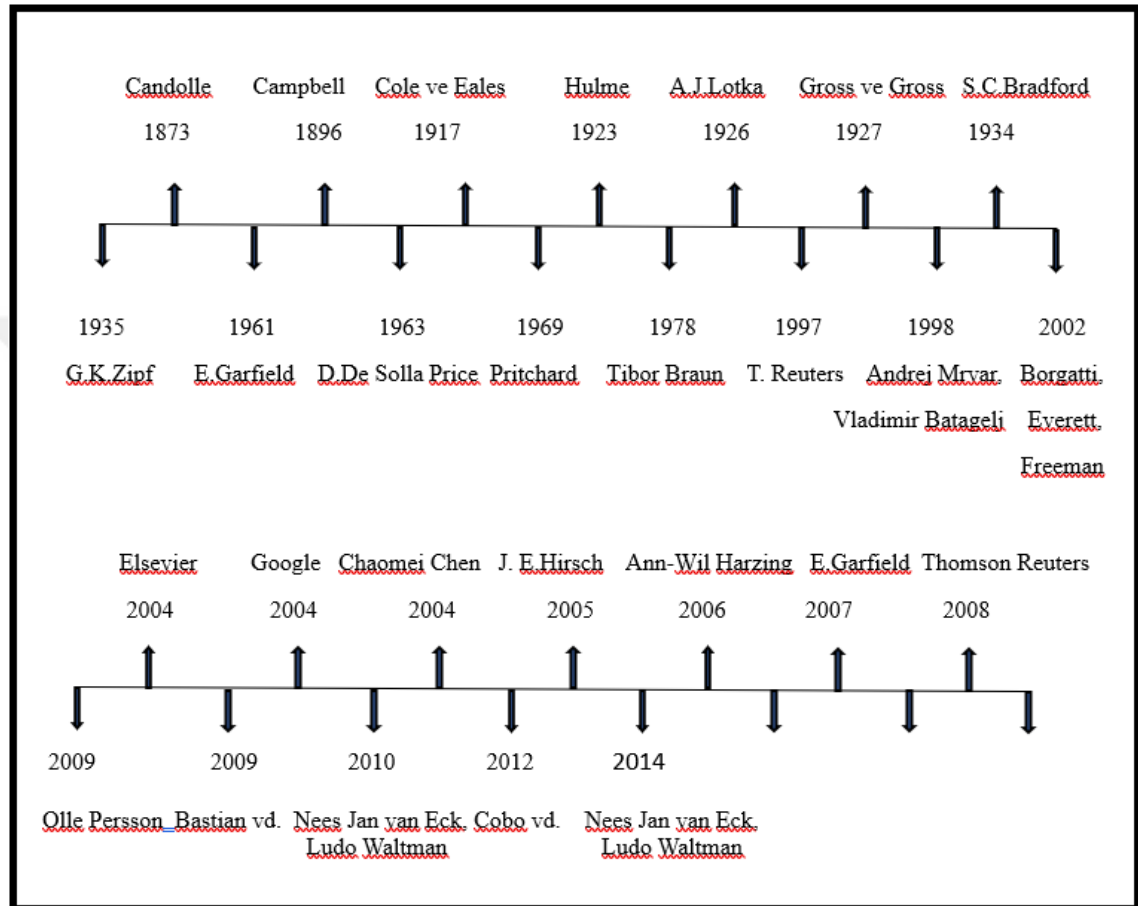
1934	S.C.Bradford	Dergilerin üretkenliğinin ve etki düzeyinin incelenmesine temel oluşturacak Bradford yasasının açıklandığı çalışmasını sunmuştur
1935	G.K.Zipf	Zipf yasasının temellerini atmıştır, 1949 yılında da metinler üzerindeki kelime frekanslarını inceleyen çalışmasında Zipf yasasını ortaya atmıştır
1961	E.Garfield	Bilimsel bilgi enstitüsünü ‘’(ISI), Institute for Science Information’’ kurmuştur
1963	D.De Solla Price	Küçük Bilim, Büyük Bilim (Little Science, Big Science) isimli kitabı yayınlanmıştır, bu kitap ile bibliyometri alanında bilime bütüncül ve sistematik bir yaklaşımı getiren temel gelişmeler yaşanmıştır
1969	Pritchard	Bibliyometri kavramsallaştırılmıştır
1978	Tibor Braun	Scientometrics dergisini kurmuş ve bilimsel ölçüm ile ilgili yayınların bir konsept halinde bir araya gelmesini sağlamıştır
1997	Thomson Reuters	Thomson Reuters araştırma kuruluşunun bilimsel atıf endeksini Web’e entegre etmesiyle Web of Science (WoS) veri tabanı oluşturulmuştur
1998	Andrej Mrvar ve Vladimir Batagelj	Bilimsel ağların analizi ve görselleştirilmesi için Pajek yazılım programı geliştirilmiştir
2002	Borgatti, Everett, Freeman	UCINET bilimsel ağ haritalama yazılımı olarak geliştirilmiştir (Borgatti, 2018)
2004	Elsevier	Scopus veri tabanını kurmuştur

2004	Google	Google Scholar veri tabanını kurmuştur
2004	Chaomei Chen	Bilimsel ağ haritalama yazılım aracı olan CiteSpace geliştirilmiştir
2005	Jorge E.Hirsch	Araştırmacıların araştırma performanslarının ölçülmesi amacıyla h-indeksini geliştirmiştir
2006	Ann-Wil Harzing	Belirli kriterler doğrultusunda yayınlara ulaşmayı kolaylaştıran “Publish or Perish” yazılımı geliştirilmiştir
2007	E.Garfield	Bilimsel ağ haritalama yazılım aracı olan HistCite kullanıma hazır hale getirilmiştir
2008	Thomson Reuters	Web of Science atıf haritalama aracı geliştirilmiştir (ISI'nın ismi Thomson Reuters olarak değişmiştir (Moed, 2006)).
2009	Olle Persson	Bibliyografik verilerin analizi amacıyla BibExcel geliştirilmiştir
2009	Bastian vd.	Bilimsel ağ haritalama yazılım aracı olarak Gephi geliştirilmiştir
2010	Nees Jan van Eck ve Ludo Waltman	Bilimsel ağ haritalama yazılım aracı olan Vosviewer geliştirilmiştir
2012	Cobo vd.	Bilimsel ağ haritalama yazılım aracı olan SciMAT geliştirilmiştir
2014	Nees Jan van Eck ve Ludo Waltman	Bilimsel ağ haritalama yazılım aracı olarak CitNetExplorer geliştirilmiştir

Kaynak: Şimşir, 2022

Bibliyometri kavramının gelişimine katkı sağlayan kişi ve kuruluşların kronolojik sıralaması aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 4. Bibliyometri Kavramının Gelişimine Katkı Sağlayan Kişi ve Kuruluşlar



Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Bibliyometrik çalışmaların kökeni 1870'li yıllara dayanmaktadır. 1873 yılında Candolle bibliyometrik çalışmaların ilk örneğini sunmuş, daha sonraları bibliyometrik çalışmaların yeni örnekleri istatistiksel bibliyografyadan esinlenerek geliştirilen istatistiksel çalışmalar şeklinde ortaya çıkmıştır (Danesh ve Mardani-Nejad, 2020). İlk dönemlerdeki çalışmaların yayınların içeriğini değerlendirmeye yönelik bir yaklaşım barındırdığı söylenebilir (Ball, 2017).

1920'li yıllardan sonra bilimsel yayınların sayısındaki artış ve maliyetlerin yükselmesi kütüphanelerde koleksiyon oluşturmak için daha seçici bir yol izlenmesi gerekliliğini ortaya çıkarmış ve bu gelişmeler sonucunda bibliyometrik çalışmalar sistematik bir

gelişim göstermiştir (Gingras, 2016). Bibliyometrik çalışmaların geçmişteki ve günümüzdeki uygulama çerçevesi makro açıdan incelendiğinde kütüphanelere yönelik uygulamalarının daha özgün bir kullanım olduğu söylenebilir (Ball, 2017).

1950’li yıllara kadar bibliyometri alanındaki çalışmalar otomasyondan yoksun bir çerçevede yürütülmüştür (Gingras, 2016). Ancak bu yıllarda bilgiye ulaşma metotları ile ilgili önemli gelişmeler yaşanmış, bu konuda otomasyon seviyesine geçişin temelleri atılmıştır. 1955 yılında Garfield metinler üzerinde uygulanabilen bibliyografik bir sistem geliştirmiştir (Danesh ve Mardani-Nejad, 2020). 1960 yılında Garfield’in bilimsel atıf indeksi ve daha birçok yenilikçi aracı bünyesinde bulunduran bilimsel bilgi enstitüsünü ISI (Institute for Science Information) kurması bibliyometri alanının köşe taşlarından biri olmuş, bu enstitüde gelecekte internetin altyapısını oluşturacak çalışmalar yapılmıştır (Pendlebury, 2020). Öte yandan bilimsel atıf indeksi (SCI) bilgiye ulaşma yöntemlerinde otomasyon dönemine geçilmesine zemin hazırlamıştır. Garfield’in kurduğu enstitüde bilimsel birçok araç üzerinde çalışılmıştır. Günümüzde tüm kaynaklarda bulunan içerik listesi ile ilgili ilk çalışmalar da Garfield tarafından yapılmıştır. Garfield’in bilimsel bilgi üzerinde karmaşıklığı azaltarak yönetilebilir diziler oluşturması fikrini geliştirmesinin ardında dil biliminin yapısı konusundaki donanımı önemli bir rol oynamıştır (De Bellis, 2014). Garfield’in bilimsel bilgi enstitüsünü (ISI) kurması ve bilimsel atıf indeksini (SCI) geliştirmesi bibliyometri alanında bir dönüm noktası olmuştur. Bu gelişmeler sonrasında bibliyometri alanı kurumsallaşmış ve sofistike bir form kazanmıştır.

1960’lı yıllara kadar bilimsel yayınlar üzerinde ölçüm mekanizması olarak sunulan farklı perspektifteki yasalar geleneksel veri toplama metotları ile yapılabilecek ölçümlere uygun olarak tasarlanmıştır (Glanzel, 2003). Ancak bu yıllarda Derek De Solla Price tarafından yapılan çalışmalar bilimsel yayınların değerlendirilmesine yeni bir bakış açısı getirmiştir. Bilimsel bilgi enstitüsü (ISI)‘ da toplanan atıf indeksi verisinin kullanımı daha gelişmiş bilimsel ölçüm metotlarının geliştirilmesine zemin hazırlamıştır. Öte yandan bilgiye ulaşma metotlarının otomasyon seviyesine geçişi ile yüksek ölçekte veri üzerinde çalışmak mümkün hale gelmiştir. Price yaptığı nicel çalışmalar ile bu alana öncülük etmiş ve bilimsel ölçüm alanının (Scientometrics) inşa edilmesine önemli katkılarda bulunmuştur (Pendlebury, 2020). 1963 yılında Price ilk defa istatistiksel veri kullanılan

çalışmasını yayınlamıştır (Danesh ve Mardani-Nejad, 2020). Price bilimsel atıf indeksi verilerini sosyolojik analiz için ilk kullanan araştırmacı olmuştur (Gingras, 2016). Öte yandan Price'ın çalışmasının bilim üzerine uygulanmış ilk sistematik bilimsel yaklaşım olduğu söylenebilir (Glanzel, 2003).

1960'lı yılların ortalarından itibaren bilim politikası konusunda yapılan geniş çaplı çalışmalar sonucunda küresel ölçekte uygulanabilir göstergeler geliştirilmesi yönünde ihtiyacın ortaya çıkmasıyla 1970'li yıllarda bibliyometri alanındaki gelişmeler ivme kazanmıştır (Gingras, 2016).

1970'li yıllarda bibliyometrinin farklı bilimsel disiplinlerden sağlanan katkılar ile teknik donanımını arttırdığı ve çok disiplinli entelektüel yapısını inşa ettiği söylenebilir. Bu yıllarda araştırmacılar ve araştırma kuruluşları bilimsel göstergeler geliştirilmesi yönünde girişimlere odaklanmıştır.

1978 yılında Scientometrics dergisinin de kurulması ile nicel çalışmaların sayısında artış gözlenmiştir (Pendlebury, 2020). Böylece atıf indeksinin keşfedilmesi bilimsel ölçüm mekanizmalarının geliştirilmesine ve bilimsel bilgiye erişimde otomasyona geçilmesine öncülük etmiştir.

1980'li yıllarda bibliyometri bilimsel yayınların etki düzeyini ölçen temel araç haline gelmiştir (Gingras, 2016). Diğer yandan bu yıllarda bibliyometri metodu araştırma kaynaklarının performansını da ölçülebilir hale gelmiştir (Taubert, 2020). Bu yıllarda bibliyometri bir bilimsel disiplin olarak kabul görmüştür (Glanzel, 2003). Bilimsel yayınların, araştırmacıların ve kuruluşların atıf üzerinden ölçülebilmesi mümkün hale gelince bilimsel araştırmalar için ekonomik destekler performansa dayalı olarak işletilmeye başlanmış, böylece araştırmacıların üretkenliğinin ve bilimsel araştırma sayısının artmasını sağlamıştır (Ball, 2017).

1980'li yıllarda ISI'nın atıf indeksinin elektronik versiyonunu paylaşması sonrasında endeksler üzerinde etkin çalışabilen kütüphane kökenli araştırmacılar kütüphanelerdeki koleksiyonlarını genişletmek için atıf indeksine dayalı indeks ürünlerinin elektronik versiyonlarına yatırım yapmaya başlamışlardır (Roemer ve Borchardt, 2015).

1990'lı yıllara gelindiğinde teknolojiadaki gelişmelerin de etkisi ile bibliyometri alanında büyük bir atılım yaşanmış, veri tabanı sayısındaki artış ve veri tabanı alanındaki gelişmeler bibliyometri çalışmalarının bilgisayar ağlarında çevrimiçi olarak uygulanabilmesine olanak sağlamıştır (Glanzel, 2003). 1990'lı yılların ortalarında internetin keşfedilmesi sonrasında ISI "web of science" isimli arayüzü geliştirmiştir (Roemer ve Borchardt, 2015). Bu gelişmeler sonrasında araştırmacıların bibliyometri metoduna ilgisi artmaya başlamıştır.

Günümüzde bibliyometrinin araştırmacıların, araştırma kuruluşlarının ve bilimsel yayınların performans değerlendirme aracı haline geldiği söylenebilir. Bibliyometri metodu yazılım programları üzerinden farklı analiz teknikleri ile çeşitli araştırma konuları için uygulanabilmektedir.

3.1.2. Bibliyometrik Yasalar

Kanıtlanmış teoriler ile bibliyometri alanında temel gelişmelere zemin oluşturan Lotka yasası, Bradford yasası ve Zipf yasası olmak üzere 3 yasa bulunmaktadır. Bu yasalara sonraki yıllarda geliştirilen Price yasası da eklenmiştir. Lotka yasası, üretkenliğin frekans dağılımı üzerinde yeni bir hipotez geliştirmiştir. Bradford yasası dergi dağılımını inceleyerek yeni bir hipotez geliştirmiştir. Zipf yasası, diğer yasalardan farklı olarak metinlerdeki kelimelerin arasındaki ilişki ve frekansa odaklanmıştır. Lotka, Bradford ve Zipf yasaları ortaya atıldıktan sonraki dönemlerde atıf indeksinin keşfedilmesi, atıf verisinin otomatik olarak elde edilebilmesi ve bu yasaların birbiri ile ilişkilendirilmesi gibi gelişmeler sonrasında Price yasası ortaya atılmıştır. Price yasası üretkenliği belirlemeye odaklanmıştır. Değişen araştırma koşulları doğrultusunda yüksek miktarda sayısal veri üzerinde farklı yasaların temelindeki varsayımları birleştirerek daha sofistike bir yaklaşım ile geliştirilen Price yasası bilimsel yayınların sayısal olarak ölçülebilmesinin önünü açmıştır.

Lotka yasası, literatürdeki üretkenliği sayısal olarak ölçmeye yönelik olarak geliştirilmiştir. Lotka yasasına göre 2 araştırma sunan yazarlar 1 araştırma sunanların $\frac{1}{4}$ 'ü kadar, 3 araştırma sunan yazarlar 1 araştırma sunan yazarların $\frac{1}{9}$ 'u kadar, n araştırma

sunan yazarlar 1 araştırma sunanların $1/n^2$ 'si kadardır ve tüm araştırma sunanlar içerisinde sadece 1 araştırma sunanların oranı %60'tır (Lotka, 1926).

Bradford, belirli bir konu ile ilgili yayınların çoğunluğunun az sayıda dergide yayınlandığı varsayımına dikkat çekmiştir. Bunun yanında referansların tüm yayınlara kapsamla ters orantılı olarak dağıldığı hipotezinin sorgulanması gerektiğini belirtmiştir. Bu hipotez doğrultusunda yayın topluluğunun konu ile ilgili sınıflara ayrılabilceğini ve böylece benzerliğin azaldığı ardışık sınıflar oluşacağını, her bir sınıfın öncekinden sayıca fazla olacağını ve sınıfları oluşturan birimlerin her birinin uzaklık derecelerine göre konu ile ters orantılı olacağını savunmuştur. Bradford yasası, dergilerin bir çalışma alanında azalan üretkenlik seviyelerine göre sıralanması durumunda dergilerin bölüneceği ve az sayıda derginin çalışma alanı ile ilgili öz kaynaklara sahip olacağını ve kalan dergiler arasında da benzer bir gruplanma olacağını ifade etmektedir. Bradford yasasının formülü “ $1:n:n^2$ ” dir (Bradford, 1934).

Zipf'e göre bir metindeki kelime dengesini tespit etmenin zorluğunu oluşturan 2 güç bulunmaktadır. Bunlardan biri farklı sözcüklerin birleştirilmesi prensibi ile farklı sözcük sayısını 1'e düşürmek ve böylece tek sözcük frekansını %100'e yükseltmek, diğeri ise sözcükleri çeşitlendirerek farklı sözcük sayısını yükseltmek ve böylece ortalama frekansı düşürmektir. Zipf bu koşullardan dolayı frekans ve kelime sırasının kelime dengesinin parametreleri olduğunu ileri sürmüştür. Zipf'in bu varsayımı kanıtlamak için ortaya koyduğu formül “ $r.f=C$ ” dir; bu formülde r kelime sırasını, f geçiş sıklığını, C ise analiz doğrultusunda belirlenen sabit değeri ifade etmektedir (Zipf, 1949).

Price kümülatif avantaj dağılımına ilişkin istatistiksel bir model geliştirmiştir. Bu model başarının başarı getirdiğini göstermektedir. Price'ın ortaya koyduğu varsayımına göre gelecekteki atıf sayısını belirleyen ölçüt geçmişteki atıf sayısıdır. Price yasası daha önce atıf alan bir bilimsel çalışmanın atıf almamış bir çalışmaya göre atıf alma ihtimalinin daha yüksek olacağını savunur. Price yasasına göre atıf başarısı çekme mekanizmasına uygun davranış göstermektedir (Price, 1976).

3.1.3. Bibliyometrik Analiz Teknikleri

Bibliyometrik analiz teknikleri farklı ölçüm stratejilerine odaklanmaktadır. Bu bağlamda bu tekniklerin güçlü ve zayıf olduğu farklı yönleri bulunmaktadır. Teknikler ile ilgili bu kısıtların üstesinden gelmek için tekniklerin birlikte kullanılması yönünde stratejiler geliştirilmesi gerekmektedir (Bağış, 2022).

Atıf Analizi (Citation Analysis)

Atıf analizinin hedefi bilimsel yayınların referans alınması konusundaki sosyal davranışları inceleyerek araştırmanın kalitesini tespit etmektir (Moed, 2006). Atıf analizi etkin araştırmaların tespit edilmesi ve kullanım miktarının belirlenmesi için bir yol sunmaktadır (Al ve Tonta, 2004). Araştırmaların etki ve kalitesini ölçmeyi sağlayacak göstergeler atıf verisi içerisinde bulunmakta, bu verilerin yapılandırılması ve analiz edilmesi ile araştırmaların niteliğini nicel olarak belirlemek mümkün hale gelmektedir (Moed, 2006). Atıf analizi araştırmanın etki düzeyini ölçmekte nesnel bir yaklaşım sunmaktadır (Atılman ve diğ., 2008).

Makro bir perspektiften atıf analizinin bilimin genel özelliklerini ortaya koyduğu ve bilimsel iletişimi gözlemlemeye olanak sağladığı söylenebilir (Moed, 2006). Atıf önceki araştırmalara yönelik bir örüntü oluşturmaktadır (Al ve Tonta, 2004). Bu bağlamda atıf analizinin bilginin kaynağını işaret ettiğini söylemek mümkündür. Öte yandan atıf analizi yapılarak incelenen alanda etki yaratmış çalışmalara da ulaşılabilmektedir (Bağış, 2022).

Ortak Atıf Analizi (Co-citation Analysis)

İki farklı çalışmanın birçok çalışma tarafından beraber atıf alması ortak-atıf olarak ifade edilmektedir. Ortak-Atıf analizi atıf sayısını temel alarak benzerlik oranını hesaplamaktadır (Bağış, 2022). Ortak atıf analizi ayrı çalışmalar ile hem Small hem de Marshakova tarafından ortaya atılmıştır (Glanzel, 2003).

Ortak atıf analizi bir bilimsel araştırmanın diğer 2 bilimsel araştırmayı beraber referans göstermesine odaklanır. Beraber atıf alan bu iki araştırma arasında yapısal bir ilişki vardır. Bu ilişkinin gücü bu iki araştırmanın literatürde ne kadar sıklıkla beraber referans gösterildiği ölçü alınarak belirlenebilir. Ortak atıf analizi keşfedildikten sonra farklı

tekniklerin entegre edilmesi ile yazarların sınıflandırılması ve lokasyonlarının belirlenmesi mümkün hale gelmiştir. Böylece en etkin yazarları tespit etmek, yazarların bağlı olduğu kurumları belirlemek ve karşılaştırmak mümkün hale gelmiştir. Bu olanaklar yazarların entelektüel yapılarını yorumlamaya da imkân sağlamıştır (De Bellis, 2009).

Daha geniş bir perspektif ile ortak atıf analizinin sosyal yapıyı, bilgiyi kavrama konusundaki eğilimleri tespit ettiği söylenebilir (Moed, 2006).

Bibliyografik Eşleşme (Bibliographic Coupling)

Birbirinden farklı çalışmaların kaynakçalarının benzer olması ve bu nedenle ilişkili oldukları varsayımı bibliyografik eşleşme olarak tanımlanmaktadır (Bağış, 2022).

Yayınların bilişsel yakınlığının tespit edilmesine olanak sağlayan bibliyografik eşleşme, dolaylı olarak iki yayının birbiri ile ilişkili olduğunu ve benzer özellikler taşıdığını gösterir. Bibliyografik eşleşme literatürde kaynakça eşleşmesi olarak da ifade edilmektedir. İki yayının kaynaklarında ortak referans bulunması bu kaynakların bibliyografik olarak eşleştiğini ifade etmektedir. Yayınların benzerliğinin tespit edilmesinde kullanılan bu metot günümüzde yaygın olarak kullanılan bazı uygulamaların temel altyapısını oluşturmaktadır. Son yıllarda veri tabanlarında benzer web sayfalarının getirilmesini sağlayan sistemin arka planında çalışan algoritmaların tasarımında bibliyografik eşleşme metotları kullanılmaktadır (De Bellis, 2009).

Ortak Yazar Analizi (Co-Author Analysis)

Ortak yazar analizi ile bilimsel çalışmaların yazarları ile ilgili bilgilere ve yazarların ortak çalışmalarının sıklığına ulaşılabilmektedir (Bağış, 2022). Bu analiz ile ortak yazarlık sonucu birbiri ile bağlantılı olan araştırmacılar, araştırma merkezleri ve ülkeler belirlenebilmektedir (Van Eck ve Waltman, 2014). Ortak yazarlığın izlenebilir hale gelmesi ile yayınlar ile ilgili aktivite ve iş birliğinin mercek altına alınması mümkün hale gelmiştir (De Bellis, 2009).

Ortak Kelime Analizi (Co-Word)

Ortak kelime analizi 1983 yılında Callon tarafından geliştirilmiştir (Danesh ve Mardani-Nejad, 2020). Analizin temelinde terimlerin birlikte bulunmasını tespit eden algoritmalar

bulunmaktadır (Glanzel, 2003). Ortak kelime analizinin temel prensibi anahtar sözcüklerin birlikte bulunma sıklığının tespit edilmesiyle araştırma belgesinin içeriğini tanımlamaktır (Callon, Courtial ve Laville, 1991).

Bu analiz ile incelenen alanda etkili araştırma konularının keşfedilmesi ve alana yön verecek araştırma konularının önerilmesi mümkün hale gelmektedir (Bağış, 2022).

3.1.4. Bibliyometrik Göstergeler

Araştırmacıların, araştırma ve yayın kuruluşlarının performanslarını ölçmeye yönelik çok sayıda bibliyometrik gösterge bulunmaktadır. Tez çalışmasında bu göstergelerden analizlerde kullanılacak göstergeler için açıklama yapılacaktır.

H-indeksi (H-Index)

Yayın sayısı ile bu yayınlara yapılan atıf sayısının kesiştiği eşik H değeri ile ifade edilmektedir. H-indeksine sahip olabilmek için araştırmacı ya da yayın kuruluşunun bu eşiği yakalaması ya da geçmesi gerekir (Roemer ve Borchardt, 2015).

H-indeksi yayın faaliyeti ile atıf trendini birlikte ölçerek araştırmacıların, ülkelerin, yayın ve araştırma kuruluşlarının performanslarını ölçmeye ve sıralamaya yönelik olarak kullanılabilen bir ölçüttür. Bilimsel araştırma alanında uzun süre faaliyet gösteren araştırmacılara ayrıcalık sağladığı görüşü sebebiyle eleştirilere uğramış olan h-indeksine atıf sayısını temel alan alternatif indeksler geliştirilmiştir (Al, 2008).

H-indeksine konu olan araştırmaların sayısı araştırmacıların etki yaratmış araştırmalarının seviyesini belirlemek için bir ölçüt olarak kullanılabilmektedir. Bu bağlamda h-indeksine konu olan araştırma sayısı yüksek araştırmacıların çalışmalarının hem nitelik hem nicelik yönünden güçlü olduğu söylenebilir.

Toplam Atıf Sayısı

Yayınlara kalitesini ölçmeye yönelik çalışmalar sonucunda farklı parametreler ile bu ölçümlerin yapılabileceği belirlenmiştir. Ölçüm parametreleri konusunda geniş bir portföy bulunmasına rağmen atıf sayısı değerlendirme ölçütlerinde öncelikli olarak ele

alınmaktadır. Bilimsel çalışmalara temel teşkil eden bilimsel yayınların atıf sayısının yüksek olması bu önceliğin gerekçesini açıklamaktadır (Al, 2008).

Atıf sayısının yüksek olması yayının etki düzeyini göstermektedir. Bu bağlamda bir araştırma alanında atıf sayısı yüksek araştırmacı, ülke, yayın ve araştırma kuruluşlarının bu alanda öncü olduğu söylenebilir. Öte yandan atıf sayısı yüksek araştırmacı, yayın ya da ülkelerin araştırma alanındaki trendi belirlediği ve araştırmalara yön verdiği de söylenebilir.

Toplam Yayın Sayısı

Yayın sayısının bir araştırma alanına gösterilen ilginin önemli bir göstergesi olduğu söylenebilir. Bununla birlikte alandaki entelektüel birikimi yansıttığı da söylenebilir.

Araştırmacı perspektifinden bakıldığında yayın sayısı araştırmacının alandaki etkinliğini gösteren ölçütlerden biri olarak kabul edilmektedir. Yayın kalitesinin de araştırmacının etkinliği konusunda önemli bir ölçüt olmasına karşın yayın sayısının yüksek olmasının araştırmacının araştırma alanı ile ilgilendiğini ve alanda uzmanlaşmak konusunda çaba gösterdiğini vurguladığını söylemek mümkündür. Yayın sayısı, makro perspektiften araştırma kuruluşları ve ülkeler için de etkinliğin ölçülebildiği, entelektüel birikimin tespit edilebildiği ve araştırma eğiliminin hangi konulara yoğunlaştığının tespit edilebildiği bir araç niteliğinde kullanılabilmektedir. Yayın sayısının araştırmacı, araştırma kuruluşları ve ülkeler bazında belirlenmesinin farklı açılardan getirileri bulunmaktadır. Bu bağlamda yayın sayısının araştırma alanındaki genel durumu ve eğilimi belirlemenin ölçütlerinden biri olduğunu söylemek mümkündür.

Bibliyometrik yasalar, analiz teknikleri ve göstergeler yayınların, ülkelerin, araştırma kurumlarının ve araştırmacıların araştırma eğilimini ve bilimsel birikimini tespit etmek konusunda oldukça önemli araçlar haline gelmiştir. Son yıllarda bibliyometrik araçlar sayesinde bilimsel araştırmaların rotası tespit edilebilmektedir. Bibliyometri disiplini günümüzde geldiği seviye sayesinde bilimsel bilginin derinlemesine incelenmesi için bir konsept sunabilmektedir.

3.2. SOSYAL AĞ ANALİZİ

3.2.1. Ağ, Karmaşıklık ve Çizge Kuramı Kavramları

Ağlar, düğüm olarak tanımlanan birimler ve bu birimler arasındaki bağlantılardan oluşmaktadır (Gürsakar, 2018). Düğümler literatürde aktör olarak da adlandırılmaktadırlar. Aktör, tek başına ya da grup halindeki sosyal varlık olarak tanımlanabilir (Pryke, 2012). Sosyal ağ kavramı, aktör ve ona bağlı ilişki bağlarını içeren ölçülebilir bir veri seti, bağlantılar ise aktörün etkileşimde bulunduğu kanallar olarak tanımlanabilir (Wasserman ve Fraust, 1994). Sosyal ağ analizi, sosyal olgular arasındaki ilişkileri incelemeye odaklanmıştır.

Sosyal ağ teorisinde ağdaki düğümlerin arasındaki sosyal yakınlığın kaynağına ilişkin yapısal uyum ve yapısal eşdeğerlik olmak üzere 2 farklı yaklaşım bulunmaktadır. Yapısal uyum, bir aktörün diğer aktör ile doğrudan bağlantılı olmasının sosyal yakınlıklarının kaynağı olduğunu ifade ederken yapısal eşdeğerlik aktörün diğer aktörler ile sosyal yakınlığının kaynağının aktörler arasındaki yapısal benzerlik olduğunu savunur (Wasserman, 1994).

Sosyal ağ analizinde ağdaki düğüm sayısı ağın büyüklüğünü göstermektedir. Düğümlerin merkezilik derecesi, ağdaki güçleri ve bağlantılılık seviyeleri hakkında fikir vermektedir. Ağda yüksek bağlantı sayısına sahip düğümler merkezi düğüm olarak adlandırılmaktadır. Merkezi düğümler ağı kontrol edebilecek güce sahiptir, bu nedenle sosyal ağ analizinde merkezi düğümlerin tespit edilmesi büyük önem taşımaktadır. Ağ içindeki düğüm ve bağlantıların önem derecelerini belirlemek merkezilik ölçülerinin tespit edilmesi ile mümkün olmaktadır (Gürsakar, 2018).

Merkezi düğümler ağda bulunan yüksek miktarda bilgiyi toplamakta ya da dağıtmaktadırlar (Pryke, 2012). Bu düğümler bilgi akışını takip edebilir ve bilgi kaynağına diğer düğümlerden daha erken ulaşabilirler (Borgatti, Everett ve Johnson, 2018).

Merkezi düğümlerin ağ üzerindeki kontrol gücü bulundukları pozisyon sonucu elde ettikleri potansiyelden kaynaklanmaktadır. Diğer yandan yüksek merkezilik derecesine sahip düğümler ağdaki akıştan yüksek oranda etkilenir. Düğümün ağdan uzaklaştırılması

ile ağ yapısındaki değişim gözlemlenerek düğümün ağdaki önem derecesi ölçülebilir (Borgatti ve diğ., 2018).

Merkezilik derecesinin hesaplanması ile ağdaki etkileşim aktivitesi analiz edilebilir. Merkezilik derecesinin yüksek olması düğümün bir iletişim alışverişi için önemli bir noktada olduğunu göstermektedir (Pryke, 2012). Merkezilik derecesi ile yoğunluk doğru orantılıdır, dolayısıyla merkezilik derecesinin yüksek olması iletişimin yoğunluğuna işaret etmektedir.

Merkezilik ölçütlerinden arasındalık merkeziliği, aradaki düğümün iki diğer düğüm ile etkileşimini ifade eder. Bu düğümler diğer iki düğüme sağlanan bilgi akışı üzerinde yüksek kontrol gücüne sahiptirler (Pryke, 2012).

Ağdaki düğümler, arasındalık merkeziliği yüksek olan düğümler üzerinden diğer düğümlere ulaşırlar. Bu düğümler kontrol gücünü ağdaki akışın iletilmesi için sahip oldukları potansiyelden almaktadırlar (Borgatti ve diğ., 2018).

Arasındalık merkeziliği yüksek olan düğümler ağdaki akışın sağlanması için köprü görevi görürler (Gürsaka, 2018).

Yakınlık merkeziliği, herhangi iki düğüm arasındaki yol uzunluğunu yol üzerindeki düğümleri de hesaba katarak hesaplar (Pryke, 2012). Akışın en kısa patikalar ile sağlandığı esas alınır, yakınlık merkeziliği ölçütünün düğümlerin mesafesini belirlediği söylenebilir (Gürsaka, 2018). Bu düğümler aradaki kısa mesafeden dolayı ağdaki akışı merkezi düğümlere hızlı iletebilirler (Borgatti ve diğ., 2018). Yakınlık bilgiye ulaşma kabiliyeti ile doğru orantılıdır.

Ağlardaki bağlantıların yönü biliniyorsa bağlantı sayıları hesaplanarak düğümlerin prestiji hakkında bilgi edinilebilir (Gürsaka, 2018). Yüksek bağlantı sayısına sahip düğümler prestijli düğümlerdir. Bağlantıların yönü ise ağdaki akışın kaynağı ve hedefi hakkında fikir vermektedir. Ağdaki düğümler arasındaki bağlantı sayılarının toplamı da ağın yoğunluğunu göstermektedir (Pryke, 2012).

Merkezilik ölçütleri düğümlerin ağ yapısındaki önem derecelerini ve ağa yönelik etkilerini ölçmektedirler. Öte yandan, merkezilik göstergeleri yapılandırılabilir. Belirli düğümler için merkezilik göstergeleri düzenlenerek düğümlerin ağda aktivitelerini yaymaları sağlanabilir ve oluşan nedensel ilişkiler doğrultusunda ortaya çıkan veriler üzerinden düğümlerin kabiliyetleri değerlendirilebilir. Matematiksel modelleme tabanlı bilgisayar programlarının verileri inceleyip değerlendirebilmesi sonucu hipotezlerin test edilebileceği deneysel çalışmalar yapılabilir (Borgatti ve diğ., 2018).

Ağlar tek modlu ya da çok modlu olabilmektedirler. Ağdaki aktörler benzer özelliklere sahipse ve tek bir konsept oluşturuyor ise bu ağ tek modlu ağ olarak adlandırılır (Wasserman ve Faust, 1994). Ağda aktör ve olaylar arasındaki ikili ilişkiye yönelik bir konsept bulunuyorsa bu ağ iki modlu ağ olarak tanımlanır (Carrington, Scott ve Wasserman, 2005).

Benzerlik kavramı düğümlerin analizi açısından önem taşımaktadır. Benzerlik metodolojik açıdan ilişkisel dinamiklere dayanmaktadır; benzerlik sebebiyle sosyal bağlar geliştirilebileceği gibi sosyal bağlar sonucunda da benzerlik olduğu gözlemlenebilir (Borgatti ve diğ., 2018). Benzerliğin tespit edilebilmesi için hiyerarşik kümeleme metodu kullanılmaktadır (Gürsahal, 2018). Bu metot düğüm benzerliğini ya da uzaklığını ölçüt olarak gruplama yapma esasına dayanır (Borgatti ve diğ., 2018). Benzer düğümler bu metot ile bir araya getirilerek topluluklar bulunur ve dendogramlar oluşturulur (Gürsahal, 2018). Dendogramlar kümelenmenin nasıl meydana geldiğini anlamamıza yardımcı olan bir gösterge niteliği taşımaktadır. Dendogramlarda modüleritenin yüksek olması ağda toplulukların bulunduğunu göstermektedir. Ağın analizinin yapılabilmesi için toplulukların belirlenmesi ve topluluk yapısının incelenmesi büyük önem taşımaktadır.

Bir düğümün karşılıklı ilişki içinde olduğu iki ayrı düğümün de birbiri ile karşılıklı ilişki içinde olma olasılığı kümelenme katsayısı olarak adlandırılmaktadır (Schank ve Wagner, 2005). Kümelenme katsayısı ağdaki geçişliliği tespit ederek kümelenme yapısı hakkında fikir vermektedir (Borgatti ve diğ., 2018). Kümelenme eğiliminin yüksek olması zayıf bağlardan yoksun güçlü bağlar açısından kuvvetli bir yapıyı işaret eder (Gürsahal, 2018).

Düğümlerin birleşmesi ile oluşan kümelerin içindeki bağlantılılık küme dışından yüksek ise bu kümeler topluluk olarak adlandırılır. Topluluk yapıları ağ içinde işlevsel bir konumdadır, ağda yapılacak bir düzenleme için topluluklar üzerindeki çalışmalara odaklanmak gerekir. Yapısal eşdeğerlik modeline göre topluluklarda yayılmayı tetikleyen unsur rekabettir, bu rekabet herhangi bir düğüm ile onun eşdeğeri bir başka düğüm arasında gerçekleşmektedir (Gürsaka1, 2018).

Topluluklar, benzer özellikleri ya da ilgi alanları sonucu etkileşim sıklığı yüksek düğümlerin oluşturduğu grupları ifade eder (Borgatti ve diğ., 2018). Ağda gerçekleştirilecek bir aktivitenin başlangıç noktası ağdaki topluluk yapıları ve bağlantılılık seviyesi göz önünde bulundurularak belirlenebilir. Bağlantılılığın yüksek olması ağdaki yoğunluğu işaret etmektedir; bu tür ağlarda yoğun bir iletişim olduğu ve yayılımın hızlı olacağı söylenebilir. Ağıın yapısı ağda gerçekleştirilecek bir aktivitenin tasarımı için fikir vermektedir. Ağ üzerinde gerçekleştirilecek bir aktivitenin ağ etkisi ile yayılım hızı ve etkileri ölçümlenebilir. Bu ölçümler ile elde edilecek veriler gelecek senaryolarının türetilmesinde ve değerlendirilmesinde kullanılabilir.

Herhangi bir sistemde ağdaki bilgilerin çözümlenebilmesi ve anlaşılır hale getirilebilmesi için ağdaki karmaşıklığın giderilmesi gerekmektedir. Ağlardaki karmaşıklığın çözümlenerek ağdaki baskın bilgilerin tespit edilip bağlantıları ile birlikte görselleştirilmesi ile çizgeler elde edilir. Çizge kuramı, karmaşık ağların basit bir forma dönüştürülmesini sağlamasından dolayı son yıllarda matematiğin en hızlı gelişen dallarından biri haline gelmiştir (Gürsaka1, 2018).

Çizge teorisi analitik gücünü teoremlerinden almaktadır. Çizge teoremi geçmişe ve mevcut duruma yönelik değerlendirmelerin ötesinde farklı önermeleri test etme kabiliyeti ile geleceğe yönelik çıkarım ve tahmin yapmaya da olanak vermektedir (Barnes ve Harary, 1983).

Çizge teorisinin bu kabiliyeti ile sosyal ağ üzerinde analiz yapmak olanaklı hale gelmektedir. Ağdaki bilgilerin çizgeler ile görselleştirilmesi ağdaki biçimsel olmayan ilişkilerin anlaşılabilir hale gelmesini sağlamaktadır (Gürsaka1, 2018). Sosyal ağ analizi,

ilişkisel analiz teknikleri kullanılarak sosyal ağların incelenmesi olarak tanımlanabilir (Scott, 2012).

3.2.2.Sosyal Ağ Analizi Teorisinin Tarihsel Gelişimi

Çizge teorisi, 1736'da Euler'in ortaya attığı hipotez ile gelişmeye başlamış ve bu gelişme 200 yıllık bir periyoda yayılmıştır (Barnes ve Harary, 1983). 1800'lü yıllarda çizgeler akrabalık ilişkilerinin incelenmesi için kullanılmaya başlanmıştır (Freeman, 2004). Bu yıllarda Georg Simmel, Max Weber ve Emile Durkheim yapısal yaklaşımın temellerini atmışlardır (Knoke ve Yang, 2019). Yapısallık, sosyal etkileşimin barındırdığı örüntü düzeni olarak tanımlanabilir (Wasserman ve Faust, 1994).

1930'lu yıllarda Moreno ve Jennings'in popülasyonu oluşturan bireylerin birbirleri hakkındaki fikirlerini tespit ederek aktör, grup ve pozisyonlarını belirlemeye yönelik çalışmaları yapısal yaklaşımın tartışmasız kabul görmesine zemin hazırlamıştır. Sosyal ağ analizinde sosyal ilişkilerin çizelgeler ile görselleştirilmesinin kabulü ile alanda analitik teknikler uygulanmaya başlanmıştır. Moreno sosyometri kavramını geliştirmiş, Jennings ve Lazarsfeld'in katkılarıyla sosyal ağ analizinin tanımlayıcı özelliklerini ortaya koymuştur (Freeman, 2004). Matrislerin de bu alanda kullanılabileceğinin keşfedilmesi ile sosyal ağ analizi çalışmalarının etkinliği matematiksel yaklaşım ile kuvvetlendirilmiştir (Wasserman ve Faust, 1994).

1950'li yıllarda sosyal ağ analizi ile çizge teorisinin tartışmasız bağlantılılığı keşfedilmiştir. Sosyal ağ analizi ve çizge teorisinin bağlantısının keşfi sonrasında birçok araştırmacının katkıları ile sosyal ağ analizi alanında bazı gelişmeler yaşanmıştır. Ancak çizge teorisi ve sosyal ağ analizi arasındaki bağlantının yarattığı analitik gücün potansiyelinin anlaşılması uzun zaman almıştır (Barnes ve Harary, 1983).

Bu yıllarda yapılan çalışmalarda temel eksiklik matematik modelleme yaklaşımının sosyal ağ analizi bileşenlerine entegre edilmemesi olmuştur ve sosyal ağ analizi alanında 1940'lı yıllardan 1970'li yıllara kadar yapısal yaklaşımı ayakta tutmaktan öteye geçecek potansiyelde bir gelişme yaşanmamıştır (Freeman, 2004).

1970 li yıllarda sosyal ağ analizi ile ilgili çalışmaların sorgulamanın ötesine geçemeyişi eleştirilmeye başlanmıştır (Barnes ve Harary, 1983). Bu yıllarda Harvard üniversitesi'nde

eğitmen olan Harrison C.White öğrencileri ile yapmış olduğu dikkate değer çalışmalar ile tanınmaya başlamıştır. White öğrencisi Lorrain ile yapmış olduğu çalışmada yapısal eşdeğerlik kavramını ortaya çıkarmıştır (Lorrain ve White, 1971).

Hem fizik hem matematik eğitimi almış olan White sosyal ağ teorisindeki eksik bileşeni tamamlamıştır. White'ın yeni bir araştırma paradigması haline gelecek bir model sunmasının yanı sıra yapısal bakış açısının alanını genişletme konusundaki çabasının sosyal ağ teorisine önemli katkıları olmuştur. 1970'li yılların sonlarına gelindiğinde sosyal ağ analizi teorisi tartışmasız kabul görmüştür (Freeman, 2004).

1980'li yıllara gelindiğinde sosyal ağ analizi teorisinin teknik yetersizliğinin çizge teorisinin barındırdığı analitik gücün keşfedilmesine engel olduğu anlaşılmıştır (Barnes ve Harary, 1983). Bu yıllarda bilgisayar programlarının geliştirilmesi önemli gelişmelere neden olmuştur. 1950 ile 1980 yılları arasında sosyal ağ analizinin farklı unsurlarını odak alarak yapılan çeşitli bilgisayar programları geliştirilirken 1980'li yıllarda tüm bu farklı yaklaşımlara yönelik geliştirilmiş programların yerine daha genel amaçlı kullanılabilecek programlar geliştirme girişimleri başlamıştır (Freeman, 2004). 1980'li yıllarda ağ yaklaşımı kurumsal bir yapıya kavuşmuş ve bir ekol olarak görülmeye başlanmıştır (Ağcasulu, 2019).

1990'lı yılların sonlarında sosyal ağ analizi çalışmalarının tasarımı ve veri toplama teknikleri konusunda gelişmeler yaşanmış, anket ve arşiv verilerin kullanımı kayda değer ilerlemeler yaşanmasını sağlamıştır. Modern istatistiksel anket metodolojisi erken dönemdeki popülasyon ve örneğe dayalı yaklaşımdan sıyrılmış dizayn ve model temelli yaklaşımları ayırt edebilecek ve bu iki yaklaşımı entegre ederek kullanabilecek düzeye ulaşmıştır. Takip eden yıllarda analiz görüntülemeleri konusunda önemli gelişmeler yaşanmıştır. Moreno'nun sosyogramları ile başlayan ve Freeman'ın grafik teknikleri ile geliştirilen görüntüleme tekniklerini bu dönemde görüntüleme için geliştirilen yazılım programları takip etmiştir (Carrington ve diğ., 2005).

1990'lı yıllarda geçmişe dönük verilerin toplanması mümkün hale gelmiştir (Freeman, 2004). 1996 yılında Andrej Mrvar ve Vladimir Batagelj tarafından geliştirilmeye

başlanan PAJEK ile ağlardaki çok sayıda bağlantının analizi ve görüntülemesi mümkün hale gelmiştir (PAJEK, 2022).

Pajek, çok boyutlu ölçekleme kabiliyeti olan algoritmalar ile donatılmış bir program olmasından dolayı sosyal ağ alanında açıklayıcı analiz yapma imkânı sunmuştur. Sosyal ağ analizi alanında geçmiş dönemdeki çalışmalarda büyük veri seti üzerinde çalışmanın önemi fark edilmiştir. Chapple ve Arensberg yaptıkları çalışmalarda bütüncül sonuçlar elde etmek için büyük veri setlerinde çalışılması gerektiğini keşfetmişlerdir (Freeman, 2004).

Pajek programının barındırdığı algoritmalar çok geniş veri setlerinin üstesinden gelebilmekte ve analiz için ayrı görselleştirmeler yapabilmektedirler. Bu yıllarda farklı disiplinlerden çok sayıda araştırmacı çeşitli sebeplerle sosyal ağ analizinden yararlanma ihtiyacı içine girmiştir ve sosyal ağ alanındaki gelişmeler ivme kazanmıştır (Carrington ve diğ., 2005).

Büyük veri setleri üzerinde çalışmak konusundaki darboğaz Pajek programının geliştirilmesi ile aşılmıştır. Böylece sosyal ağ analizinin altını çizen prensipler için görüş birliği ile genel bir çerçeve oluşturulmuştur (Wasserman ve Faust, 1994).

Sosyal ağ analizi teorisinin tarihsel gelişimi incelendiğinde sosyal ağ analizini inşa eden bileşenlerin bütünleşik bir şekilde ele alınmadığı, ayrı araştırma konuları olarak incelendiği görülmektedir. Kollektif çalışmalar yapılamadığından dolayı sosyal ağ analizinin ilişkileri incelemek için barındırdığı gizli potansiyelin keşfedilmesinin uzun zaman aldığı söylenebilir. Freeman (2004) alandaki yeni gelişmeler ile ilgili geçmişteki bazı çalışmalardan faydalanma ihtiyacı olduğuna değinmiştir. Bu durum geçmişteki çalışmaların alana katkı için çabaladığını ancak karşılaştıkları darboğazlardan dolayı çalışmaların kısır döngü içine girdiğini düşündürmektedir. White'ın geliştirdiği teori sosyal ağ alanında çok temel bir gelişmeye sebep olmuştur. Tez çalışmasının sürdürülebilirlik ile ilgili bölümündeki literatür taramasında yapılan araştırmaların çoğunda White'ın geliştirdiği yapısal eşitlik modellemesinin kullanılmış olması modelin çok geniş bir uygulama alanı bulduğunu göstermektedir. Sosyal ağ analizinin gelişim süreci incelendiğinde erken dönemde sosyal ağ teorisinin sosyologlar perspektifinden

sosyoloji ile sınırlı bir alan olarak algılanması konusundaki tutum ve diğer disiplinlerden alana katkı sağlayan araştırmacıların sosyal ağ analizinin bünyesindeki farklı teoremler üzerinde çalışıyor olması sebebiyle sosyal ağ analizinde bütüncül bir perspektif oluşması için bu dönemde araçlara ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Sosyal ağ ile ilgili gelişmelerin hızlandığı dönemler ele alındığında bu aracılığın devreye alınmasının etkisinin görüldüğü ve ivmeli gelişmenin alandaki etkileşimin artmasıyla gerçekleştiği anlaşılmaktadır.

Sosyal ağ analizinin yapısal yaklaşımının genelliği fark edildikten sonra sosyal ağ analizi geleneksel yapısından sıyrılmış farklı disiplinler ile entegre çalışmalara konu olmuş ve multidisipliner bir yapıya bürünmüştür (Freeman, 2004).

Sosyal ağ ile ilgili çalışmalar tanımlayıcı nitelikten sıyrılıp ağın iç dinamiklerini keşfeden ve ağın gelişim durumunu açıklayabilen daha gelişmiş bir seviyeye ulaşmıştır. Sosyal psikolojide grup dinamiklerinin keşfedilmesi ile grup yapısını modellemede analizlerin daha sistematik ve matematiksel uygulamaları görülmeye başlanmıştır. Sosyal ağ analizi, son yıllarda sofistike bir form kazanmış ve çok daha teknik uygulamalar ortaya koymaya başlamıştır (Scott, 2012).

Bilgisayar ve iletişim ağlarının büyümesi ile sosyal olguların bağlantılarının çizgelerin büyük ölçekli yapıları ve istatistiksel özellikleri üzerinden incelenmesi mümkün hale gelmiştir. İstatistiksel metotların büyük ölçekli ağlarda belirleyemediğimiz nicel bilgileri tespit edebiliyor olması 20. yy daki önemli gelişmelerden biri olmuştur (Newman, 2003).

Sosyal ağ analizi paradigması bazı kuramlar doğrultusunda entelektüel yapısını kazanmıştır. Ağ kuramında diğer kuramlardan farklı olarak ilişkilerin tesadüfi olmadığı yaklaşımı da sosyal ağ analizinde önemli bir yer tutmuştur. İlişkilerin tesadüfi olmadığı ile ilgili kuram Stanley Milgram tarafından yapılan deney ile ortaya atılmıştır. Deneyde birbirinden farklı lokasyonlarda bulunan kişilere bir mektubu aynı kişiye ulaştırmaları istenmiş bu mektubun ortalama 5 aracı ile hedef kişiye ulaştığı tespit edilmiş ve küçük dünya hipotezi ortaya atılmıştır (Milgram, 1967). İlişkilerin tesadüfi olmadığı varsayımı ilişkilerin incelenmesi ile somut bulgulara ulaşılabilceğini göstermektedir. Tesadüfi olmayan ilişkilerin analizi ile incelenen alan ile ilgili önemli bağlantı ve bulgulara

ulaşmak ve ağın oluşum evreleri hakkında bilgi edinmek mümkün hale gelmektedir. Sosyal ağ kuramında küçük dünya hipotezi dışındaki diğer kuramların aktörün ağdan elde edeceği faydaya odaklandığı söylenebilir. İlişkilerin aktör ve ağ üzerindeki etkilerini incelemeye yönelik çalışmalar sonucu zayıf bağlantılar, ağlardaki yapısal boşluklar ve ağ kapalılığı kuramları ortaya çıkmıştır. Coleman'ın ağ kapalılığı kuramını ortaya atması ve kapalı ağlar içindeki güvene dayalı yoğun ilişkilerin dayanışmayı sağladığını savunması alternatif düşüncelerin ortaya çıkmasını sağlamıştır (Ağcasulu, 2019). Gronovetter zayıf bağlantıların daha yüksek fayda barındırdığını ve aktöre yeni fırsatlar yakalaması için önemli bir yol sunduğunu savunmuştur. Bu kuram zayıf bağların gücünü savunmaktadır. Gronovetter tarafından ortaya atılan zayıf bağlar kuramına göre zayıf bağlantılar, güçlü bağlantılara göre ilgi kurma olasılıkları daha düşük olduğundan beklenmedik şekilde daha yüksek katmadeğer barındırmaktadırlar (Granovetter, 1983). Bu kurama göre aktör kendi ego ağından farklı ağlara zayıf bir bağ oluşturarak yeni bilgilere ulaşabilir ve böylece bu bilgileri mevcut bilgileri ile harmanlayarak yeni fikirler geliştirebilir. Gronovetter'in zayıf bağlar kuramına eleştirel yaklaşan Burt yapısal boşlukların konumlarının sağladığı potansiyel sayesinde yeni ve farklı bilgilere ulaşmak için daha önemli olduğu yaklaşımını ortaya atmıştır (Ağcasulu, 2019). Yapısal boşluk kuramına göre tek kontak üzerinden farklı birçok ağa ulaşmak aynı ağdaki birden fazla kontak ile bağlantı kurmaktan daha yüksek bir potansiyel taşır, böylece aktör uzaktaki birçok bağlantıya farklı kanallardan erişebilir ve ağını verimli bir ağa dönüştürebilir (Burt, 2012). Bu kuramların sosyal ağ teorisine önemli katkıları olmuştur ve sosyal ağ teorisinin açıklanmasında hepsinin önemli rolü bulunmaktadır. Birbirine alternatif olarak ortaya çıkan bu yaklaşımlar daha sonra bütüncül bir forma kavuşmuş ve ağ kuramında farklı roller üstlenmişlerdir.

Sosyal ağ analizinin zamanla donanımını artırması sosyal ilişkilerin ölçülmesine ilişkin yaklaşımların geliştirilmesine zemin hazırlamıştır. Sosyal ilişkilerin matematiksel olarak ifade edilebilmesi test edilebilir teoriler geliştirilebilmesine olanak sağlamıştır (Newman, 2003).

Bilgisayar yazılımlarının geliştirilmesi ile 3 boyutlu görseller oluşturularak ağı farklı açılardan incelemek olanaklı hale gelmiş ve böylece çizge teorisi karmaşık sistemlerdeki ilişkilerin örüntülerini görselleştirmek için bir konsept sunabilecek seviyeye ulaşmıştır.

Çizge teorisinde sosyal olguların farklı yönlerini açıklayabilmek için yeni ölçüm stratejileri keşfedilmiştir. Teoride başlangıçta ağdaki yoğunluğu ölçmek için bağlantılılık seviyesi üzerinde durulurken sonraki yıllarda farklılaşma stratejileri ile farklı gruba ait özelliklerin incelenmesi mümkün hale gelmiştir (Scott, 2012).

1990'lı yıllardan fizik disiplininin katkıları sonra sosyal ağ analizine daha entelektüel bir yapı kazandırmıştır. Sosyal ağ teorisinin gelişim süreci incelendiğinde fizik alanındaki katkıların sosyal ağ analizini daha multidisipliner bir yapıya kavuşturduğu, sosyal olguların matematiksel olarak ölçülmesi ile sosyal alanda kanıtlanabilir çalışmaların önünü açtığı söylenebilir. Son yıllarda ağ analizinde sosyal değişimin incelenmesinde ve ağda oluşan örüntülerin açıklanmasında istatistiksel metotların kullanılması ile daha mutlak sonuçlara ulaşılması mümkün hale gelmiştir (Scott, 2012). Öte yandan Milgram'ın deneyi ile sosyal alanda matematiksel olarak da kabul gören bir hipotezin ortaya atılması ve kanıtlanması fizik alanının etkisi altına almış ve bu hipotez uzun yıllar fizikçiler tarafından test edilmiştir. Aynı sahada farklı dinamikler üzerinde yapılan bu çalışmalar zaman içinde sosyal ağ analizi paradigmasını inşa etmiştir.

3.2.3.Sosyal Ağ Analizinin Bilimsel Araştırmalar İçin Yarattığı Potansiyel

Sosyal ağ analizi, aktörün etkileşimde bulunduğu bağları üzerinden incelendiği yapısal yaklaşım olarak tanımlanabilir (Freeman, 2004). Sosyal ağ analizi, geleneksel veri analizi metotlarının üstesinden gelemeyeceği araştırma konularının incelenebilmesine olanak sağlar (Wasserman ve Faust, 1994). Sosyal ağ analizi ile bilgi akışının efektif yapılabildiği etkili iletişim kanalları tespit edilebilmekte ve fırsatların olduğu kanallar belirlenebilmektedir (Burt, 1995). Sosyal ağ analizinde son yıllarda geliştirilen model ve metotlar yeni fikir ve uygulamaların yayılımını incelemeye olanak sağlayarak inovasyonun öncüllerini ve yayılımını ortaya koyabilmektedirler (Carrington ve diğ., 2005).

Sosyal ağlarda ilişkiler aktörün tercihlerini simgeleyen bağımsız değişkenler doğrultusunda gelişir (Knoke ve Yang, 2019). Sosyal ağ analizi aktör için önemli bağlantıları sezgisel kavram temelli bir anlayış ile tespit eder (Freeman, 2004).

Ağıdaki ilişkisel olaylar ilişkilerin statüsü hakkında ipuçları vermektedirler. Aynı olgunun farklı yönleri için yapılacak ayrı analizler bu olgunun farklı yönlerden incelenmesine olanak vererek etkileşimde olduğu bilinmeyen mekanizmaların keşfedilmesini ve bu olguya ait geniş bir perspektif edinilmesini sağlama potansiyeline sahiptir. Sosyal ağ analizinin temelindeki hipotez, aktörün ağıdaki pozisyonu nedeniyle karşılaşacağı olanaklar ve sınırlamaların belirlenmesi ve elde edilen bu verilerin sentezlenerek getireceği sonuçların tahminlenmesidir (Borgatti ve diğ., 2018).

Sosyal ağ analizi, sosyal bir olguyu etkileşimde olduğu bağları ile incelemeye ve bu inceleme sonucunda çıkarımlar türetmeye olanak sağlamaktadır. Sosyal ağ analizi, istatistiksel modeller ile ağıdaki yerleşim düzeni üzerinden etkileşim eğilimini ölçmek ve değerlendirmek için deneysel bir yöntem sunmaktadır. Sosyal ağ analizini diğer metotlardan ayıran özellik istatistiksel metotlara dayanan açıklayıcı analizler yapmaya imkân vermesidir. Sosyal ağ analizi ile sosyal olgular arasındaki ilişkilerin incelenmesi ve bu ilişkiler üzerinden çıkarım yapılabilmesi sosyal bilimler için bir kaldıraç gücü yaratmıştır (Wasserman ve Faust, 1994).

Sosyal ağ analizi sosyal olgular arasındaki ilişkilerin açıklanmasında metaforun ötesine geçecek veriye dayalı bir hipotez oluşturmaya olanak verir. Sosyal ağ analizi ile sosyal olgular ve bağlantılarına ait örüntüler oluşturulur ve bu örüntüler matematiksel olarak ifade edilebilir (Scott, 2012).

Sosyal ağ analizi matematiğin çeşitli dallarını içerisinde barındıran çok disiplinli bir yapıdır. Sosyal ağ analizinin son yıllardaki uygulamalarında yapısal sezgi, sistematik ilişkisel veri, grafik görüntüleme ve matematiksel modeller entegre olarak kullanılabilmektedir (Freeman, 2004).

Sosyal konseptlerin belirlenmesinde etkin bir metot olan sosyal ağ analizi, sosyal yapıların anlaşılması konusunda önemli matematiksel parametreler sunar. Sosyal ağlardaki yapısal özelliklerin açık matematiksel ifadeler ile açıklanması sosyal alandaki teorilerin değerlendirilmesine ve yeni teorilerin geliştirilmesine imkân sağlamaktadır (Wasserman ve Faust, 1994).

Sosyal ağ analizi alanında fizikçilerin katkıları ile birlikte sosyal olguları nicel olarak incelemek mümkün hale gelmiş ve bu gelişmeler ilişkilerin bilinmeyen yönlerinin keşfedilmesini mümkün hale getirmiştir. Ağ bilimindeki bu değişim ve gelişmeler bu alanda yapılacak araştırmalar için daha geniş bir perspektif oluşmasına zemin hazırlamıştır.

Sosyal ağ analizi ilişkilerin arka planını keşfetmeye olanak sağlayan özel bir yol sunmaktadır. Ağ incelemesi ile ilişkilerin yönünü ve gücünü tespit etmek olanaklı hale gelmektedir. Öte yandan ilişkişel bilişin gözlemlenmesi mümkün hale gelmekte ve böylece güven ilişkisi çözümlenebilmektedir (Borgatti ve diğ., 2018). Sosyal ağ analizi ile incelediğimiz sosyal yapının dinamiklerini anlayabilir, ilişkilerin gücünü ve etkisini keşfedebiliriz. Sosyal yapının incelenerek anlaşılması ve sosyal ağ içindeki konumunun ortaya çıkarılması sosyal ağ analizi ile mümkün hale gelmektedir. Bunun yanında sosyal ağ analizi ile bu sosyal yapının önündeki kısıtlar ve fırsatlar tespit edilebilmektedir.

Ağdaki etkileşim sonucu ağda somut ya da soyut bir olguya ait akış oluşmaktadır (Borgatti ve diğ., 2018). Bu akışın incelenmesi ile ağdaki etkili kanallar tespit edilebilmekte, ağın gelişimi ve gelecek senaryoları ile ilgili çıkarımlar yapılabilmektedir. Bu çıkarımlar yeni kararların alınması, yatırım stratejilerinin oluşturulması ya da performans değerlendirmesi için bir perspektif sunmaktadır. Bunun yanında bu çıkarımlar ile ağdaki sınırlama ve engel teşkil eden kanalların tespit edilebilmesi de mümkün olduğundan bu sınırlama ve engelleri ortadan kaldırmak için stratejiler geliştirilebilmektedir.

1990'lı yıllarda ekonomik kalkınmanın sağlanmasında sosyal faktörlerin incelenmesi ve ekonomik kalkınma için bu faktörlerin öneminin fark edilmesi ile sosyal sermaye kavramı ortaya çıkmıştır. Bourdieu, Coleman ve Putman bu yıllarda sosyal sermaye kavramı ile ilgili önemli çalışmalar ortaya koymuştur (Gürsakal, 2009). Sosyal sermaye yalın bir ifade ile, kişinin zayıf ve kuvvetli ilişki içinde olduğu tüm bağlarından çeşitli bilgi, kaynak ve fırsatları temin ederek oluşturduğu birikim olarak tanımlanabilir. Sosyal sermaye ağdaki bilgilerden faydalanmak için önemli bir yol sunar. Bu bağlamda sosyal sermayenin bir kişi ya da olgu için kalkınma aracı olduğu söylenebilir. Burt, sosyal

sermayenin üretim denkleminde önemini vurgulamış sosyal ağların yatırımların geri kazanımı için önemli bir değişken olduğunu savunmuştur (Burt, 1995).

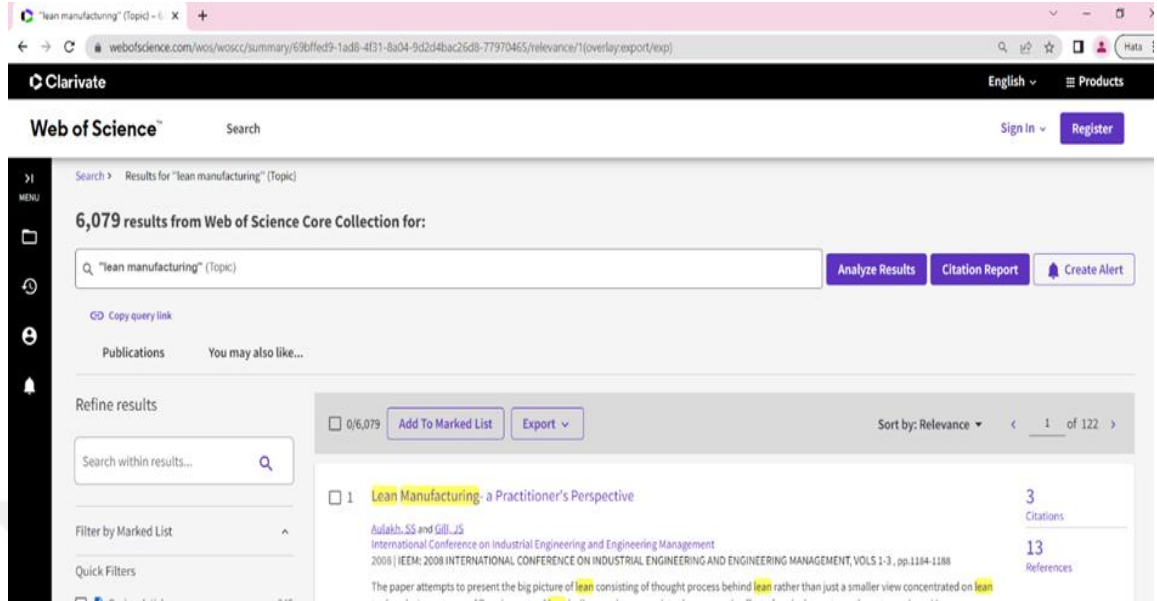
Üretimin sosyal ağlar için önemi düşünüldüğünde üretim ve sosyal ağ arasındaki ilişkinin karşılıklı bir ilişki olduğu anlaşılmaktadır. Bu bağlamda yalın üretim sisteminin sosyal ağının analiz edilerek sürdürülebilirlik konseptindeki potansiyelinin incelenmesi, toplum ve üretim endüstrisine kazandıracaklarını yorumlamak açısından önem taşımaktadır. Tez çalışmasında yalın üretim konsepti sürdürülebilirlik perspektifinden sosyal ağ analizi metodu kullanılarak incelenecektir. Yalın üretimin sosyal ağındaki etkileşimin mercek altına alınmasının bu alanda atılacak adımları planlamak ve sonuçlarını tahminlemek için önemli bir gösterge oluşturacağı söylenebilir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BİBLİYOMETRİK ANALİZLER

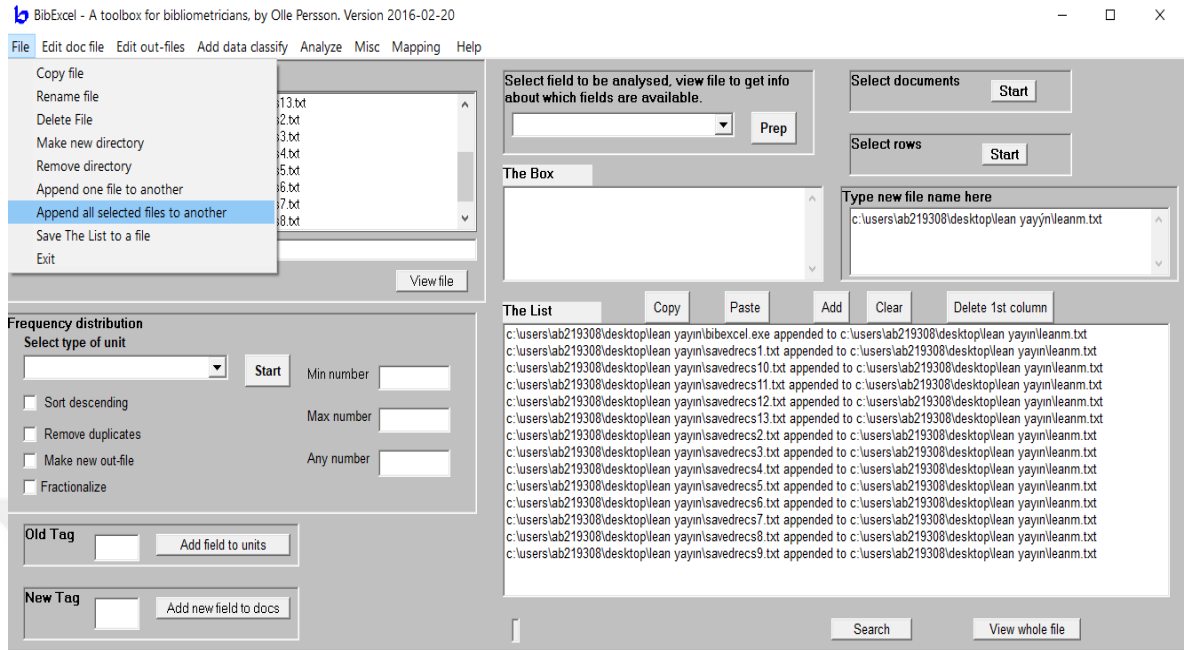
4.1. YAYIN ANALİZLERİ

Yayın analizlerinin yapılabilmesi için Web of Science veritabanından 10.03.2023 tarihinde yalın üretim ile ilgili yayınlar ‘‘lean manufacturing’’ anahtar kelimesi ile taranmış aşağıdaki ekran görüntülerinde görüldüğü gibi veritabanında 6079 adet yayın olduğu belirlenmiştir. Yayınların tüm referans ve atıf bilgileri ile bilgisayar ortamına alınabilmesi için veriler 500’er adetlik setler halinde indirilmiştir.



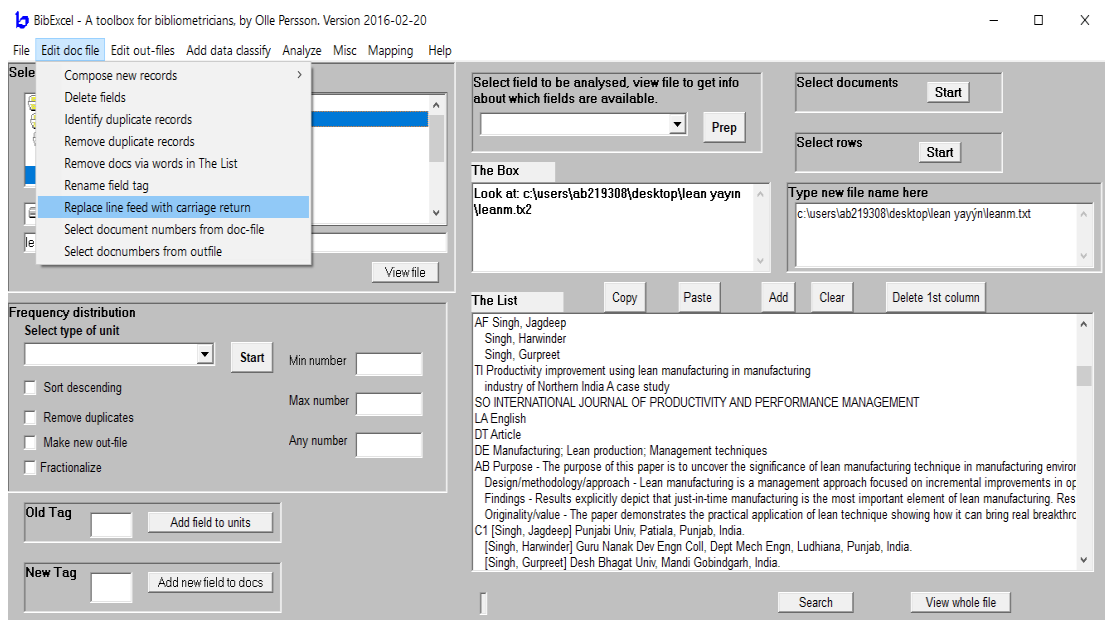
Şekil 1. Web Of Science Veri Tabanında Yayınların Aratılması

Veriler indirildikten sonra Bibexcel programı ile birlikte tek klasör altına alınmıştır. Bibexcel çalıştırılmıştır ve ilk olarak aşağıda görüldüğü gibi veriler tek dosya haline getirilmiştir.



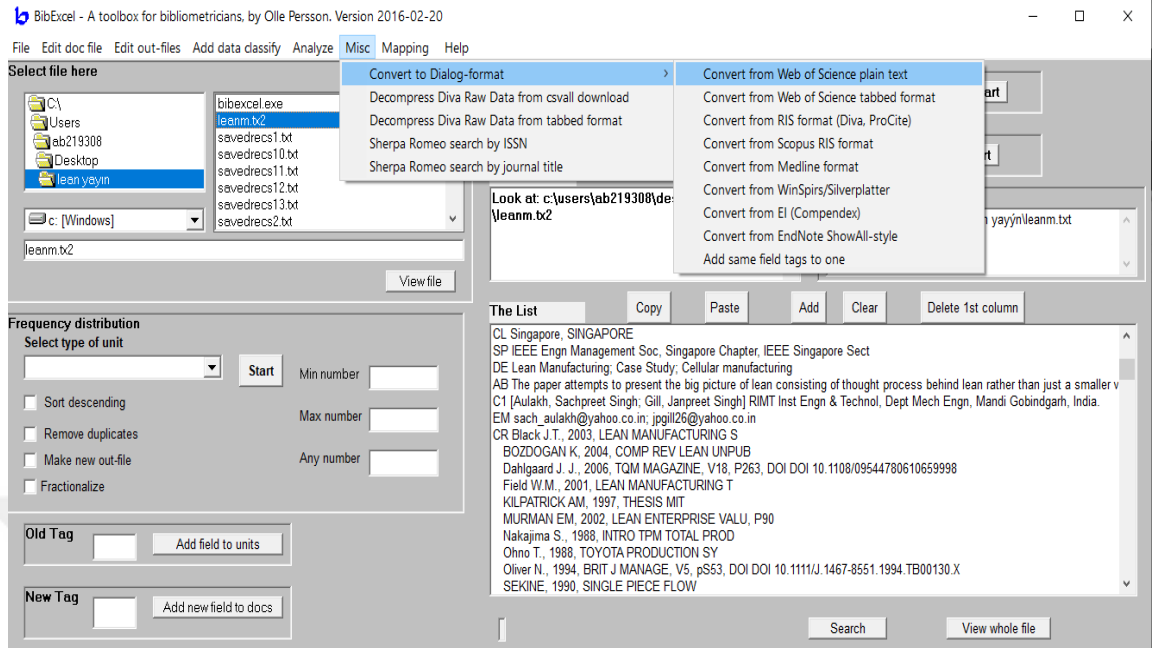
Şekil 2. Verilerin Tek Dosya Haline Getirilmesi

Sonra verilerin aralarındaki boşlukların kaldırılması için aşağıda ekran görüntüsünde gösterilen adım uygulanır.



Şekil 3. Verilerin Arasındaki Boşlukların Kaldırılması

Boşluklar kaldırıldıktan sonra Web of Science veri tabanının düz metin formatında verilerin düzenlenmesi aşağıdaki ekran görüntüsünde gösterildiği gibi yapılmıştır.

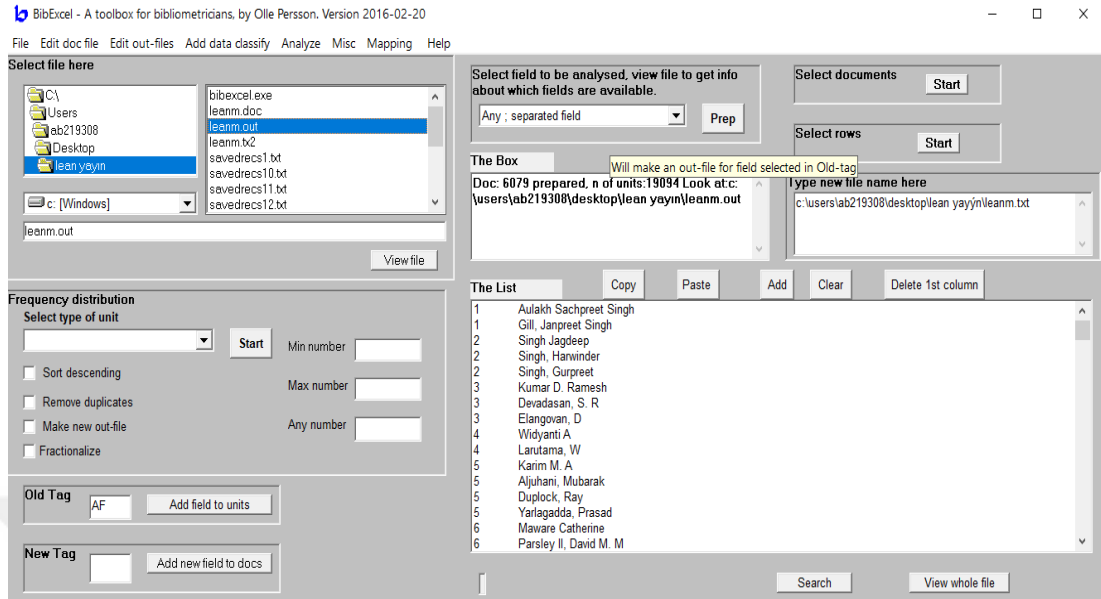


Şekil 4. Verilerin Düz Metin Formatında Düzenlenmesi

Bu işlem adımları sonucunda dosya analize hazır hale gelmiştir.

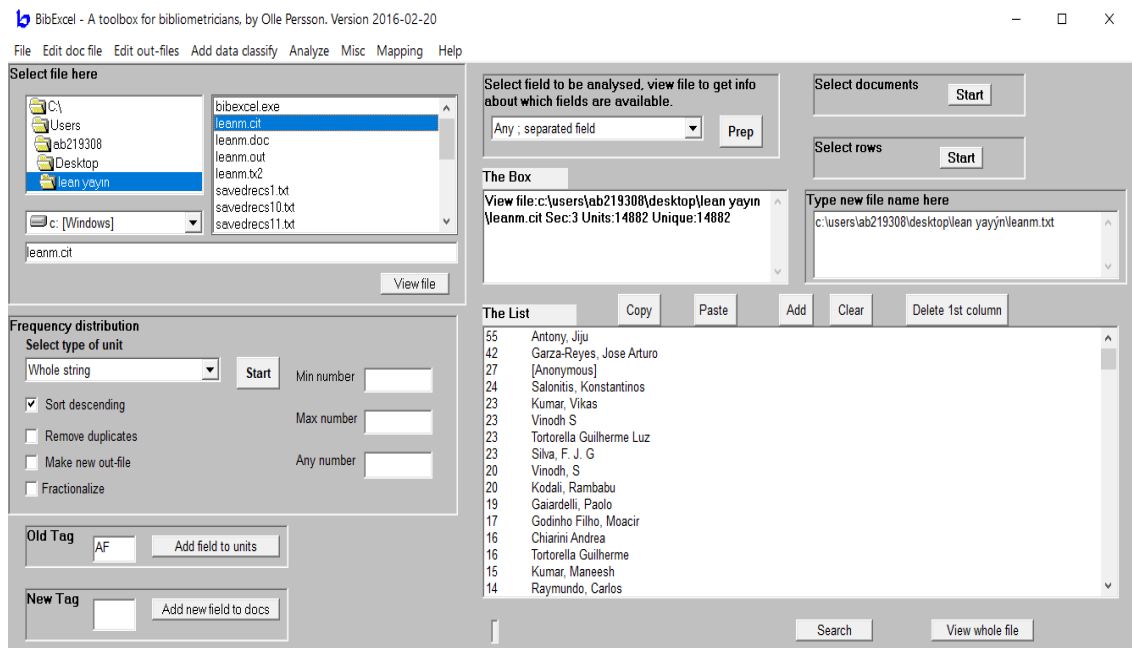
4.1.1. Etkin Yazarların Belirlenmesi

Etkin yazarların analizi için web of science veri tabanının alan başlıkları listesinde yazarların tam açık ismini ifade eden ‘af’ ikili kodu kullanılmıştır. Listeye erişim https://images.webofknowledge.com/images/help/WOS/hs_wos_fieldtags.html adresinden yapılabilmektedir. Etkin yazarların belirlenmesi için Bibexcel ekranında ‘old tag’ sekmesine yazarların açık isimlerinin kısaltmasını simgeleyen ‘af’ kodu yazılmış ve virgülle ayrılmış alanların analizi için komut verilerek aşağıdaki ekran görüntüsüne ulaşılmıştır.



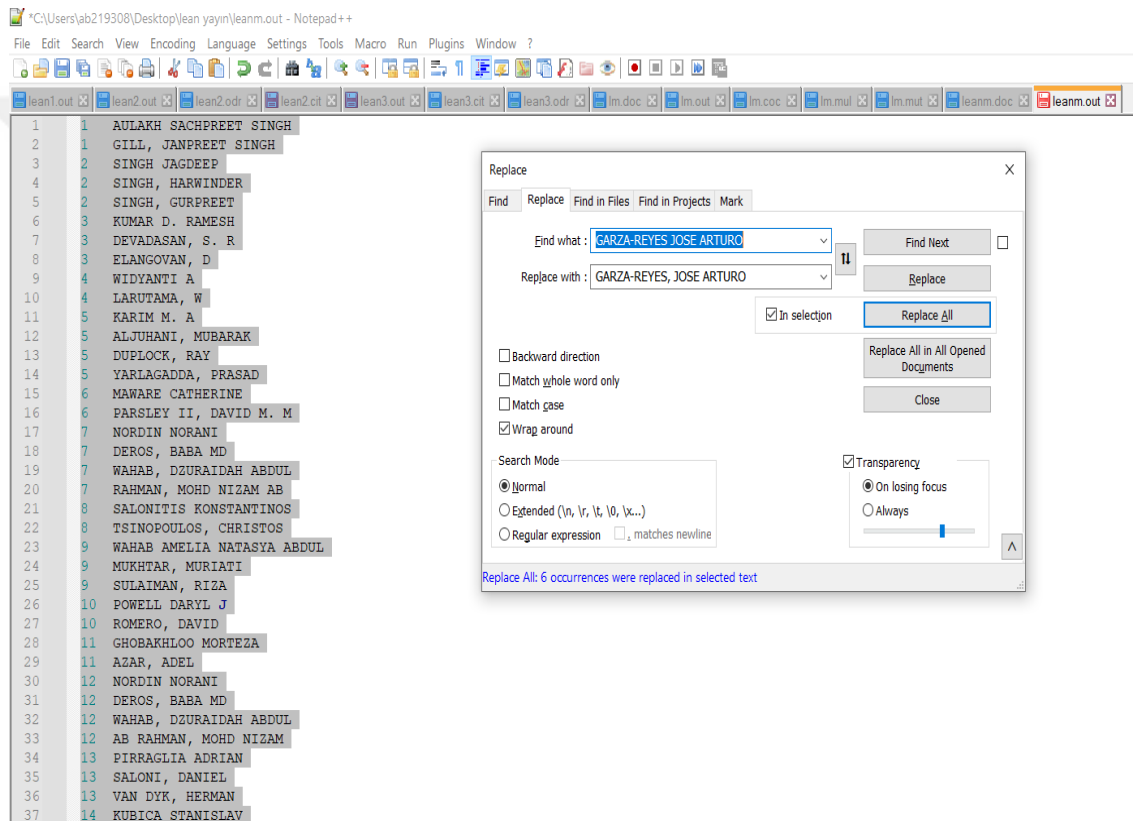
Şekil 5. Yazar İsimlerinin Analizi

Ekran görüntüsünde yayın numaraları ve bu yayınların yazarlarının isimleri görülmektedir. Sonra listenin geçiş sıklığına göre düzenlenmesi için Frekans dağılımı sekmesinde “whole string ve sort descending” seçilerek komut verilmiş ve verilerin geçiş sıklığına göre düzenlendiği aşağıdaki ekran görüntüsüne ulaşılmıştır.



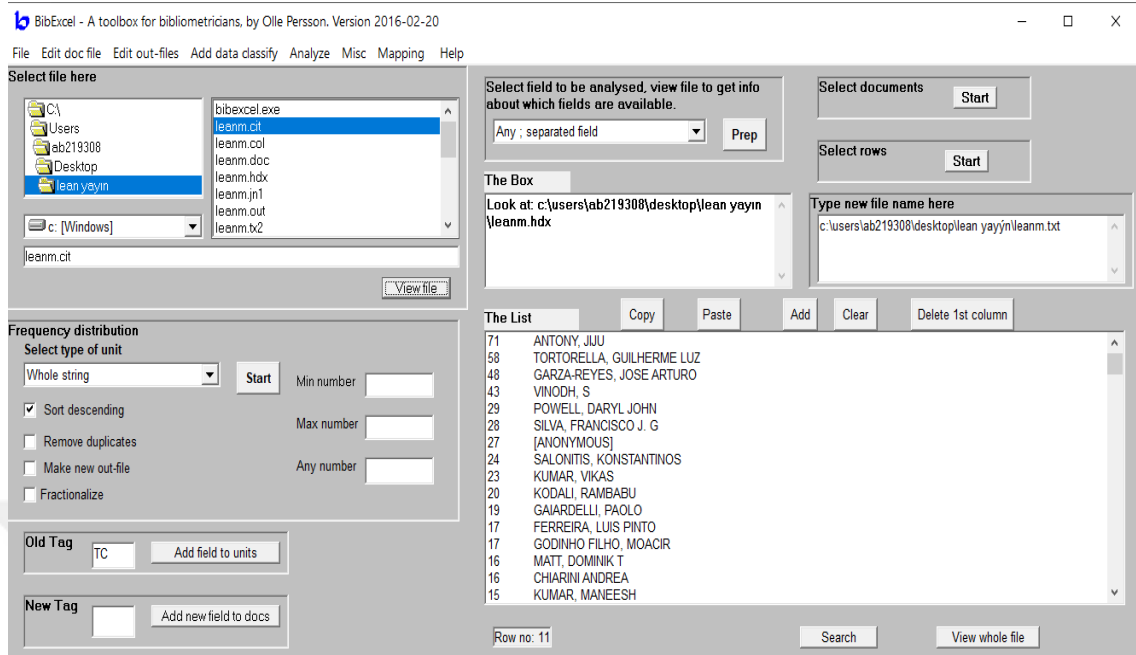
Şekil 6. Yazar İsimlerinin Yayınlarıdaki Geçiş Sıklığı

Listede yazarların toplam yayın sayıları görülmektedir. Yazar isimlerinin farklı yazımlarından kaynaklı mükerrer verilerin tek veri haline getirilmesi için bu aşamada analiz sonucu elde edilen veriler word dosyasına aktararak veri temizliği yapılmıştır. Toplamda word dosyasında 11 sayfalık veride 94 adet veri üzerinde düzenleme yapılmıştır. Word dosyasında düzeltilmesi gereken veriler belirlenmiş, notepad programı kullanılarak doc dosyasında gerekli değişiklikler yapılmıştır. Doc dosyasında yapılan düzeltmelerden birinin ekran görüntüsü örnek olarak aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 7. Verilerin Farklı Yazımlarının Düzeltilmesi

Veri temizliği sonrasında yayın sayısına göre en etkin yazarların belirlendiği veri listesine ulaşılmıştır. Veri temizliği sonrasında elde edilen yeni veri listesinin ekran görüntüsü aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 8. Yazarların Yayın Sayılarının Belirlenmesi

Etkin yazarlar belirlendikten sonra yayınların yanına atıf sayılarının yazılabilmesi için ‘‘old tag’’ sekmesine atıf sayısını ifade eden ‘‘tc’’ ikili kodu yazılmıştır. Yeni bir ünite eklenmesi için gerekli komut verilerek yazarların her bir yayının yanına atıf sayısı yazdırılmıştır. Bu işlem adımından sonra yayın numaraları devre dışı bırakılarak listeden çıkarılmıştır. H-indeksinin hesaplanması için ‘‘analyze ve H-index’’ komutları sırasıyla verilerek H-indeksi hesaplatılmıştır. Böylece toplam yayın sayısı, toplam atıf sayısı, H-indeksi ve H-indeksine konu olan yayınların bilgileri elde edilerek bu parametrelere göre yazarların sıralanması mümkün hale gelmiştir. Elde edilen veriler ile oluşturulan tabloda her parametre için büyükten küçüğe sıralama yaptırılarak her parametre için en etkin ilk 20 yazar aşağıdaki tabloda gösterildiği gibi belirlenmiştir.

Tablo 5. Farklı Parametrelere Göre En Etkin Yazarlar

Citation sum within h-core	All citations	All articles	h-index
ANTONY, JIJU	ANTONY, JIJU	ANTONY, JIJU	ANTONY, JIJU
TORTORELLA, GUILHERME LUZ	TORTORELLA, GUILHERME LUZ	TORTORELLA, GUILHERME LUZ	TORTORELLA, GUILHERME LUZ
SARKIS, J	GARZA-REYES, JOSE ARTURO	GARZA-REYES, JOSE ARTURO	VINODH, S
ZHU QH	VINODH, S	VINODH, S	GARZA-REYES, JOSE ARTURO
GARZA-REYES, JOSE ARTURO	SARKIS, J	POWELL, DARYL JOHN	KUMAR, VIKAS
SHAH R	ZHU QH	SILVA, FRANCISCO J. G	KODALI, RAMBABU
WARD, PT	SHAH R	[ANONYMOUS]	SALONITIS, KONSTANTINOS
VINODH, S	WARD, PT	SALONITIS, KONSTANTINOS	POWELL, DARYL JOHN
SHAH RACHNA	SHAH RACHNA	KUMAR, VIKAS	SILVA, FRANCISCO J. G
WARD, PETER T	WARD, PETER T	KODALI, RAMBABU	CHIARINI ANDREA
KODALI, RAMBABU	KODALI, RAMBABU	GAJARDELLI, PAOLO	KUMAR, MANEESH
KUMAR, MANEESH	KUMAR, MANEESH	GODINHO FILHO, MOACIR	RATHI, RAJEEV
KUMAR, VIKAS	KUMAR, VIKAS	FERREIRA, LUIS PINTO	GAJARDELLI, PAOLO
BHASIN SANJAY	BHASIN SANJAY	CHIARINI ANDREA	GODINHO FILHO, MOACIR
HINES P	HINES P	MATT, DOMINIK T	MATT, DOMINIK T
RICH, N	RICH, N	KUMAR, MANEESH	THURER, MATTHIAS
HOLWE, M	HOLWE, M	SAURIN, TARCISIO ABREU	SAHOO SAUMYARANJAN
NAYLOR JB	NAYLOR JB	SHEHAB, ESSAM	FERREIRA, LUIS PINTO
NAIM, MM	NAIM, MM	RAYMUNDO-IBANEZ, CARLOS	SAURIN, TARCISIO ABREU
BERRY, D	BERRY, D	DALLASEGA, PATRICK	ASOKAN, P

Analizler sonucunda elde edilen tabloda ilk 3 sırada bulunan yazarların çalışma konuları google scholar veri tabanı üzerinden kontrol edilmiştir. Antony Jiju adlı araştırmacının son 20 yılda çok sayıda yayın ürettiği ve araştırmacının en yoğun çalıştığı konuların altı sigma ve yalın altı sigma olduğu görülmektedir. Bunun yanında operasyonel performansın artırılmasında kritik başarı faktörleri, kalite ve sürdürülebilirlik konularını da çalıştığı görülmektedir. Özellikle 2022 yılı sonrası yayınlarında sürdürülebilirlik konusunun daha sık işlendiği gözlemlenmiştir. Hines ve diğerleri (2022)'ye ait araştırmada yazarların tanıtıldığı bölümde Anthony Jiju'nun 6 sigma konusunda 300'ün üzerinde çalışma yayınladığı ve bu sayı ile lider konumda olduğu belirtilmektedir. Bununla birlikte yazarın kalite yönetimi ve operasyonel performans konusunda 30000 atıf ile alanda dünyada lider konumda olduğu belirtilmektedir. Ayrıca google scholar'da atıf sayısına göre h-indeksinde 89 gibi yüksek bir seviyede olduğu belirtilmektedir. Bu bilgiler analizde elde edilen bilgileri doğrulamaktadır.

Tortorella Luz Guilherme adlı araştırmacının yayınlarının büyük kısmının son 5 yılda yapılmış yayınlar olduğu ve yalın üretimin güncel uygulamalarını içerdiği görülmektedir.

Bu bağlamda araştırmacının modern yalın üretim uygulamaları üzerinde çalıştığı söylenebilir. Yayınların çoğunluğunun yalın üretim ve endüstri 4.0 teknolojisinin birlikte uygulanması, yalın üretimin sağlık alanındaki uygulamaları ve yalın üretimin operasyonel performans üzerindeki etkisine odaklandığı görülmektedir.

Garza-Reyes, Jose Arturo adlı araştırmacının yayınlarının son on yıl içinde üretildiği tespit edilmiştir. Araştırma konularının sürdürülebilirlik, yalın altı sigma, döngüsel ekonomi, endüstri 4.0 ve sürdürülebilir üretim konularını içerdiği görülmektedir.

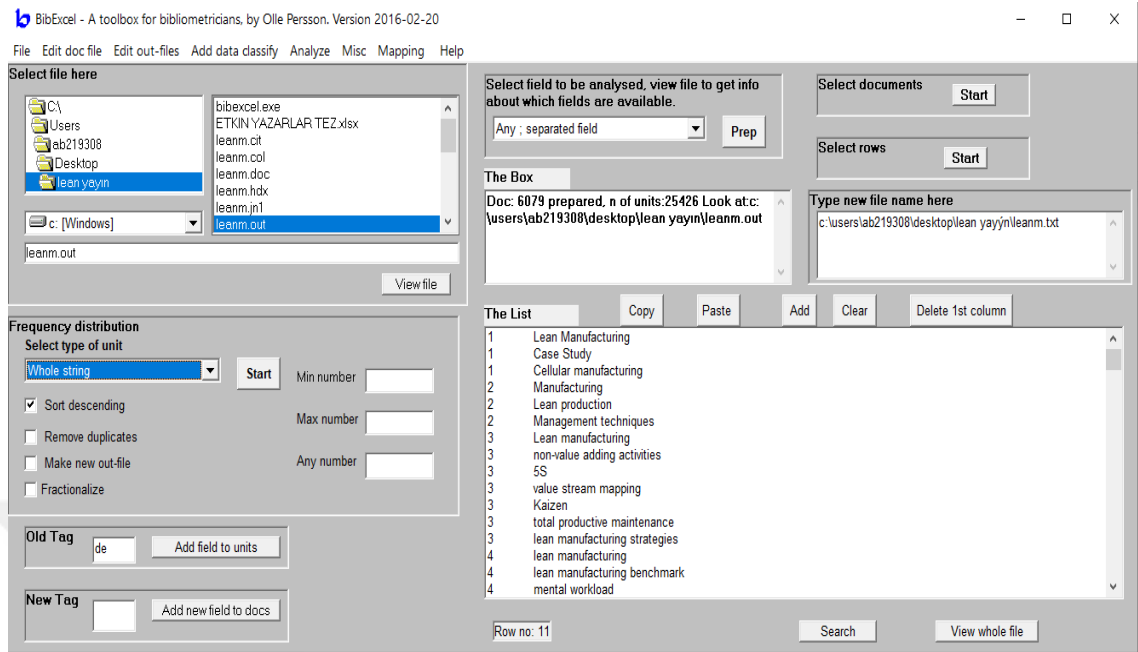
Joseph Sarkis adlı araştırmacının araştırmalarının yeşil tedarik zinciri yönetimi, sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi, döngüsel ekonomi, sürdürülebilirlik ölçütlerine göre tedarikçi seçimi, sürdürülebilirlik ve üretim ilişkisi konuları üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Araştırmacının yayınlarının son 20 yılda üretildiği tespit edilmiştir. Araştırmacının üretim ile birlikte daha geniş bir perspektifte tedarik zinciri üzerinde sürdürülebilirlik uygulamalarına odaklandığı söylenebilir.

Vinodh Sekar'ın yayınlarının büyük kısmının yalın tekniklerinin çevik üretim ve sürdürülebilir üretim odaklı uygulamalarını içerdiği görülmektedir. Araştırmacının yayınlarının çoğunluğunun son 10 yılda yapıldığı söylenebilir.

En etkin yazarların sürdürülebilir üretim, endüstri 4.0, operasyonel performans, yalın altı sigma konularına yoğun olarak odaklandığı ve yayınların son yıllardaki odağının sürdürülebilirlik konusuna yöneldiği görülmektedir. Bu bağlamda yazarlara ait yayınların yalın üretim sisteminin günümüzdeki uygulamalarını ve odaklandığı konuları temsil ettiği söylenebilir. Etkin yazarlar tarafından son yıllarda yapılan araştırmaların yalın üretimin modern uygulamalarını yansıttığı ve güncel profili çizdiği söylenebilir.

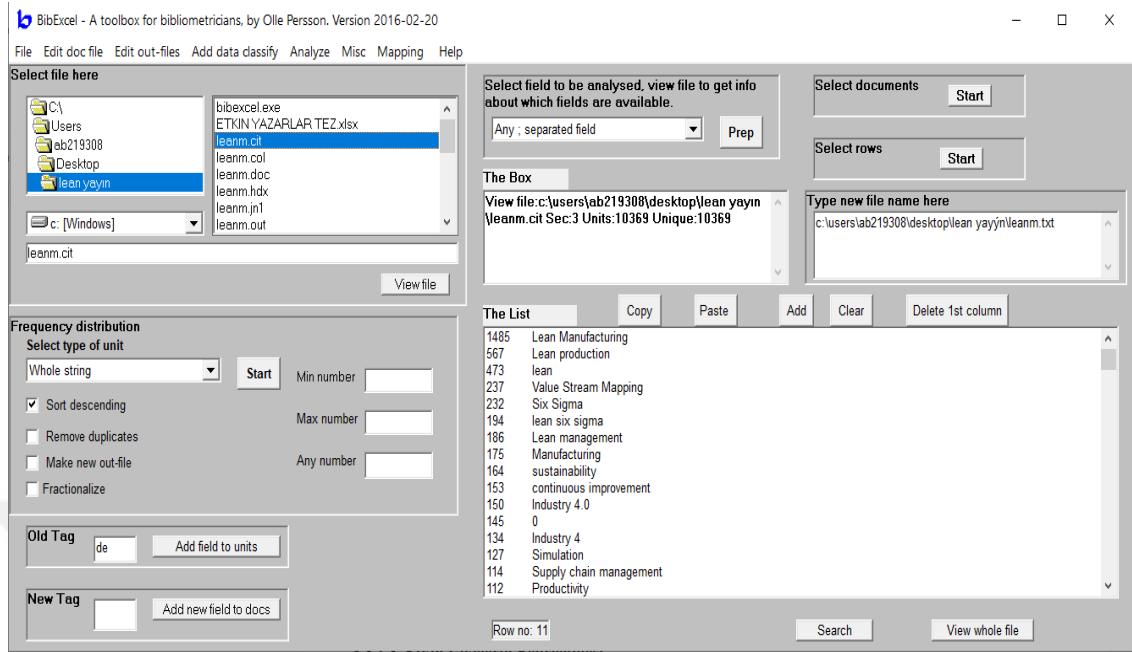
4.1.2. Yayınlardaki Anahtar sözcüklerin belirlenmesi

Yayınlardaki anahtar sözcüklerin analizi için web of science veri tabanının alan başlıkları listesinde yazarlara ait anahtar sözcükleri ifade eden ‘‘de’’ ikili kodu kullanılmıştır. Kod Bibexcel’de ‘‘old tag’’ sekmesine yazılmış ve virgülle ayrılmış alanların analizi için komut verilerek aşağıdaki ekran görüntüsüne ulaşılmıştır.



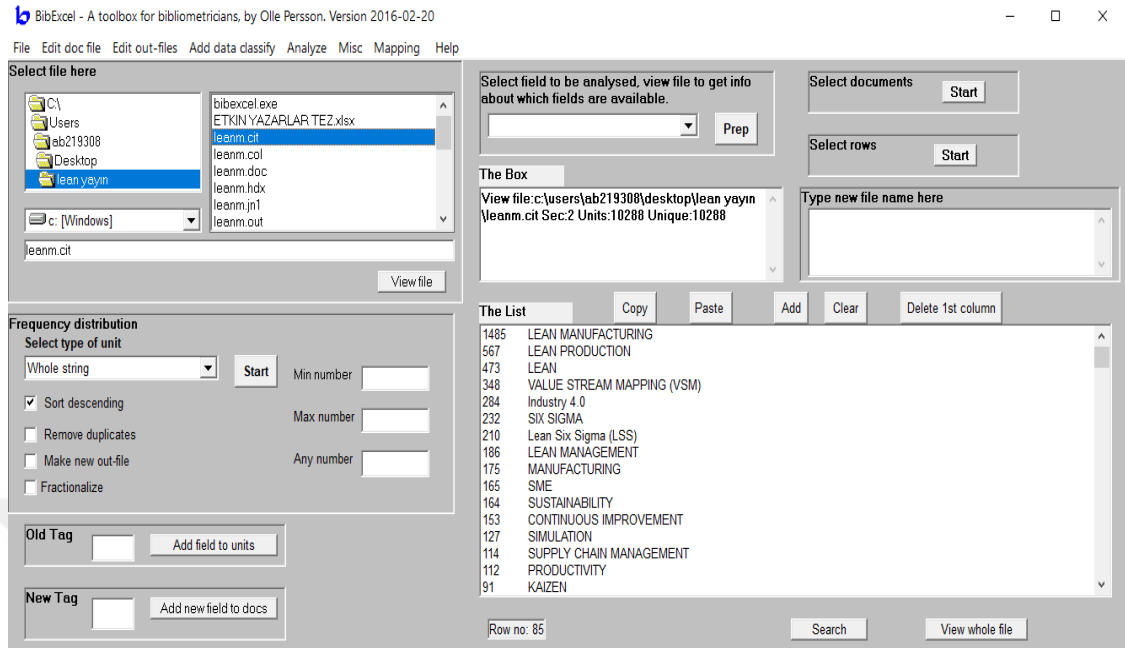
Şekil 9. Yayınlardaki Anahtar Sözcüklerin Analizi

Anahtar sözcükler listelendikten sonra verilerin geçiş sıklığına göre düzenlenmesi amacıyla Frekans dağılımı sekmesinde “whole string ve sort descending” seçilerek komut verilmiş ve verilerin geçiş sıklığına göre düzenlendiği aşağıdaki ekran görüntüsüne ulaşılmıştır.



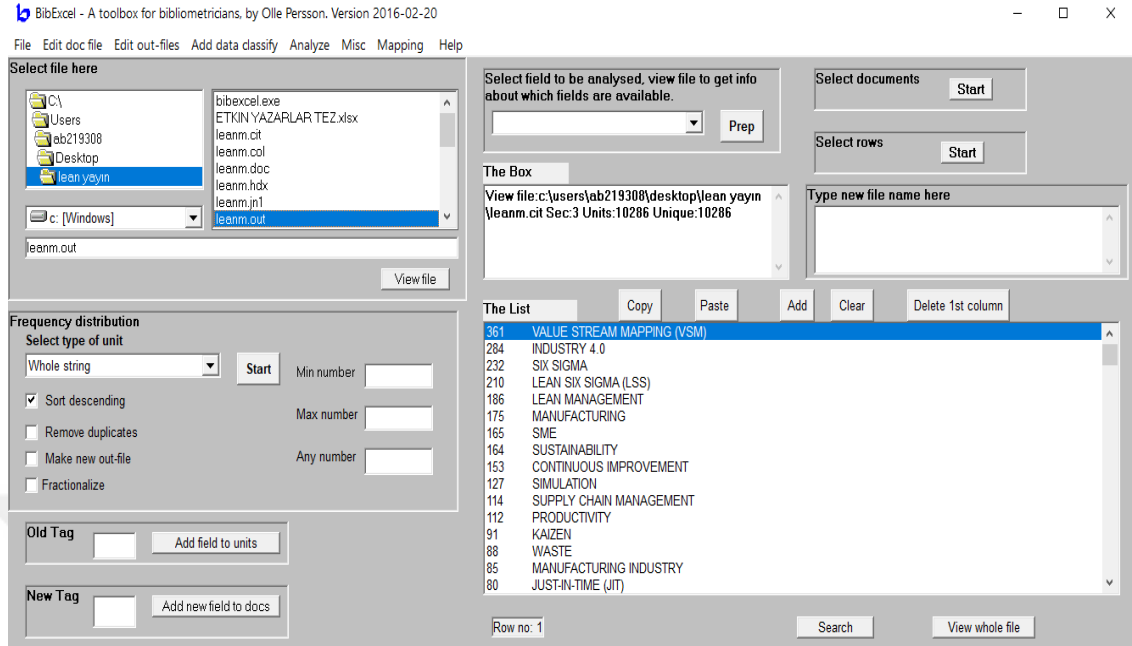
Şekil 10. Yayınlardaki Anahtar Sözcüklerin Geçiş Sıklığına Göre Düzenlenmesi

Yukarıdaki ekran görüntüsünde de görüldüğü gibi analiz aşamasında değer taşımayacak bazı sözcüklerin ve sayı olarak elde edilmiş bazı verilerin devre dışı bırakılması gerekmektedir. Bu nedenle veri temizliği öncesinde gerekli kontrollerin yapılabilmesi için analiz sonucu elde edilen veriler word dosyasına aktarılmıştır. Word dosyasında gereksiz veriler tespit edilerek işaretlenmiştir. Veri temizliği 11 sayfalık word dosyasında farklı yazımlardan kaynaklı 77 adet mükerrer verinin doc dosyasında tek veri haline getirilmesi ve 145 adet 0 olarak görünen verinin doc dosyasından çıkartılması sürecini içermektedir. Veri temizliği sonrasında elde edilen ekran görüntüsü aşağıda gösterilmiştir.



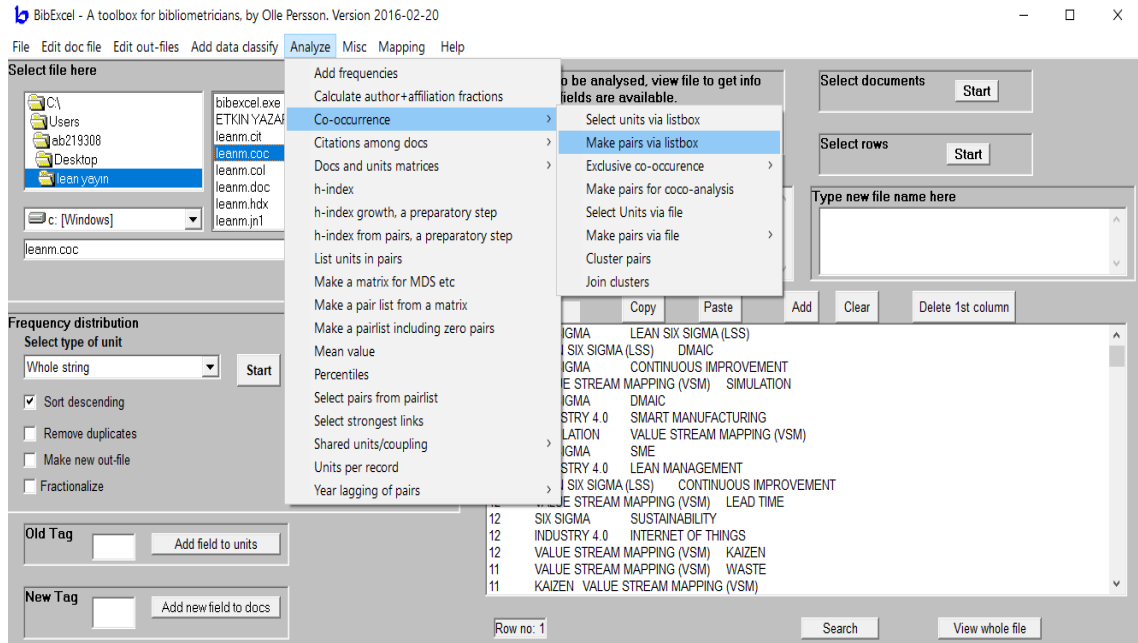
Şekil 11. Veri Temizliği Sonrası Geçiş Sıklığına Göre Düzenlenmiş Anahtar Sözcükler

Veri temizliğinden sonraki aşama, belirlenen 86 adet gereksiz verinin devre dışı bırakılarak analize dahil edilecek verilerin seçilip analiz için listeye eklenmesi sürecidir. Bibexcel liste ekranından word dosyasında belirlenen listeye göre analiz edilecek veriler seçilmiştir. Ekran temizlendikten sonra seçilen veri ekrana yapıştırılmıştır. Bu aşamadaki ekran görüntüsü aşağıda gösterilmektedir.



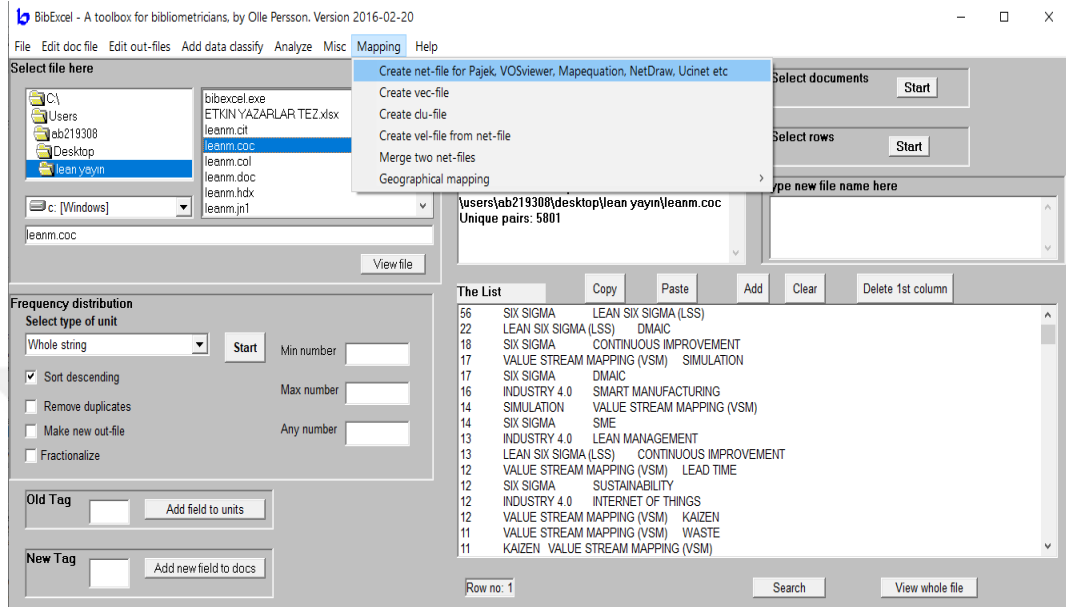
Şekil 12. Analiz Edilecek Anahtar Sözcükler

Sonra anahtar sözcüklerin yayınlarda birlikte geçtiği sözcükler analiz edilmiştir. Analizin verilen komutları ve analiz sonucunu gösteren ekran görüntüsü aşağıdaki gibidir.



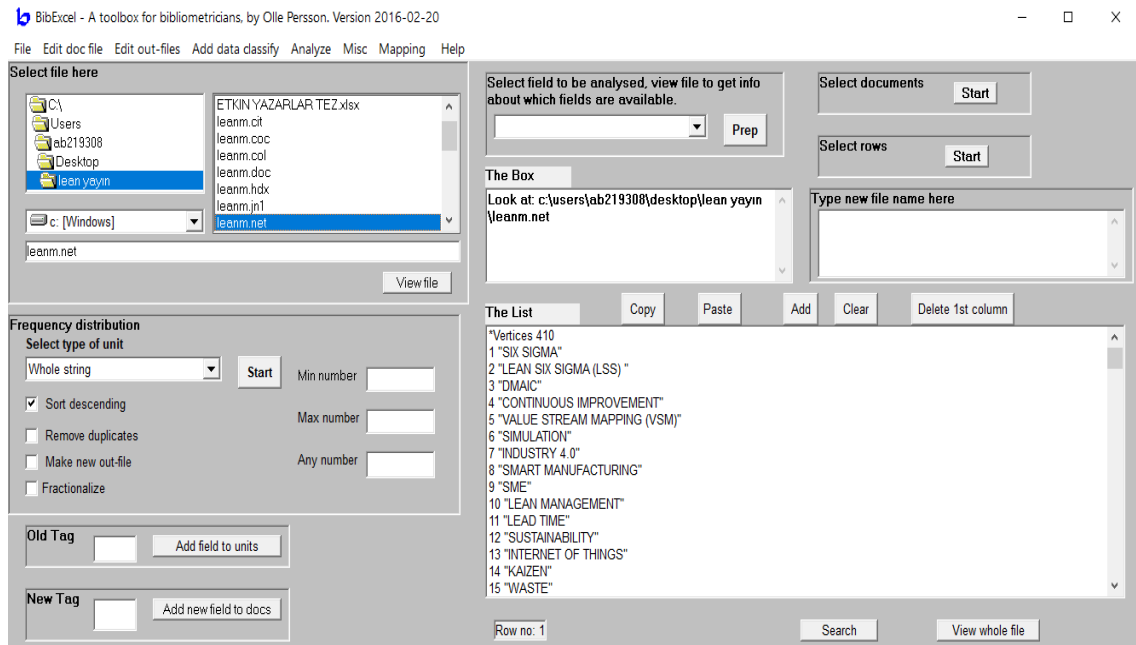
Şekil 13. Anahtar Sözcüklerin Birlikte Geçme Analizi

Anahtar sözcüklerin birliktelik analizi de yapıldıktan sonra oluşan ağın haritalanması için net dosyası aşağıdaki ekran görüntüsünde görülen komutlar ile oluşturulmuştur.



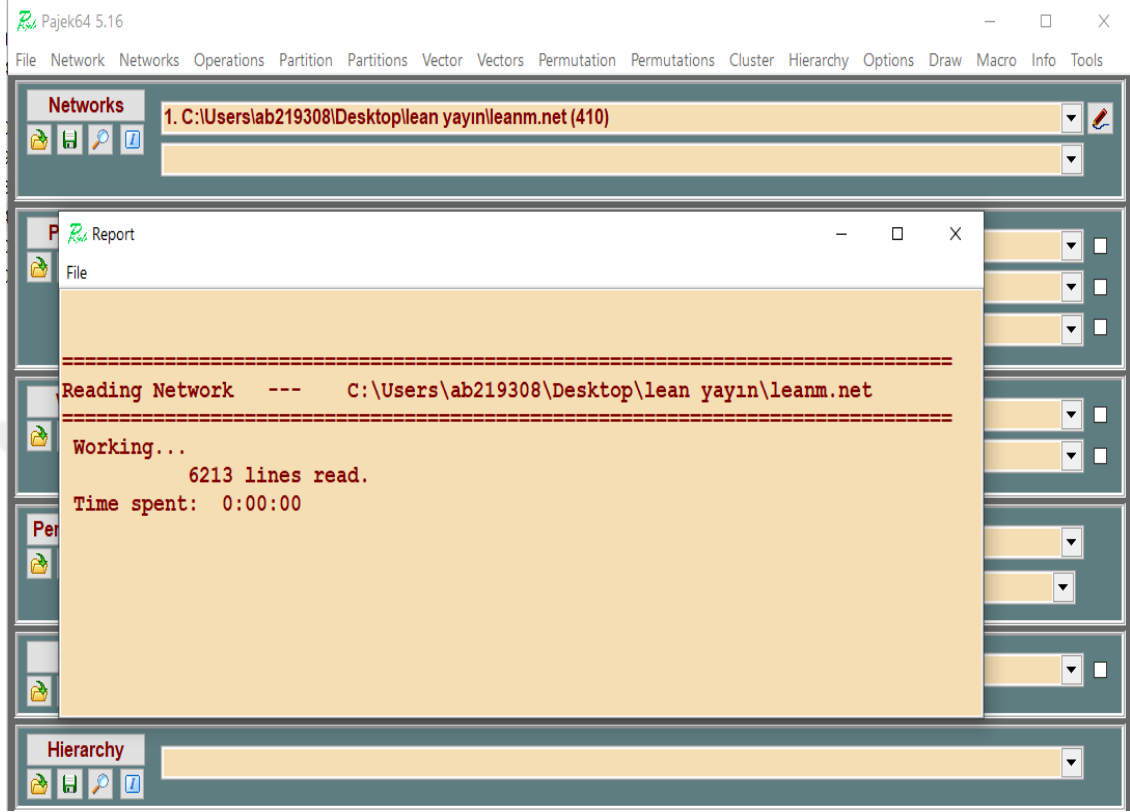
Şekil 14. Ağ Haritasının Çizimi İçin Net Dosyasının Oluşturulması

Net dosyası oluşturulduktan sonra ağda 410 düğüm olduğunu gösteren aşağıdaki ekran görüntüsüne ulaşılmıştır.



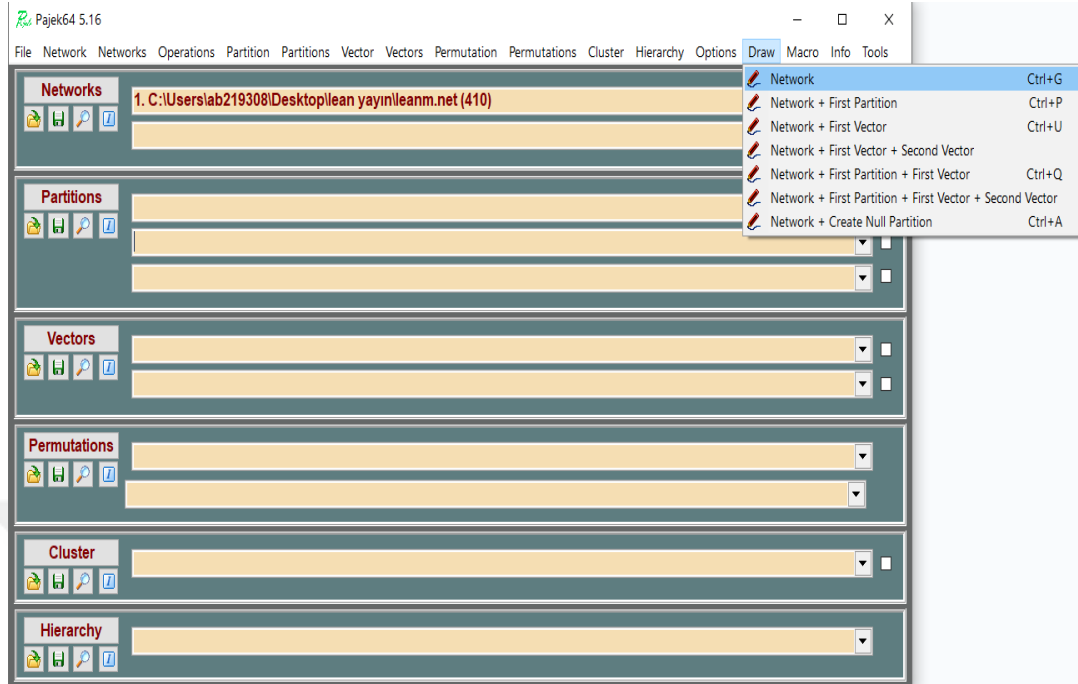
Şekil 15. Ağdaki Düğümleri Ve Sayılarını Gösteren Net Dosyası

Ağ haritalamasının yapılabilmesi için net dosyası Pajek'e aktarılmıştır.



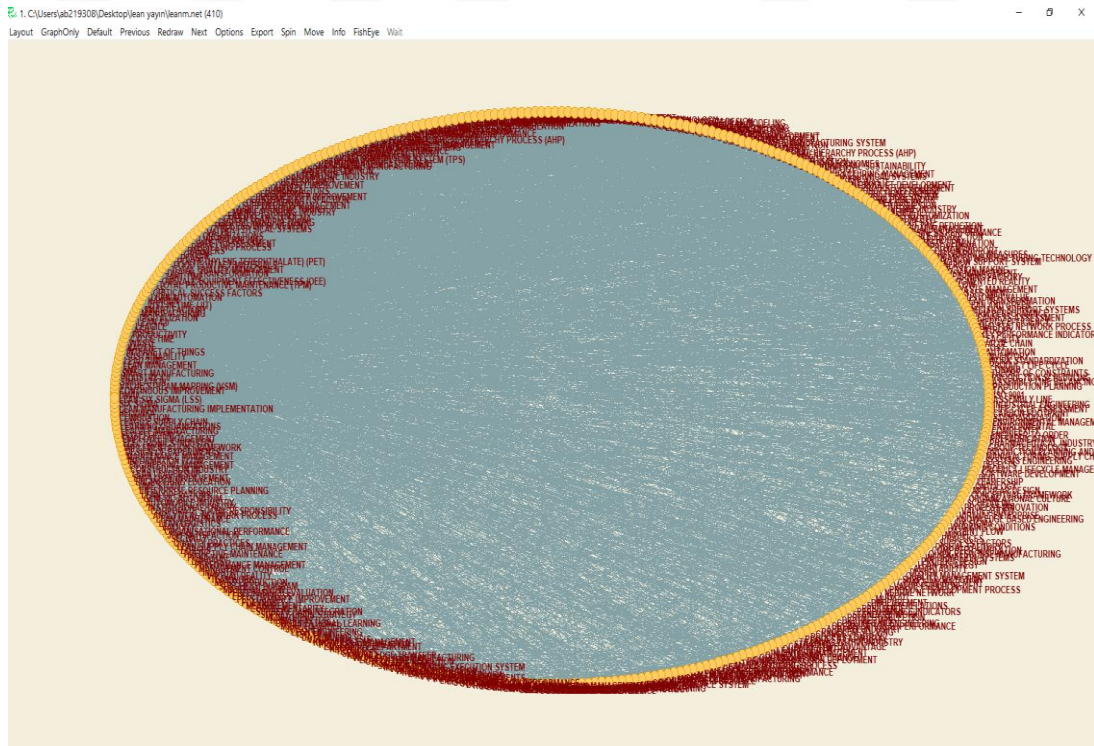
Şekil 16. Net Dosyasının Pajek Yazılım Programına Aktarılması

Ağın haritalanması için Pajek yazılım programında aşağıdaki ekran görüntüsünde görülen komut verilmiştir.



Şekil 17. Ağ Haritalaması İçin Pajek Yazılım Programında Komut Verilmesi

Ağ haritalaması yapılarak aşağıdaki ekran görüntüsüne ulaşılmıştır.



Şekil 18. Pajek Yazılım Programında Ağın Haritalanması

Haritaların kümelenmesinde bağlantılar ve toplam bağlantı gücüne göre 2 farklı ağırlık ile yerleşim yapılabileceği gözlemlenmiştir. İlk olarak toplam bağlantı gücüne göre ağırlıklandırma yapılarak farklı kümeleme metotları kullanılarak ağ haritaları görselleştirilmiştir. Normalizasyon yapılmadan ağın kümelenmesi sonucu aşağıdaki harita görüntülenmiştir. Normalize edilmemiş kümelemede ayrılmış düğüm kümelerinin küçük gruplar halinde bölünmesi esas alınır (Kim Y., Do, ve Kim S. B., 2020). Normalizasyon ağdan geçiş sıklığı hesaplanarak tespit edilen ana yolları etkilemediğinden sık geçen terimlerin yerleşiminde anlamlı bir değişim yaratmamaktadır (De Nooy, Mrvar ve Batagelj, 2018). Normalizasyon yapıldığında geçiş ağırlıkları içindeki aralık ve varyasyonlar değişime uğradığından dolayı normalizasyon yapılmadığında ham sayımların sonuçları elde edilmiş olur (De Nooy ve diğ., 2018). Elde edilen görselde değer akış haritalama kavramının ağa hakim bir yapıda olduğu görülmektedir. Ağda süreç geliştirme çalışmalarına yoğun bir odaklanma olduğu anlaşılmaktadır. Normalizasyon yapılmadığında diğer kavramlar ağa egemen olan kavramın ardında iç içe geçmiş yapıda dev bir bileşen oluşturmuştur. Ağ kuramında dev bileşen (Giant component) tamamı birbiriyle bağlantı içinde olan düğümlerden oluşan bir yapıyı ifade eder (Gürsakar, 2009). Bu yapı ağdaki düğümlerin büyük kısmını içinde bulundurur (Gürsakar, 2009). Bu şekilde yapılan bir ağ yapısı için dev bileşen içinde bulunan tüm düğümlerin birbiriyle bağlantılı olduğu dolayısıyla bu düğümlere karşılık gelen terimlerin bağlantılı olduğu söylenebilir. Rassal ağlar için ortaya atılan bu kuramın gerçek ağlar üzerinde test edildiği bir çalışmada ağ bağlantılı olmadığı halde ağda bağlantılı bir dev bileşen olduğu ve düğümlerin yaklaşık %80'inin bu dev bileşen tarafından kapsandığı belirtilmiştir (Hayes, 2000). Dolayısıyla değer akış haritalama kavramının ağdaki hemen hemen tüm kavramları kapsadığı söylenebilir.



Şekil 23. Ağ Kümelenmesinin Vosviewer Yazılım Programında Haritalanması (Normalize Edilmemiş Kümeleme, Ağırlık: Toplam Bağlantı Gücü)

Association strength kümeleme metodu kullanılarak aşağıdaki ekran görüntüsüne ulaşılmıştır. Association strength kümeleme metodu sıklık frekansından daha güçlü bir tahmin performansı gösterdiğinden dolayı olasılığın ölçülmesinde yaygın olarak kullanılan bir metottur (Gries ve Ellis, 2015). Geniş bir kullanım alanı olan bu metodun son yıllarda sıralama ve düzenleme amaçlı kullanıldığı görülmektedir (Gries ve Ellis, 2015). Metot, birbiriyle yoğun etkileşimde bulunan sözcükleri tespit etmeye olanak sağlamaktadır (Gries ve Ellis, 2015).

Elde edilen görselde değer akış haritalama kavramının ağa hakim olduğu görülmektedir. Değer akış haritalama kavramının ardından operasyonel performans ve verimlilik kavramlarının öne çıktığı görülmektedir. Ağda süreç iyileştirme çalışmalarına yoğun bir odaklanma olduğu anlaşılmaktadır. Bu çalışmalarda değer akış haritalama metodunun bir araç olarak yoğun şekilde kullanıldığı söylenebilir.



Şekil 24. Ağ Kümelenmesinin Vosviewer Yazılım Programında Haritalanması (Association Strength Kümeleme Metodu Kullanılmıştır, Ağırlık: Toplam Bağlantı Gücü)

Fractionalization kümeleme metodu kullanılarak aşağıdaki ekran görüntüsüne ulaşılmıştır. Fraksiyonelleştirme, çizge kuramında verilerin tamsayı değerlerinden kesirli versiyonlarına dönüştürülmesi ve böylece verilerin bölümlenerek doğal halinde incelenebileceği uygun değerlere dönüştürülmesi olarak tanımlanabilir (Scheinerman ve Ullman, 2011). Fraksiyonelleştirme yapılarak çizgenin çizdirilmesi durumunda düğümlerin yerleşimi fraksiyonel renklendirmeye göre gerçekleşmektedir (Scheinerman ve Ullman, 2011). Fraksiyonel çizgeler, birbirine doğrudan bağlantılı olan düğümlerin farklı renklere boyanması koşulu ile çizgenin düğümlerindeki renklendirmenin en az renk ile yapılabilmesi için fraksiyonel kromatik sayı belirlenerek bu sayıya göre düğümlerin renklendirilmesi ve böylece aynı renkteki düğümlerin kümelenmesi esasına dayanmaktadır (Scheinerman ve Ullman, 2011).

Ağ fraksiyona alındığında aşağıdaki harita elde edilmiştir. Elde edilen görselde değer akış haritalama kavramı ağa hakim yapıdadır. Değer akış haritalama kavramının ardından toplam kalite yönetimi kavramının öne çıktığı görülmektedir. Kaliteye yönelik çalışmalar ürünün yaşam döngüsünü uzatarak sürdürülebilirliğini sağlamaktadır. Elde edilen bulgular çalışmaların dolaylı olarak sürdürülebilirlik perspektifinde yapıldığını göstermektedir.

Değer akış haritalama kavramının ön plana çıktığı anahtar kelime analizinde ağda süreç iyileştirme konusuna yoğun odaklanma olduğu anlaşılmaktadır. Farklı algoritmalar ile

görselleştirilen ağ yapısında ağ farklı perspektiflerden görüntülemek mümkün olabilmektedir. Böylece bağlantılar ve düğümler ile ilgili değişiklikler incelenerek ağ yapısı daha iyi anlaşılabilir.



Şekil 25. Ağ Kümelenmesinin Vosviewer Yazılım Programında Haritalanması (Fractionalization Kümeleme Metodu Kullanılmıştır, Ağırlık: Toplam Bağlantı Gücü)

Lin/log modularity kümeleme metodu kullanılarak aşağıdaki ekran görüntüsüne ulaşılmıştır. Lin/log enerji modeli çok boyutlu kümeleme yapma kabiliyetine sahip olmakla birlikte kümelenmiş çizgelerin yapısını ortaya çıkarma potansiyeline de sahiptir (Noack, 2003). Andreas Noack tarafından geliştirilen model, düğümlerin itilmesi ve ikili çekim prensibi ile çalışmaktadır (Noack, 2007). Bu model ile çizilen çizgeler yorumlanabilir özellikle kümelenmeler ortaya koymaktadır (Noack, 2003). Modelin algoritmasının temel yaklaşımı, etkileşim içinde bulunan düğümlerden birbirini iten farklı düğüm çiftlerinin ayrıştırılması yoluyla kümelerin oluşturulması prensibine dayanmaktadır (Noack, 2003). Uygun çizimlerin elde edilebilmesi için model düşük enerjili pozisyonlara odaklanır. Böylece algoritma enerjiyi minimize edecek adımları izler. Algoritma farklı düğüm pozisyonlarından minimum enerji ile çizilecek olanı seçmek için fonksiyonu minimize eden seçimi kullanır (Noack, 2003). Algoritmanın birbirinden belirgin olarak ayrıştırılmış ideal kümeleme çizimi için izlediği temel fikir ortalama bağlantı uzunluğu ile düğümler arasındaki ortalama mesafe oranının minimize edilmesine dayanmaktadır (Noack, 2003).

Lin/log modularity kümeleme metodu ile yapılan kümeleme sonucunda değer akış haritalama kavramı ağa hâkim yapıdadır. Endüstri 4.0 kavramı da bu kavramın ardından öne çıkmaktadır. Toplam bağlantı gücü ağırlık alınarak görselleştirilen haritalarda

merkezi düğümlerin ağa egemen bir yapıda görüldüğü söylenebilir. Bu durum ağda en yoğun odaklanılan konunun süreç iyileştirme çalışmaları olduğunu göstermektedir.



Şekil 26. Ağ Kümelenmesinin VOSviewer Yazılım Programında Haritalanması (Lin/Log Modularity Kümeleme Metodu Kullanılmıştır, Ağırlık: Toplam Bağlantı Gücü)

İkinci aşamada bağlantılar ağırlıklandırılarak farklı kümeleme metotları ile elde edilen haritalar görselleştirilmiştir. Toplam bağlantı gücü ağırlıklandırıldığında merkezi düğümler öne çıkarken bağlantılar ağırlık alındığında merkezi düğümlerin bağlantıları ortaya çıkmaktadır. Normalizasyon yapılmadığında aşağıdaki ağ haritası elde edilmektedir. Ağ haritasında değer akış haritalama kavramının dev bileşen oluşturarak diğer kavramlar üzerinde hakimiyet kurduğu görülmektedir. Bu durum ağdaki süreç iyileştirme faaliyetlerinin yoğunluğunu göstermektedir.



Şekil 27. Ağ Kümelenmesinin VOSviewer Yazılım Programında Haritalanması (Normalize Edilmemiş Kümeleme, Ağırlık: Bağlantılar)

Association strength kümeleme metodu kullanılarak aşağıdaki harita görüntülenmiştir. Association strength kümeleme metodunun birbiri ile ilişkili kavramları tespit ettiği göz

önüne alındığında öne çıkan ilk 3 kavramın değer akış haritalama, sürdürülebilirlik ve verimlilik kavramları olduğu görülmektedir. Kısmen iç içe geçmiş düğüm yapısı bu kavramların birbirleriyle yoğun bağlantılı olduğunu göstermektedir. Ağ farklı perspektiflerden incelendiğinde ortaya çıkan yeni kavramlar ağdaki yönelimin daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır. Bağlantılar ağırlıklandırılarak elde edilen görsel toplam bağlantı gücüne göre ağırlıklandırılmış görsellere daha açıklayıcı bir perspektif getirmiştir. Elde edilen ağ haritası sürdürülebilirlik perspektifinde süreç geliştirmeye yönelik yoğun araştırma yapıldığı göstermektedir.



Şekil 28. Ağ Kümelenmesinin VOSviewer Yazılım Programında Haritalanması (Association Strength Kümeleme Metodu Kullanılmıştır, Ağırlık: Bağlantılar)

Fractionalization kümeleme metodu kullanılarak aşağıdaki ağ haritasına ulaşılmıştır. Elde edilen ağ haritasında değer akış haritalama kavramı ağa hakim yapıdadır. Ağın fraksiyona alınması ile dev bileşen ardındaki düğümler kısmen görünür hale gelmiştir. Elde edilen görselde dev bileşenin ardındaki düğüm yapılanması görülmektedir. Dev bileşen yapısını anlaşılır şekilde gösteren bir görsel elde edilmiştir.



Şekil 29. Ağ Kümelenmesinin VOSviewer Yazılım Programında Haritalanması (Fractionalization Kümeleme Metodu Kullanılmıştır, Ağırlık: Bağlantılar)

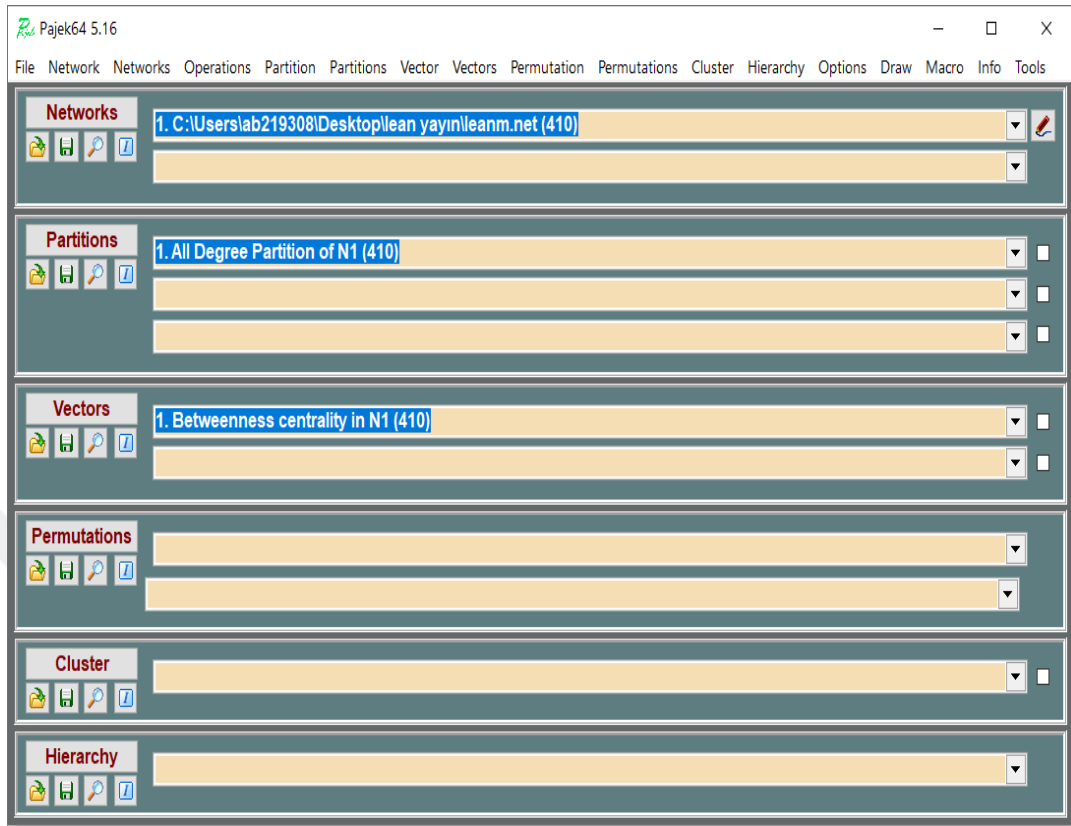
Lin/log modularity kümeleme metodu kullanılarak ağ aşağıdaki gibi haritalanmıştır. Ağ haritasında değer akış haritalama kavramının dev bileşen oluşturduğu ve ağa egemen konumda olduğu görülmektedir. Değer akış haritalama kavramının ardından endüstri 4.0 kavramının öne çıktığı görülmektedir. Lin/log modularity modu ile elde edilen ağ haritasında merkezi düğümlerin ayrıştığı görülmektedir. Endüstri 4.0 kavramı ağ haritasında görünür hale gelmiştir. Endüstri 4.0 kavramının süreç iyileştirme amaçlı kullanılacak metotlardan biri olduğu söylenebilir. Bununla birlikte literatürde endüstri 4.0 kavramı sürdürülebilirlik kavramı ile sıklıkla ilişkilendirilmektedir.



Şekil 30. Ağ Kümelenmesinin VOSviewer Yazılım Programında Haritalanması (Lin/Log Modularity Kümeleme Metodu Kullanılmıştır, Ağırlık: Bağlantılar)

Ağdaki kümelenemenin görsellenmesi sonucu elde edilen haritalarda dev bileşen oluşumu gözlemlenmiştir. Bu bağlamda yalın üretimin sosyal ağının mercek altına alındığı ağ haritalarının süreç iyileştirme çalışmalarının yoğunluğunu işaret ettiği söylenebilir.

Ağın genel durumu incelendikten sonra vektör ve derecelerine göre bölme işlemleri uygulanarak ağın farklı ölçütler üzerinden incelenmesi gerekmektedir. Ağdaki düğümlerin merkezilik derecelerinin ve düğümler arasındaki aracılık kabiliyetlerinin belirlenebilmesi için ağın derece merkeziliği ve arasındalık merkeziliği ölçütlerini hesaplayan algoritmalar aşağıdaki tabloda görüldüğü gibi çalıştırılmıştır.



Şekil 31. Pajek Yazılımında Algoritmanın Çalıştırılması

```

Report
File

=====
VOSviewer called with Network.
=====

Saving network to file --- C:\Users\ab219308\AppData\Local\Temp\Rar$EXa17624.30431\vos.net
Time spent: 0:00:00

=====
All degree centrality of 1. C:\Users\ab219308\Desktop\lean yayın\leanm.net (410)
Time spent: 0:00:00

=====
Betweenness centrality of 1. C:\Users\ab219308\Desktop\lean yayın\leanm.net (410)
Working...
48.78% finished. Time spent: 0:00:00
97.56% finished. Time spent: 0:00:00
Network Betweenness Centralization = 0.09878356
Time spent: 0:00:00

=====
VOSviewer called with Network, Partition and Vector.
=====

Saving network to file --- C:\Users\ab219308\AppData\Local\Temp\Rar$EXa17624.30431\vos.net
Time spent: 0:00:00

Saving partition to file --- C:\Users\ab219308\AppData\Local\Temp\Rar$EXa17624.30431\vos.clu
Time spent: 0:00:00

Saving vector to file --- C:\Users\ab219308\AppData\Local\Temp\Rar$EXa17624.30431\vos.vec
Time spent: 0:00:00

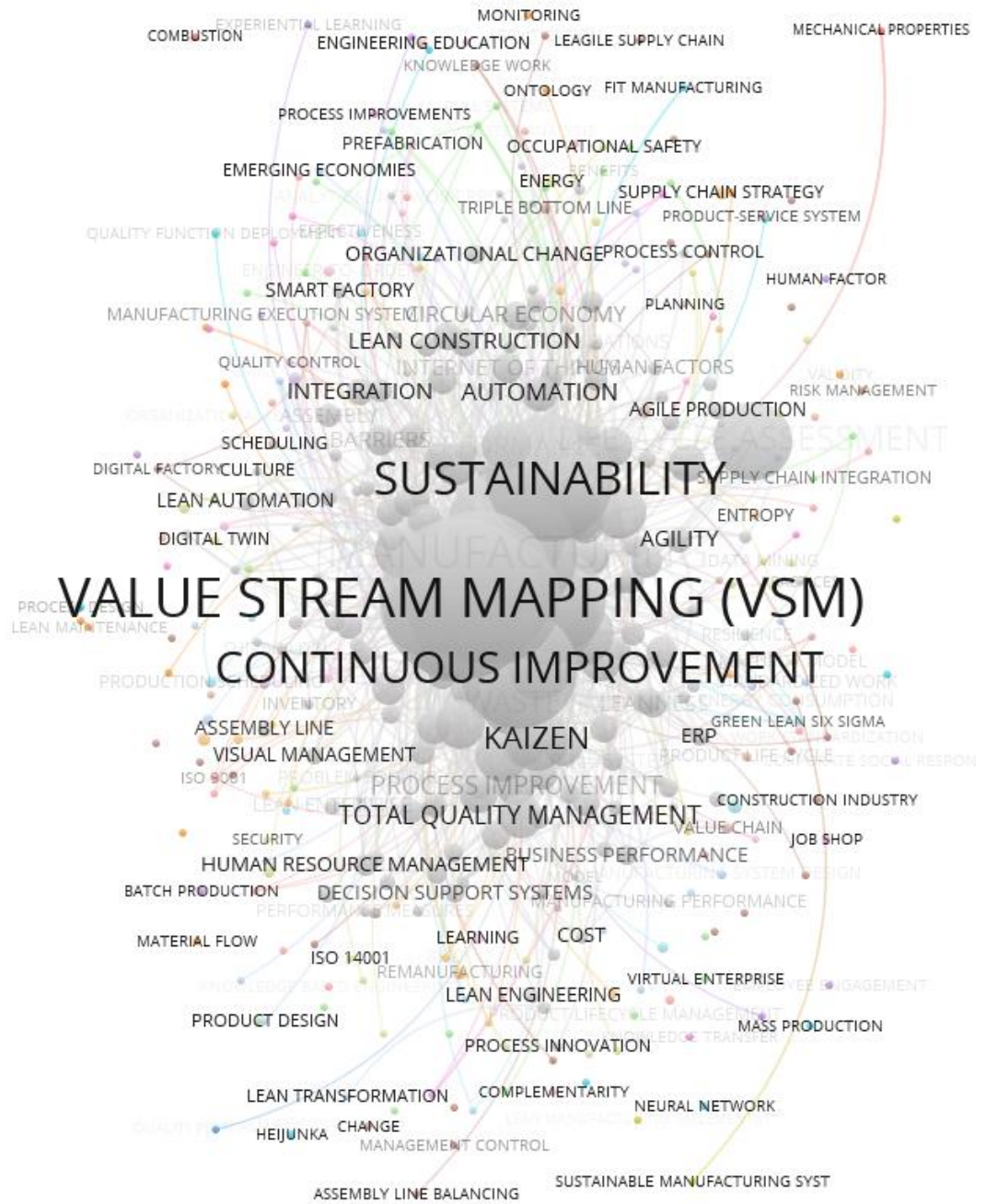
```

Şekil 32. Pajek Yazılımında Algoritmanın Çalıştırılması (Dosyaların Raporlanması)

Algoritmalar çalıştırıldıktan sonra elde edilen ağ haritası aşağıdaki ekran görüntüsünde görülmektedir.

varsayımına dayanarak değer akış haritalama, sürdürülebilirlik, sürekli gelişim kavramlarının ağ kümelenmesinde en önemli kavramlar olarak öne çıktığı söylenebilir. Öne çıkan kavramlar ağda süreç geliştirme ve sürdürülebilirlik yönündeki çalışmaların yoğunluğuna dikkat çekmektedir. Değer akış haritalama kavramının en önemli kavram olarak öne çıkması metodun çok yönlü olarak kullanıldığını düşündürmektedir.

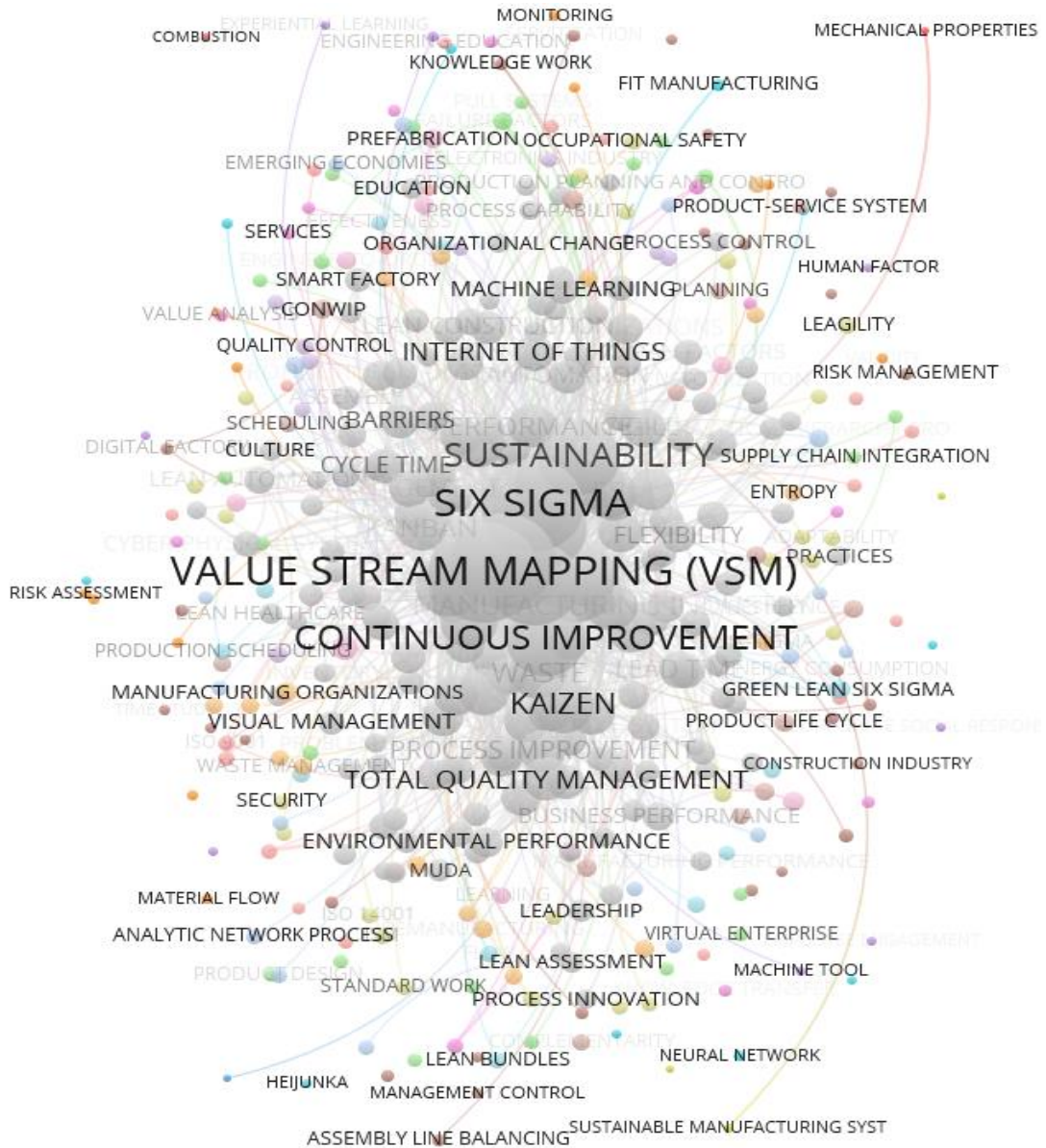
Ağın vektörel ölçülerinin hesaplanması ve bölümlenmesi için Pajek yazılım programına komut verildiğinde ağ haritası kullanıcı tanımlı ağırlık ile gösterilmektedir. Vektör ve bölümlenme için komut verildiğinde ağın arasındalık merkeziliği ve bağlantılılık seviyesi bakımından yerleşim düzeni kullanıcı tanımlı ağırlıklandırma ile ağırlıklandırılmaktadır. Ağın vektör ve bölümlenme bakımından genel görünümünü sunan bu ağırlıklandırma sonrasında ağ bağlantılar ve toplam bağlantı gücü ağırlık alınarak görselleştirilecek ve ağda gerçekleşen değişimler gözlemlenecektir. Görselleştirmeler 3 ağırlıklandırmanın her biri için önceki analizlerde de kullanılan 4 farklı kümeleme metodu kullanılarak da yapılacaktır.



Şekil 35. Ağ Kümelenmesinin VOSviewer Yazılım Programında Haritalanması (Ağırlık: Kullanıcı Tanımlı Ağırlık)

Ağ toplam bağlantı gücü ağırlık alınarak görselleştirildiğinde aşağıdaki ağ haritasına ulaşılmaktadır. Elde edilen ağ haritasında bağlantı sayısı yüksek merkezi düğümlerin değer akış haritalama, altı sigma, sürdürülebilirlik ve sürekli gelişim kavramları olduğu

görülmektedir. Bu kavramların süreç iyileştirmeye dayalı metotlar olduğu düşünüldüğünde ağda süreç geliştirme ve iyileştirme faaliyetlerinin önemi bir defa daha anlaşılmaktadır. Elde edilen ağ haritasında öne çıkan metotların birbirleri ile bağlantılı olmalarına rağmen ayrı düğümler olarak yerleşimi ağda farklı uzmanlık alanlarından yararlanılarak daha etkin çalışmaların yapılmasının hedeflendiği yönünde değerlendirilebilir.



Şekil 36. Ağ kümelenmesinin VOSviewer yazılım programında haritalanması (ağırlık: toplam bağlantı gücü)

Ağdaki bağlantılar ağırlık alınarak ağ görselleştirildiğinde ise aşağıdaki ağ haritasına ulaşılmaktadır. Elde edilen ağ haritasında merkezi düğümlerin kısmen küçüldüğü ve merkezi düğümlere kıyasla arka planda kalan bazı kümelerin daha belirgin hale geldiği görülmektedir. Öne çıkan kavramların değer akış haritalama, sürdürülebilirlik, altı sigma, sürekli gelişim kavramları olduğu görülmektedir. Bu kavramların ardından toplam kalite yönetimi kavramı öne çıkmaktadır. Haritadaki diğer kavramlar genel olarak incelendiğinde süreçleri iyileştirme ve geliştirmeye yönelik çalışmalar yapıldığı anlaşılmaktadır.



yönlerden incelenmesi mümkün olabilmektedir. Bu ağırlıklandırmalar sonrasında kullanıcı tanımlı mod ile ağın vektör ve bölümlene sonrasındaki ilk görünümü de farklı metotlar ile haritalanarak gösterilecektir. İlk olarak toplam bağlantı gücü ağırlıklandırılarak elde edilen normalize edilmemiş ağ haritası aşağıdaki gibi görselleştirilmiştir. Ağ haritasında değer akış haritalama kavramı ağa hakim yapıdadır. Elde edilen harita ağda süreç geliştirme faaliyetlerinin yoğun odaklanılan konu olduğuna ve değer akış haritalama metodunun da bu süreçteki temel mekanizma olduğuna dikkat çekmektedir. Değer akış haritalama kavramının dev bileşen oluşturduğu ve ağdaki düğümlerin hemen hemen tamamını kapsadığı görülmektedir.



Şekil 38. Vosviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Normalize Edilmemiş Kümeleme, Ağırlık: Toplam Bağlantı Gücü)

Association strength kümeleme metodu kullanılarak aşağıdaki ağ haritası elde edilmiştir. Ağda değer akış haritalama kavramının ağa egemen yapıda olduğu görülmektedir. Bununla birlikte bazı kavramların dev bileşenden ayrıştığı ve öne çıktığı bir harita elde edilmiştir. Değer akış haritalama kavramının ardından operasyonel performans ve verimlilik kavramlarının öne çıktığı görülmektedir. Elde edilen harita süreç iyileştirme konusundaki çabaları yansıtmaktadır. Değer akış haritalama metodunun süreçlerin iyileştirilmesi yönünde kullanılan önemli bir araç olduğu belirgin bir şekilde anlaşılmaktadır.



Şekil 39. VOSviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği Ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Association Strength Kümeleme Metodu, Ağırlık: Toplam Bağlantı Gücü)

Fractionalization kümeleme metodu kullanıldığında aşağıdaki ağ haritasına ulaşılmaktadır. Fraksiyonelleştirme ile kümeleme yapıldığında ağdaki dolaylı bağlantıların mercek altına alındığı söylenebilir. Öne çıkan kavramlara bakıldığında değer akış haritalamanın dev bileşen olarak ağda öne çıktığı, toplam kalite yönetimi kavramının da değer akış haritalama kavramının ardında görünür hale geldiği görülmektedir. Elde edilen harita ağdaki süreç iyileştirme çalışmalarına yoğun odaklanma olduğunu göstermektedir. Bu çalışmaların kısmen kaliteyi artırmaya yönelik olarak yapıldığı söylenebilir.



Şekil 40. VOSviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Fractionalization Kümeleme Metodu, Ağırlık: Toplam Bağlantı Gücü)

Lin/log modularity kümeleme metodu kullanıldığında ise ağ aşağıdaki gibi haritalanmaktadır. Ağ haritasında değer akış haritalama kavramının dev bileşen yapısı

oluşturarak öne çıktığı görülmektedir. Çok boyutlu kümeleme özelliği taşıyan lin/log enerji modeli iç içe geçmiş kümelemenin yapısını farklı bir boyuttan yansıtmaktadır. Değer akış haritalama kavramının ardında endüstri 4.0 kavramı görünür hale gelmiştir. Önemli boyutta birbiriyle bağlantılı olan bu kavramların aynı zamanda ağda ayrı önemli kavramlar olduğu ve her birinin literatürde geniş yer tuttuğu söylenebilir. Bu kavramların ağda ayrı boyutlarda önemli olduğu ancak aynı zamanda birbirinden bağımsız olmadığı anlaşılmaktadır.



Şekil 41. VOSviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Lin/Log Modularity Kümeleme Metodu, Ağırlık: Toplam Bağlantı Gücü)

Bağlantılar ağırlık olarak alındığında normalize edilmemiş kümeleme aşağıdaki gibi haritalanmaktadır. Değer akış haritalama kavramının dev bileşen oluşturarak ağa egemen olduğu görülmektedir. Elde edilen görsel ağdaki süreç iyileştirme çalışmalarının yoğunluğunu göstermektedir.



Şekil 42. VOSviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Normalize Edilmemiş Kümeleme, Ağırlık: Bağlantılar)

Bağlantılar ağırlık olarak alındığında Association strength kümeleme metodu kullanılarak yapılan kümelemede aşağıdaki ağ haritasına ulaşılmıştır. Merkezi düğümlerin değer akış haritalama, sürdürülebilirlik ve verimlilik olduğu görülmektedir. Birbiri ile ilişkili kavramların incelenebileceği bir görsel elde edilmiştir. Ortaya çıkan tablo sürdürülebilirlik perspektifinde yapılan süreç iyileştirme çalışmalarını yansıtmaktadır.



Şekil 43. VOSviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Association Strength Kümeleme Metodu Kullanılmıştır, Ağırlık: Bağlantılar)

Fraksiyonel kümelemeye alındığında değer akış haritalama kavramının dev bileşen oluşturduğu görülmektedir. Ağ fraksiyona alındığında dev bileşen ardındaki kümelerin ayrıştığı ve kısmen görünür hale geldiği bir görsel elde edilmiştir. Ortaya çıkan ağ haritası süreç iyileştirme yönündeki çalışmaları yansıtmaktadır. Burada değer akış haritalama metodu bu gelişim için gerekli yol haritasının çizilmesi konusunda kullanılan temel araç niteliğinde yürütülecek faaliyetlerin merkezine yerleşmektedir.



Şekil 44. VOSviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Fractionalization Kümeleme Metodu, Ağırlık: Bağlantılar)

Lin/log enerji modeli ile yapılan kümelemede değer akış haritalama kavramı dev bileşen oluşturmuştur. Değer akış haritalama kavramının ardında endüstri 4.0 kavramı görünür hale gelmiştir. Kısmen ağa egemen yapıda olan bu düğümlerin önceki görsellerde de olduğu gibi ağdaki genel aktiviteyi yansıttığı söylenebilir. Çok boyutlu kümeleme görseli kümeler arasındaki ayrışmayı belirgin olarak göstermektedir.



Şekil 45. VOSviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Lin/Log Modularity Kümeleme Metodu, Ağırlık: Bağlantılar)

Kullanıcı tanımlı modda farklı metotlar ile elde edilen ağ haritalarından ilk olarak normalize edilmemiş kümelenmeyi gösteren ağ haritası aşağıda sunulmuştur. Kullanıcı tanımlı mod vektör ve bölümlenme yapıldıktan sonra ağın arasındalık merkeziliği ve merkezilik derecelerine göre değişen yerleşim düzenini yansıtmaktadır. Normalizasyon yapılmadığında değer akış haritalama kavramının ağa egemen olduğu bir yapı ile karşılaşılmaktadır. Bu durum ağda süreç geliştirme faaliyetleri konusundaki odaklanmanın yoğunluğunu göstermektedir. Düğümler dev bileşen ardında iç içe geçmiş yapıdadır. Bu durum düğümler arasındaki bağlantının yoğunluğuna işaret etmektedir. Değer akış haritalama kavramının ardında yine bir dev bileşen olan üretim sistemlerinin tasarımı kavramı görülmektedir. Ortaya çıkan tablo süreç iyileştirme faaliyetlerinin üretim sistemlerinin bazı parametrelere göre yeniden tasarımı ile yapıldığını anlatmaktadır. Bu kavramların ardından sürdürülebilir üretim sistemleri kavramının ortaya çıkması üretim sistemlerinin yeniden tasarlanmasının arka planında sürdürülebilirlik perspektifinin bulunduğunu göstermektedir.



Şekil 46. Vosviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Normalize Edilmemiş Kümeleme, Ağırlık: Kullanıcı Tanımlı Ağırlık)

Association strength kümeleme metodu kullanıldığında ağ aşağıdaki gibi görüntülenmektedir. Metot birbiri ile etkileşimde olan sözcükleri belirleme kabiliyeti sayesinde ağdaki bağlantılılığı göstermekle birlikte bağlantılı kavramların incelenmesine olanak sağlayan çizimler ortaya koymaktadır. Ağ Association strength kümeleme metodu kullanılarak haritalandığında değer akış haritalama, sürdürülebilirlik ve verimlilik kavramlarının öne çıktığı bağlantılılığı yüksek çok boyutlu bir görsel ortaya çıkmaktadır. Düğümler dev bileşen ardında iç içe geçmiş yapıda olmasına karşın yakın etkileşim halindeki önemli kavramların haritada görünür hale geldiği görülmektedir. İlişkili kavramların ortak kesişimleri dikkate alındığında bağlantılılıklarının yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum kavramların birlikte kullanıldığı bir yapıya dikkat çekmektedir. Değer akış haritalama metodunun sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda bir araç olarak kullanıldığı anlaşılmaktadır. Ağda öne çıkan kavramların hepsi süreç geliştirme faaliyetlerini işaret etmektedir. Ağda süreç gelişimi konusuna oldukça önem verildiği ve bu konuda yoğun çalışmalar yapıldığı açıktır.



Şekil 47. VOSviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Association Strength Kümeleme Metodu, Ağırlık: Kullanıcı Tanımlı Ağırlık)

Fractionalization kümeleme metodu kullanılarak ağ kümelendiğinde aşağıdaki ağ haritasına ulaşılmaktadır. Fraksiyona alınan haritanın dolaylı bağlantıdan dolayı bağlantılı olduğu ilk bakışta fark edilmeyen kavramları ortaya çıkardığı söylenebilir. Ağ haritasında değer akış haritalama metodunun dev bileşen oluşturarak ağı kapsayan ve ağı egemen olan bir yapı ortaya koyduğu görülmektedir. Elde edilen bulgular süreç iyileştirme çalışmalarının yoğunluğunu göstermektedir. Ağ fraksiyona alındığında dev bileşen ardındaki düğümlerin kısmen ayrıştığı görülmektedir. Dolaylı bağlantılı kavramların da dev bileşen ardında yerleşimi ağda yüksek bağlantılı bir yapıyı işaret etmektedir.



Şekil 48. VOSviewer yazılım programında derece merkeziliği ve arasındalık merkeziliği ölçütlerine göre ağın haritalanması (Fractionalization kümeleme metodu, ağırlık: kullanıcı tanımlı ağırlık)

Lin/log modularity kümeleme metodu kullanıldığında ağ aşağıdaki gibi görselleştirilmektedir. Modelin çok boyutlu görselleme kabiliyeti dev bileşen oluşturan düğümlerin iç içe geçmiş yapısını başka bir perspektiften göstermektedir. Değer akış

haritalama kavramının dev bileşen olarak ağa egemen yapıda olduğu görülmektedir. Bu kavramın hemen ardında Endüstri 4.0 kavramının dev bileşen olarak ortaya çıktığı görülmektedir. Lin/log modularity modu küme ayrışmasını net bir şekilde göstermektedir. Bununla birlikte Lin/log modularity modunun itme-çekme ve toplulukları ayırma prensibindeki davranışı sayesinde düğümlerin dev bileşen altında iç içe geçmiş yapısı anlaşılır şekilde görselleştirilmiştir. Ağdaki diğer merkezi düğümler kısmen görünür hale gelmiştir. Elde edilen harita ağda süreç iyileştirme faaliyetlerinin yoğunluğunu göstermektedir.



Şekil 49. VOSviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Lin/Log Modularity Kümeleme Metodu, Ağırlık: Kullanıcı Tanımlı Ağırlık)

Yayınlardaki anahtar sözcüklerin analizi sonucu elde edilen haritalarda dev bileşen oluşumu nedeniyle dev bileşen ardındaki düğümlerin bilgisini tespit etmek için rapor alınmıştır. Elde edilen raporda ilk 20 düğüme ait bilgiler aşağıdaki tabloda sunulmuştur. Derece merkeziliği ölçütü için elde edilen listede sürdürülebilirlik kavramının 6. sırada, arasındalık merkeziliği için elde edilen listede ise 4.sırada bulunduğu görülmektedir. Elde edilen rapordan da anlaşılacağı gibi sürdürülebilirlik kavramının ağda önem seviyesi en yüksek düğümlerden biri olduğu tespit edilmiştir.

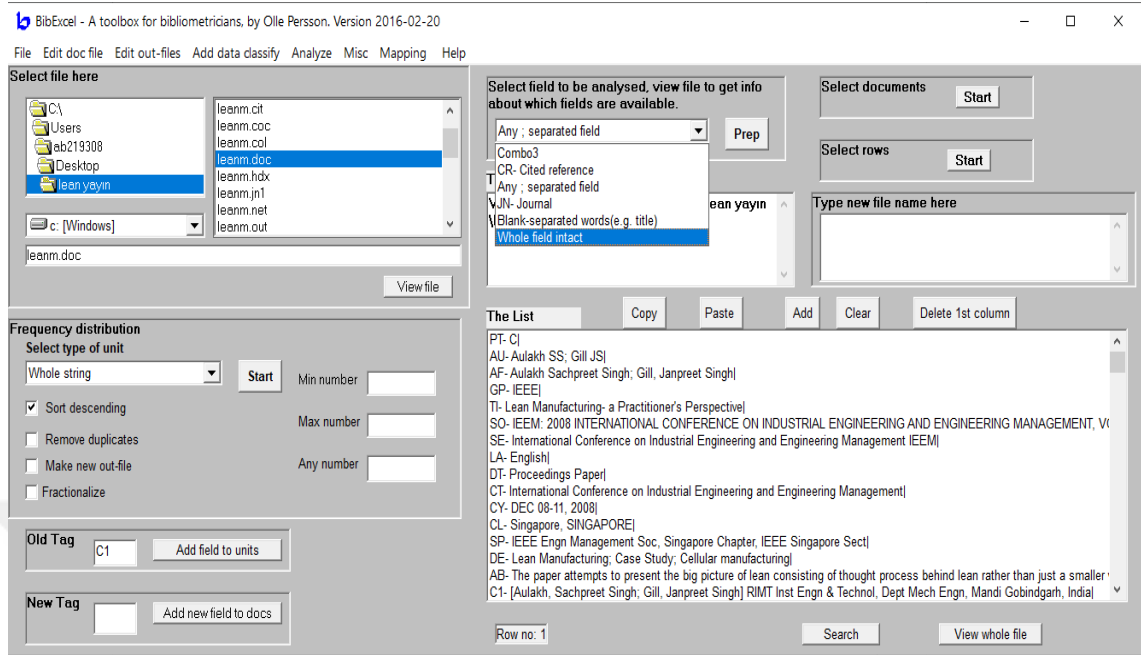
Tablo 6. Derece Merkeziliği ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Merkeziliği Yüksek İlk 20 Düğüm

Derece Merkeziliği ve Arasındalık Merkeziliği Yüksek Dğümler	
LABELS (DEGREE; ALL)	LABELS (BETWEENNESS; CENTRALITY)
VALUE STREAM MAPPING (VSM)	VALUE STREAM MAPPING (VSM)
INDUSTRY 4.0	INDUSTRY 4.0
SIX SIGMA	LEAN MANAGEMENT
MANUFACTURING	SUSTAINABILITY
LEAN MANAGEMENT	MANUFACTURING
SUSTAINABILITY	SIX SIGMA
CONTINUOUS IMPROVEMENT	CONTINUOUS IMPROVEMENT
LEAN SIX SIGMA (LSS)	SUPPLY CHAIN MANAGEMENT
SME	SME
SUPPLY CHAIN MANAGEMENT	LEAN SIX SIGMA (LSS)
PRODUCTIVITY	SIMULATION
SIMULATION	LIFE CYCLE ASSESSMENT
JUST-IN-TIME (JIT)	PLASTIC
WASTE	PRODUCTIVITY
KAIZEN	MANUFACTURING INDUSTRY
QUALITY	KAIZEN
MANUFACTURING INDUSTRY	MANUFACTURING SYSTEM
SS	WASTE
MANUFACTURING SYSTEM	JUST-IN-TIME (JIT)
TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM)	QUALITY

Tablo 6 -

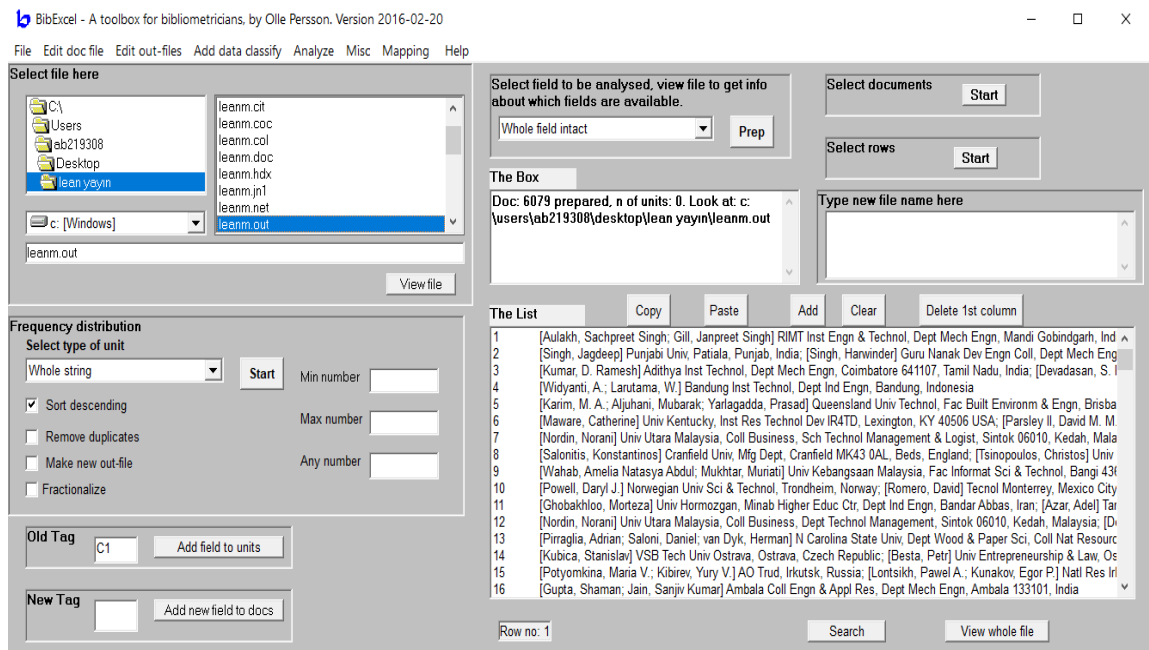
4.1.3. Etkin Ülkelerin Belirlenmesi

Etkin ülke ve araştırma kuruluşlarının tespit edilebilmesi için öncelikle verinin parçalanarak analize hazır hale getirilmesi gerekmektedir. Bu işlem için doc dosyası seçiliyken yazarların adres bilgilerinin bulunduğu ‘c1’ alanı ‘old tag’ sekmesine yazılır ve bozulmamış alanların analizi için aşağıdaki ekran görüntüsünde görüldüğü gibi ilgili komut verilir.



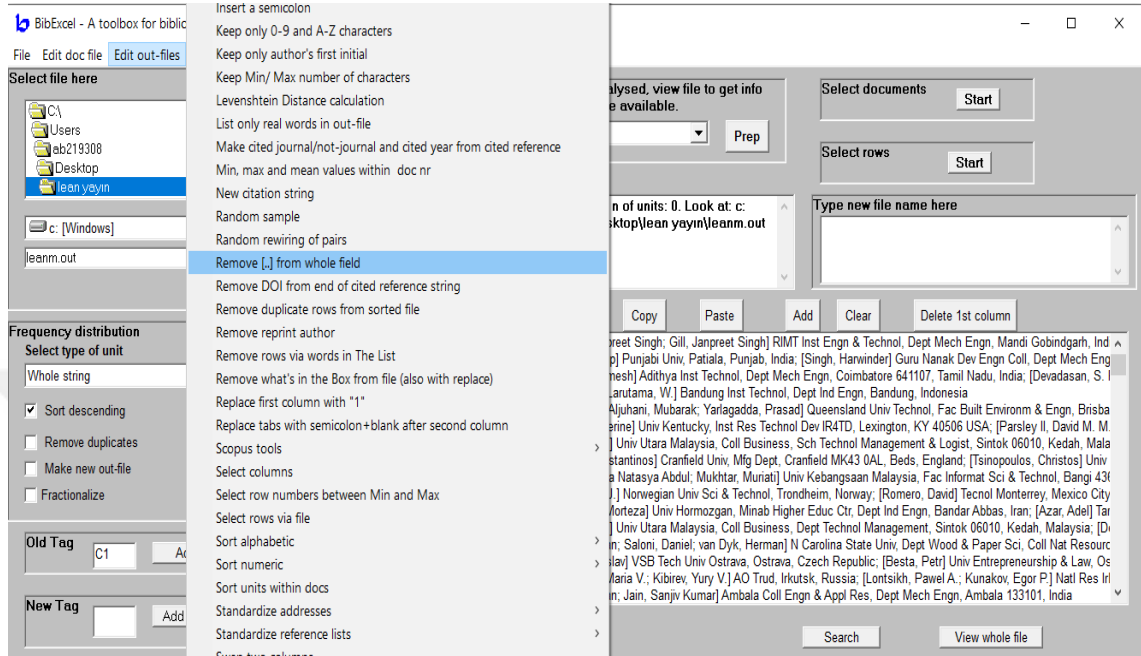
Şekil 50. Bibexcel Yazılım Programında Verinin Parçalanması

Böylece c1 alanındaki bilgiler out dosyası halinde aşağıdaki ekran görüntüsünde görüldüğü gibi düzenlenmiştir.



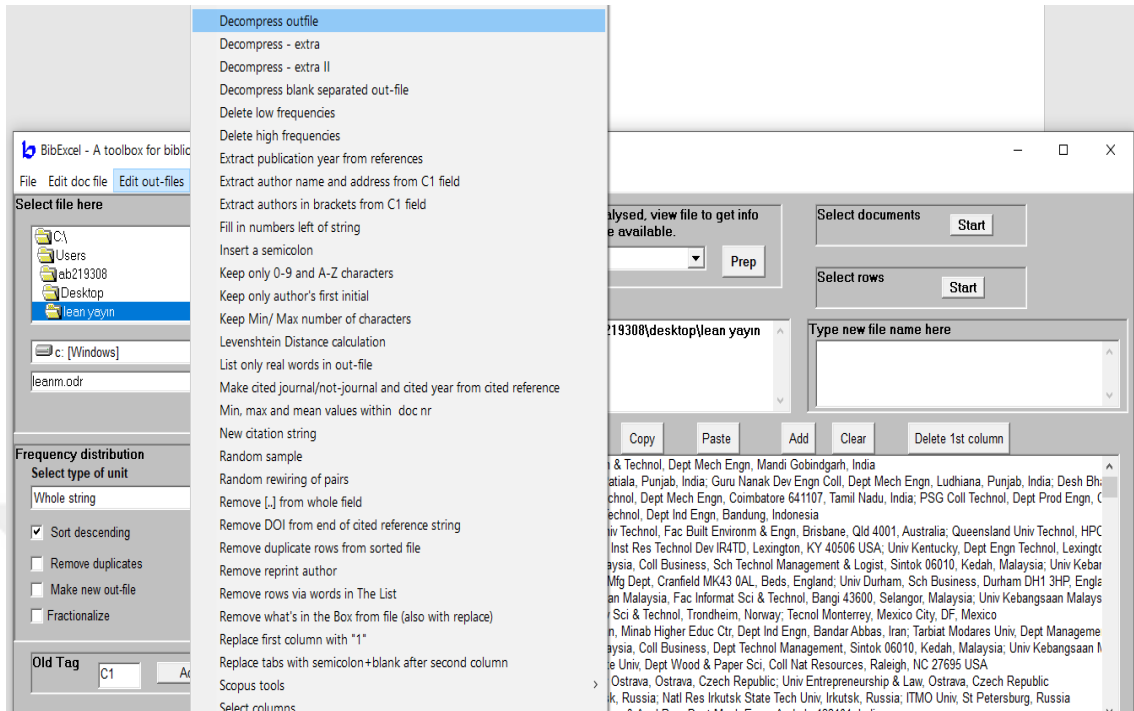
Şekil 51. C1 Alanındaki Bilgilerin Out Dosyasında Görüntülenmesi

Veri temizliği aşamasında köşeli parantezler aşağıdaki ekran görüntüsünde gösterilen komutlar doğrultusunda dosyadan çıkartılmıştır.



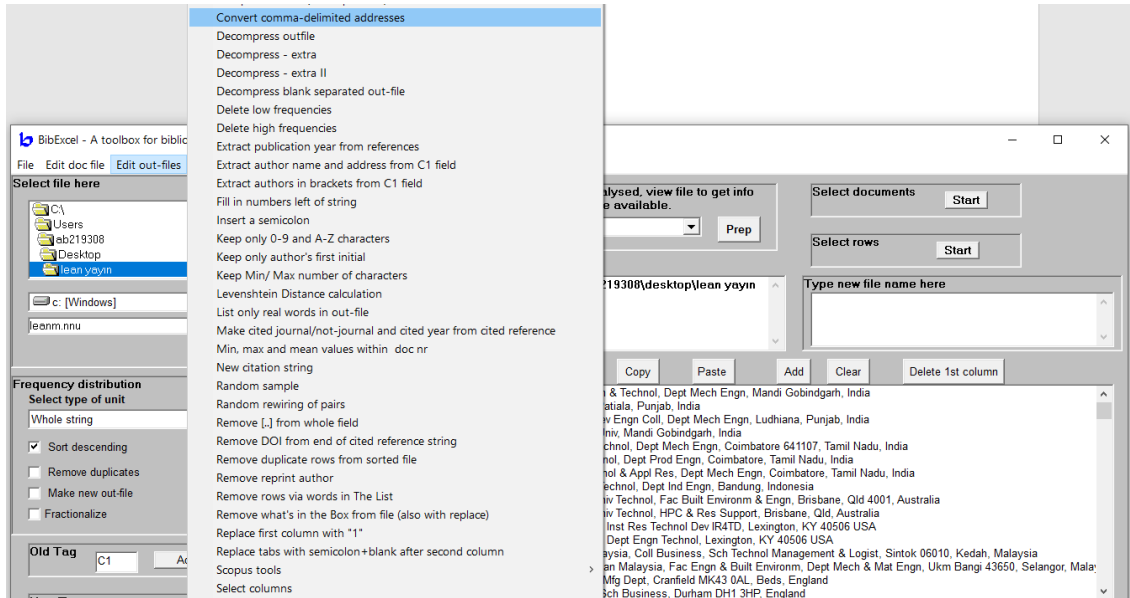
Şekil 52. Veri Temizliği, Köşeli Parantezlerin Çıkartılması

Bu aşamadan sonra yan yana yazılmış atıfların alt alta yazılması için aşağıdaki ekran görüntüsünde gösterilen komutlar verilmiştir.



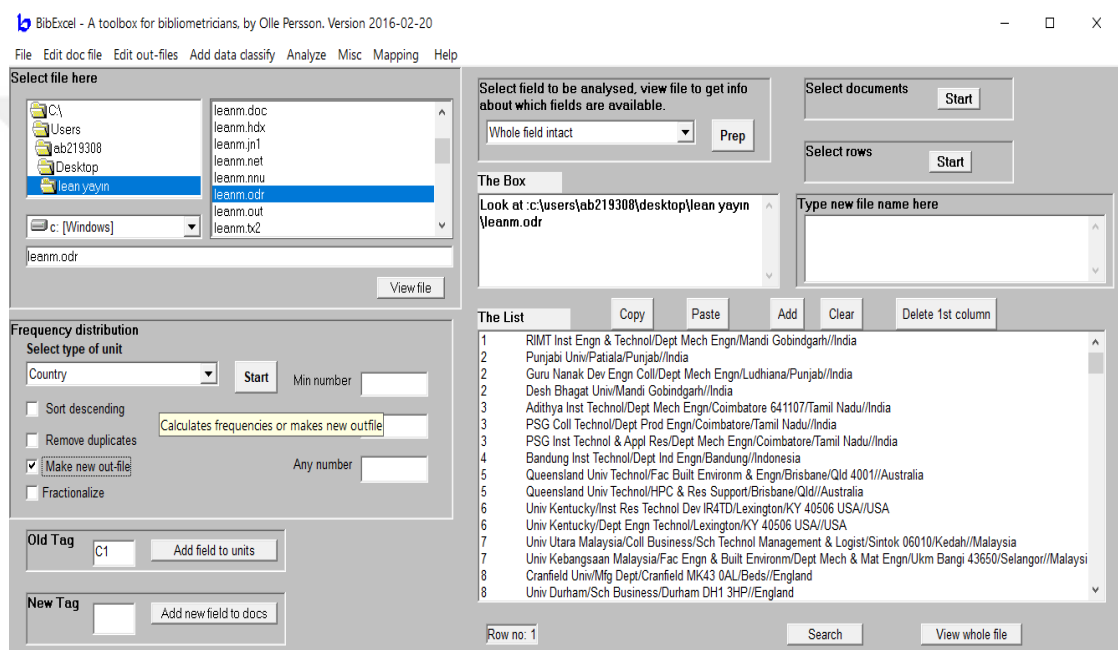
Şekil 53. Atıf Bilgilerinin Alt Alta Yazılması

Sonra tüm verilerin ayrı karakterler olduğunu tanımlamak için aşağıdaki ekran görüntüsünde gösterilen komutlar verilmiştir.



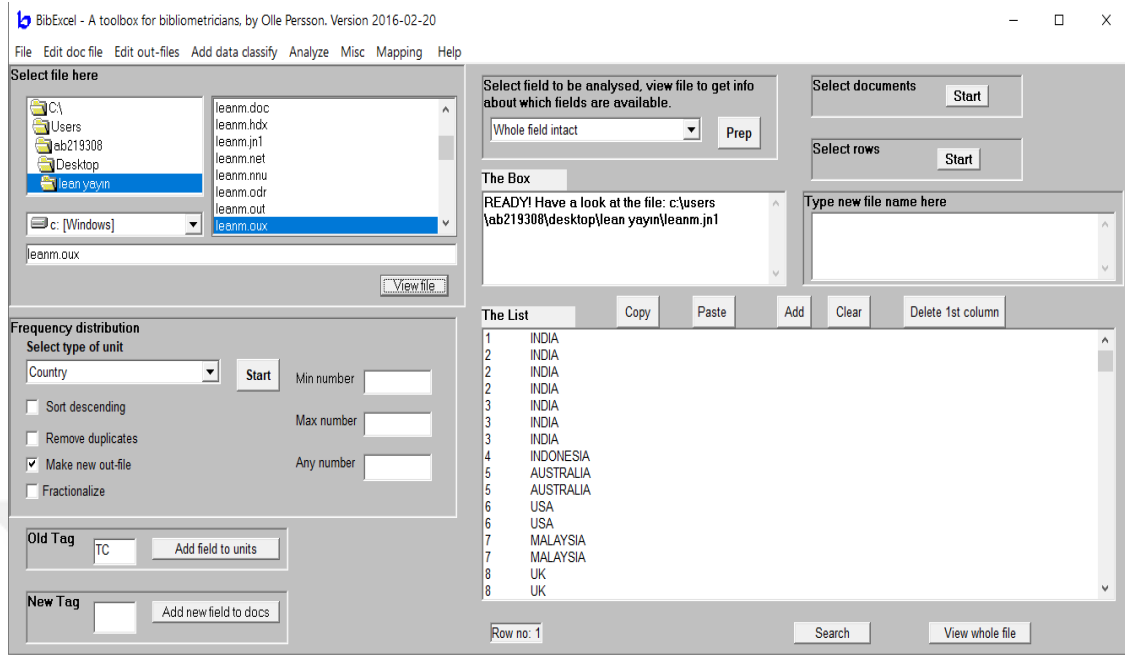
Şekil 54. Verilerin Ayrı Karakterler Olduğunun Tanımlanması

Bu işlemler sonucunda aşağıda ekran görüntüsü sunulan ‘odr’ dosyası oluşur. Notepad programı yardımı ile dosyadaki metin dizisi büyük harfe çevrilir. Böylece veri parçalanarak analize hazır hale getirilmiş olur. Bu aşamadan sonra etkin ülke ve araştırma kuruluşlarının analizi için işlemlerin yapılacağı ana dosya odr dosyasıdır. İlk olarak ülkelerin ayrıştırılıp analiz edilmesi için odr dosyası seçiliyken frekans dağılımı sekmesinde ülke seçeneği seçilir ve yeni out dosyası oluşturulması için komut verilir. Bu işlem adımını gösteren ekran görüntüsü aşağıda verilmiştir.



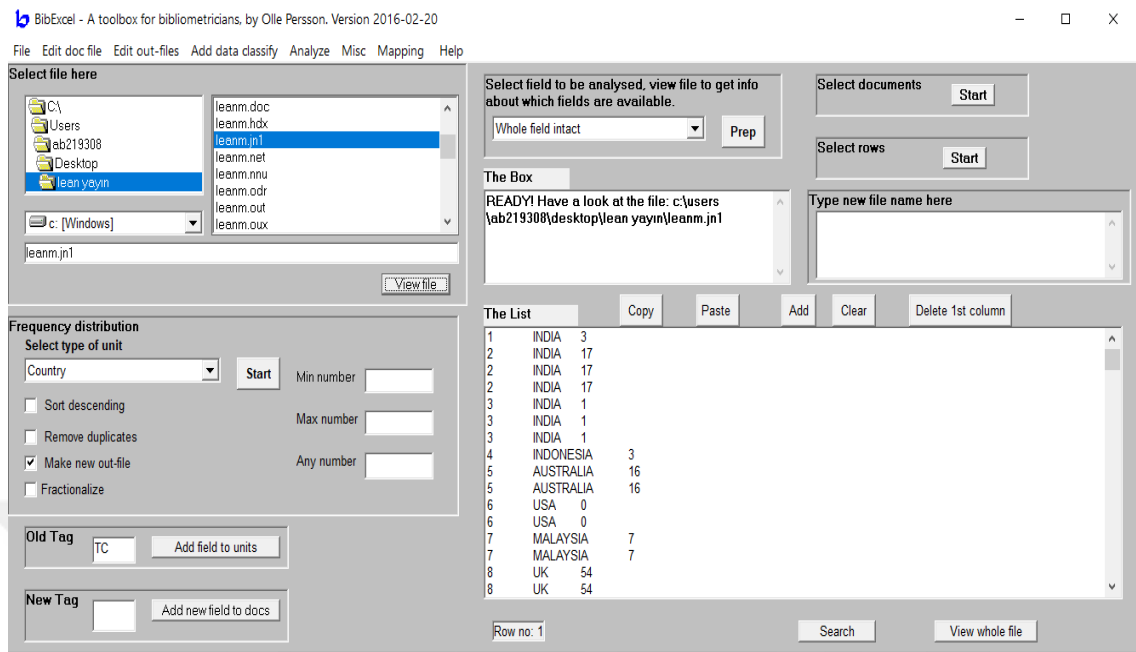
Şekil 55. Ülkelerin Analizi İçin Out Dosyasının Oluşturulması

Oluşturulan out dosyasının ekran görüntüsü aşağıdaki gibidir.



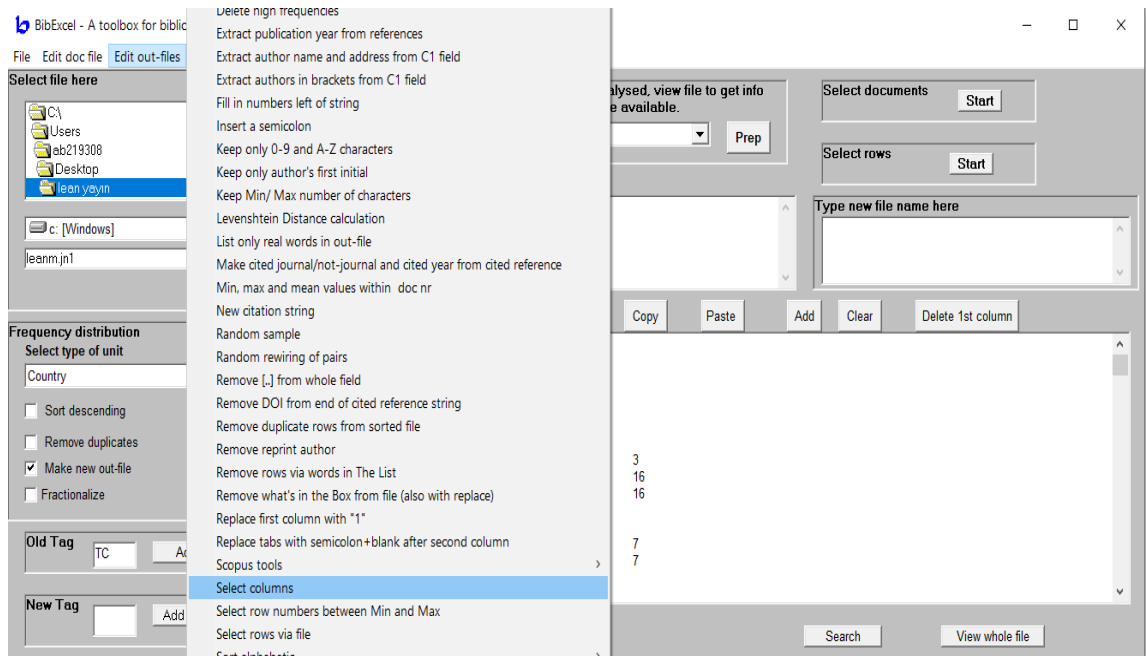
Şekil 56. Ülkeler İçin Oluşturulan Out Dosyasının Görüntülenmesi

Ortak yazarlıklara ait ülke bilgilerini gösteren verilerin yanına yayınların atıf sayılarının yazdırılması için “old tag” sekmesine “tc” ikili kodu yazılır ve yeni ünite eklenmesi için “add field to units” komutu verilir. Bu işlem adımları sonucunda atıf bilgileri ile yayınların yazarlarının ülke bilgilerinin birlikte bulunduğu aşağıdaki ekran görüntüsüne ulaşılır.



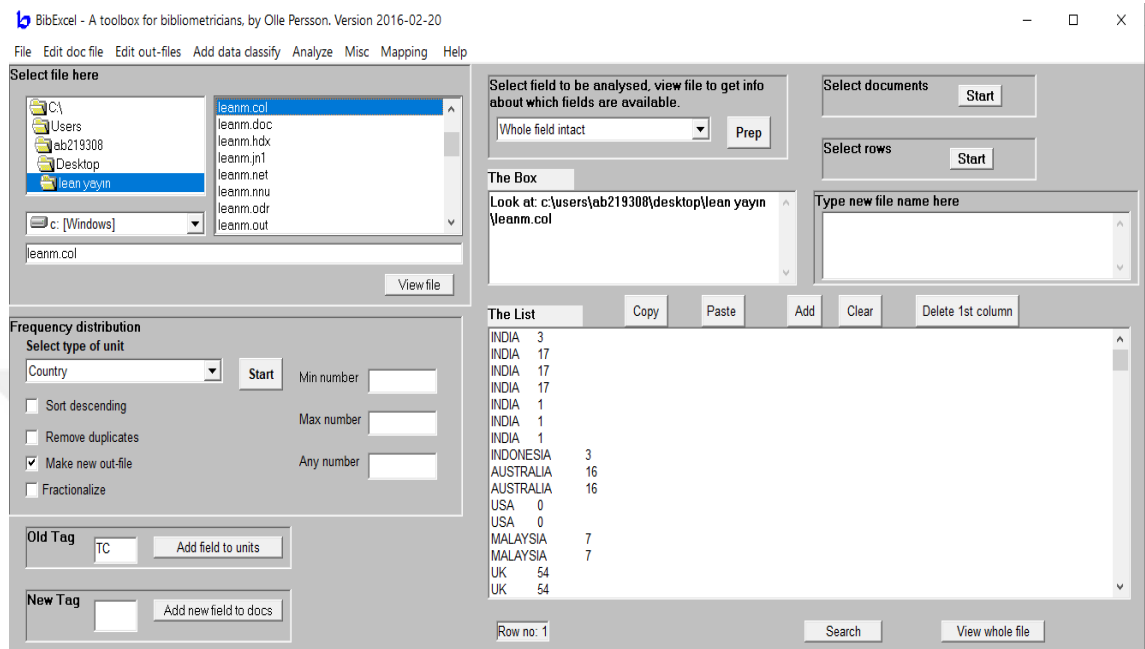
Şekil 57. Ülkelerin Atıf Sayılarının Yazdırılması

Yayın numaralarını gösteren birinci sütun 2 ve 3 nolu sütunun bilgisi "the box" alanına yazıldıktan sonra aşağıda ekran görüntüsünde verilen komutlar ile devre dışı bırakılır.



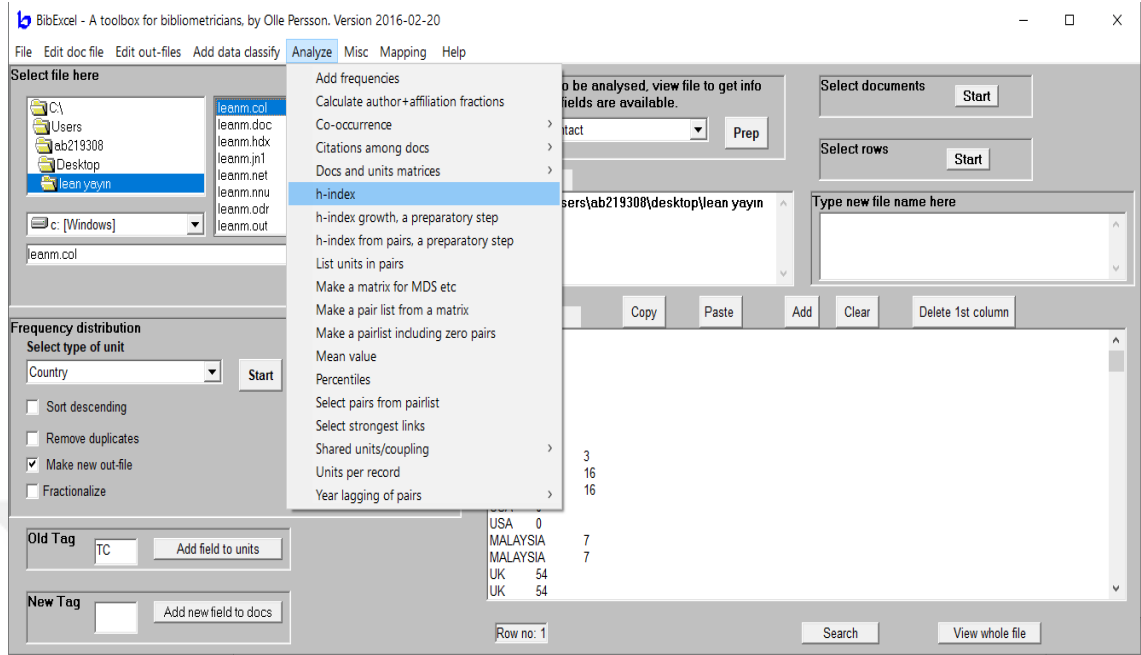
Şekil 58. Analize Dahil Edilmeyecek 1.Sütunun Çıkartılması

Böylece yayınlara ait ülke ve atıf bilgilerinin bulunduğu aşağıdaki ekran görüntüsüne ulaşılır.



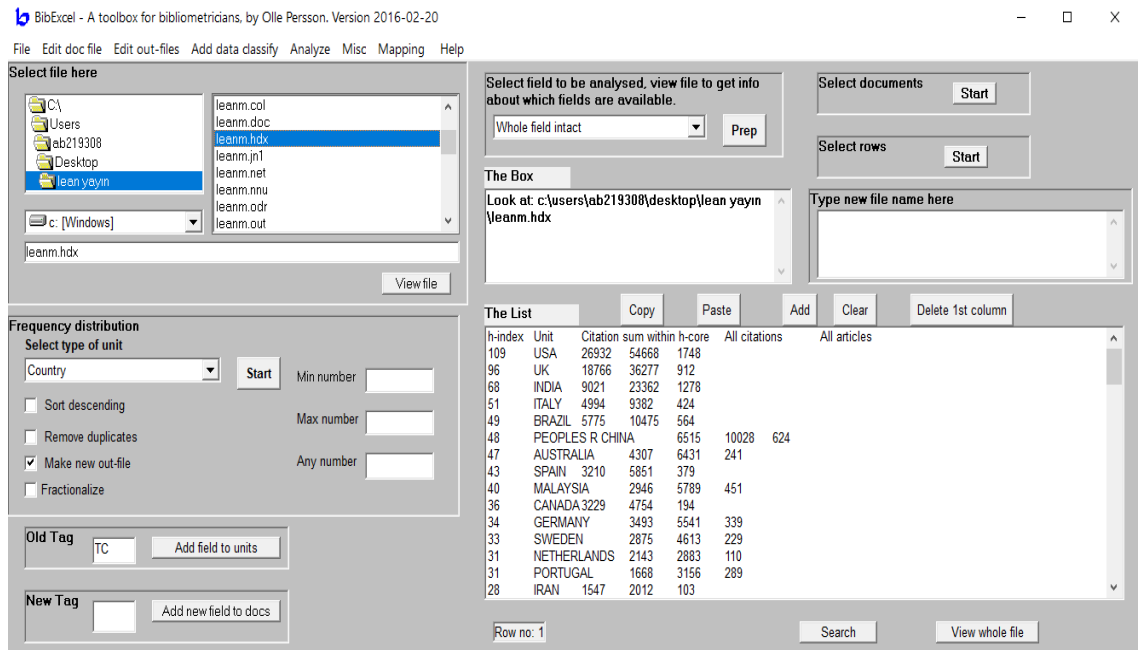
Şekil 59. 1.Sütun Çıkartıldıktan Sonra Ülke Ve Atıf Bilgilerinin Bulunduğu Ekran Görüntüsü

Sonra aşağıdaki ekran görüntüsünde gösterilen komutlar verilerek yayınların h-indeksi hesaplatılır.



Şekil 60. Yayınların h-İndekslerinin Hesaplatılması

H-indeksi hesaplaması sonrasında oluşan hdx dosyasının bilgilerinin bulunduğu ekran görüntüsü aşağıda gösterilmektedir.



Şekil 61. H-İndeksi Hesaplandıktan Sonra Oluşan Hdx Dosyasının Görüntülenmesi

Oluşturulan hdx dosyasında h-indeksine konu olan yayın sayısı, toplam yayın sayısı, h-indeksindeki yayınların sayısı ve toplam atıf sayısına göre ülke sıralaması oluşturulmuş ve bu parametrelerde en yüksek değerlere sahip olan ilk 20 ülkenin bilgisi her parametre için ayrı olarak belirlenmiş ve aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 7. Farklı Parametreler İçin En Etkin Ülkelerin Sıralaması

Citation sum within h-core	All citations	All articles	h-index
USA	USA	USA	USA
UK	UK	INDIA	UK
INDIA	INDIA	UK	INDIA
PEOPLES R CHINA	BRAZIL	PEOPLES R CHINA	ITALY
BRAZIL	PEOPLES R CHINA	BRAZIL	BRAZIL
ITALY	ITALY	MALAYSIA	PEOPLES R CHINA
AUSTRALIA	AUSTRALIA	ITALY	AUSTRALIA
GERMANY	SPAIN	SPAIN	SPAIN
CANADA	MALAYSIA	GERMANY	MALAYSIA
SPAIN	GERMANY	PORTUGAL	CANADA
MALAYSIA	CANADA	AUSTRALIA	GERMANY
SWEDEN	SWEDEN	SWEDEN	SWEDEN
NETHERLANDS	PORTUGAL	POLAND	PORTUGAL
FRANCE	FRANCE	FRANCE	NETHERLANDS
DENMARK	NETHERLANDS	CANADA	TAIWAN
TAIWAN	TAIWAN	MEXICO	IRAN
TURKEY	TURKEY	TAIWAN	TURKEY
BELGIUM	DENMARK	NORWAY	FRANCE
PORTUGAL	IRAN	INDONESIA	JAPAN
IRAN	JAPAN	JAPAN	IRELAND

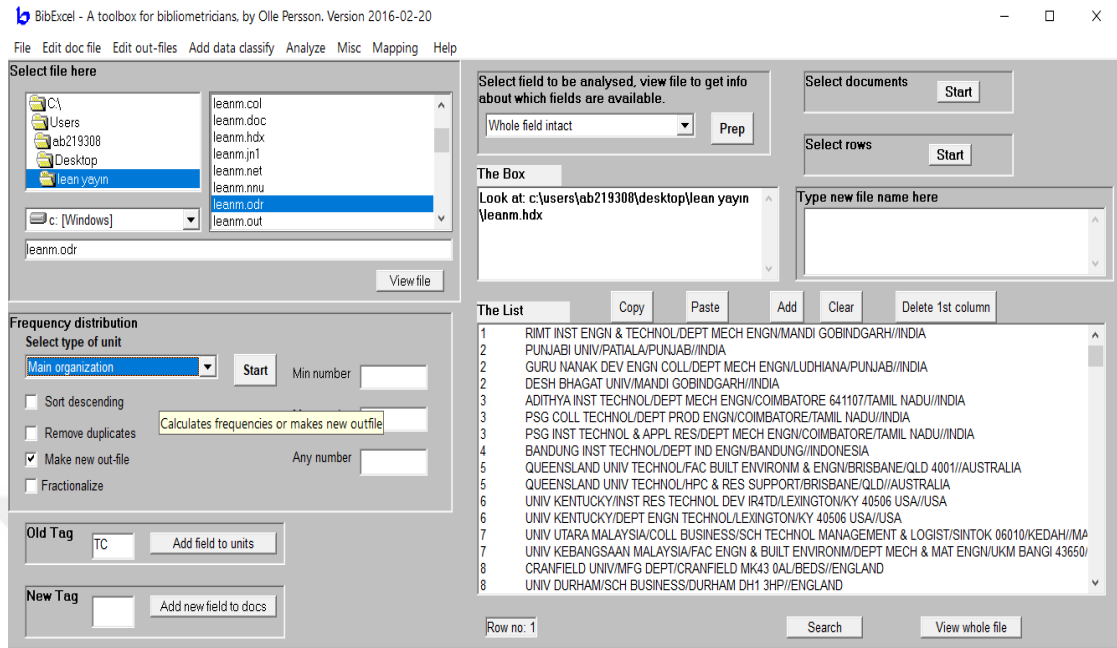
Ortaya çıkan tabloda yöntem Japonya tarafından geliştirilmesine karşın Amerika, İngiltere ve Hindistan'ın araştırmalarının araştırma sayısı ve etkinliği bakımından literatürde en yüksek paya sahip olduğu görülmektedir. Bu ülkeleri Çin ve Brezilya takip etmektedir. Türkiye'nin yayınları en çok atıf alan ülkeler, h-indeks'e konu olan yayın sayısına göre en etkin ülkeler ve h-indeks'inde yayın sayısına göre en etkin ülkeler kategorilerinde 17. sırada olduğu görülmektedir. Türkiye'nin yayın sayısı en fazla olan ilk 20 ülke içinde olmamasına karşın diğer kategorilerde ilk 20 sıralamada olması yayın

kalitesinin yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Japonya'nın yöntemin menşei olmasına karşın listenin sonunda yer aldığı görülmektedir.

Elde edilen sonuçlar Japonya'nın bu konudaki araştırmalarını tamamladığını düşündürmektedir. Amerika'nın tüm kategorilerde ilk sırada olması yalın üretim sistemine gösterdiği yoğun ilgiyi yansıtmaktadır. Amerika menşeli EPA (Environmental protection agency) çevre koruma ajansının internet sitesinde yalın üretim sistemine ait kılavuzların ve eğitim programlarının yoğun bir şekilde bulunması Amerika'nın sistemi yaygınlaştırma konusundaki çabasını yansıtmaktadır. Bununla birlikte yalın üretimin sürdürülebilirlik odaklı üretim sistemlerine geçiş için önemli bir araç olarak görüldüğünü de göstermektedir. İngiltere'nin Amerika'nın hemen ardından araştırma sayısı ve etkinliği açısından önde gelen ülke olduğu görülmektedir. İngiltere menşeli üretim alanında yayınlanan The Manufacturer dergisinde İngiltere'de yalın uygulamaları ve prensiplerinin yoğun uygulandığı ancak sektördeki uygulama örneklerinin pek paylaşılmadığı Amerika'ya ait örneklerin ön planda olduğuna değinilmiştir (The manufacturer, 2015). Hindistan'ın İngiltere'nin ardından bu konuda önde gelen ülke olduğu görülmektedir. Tez çalışmasının literatür taraması kısmında yalın üretimin sürdürülebilirlik üzerindeki etkisinin araştırıldığı çalışmalarda Hindistan'ın araştırma sayısının yoğunluğunun dikkat çektiğine değinilmiştir. Araştırmalar ile ilgili farklı parametrelerde ilk 3 sıralamada bulunması Hindistan'ın bu konuda yoğun ve etkin çalışma içerisinde olduğunu göstermektedir.

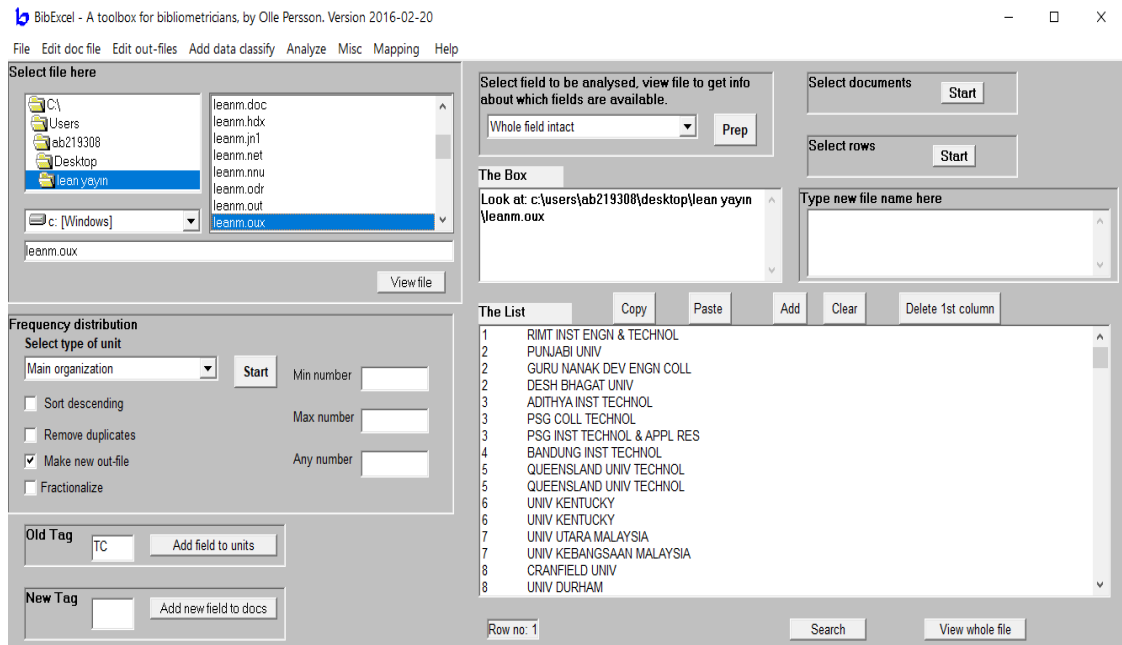
4.1.4. Etkin Araştırma Kuruluşlarının Belirlenmesi

Etkin araştırma kuruluşlarının belirlenmesi için odr dosyası seçiliyken frekans dağılımı sekmesinde ‘‘ana organizasyon’’ seçeneği seçilerek başlat komutu verilir. İşlem adımını gösteren ekran görüntüsü aşağıda verilmiştir.



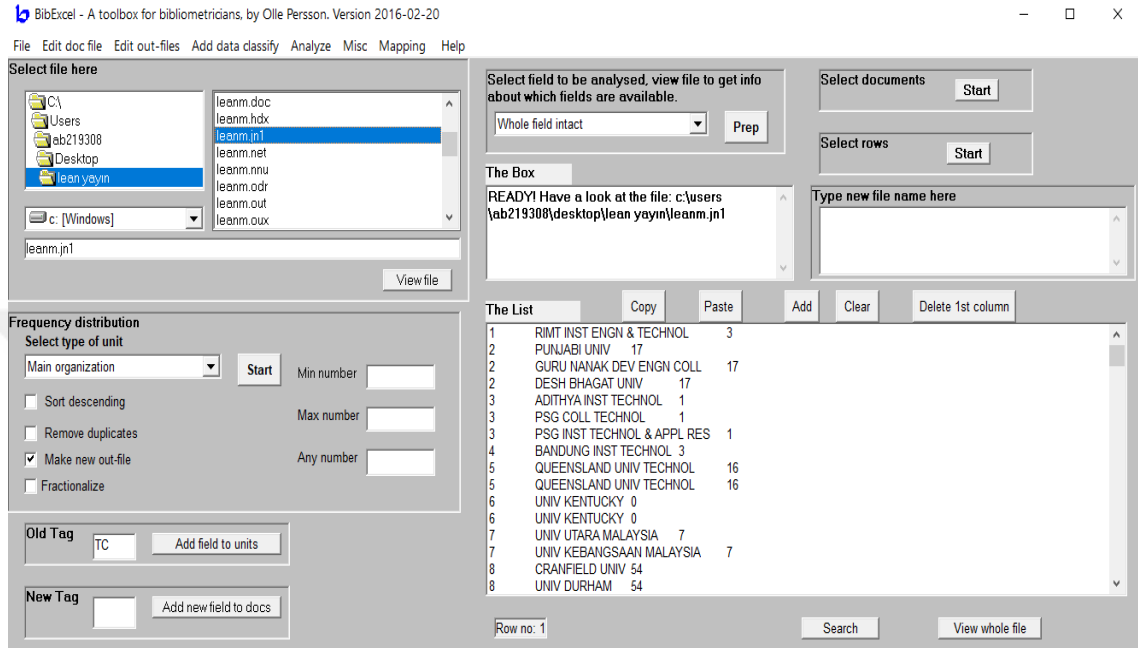
Şekil 62. Araştırma Kuruluşlarının Analizi İçin Out Dosyasının Oluşturulması

Böylece yeni out dosyası aşağıdaki ekran görüntüsünde gösterildiği gibi oluşturulur.



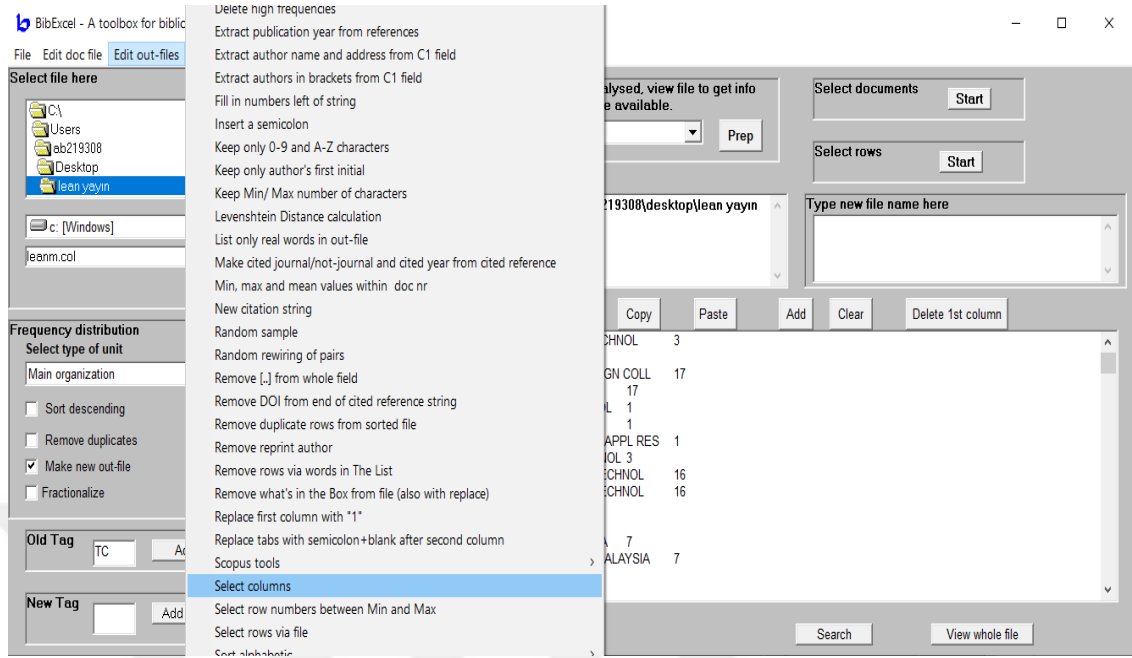
Şekil 63. Araştırma Kuruluşlarına Ait Out Dosyasının Görüntülenmesi

Sonra “old tag” sekmesine “tc” ikili kodu yazılarak yayınların ve araştırma kurumlarının bilgilerinin yanına atıf sayıları yazdırılır. Böylece atıf sayılarının da bulunduğu aşağıdaki ekran görüntüsüne ulaşılır.



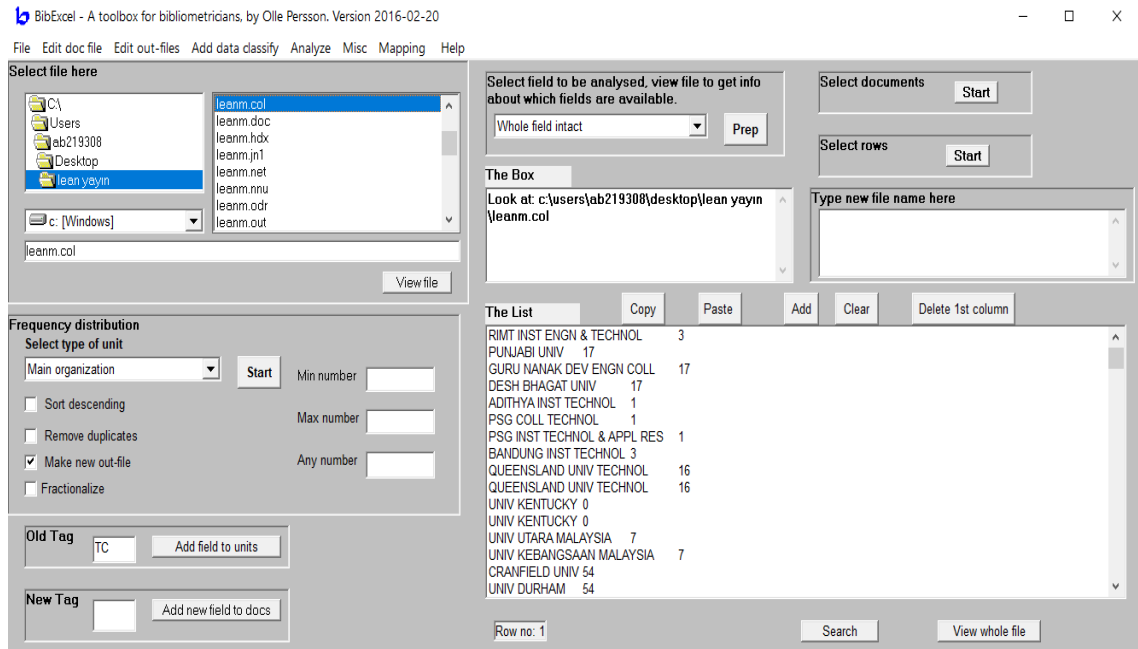
Şekil 64. Araştırma Kuruluşlarının Yayına Atıf Sayılarının Yazdırılması

Yayın numaralarının bulunduğu ilk sütunun devre dışı bırakılması için 2 ve 3 nolu sütunun bilgisi “the box” alanına yazıldıktan sonra aşağıda ekran görüntüsünde gösterilen komutlar verilir.



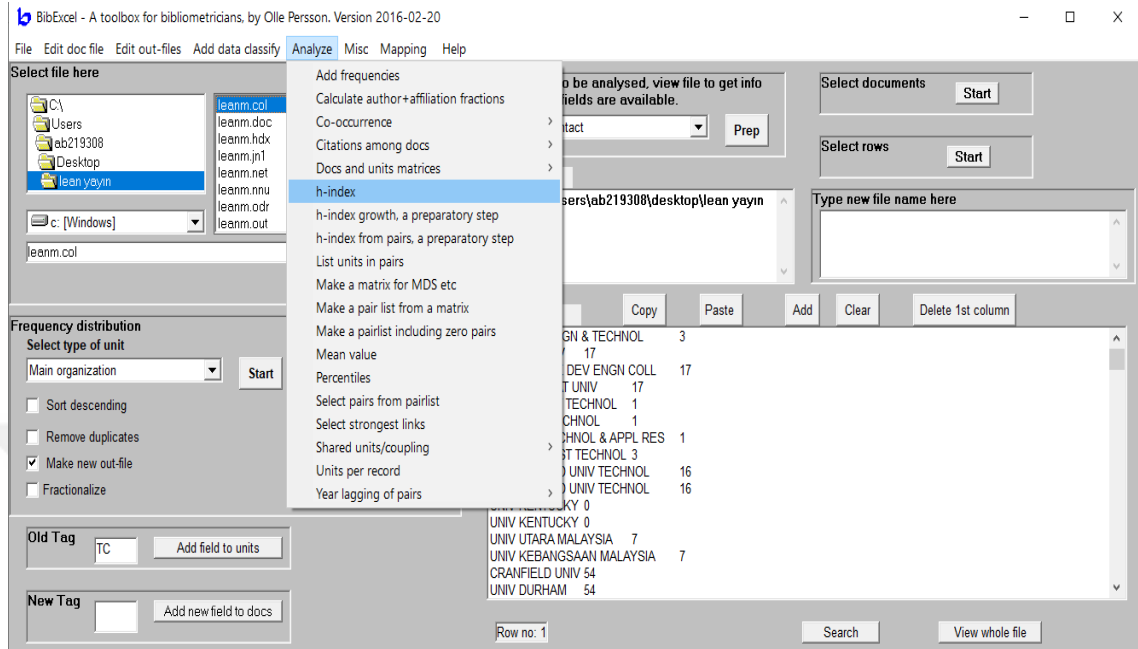
Şekil 65. Analize Dahil Edilmeyecek 1. Sütunun Devre Dışı Bırakılması

Böylece araştırma kuruluşları ve atıf sayılarının bulunduğu aşağıdaki ekran görüntüsüne ulaşılır.



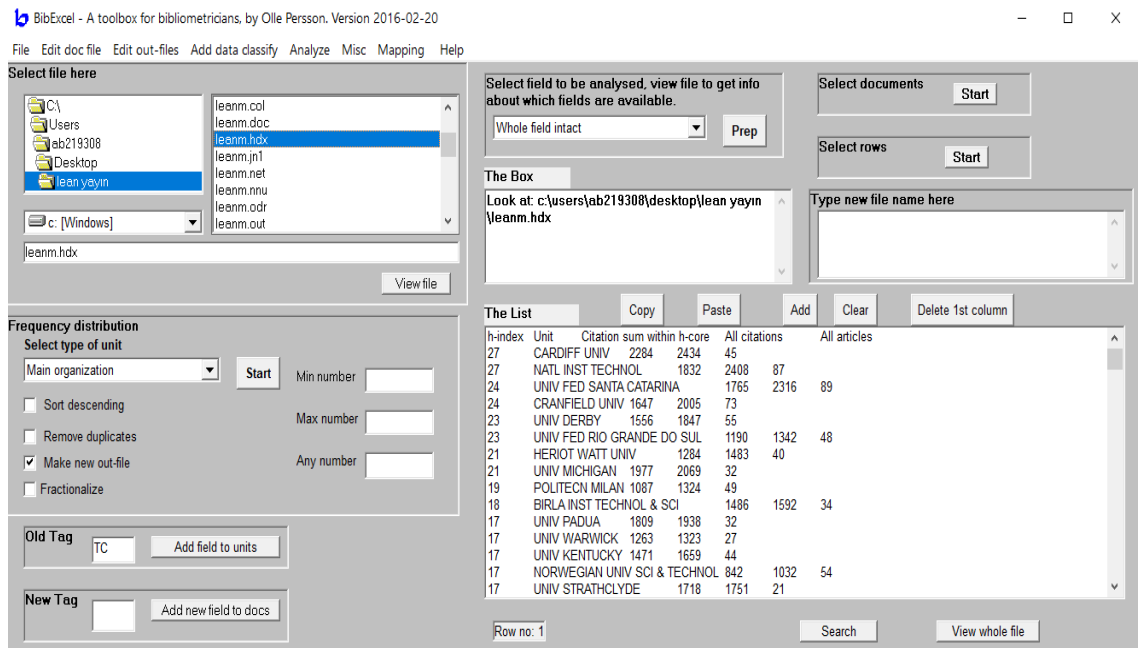
Şekil 66. 1.Sütun Çıkartıldıktan Sonra Araştırma Kuruluşları ve Atıf Bilgilerinin Bulunduğu Ekran Görüntüsü

Sonra H-indeksinin hesaplatılması için aşağıdaki ekran görüntüsündeki komutlar verilir.



Şekil 67. Araştırma Kuruluşlarının h-İndeksinin Hesaplatılması

Bu işlem adımları sonucunda H-indeksi verilerinin de bulunduğu aşağıdaki ekran görüntüsüne ulaşılır.



Şekil 68. h-İndeksi Hesaplandıktan Sonra Oluşan Hdx Dosyasının Görüntülenmesi

Ekran görüntüsünde de gösterildiği gibi tüm bu işlemler sonucunda hdx dosyası oluşturulmuştur. Gerekli raporların düzenlenebilmesi için hdx dosyası excell ile birlikte açılır. Hdx dosyasında; h-indeksine konu olan yayın sayısı, toplam yayın sayısı, h-indeksindeki yayınların sayısı ve toplam atıf sayısına göre ülke sıralaması oluşturulup ve her parametrede en yüksek değerlere sahip olan ilk 20 ülkenin bilgisi her bir parametre için raporlanarak aşağıdaki tablo oluşturulmuştur.

Tablo 8. Farklı Parametreler İçin En Etkin Araştırma Kuruluşlarının Sıralaması

Citation sum within h-core	All citations	All articles	h-index
OHIO STATE UNIV	OHIO STATE UNIV	UNIV FED SANTA CATARINA	NATL INST TECHNOL
UNIV MINNESOTA	UNIV MINNESOTA	NATL INST TECHNOL	CARDIFF UNIV
CARDIFF UNIV	CARDIFF UNIV	CRANFIELD UNIV	UNIV FED SANTA CATARINA
UNIV MICHIGAN	NATL INST TECHNOL	UNIV MINHO	CRANFIELD UNIV
NATL INST TECHNOL	UNIV FED SANTA CATARINA	UNIV DERBY	UNIV DERBY
UNIV PADUA	UNIV MICHIGAN	NORWEGIAN UNIV SCI & TECHNOL	UNIV FED RIO GRANDE DO SUL
UNIV FED SANTA CATARINA	CRANFIELD UNIV	POLITECN MILAN	HERIOT WATT UNIV
CARDIFF BUSINESS SCH	UNIV PADUA	UNIV FED RIO GRANDE DO SUL	UNIV MICHIGAN
UNIV STRATHCLYDE	UNIV DERBY	UNIV TEKNOL MALAYSIA	POLITECN MILAN
CRANFIELD UNIV	UNIV STRATHCLYDE	CARDIFF UNIV	BIRLA INST TECHNOL & SCI
UNIV DERBY	CARDIFF BUSINESS SCH	UNIV KENTUCKY	NORWEGIAN UNIV SCI & TECHNOL
UNIV PITTSBURGH	UNIV KENTUCKY	UNIV FED SAO CARLOS	UNIV KENTUCKY
DALIAN UNIV TECHNOL	BIRLA INST TECHNOL & SCI	UNIV POLITECN VALENCIA	UNIV PADUA
BIRLA INST TECHNOL & SCI	UNIV PITTSBURGH	HERIOT WATT UNIV	UNIV WARWICK
UNIV KENTUCKY	DALIAN UNIV TECHNOL	POZNAN UNIV TECH	UNIV STRATHCLYDE
CLARK UNIV	HERIOT WATT UNIV	UNIV KEBANGSAAN MALAYSIA	UNIV FED SAO CARLOS
HERIOT WATT UNIV	CLARK UNIV	BIRLA INST TECHNOL & SCI	UNIV WEST ENGLAND
UNIV TOLEDO	UNIV FED RIO GRANDE DO SUL	POLYTECH PORTO	UNIV MINHO
UNIV WARWICK	POLITECN MILAN	UNIV MICHIGAN	LINKOPING UNIV
UNIV CAMBRIDGE	UNIV WARWICK	UNIV PADUA	UNIV KEBANGSAAN MALAYSIA

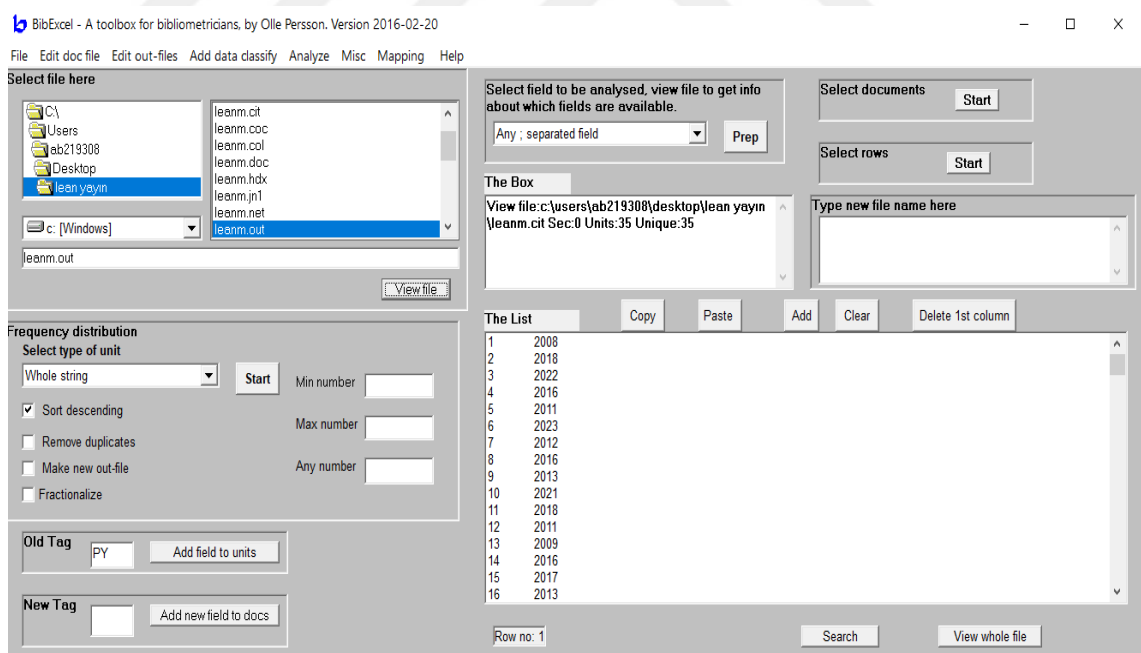
Tablo 8 -

Amerika menşeli Ohio State Üniversitesi'nin h-indeksine konu olan yayın sayısı ve atıf sayısı açısından ilk sırada yer aldığı görülmektedir. Toplam yayın sayısı açısından önde gelen kuruluşun ise Brezilya menşeli Federal Santa Catarina Üniversitesi olduğu ortaya çıkmıştır. Aynı üniversitenin h-indeksindeki kuruluşlarda 3.sırada yer aldığı görülmektedir. H-indeksine sahip kuruluşlarda ise önde gelen kuruluşun Hindistan menşeli bir teknik enstitü olan National Institute Technology olduğu belirlenmiştir. Kurum toplam yayın sayısı bakımından önde gelen ülkelerde de ikinci sırada yer almaktadır. Bu durum kurum tarafından yayınlanan yayınların hem sayı hem kalite

açısından yüksek olduğunu göstermektedir. Atıf sayısı ve h-indeksine konu olan yayın sayısı bakımından 2. önde gelen kuruluşun Amerika menşeli Minnesota Üniversitesi olduğu belirlenmiştir. Atıf sayısında ve h-indeksine konu olan yayın sayısında önde gelen kuruluşlarda 3.sırada İngiltere menşeli Cardiff Üniversitesi bulunmaktadır. Üniversitenin h-indeksinde 2.sırada olduğu görülmektedir. İngiltere menşeli Cranfield üniversitesinin ise toplam yayın sayısında 3.sırada olduğu, h-indeksinde ise 4. sırada olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Amerika, İngiltere, Brezilya ve Hindistan menşeli kuruluşların önde gelen kuruluşlar olduğunu göstermektedir.

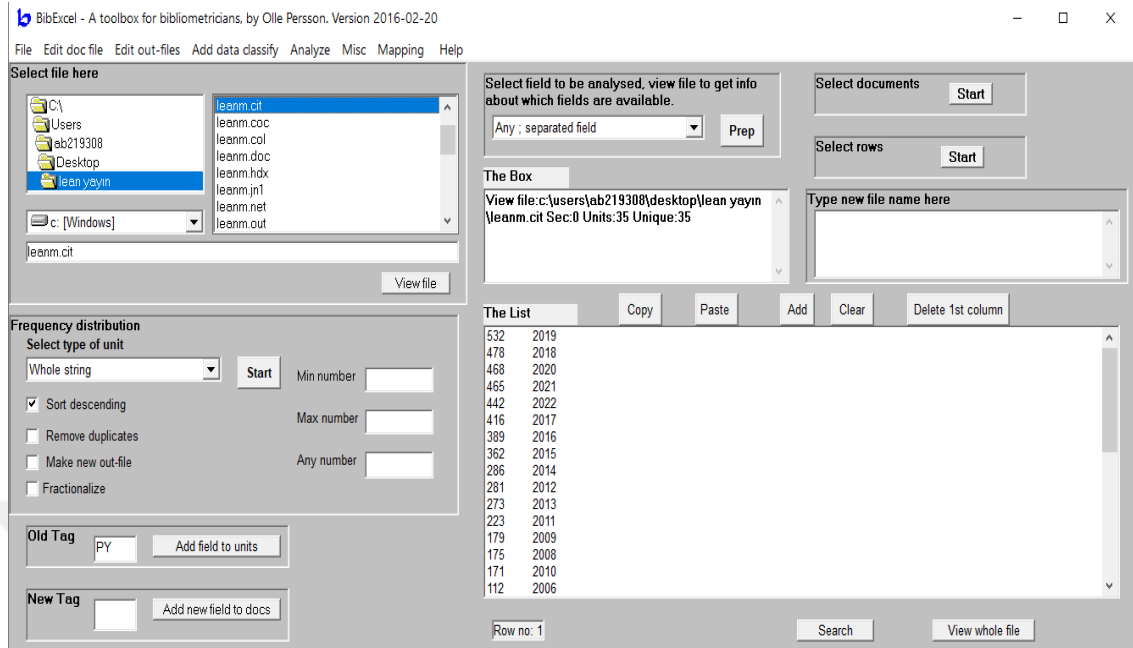
4.1.5. Literatür Büyümesi

Literatür büyümesinin analizi için Bibexcel yazılım programında ‘old tag’ sekmesine yayın yıllarını ifade eden ‘py’ ikili kodu yazılıp ve virgülle ayrılmış alanların analizi için komut verilmiştir. Yayınların hangi yılda yayınlandığını gösteren aşağıdaki ekran görüntüsüne ulaşılmıştır.



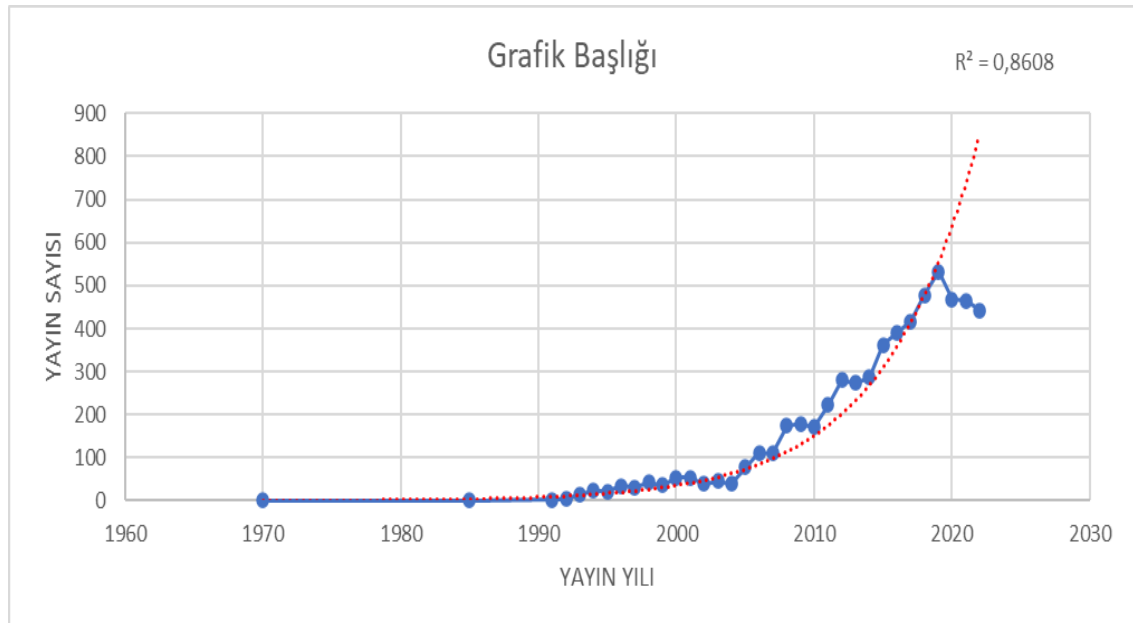
Şekil 69. Literatür Büyümesinin Analizi İçin Out Dosyasının Oluşturulması

Yıllara göre yayın sayılarının sıklık analizinin yapılabilmesi için frekans dağılımından tüm dizinin azalan şekilde sıralanması için komut verilmiştir. Sıklık analizi yapıldıktan sonra aşağıdaki ekran görüntüsüne ulaşılmıştır.



Şekil 70. Sıklık Analizi Sonucunda Yıllara Göre Yayın Sayılarının Elde Edilmesi

Yayın yıllarına göre yayın sayılarını gösteren grafik aşağıdaki gibi çizdirilmiştir. Grafikte %86 güven seviyesi ile literatür büyümesinin üstel büyüme eğrisi ile açıklanabildiği görülmektedir. Üstel büyüme kavramı, bir sistemde değişimin beklenmedik düzeyde yüksek boyutta etki yaratması olarak tanımlanabilir (Demirkan, 2017).



Şekil 71. Yıllara Göre Yayın Sayılarının Grafiği

Son 20 yıla ait yayın sayılarını gösteren tablonun ekran görüntüsü aşağıdaki gibidir. 2023 yılı henüz tamamlanmadığından grafik çiziminde devre dışı bırakılmıştır. Tablodaki 2023 yılı verisi de henüz yıl tamamlanmadığından değerlendirmeye alınmamaktadır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde 2010 yılından 2020 yılına kadar geçen sürede ortalama yayın sayısının 2 katından fazla artış gösterdiği görülmektedir. Grafiğin üstel büyüme ile daha yüksek güvenilirlikle açıklanabilir olması literatür büyümesinin üstel olduğuna işaret etmektedir. Bu durum yalın üretim ile ilgili yayınların önümüzdeki yıllarda daha da artacağını ve bu konuda araştırma ya da yatırım yapmanın anlamlı olduğunu ifade etmektedir.

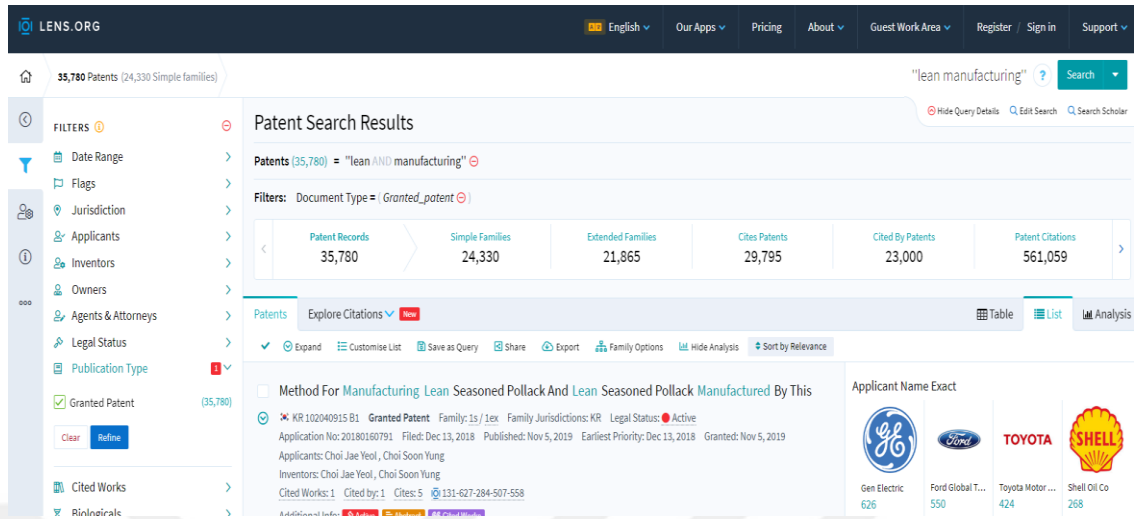


Tablo 9. Yıllara Göre Yayın Sayıları

YAYIN YILI	YAYIN SAYISI
2023	49
2022	442
2021	465
2020	468
2019	532
2018	478
2017	416
2016	389
2015	362
2014	286
2013	273
2012	281
2011	223
2010	171
2009	179
2008	175
2007	110
2006	112
2005	78
2004	40

4.2. PATENT ANALİZLERİ

Patent analizleri için Lens.org veri tabanından 07.03.2023 tarihinde yalın üretim için “lean manufacturing” anahtar sözcüğü ile konu sorgulaması yapılmıştır ve patent kuruluşları tarafından onaylanmış 35780 patent verisi olduğu aşağıdaki ekran görüntüsünde görüldüğü gibi belirlenmiştir.

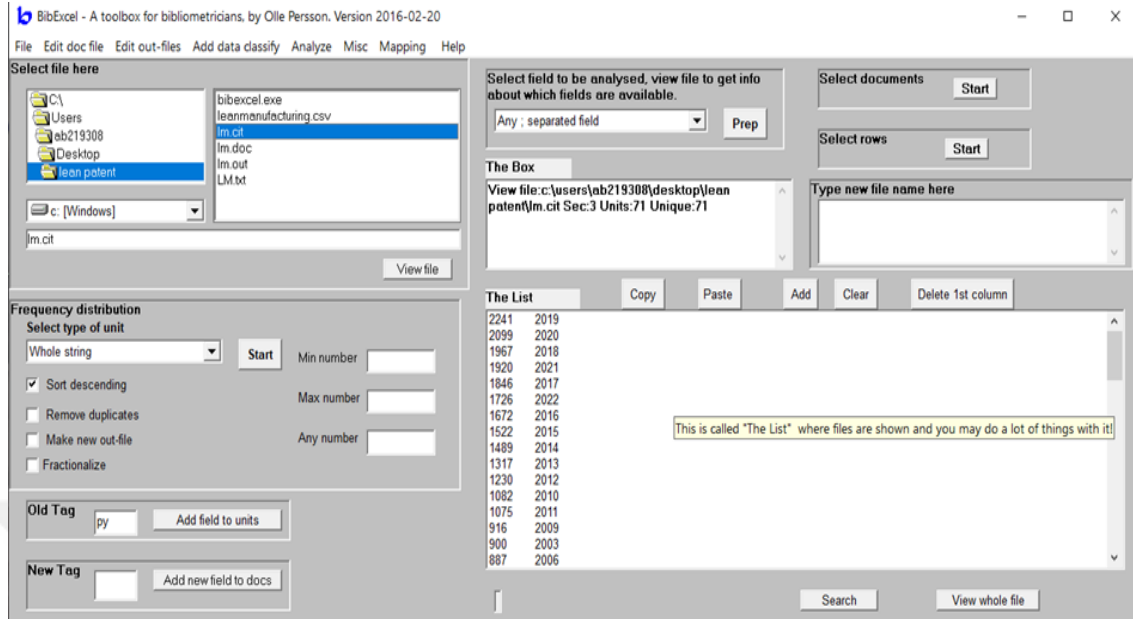


Şekil 72. Lens Veri Tabanında Patentlerin Görüntülenmesi

Veriler export sekmesinden bilgisayar ortamına aktarılarak virgülle ayrılmış değerler CSV (comma separated value) formatında excell dosyasına yazdırılmıştır. Verilerin başlıkları ikili kodlarla değiştirilmiş, dosya sekme sınırlı formata dönüştürülerek ayrı bir metin dosyası olarak kaydedilmiştir. Bibexcel yazılım programı çalıştırılarak veriler programa alınmış ve Web of Science veri tabanının sekme formatına dönüştürülmüştür. Böylece veriler analize hazır hale getirilmiştir. Analize hazır hale getirilen veriler ile Bibexcel yazılım programında patent büyüme trendi ve patent başlıklarındaki anahtar sözcükler analiz edilmiştir.

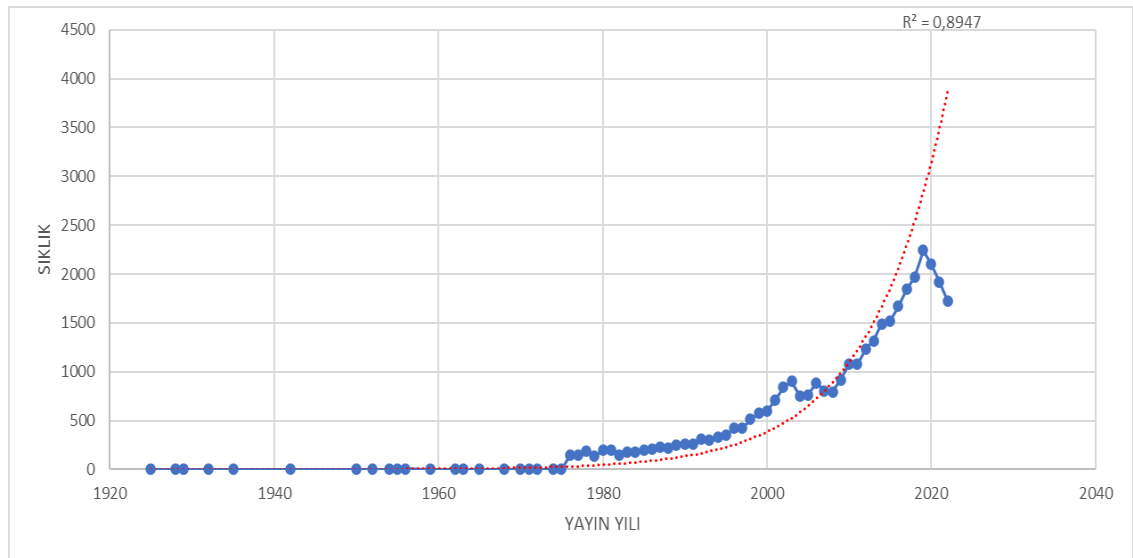
4.2.1. Patent Büyüme Trendi

İlk olarak patent büyüme trendini belirlemek amacıyla yıllara göre patent sayıları analiz edilmiştir. Analiz sonucu sıklık frekansına göre aşağıdaki tablodaki gibi sıralandırılmıştır.



Şekil 73. Yıllara Göre Patent Sıklığı

Sıklık frekansına göre düzenlenen analiz sonucu Excell dosyasına aktarılarak büyüme grafiği çizdirilmiştir. Analiz sonuçlarının % 89 güvenilrlikle üstel büyüme ile açıklandığı belirlenmiştir. Grafiğin çizdirilmesi için 2023 yılı henüz tamamlanmadığından 2022 yılına kadar olan veri aralığı dikkate alınmıştır.



Şekil 74. Yıllara Göre Patent Sıklığı Grafiği

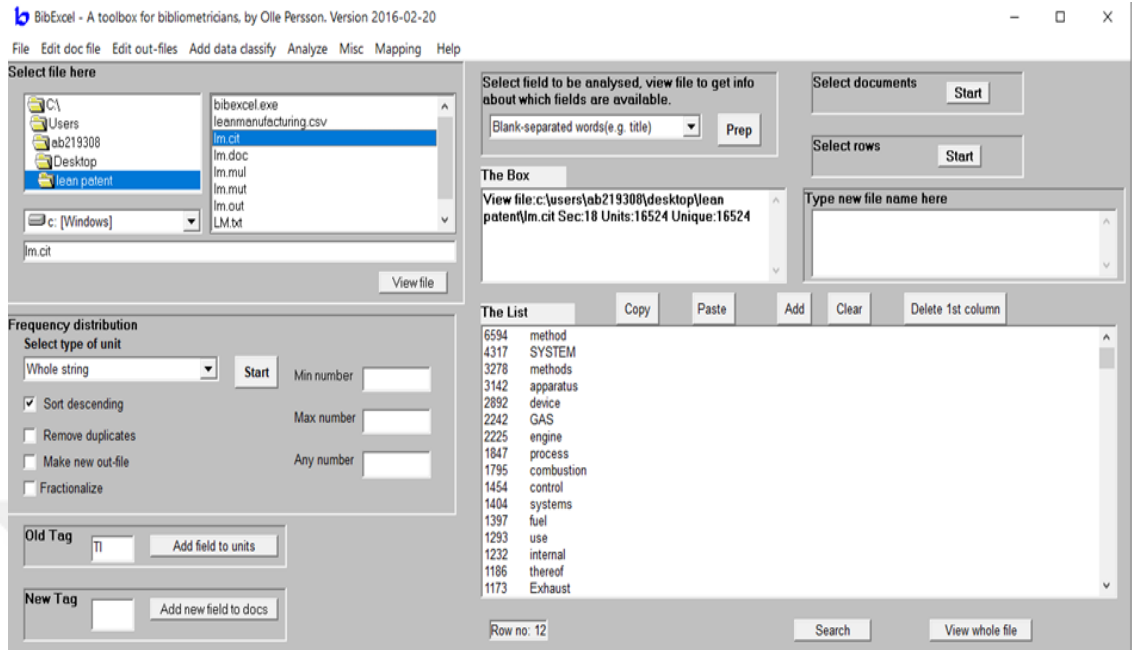
Grafikte 2003 ile 2009 yıllarının ana çapa noktası olduğu görülmektedir. Son yirmi yılda onaylanan patent sayılarının bilgisi aşağıdaki tabloda görülmektedir. Tablodaki veriler incelendiğinde 2010 yılındaki patent sayısının 2020 yılına kadar olan 10 yıllık sürede yaklaşık 2 katına çıktığı görülmektedir. Grafiğin üstel büyüme ile açıklanabilir olması gelecekte alınacak patentlerin sayısının üstel artış göstereceğine işaret etmektedir. Bu gösterge yalın üretim alanında yatırım yapmanın anlamlı olduğu yönünde yorumlanabilir.

Tablo 10. Yıllara Göre Patent Sayıları

YAYIN YILI	PATENT SAYISI
2023	267
2022	1726
2021	1920
2020	2099
2019	2241
2018	1967
2017	1846
2016	1672
2015	1522
2014	1489
2013	1317
2012	1230
2011	1075
2010	1082
2009	916
2008	796
2007	806
2006	887
2005	761
2004	754

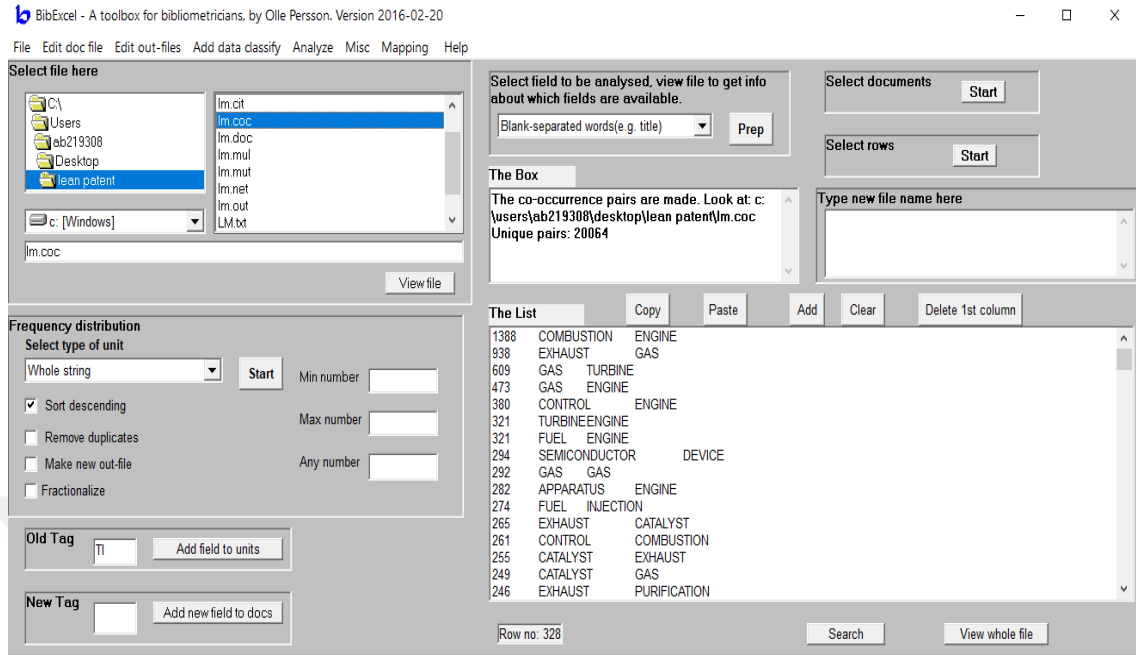
4.2.2. Patent Başlıklarındaki Anahtar Sözcükler

Patent başlıklarında en sık geçen anahtar sözcüklerin belirlenmesi için patent başlıkları analiz edilmiştir. Analiz sonucu sıklık frekansına göre düzenlenerek aşağıdaki tablodaki gibi patent başlıklarında en sık geçen sözcükler belirlenmiştir.



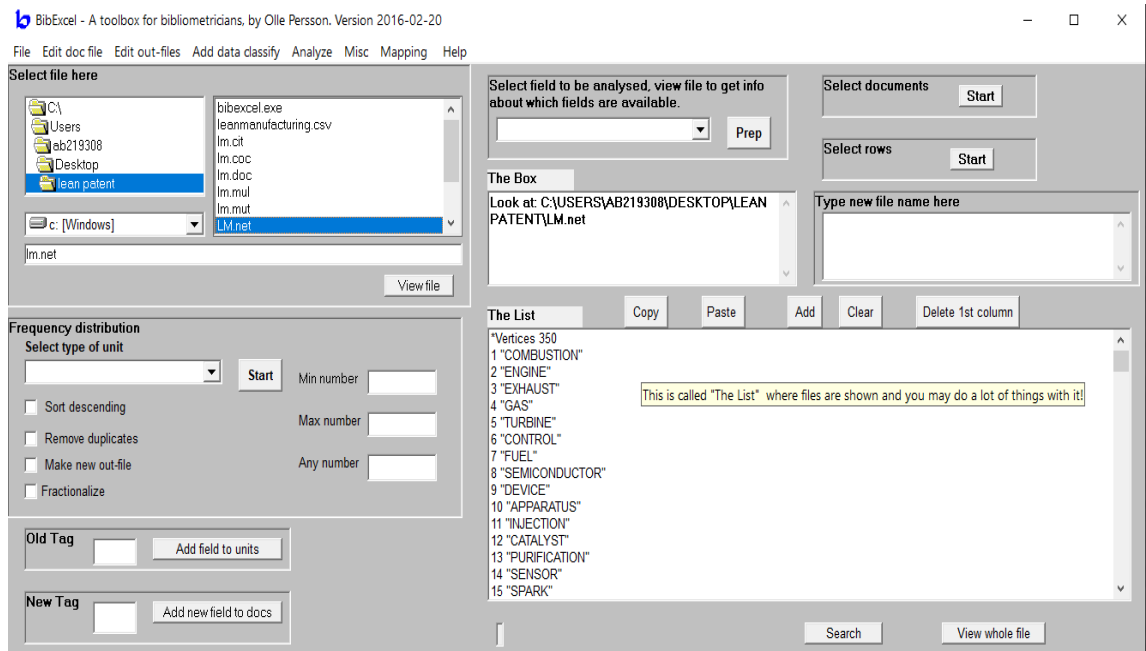
Şekil 75. Patent Başlıklarındaki Anahtar Sözcüklerin Geçiş Sıklığı

En sık geçen sözcüklerin alandaki önemli konuları işaret ettiği prensibi ile bu sözcüklerin temsil ettiği bağlantıların sosyal ağ analizi ile açıklanabilmesi için anahtar sözcüklerin ağ haritası görselleştirilecektir. Görselleştirme işlemi öncesinde veri temizliği yapılmıştır. Veriler word dosyasına aktarılmış 11 sayfalık veride 198 veri üzerinde düzenleme yapılmıştır. Bu veriler içerisinde aynı anahtar sözcüklerin çoğul yazımları ve analize dahil edilmeyecek veriler bulunmaktadır. Aynı anahtar sözcüklerin tekil ve çoğul olarak yazımları sonucu mükerrer olan veriler notepad programı kullanılarak doc dosyası üzerinden düzeltilmiş ve veriler tek veri haline getirilmiştir. Analize dahil edilmeyecek bağlaç, sayı ve ilgisiz sözcüklere ilişkin 160 veri devre dışı bırakılmıştır. Temizlenmiş ve analize hazır hale getirilmiş verilerin patent başlıklarında birlikte geçiş sıklığı analiz edilmiştir. Analiz sonucunu gösteren ekran görüntüsü aşağıdaki gibidir.



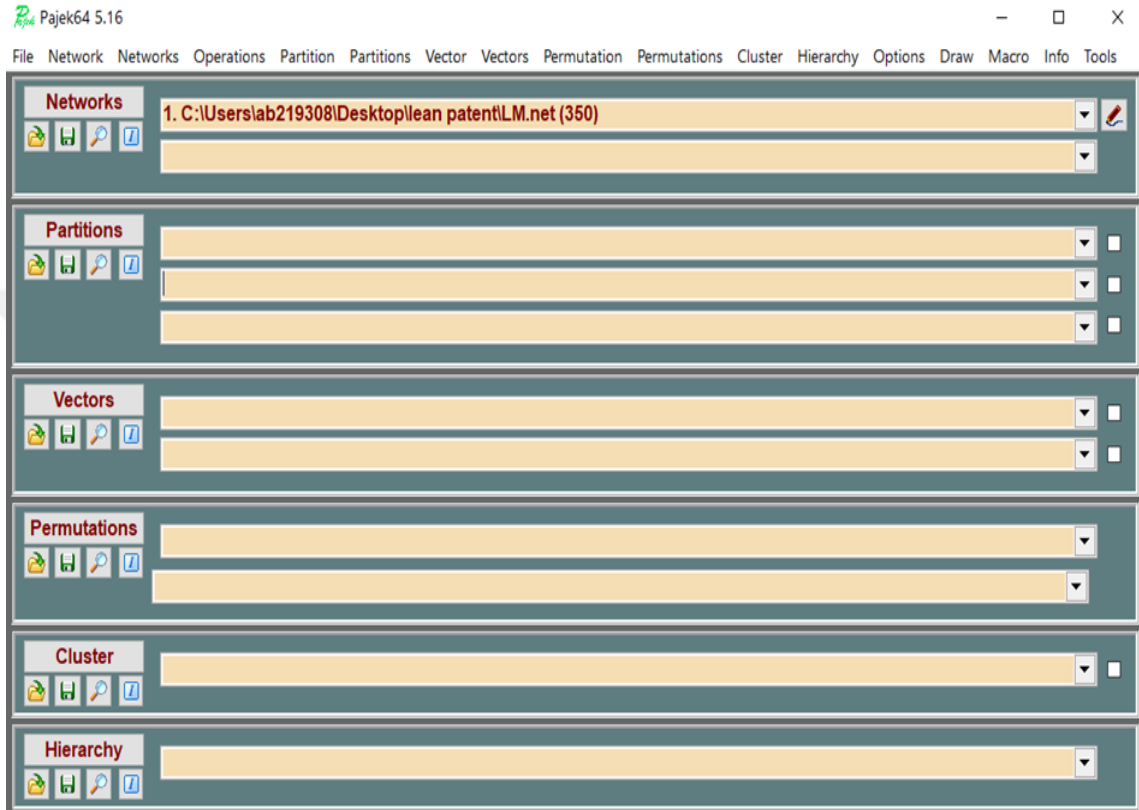
Şekil 76. Patent Başlıklarındaki Anahtar Sözcüklerin Birlikte Geçme Sıklığı

Anahtar sözcüklerin birlikte geçiş sıklığı tespit edildikten sonra ağdaki düğüm noktalarını gösteren net dosyası oluşturulmuştur. Net dosyasının görüntülediği ekran görüntüsü aşağıdaki gibidir.

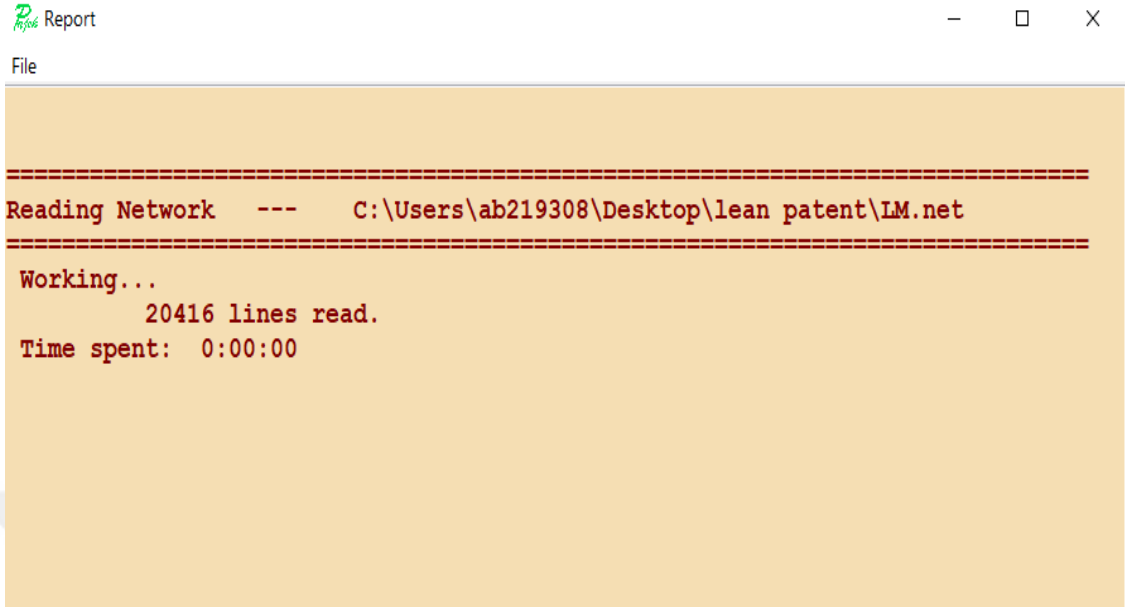


Şekil 77. Düğüm Noktalarını Gösteren Net Dosyası

Ağda 350 düğüm bulunduğu belirlenmiştir. Net dosyası oluşturulduktan sonra Pajek yazılım programına aşağıda ekran görüntüsünde görüldüğü gibi aktarılmıştır.

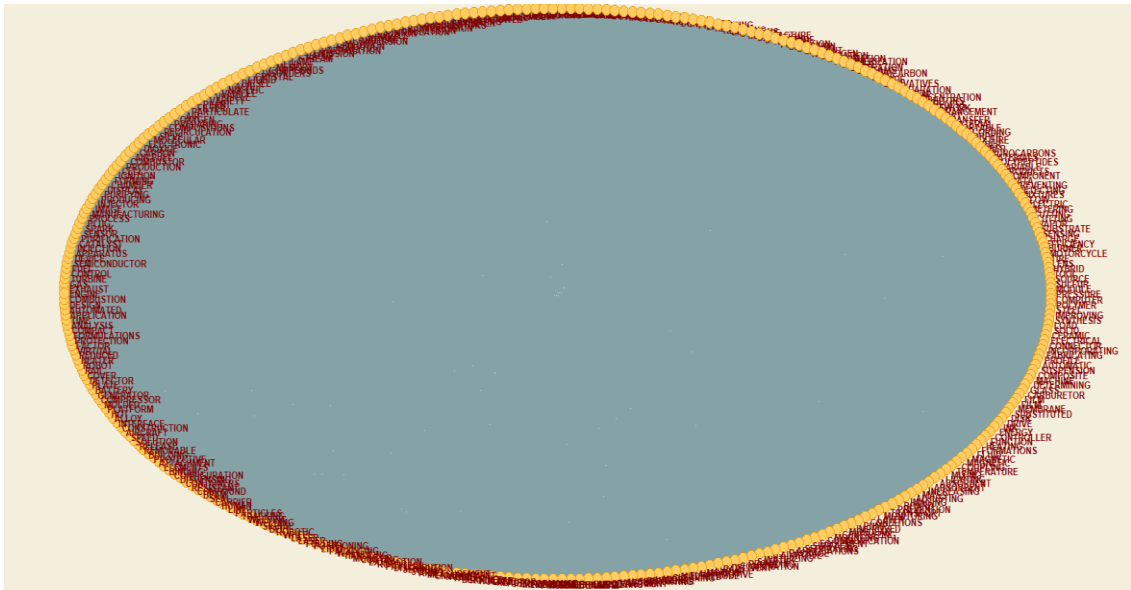


Şekil 78. Net Dosyasının Pajek Yazılım Programına Alınması



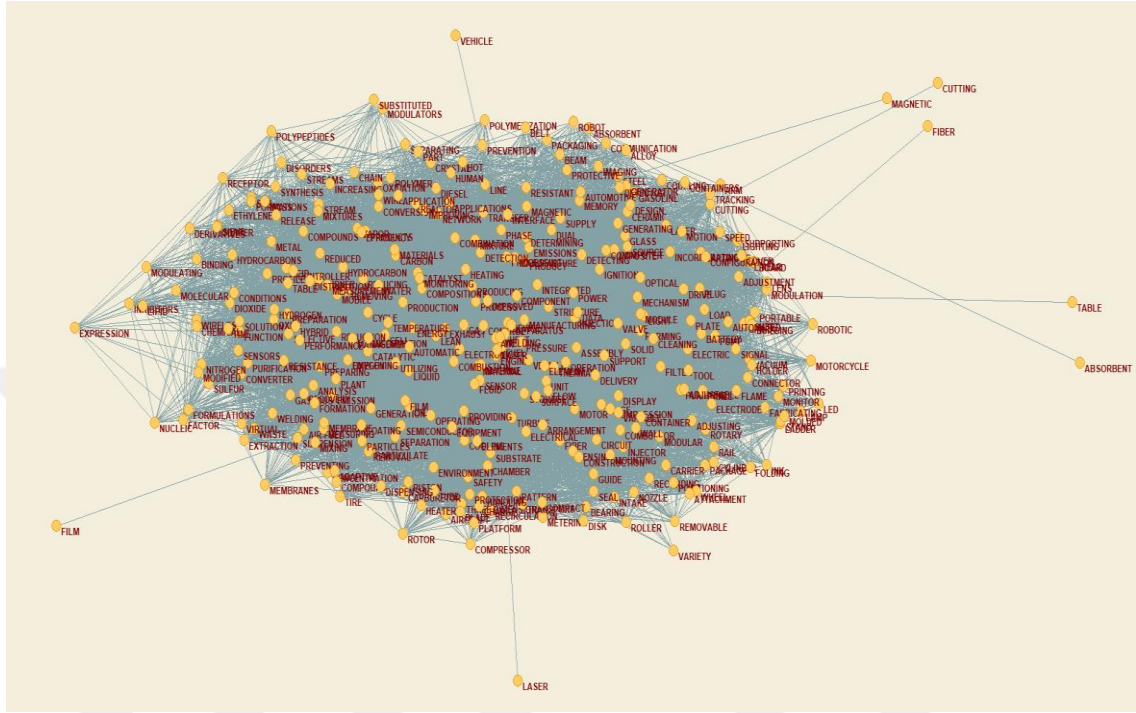
Şekil 79. Net Dosyasının Pajek Yazılım Programına Alınması (Dosyanın Raporlanması)

Pajek yazılım programına alınan dosyanın ağ haritalaması aşağıda ekran görüntüsündeki gibi yapılmıştır. Henüz ağırlıklandırılmamış ağ haritasında düğümler dairesel olarak sıralanmıştır. Düğümler ağırlıklandırıldığında ağdaki konumları ve ağdaki hakimiyet seviyeleri belirlenebilmektedir.



Şekil 80. Pajek Yazılım Programında Elde Edilen Ağ Haritası

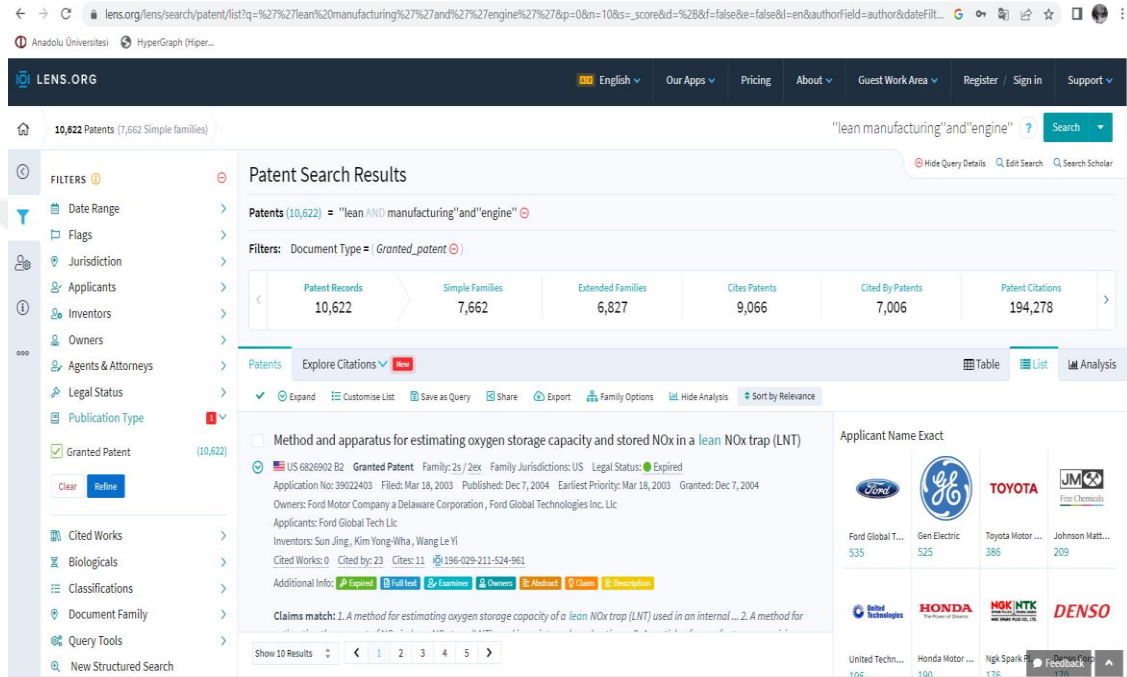
Ağdaki düğümlerin ağırlıklandırılarak ağdaki konumlarının belirlenmesi için Kamada-Kawai yerleştirme algoritması kullanılarak aşağıdaki gibi ağ yeniden haritalanmıştır.



Şekil 81. Pajek Yazılım Programında Kamada-Kawai Yerleştirme Algoritması Kullanılarak Elde Edilen Ağ Haritası

Düğümün kümelenme davranışlarını belirlemek ve farklı kümeleme metotları ile ağı görselleştirmek için ağ haritası Pajek yazılım programından Vosviewer yazılım programına aktarılmıştır. Vosviewer yazılım programında ağ yoğunluğunu gösteren harita aşağıdaki gibi görüntülenmiştir. Yoğunluk haritasında gaz kavramı öne çıkmıştır. Ortaya çıkan kavramlar incelendiğinde patentlerin çoğunluğunun motorlar ve gaz ünitelerine yönelik çalışmaları içerdiği anlaşılmaktadır. Gaz kavramının en yoğun bağlantılı kavram olması emisyon azaltma çalışmalarını işaret etmektedir. Ortaya çıkan tablo egzozlardan çıkan gazlar ile ilgili yoğun çalışma yapıldığını göstermektedir.

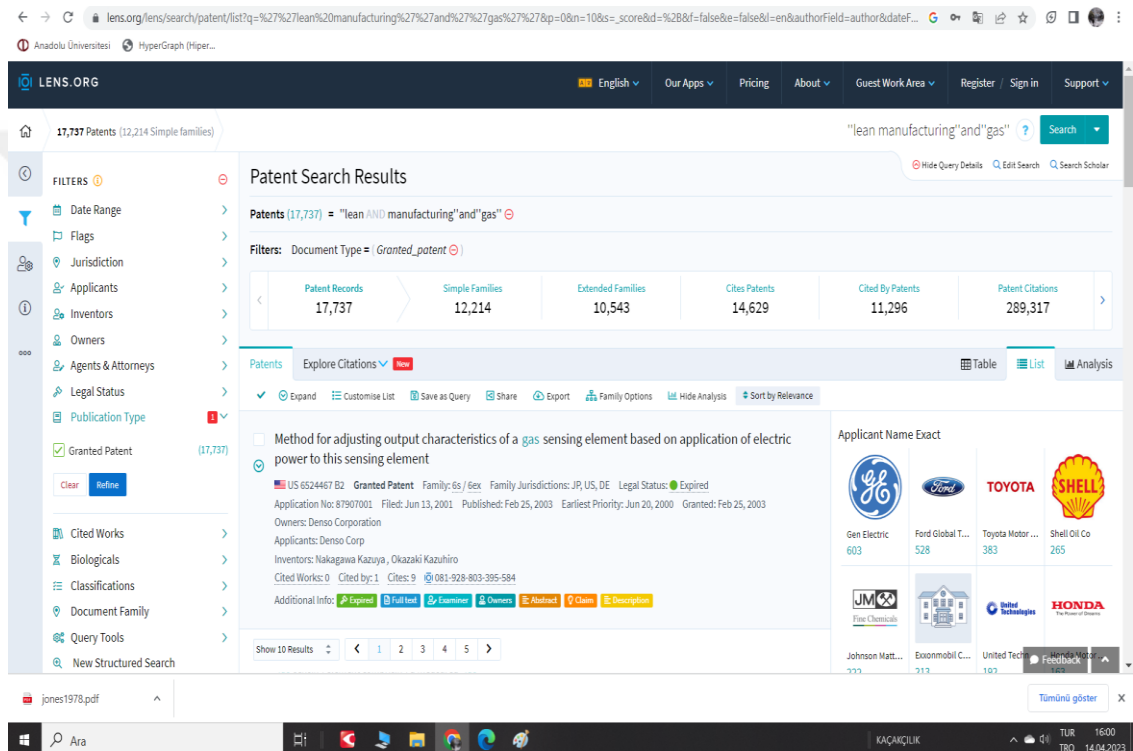
olduğu ancak havacılık sektörünün de payının bulunduğu yönünde yorumlanabilir. General Elektrik şirketinin de varlığı ve yüksek sayıda başvuru sayısı yine havacılık ve kısmen enerji sektörünün payına işaret etmektedir. Gaz kavramının merkezde konumlanması otomotiv, havacılık ve enerji alanlarında ortak odaklanmanın emisyon azaltma çalışmaları olduğunu göstermektedir.



Şekil 84. ‘Yalın Üretim Ve Motor’ Birlikte Aratıldığında Onaylanmış Patentler Ve Başvuru Sahipleri

Yalın üretim ve gaz kavramları birlikte aratıldığında onaylanmış patentlerde benzer bir tablo ortaya çıkmakla birlikte General Elektrik firmasının ilk sıraya yerleştiği görülmektedir. Ortaya çıkan tablo gaz türbinleri ile ilgili çalışmaları işaret etmektedir. General elektrik firması hidrojen ile çalışacak gaz türbinlerinin üretilmesi için yanma prosesi üzerinde çalışmalar yapmaktadır (General Elektrik, 2022). Bu çalışmaların hedefi karbonsuz hidrojen yakan türbinlerin üretilmesidir (General Elektrik, 2022). Bu bilgiler doğrultusunda emisyonun azaltılması amacıyla gaz türbinleri üzerinde çalışmalar yapıldığı anlaşılmaktadır. General Elektrik firması 2018 yılında şirketin ceo’su H.Lawrence Culp liderliğinde yalın üretim sistemine geçiş yapmış ve şirketin gelişimi konusundaki kilit dönüşüm bu süreçle birlikte yaşanmıştır (General Electric, 2021).

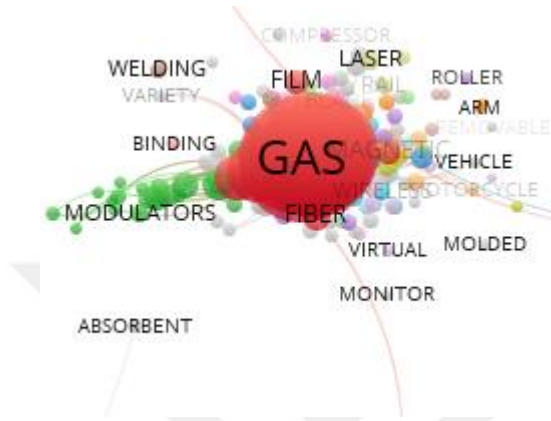
Tabloya bakıldığında en çok patent başvurusu yapan şirketlerin yalın üretim sistemini benimseyen ve uygulayan şirketler olması dikkat çekmektedir. Gaz kavramı aratıldığında önceki tabloda farklı olarak Shell firmasının da patent başvurularında yüksek pay aldığı görülmektedir. Bu durum yakıt üretimi sistemleri ve yakıt üretim süreci ile ilgili çalışmalar yapıldığını düşündürmektedir.



Şekil 85. “Yalın Üretim Ve Gaz” Birlikte Aratıldığında Onaylanmış Patentler Ve Başvuru Sahipleri

Haritaların kümelenmesinde bağlantılar ve toplam bağlantı gücüne göre 2 farklı ağırlık ile yerleşim yapılabileceği gözlemlenmiştir. İlk olarak toplam bağlantı gücüne göre ağırlıklandırma yapılarak farklı kümeleme metotları kullanılarak ağ haritaları görselleştirilmiştir. Normalizasyon yapılmadan ağın kümelenmesi sonucu aşağıdaki harita görüntülenmiştir. Ağ haritasında dev bileşen olduğu ve gaz kavramının öne çıktığı bir yerleşim düzeni olduğu dikkat çekmektedir. Ortaya çıkan tablonun emisyon

azaltma çalışmaları konusunda ağda çok yoğun bir odaklanma olduğunu gösterdiği söylenebilir. Ağ haritasındaki düğüm yerleşimi incelendiğinde normalizasyon yapılmadığında yüksek bağlantı sayısına sahip düğümün çizge düzeninin merkezine yerleştiği ve ağa egemen konumda olduğu görülmektedir.



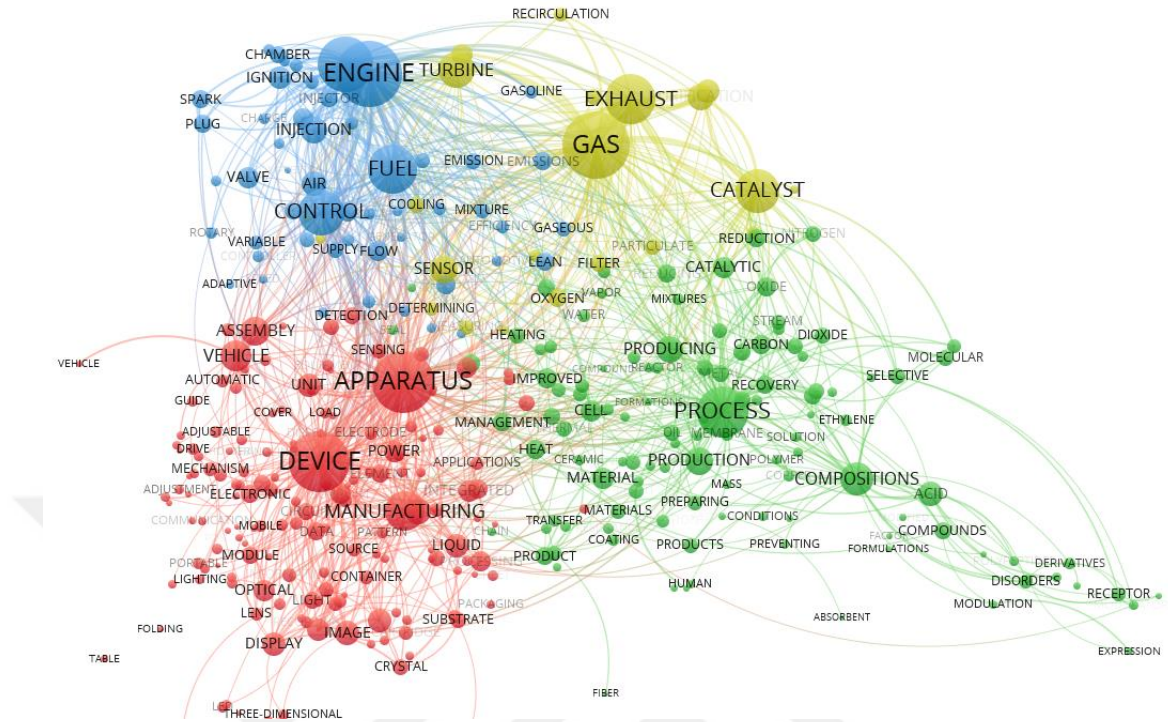
Şekil 86. Ağ Kümelenmesinin Vosviewer Yazılım Programında Haritalanması (Normalize Edilmemiş Kümeleme, Ağırlık: Toplam Bağlantı Gücü)

Association strength kümeleme metodu ile ağ haritalandığında aşağıdaki görsel elde edilmiştir. Toplam bağlantı gücü ağırlık alındığında ağ haritasında merkezi düğümlerin ön plana çıktığı bir tablo ortaya çıkmaktadır. Merkezi düğümler incelendiğinde kırmızı düğümlerin bulunduğu kümede cihaz ve aparat kavramlarının öne çıktığı görülmektedir. Patent ağında yeni sistem, cihaz ve aparatların geliştirilmesi süreç geliştirme çalışmalarının bir sonucu olarak değerlendirilebilir. Yayın analizlerinde süreç geliştirme faaliyetlerinin tüm ağı kapsayacak şekilde ağa egemen bir yapı ortaya koyduğu gözlemlenmişti. Turkuaz renkli kümeye ait kavramlar incelendiğinde egzoz ve gaz kavramlarının merkezi düğümler olduğu ve bu kümede öne çıkan kavramlar olduğu görülmektedir. Bu kavramların kümede bağlantılı oldukları diğer kavramlar incelendiğinde bağlantılı kavramların filtre, arındırıcı, arıtma, partikül gibi kavramlar olduğu ve bu kümede oluşan tablonun egzozlardan çıkan gazların çevresel etkilerine yönelik önleyici çabalara odaklandığı çalışmaları yansıttığı söylenebilir. Lila renkli düğümlerin oluşturduğu küme incelendiğinde motor ve yanma kavramlarının merkezi düğümler olarak öne çıktığı, bunun yanında türbin, yakıt ve kontrol kavramlarının da bu kavramların ardında belirginleştiği görülmektedir. Merkezi düğümler ile bağlantılı olan

diğer kavramların buji, yakıt, piston, valf, silindir, ateşleme, devirdaim, brülör olduğu görülmektedir. Elde edilen sonuçların motorlarda yakıtın yakılması ile ilgili çalışmalara odaklanmış bir yapıyı ortaya çıkardığı söylenebilir. Türbin kavramının öne çıkan bir kavram olarak ortaya çıkması, bağlantılı diğer kavramlarla yakından ilgili olan gaz türbinlerini işaret ettiğini düşündürmektedir. Nasa tarafından yapılan bir araştırmada 1970’li yıllarda havayolu endüstrisinde kullanılan gaz türbinlerinin yarattığı emisyonun azaltılması gerektiğine kanaat getirildiği ve yanma prosesi konusunda çalışmaların yoğun şekilde başlatıldığı ve gelecekte de devam edeceği belirtilmektedir (Jones, 1978). Elde edilen verilerden bu çalışmaların uygulamaya yönelik sonuçlarının patentlere yansıdığı görülmektedir. Patentler incelendiğinde gaz türbinleri ile ilgili çalışmaların bazılarının Raytheon teknoloji şirketi tarafından yapıldığı görülmektedir. Şirketin vizyonu havacılık ve savunma sanayinde kullanılan ürünlerin emisyon azaltma prensibi ile tasarımı ve üretimini içermektedir (Raytheon, 2023). Techconnect teknoloji dergisinde (2020) şirketin başkanı Wes Kremer ve fabrika müdürü Kineta Carter tarafından yapılan açıklamalarda şirketin bulunduğu konuma yalın üretim prensipleri ile ulaştığı belirtilmiştir. Yalın prensipleri ile imalat sürecinde %25 zaman tasarrufu edildiği ve zamanında teslimat sürecinin %40 iyileştirildiği belirtilmiştir (Techconnect, 2020). Elde edilen bu bilgiler doğrultusunda gaz türbini konusunda sürdürülebilirlik perspektifinde inovatif çalışmalar yapan alanında lider ve öncü konumda olan şirketin süreçlerini yalın üretim prensibi ile yürüttüğü anlaşılmaktadır.

Yeşil renkli düğümlerin oluşturduğu kümede süreç ve katalizör kavramları ön plana çıkmaktadır. Katalizör kavramının hem otomotiv hem enerji sektöründe sıklıkla kullanıldığı söylenebilir. Katalizörün işlevi açısından değerlendirildiğinde zehirli gazların emilmesini sağlayan bir aksam olması, patent çalışmalarında çevresel etkileri azaltmaya yönelik çalışmalara odaklanmış bir yapı olduğu yönünde yorumlanabilir. Bağlantılı kavramlar incelendiğinde oksit, nitrojen, emisyon, dönüştürme, katalitik, dönüştürücü sözcüklerine rastlanmaktadır. Bu kavramlar beraber değerlendirildiğinde kavramların katalitik dönüştürücüleri işaret ettiği anlaşılmaktadır. Katalitik dönüştürücülerin zehirli gazları zehirli olmayan alternatif gazlara dönüştürme potansiyeli düşünüldüğünde, elde edilen bu verilerin egzozlardan çıkan zehirli gazların dönüşümü konusunda çalışmalar yapıldığını gösterdiği söylenebilir.

çıkılmaktadır. Sarı kümedeki türbin kavramı bu kümeye yakın ve bağlantılı olarak konumlanmıştır. Diğer ilişkili kavramlardan bazılarının ise enjeksiyon, ateşleme, valf, buji, soğutma olduğu görülmektedir. Elde edilen tablo motorlardaki yakıtın yanma performansını etkileyen parçaların öne çıkması sebebiyle yakıt yakımı sırasında oluşan emisyon ve motorların verimli çalışması üzerine odaklı çalışmaların yoğunluğunu düşündürmektedir. Kümede emisyon kavramlarının da bulunması bu fikri desteklemektedir. Bununla birlikte türbin ve soğutma kavramlarının bu kümeye yakın ve bağlantılı olarak konumlanması araştırmaların otomotiv ve enerji sektörlerinde yoğunlaştığını göstermektedir. Sarı renkli düğümlerin bulunduğu kümeye bakıldığında gaz ve egzoz kavramlarının merkezi düğümler olduğu, katalizör ve devirdaim kavramlarının da ilişkili kavramlar olarak öne çıktığı görülmektedir. Elde edilen veriler otomotiv sektöründe emisyonun azaltılması için oldukça yoğun çalışmalar yapıldığını açıkça göstermektedir. Emisyon kavramlarının mavi kümede olmasına karşın sarı düğümlerin kümesine yakın ve bağlantılı konumlandığı görülmektedir. Bu bulgular emisyon azaltma çalışmaları yapıldığını açıkça göstermektedir. Yeşil düğümlerin oluşturduğu kümelenmede süreç kavramının merkezi düğüm olduğu; üretmek, ürün kavramlarının da yakın değerler ile bu kavramların ardından öne çıkan diğer kavramlar olduğu görülmektedir. Kümedeki diğer kavramlardan bazılarının da katalitik, geri dönüştürme, azaltma, karbon, dioksit, emisyon olduğu belirlenmiştir. Ortaya çıkan tablonun emisyon azaltma çalışmalarının yoğunluğunu işaret ettiği açıktır. Bunun dışında kümedeki yerleşimin üretim endüstrisindeki süreçlerde ürünlerin geri kazanımı yönündeki süreç değişikliğinin de çevresel hassasiyetler konusunda yürütülen ayrı bir çalışma alanı olduğunu gösterdiği yönünde değerlendirilebilir.



Şekil 89. Ağ Kümeleneşinin Vosviewer Yazılım Programında Haritalanması (Lin/Log Modularity Kümeleme Metodu Kullanılmıştır, Ağırlık: Toplam Bağlantı Gücü)

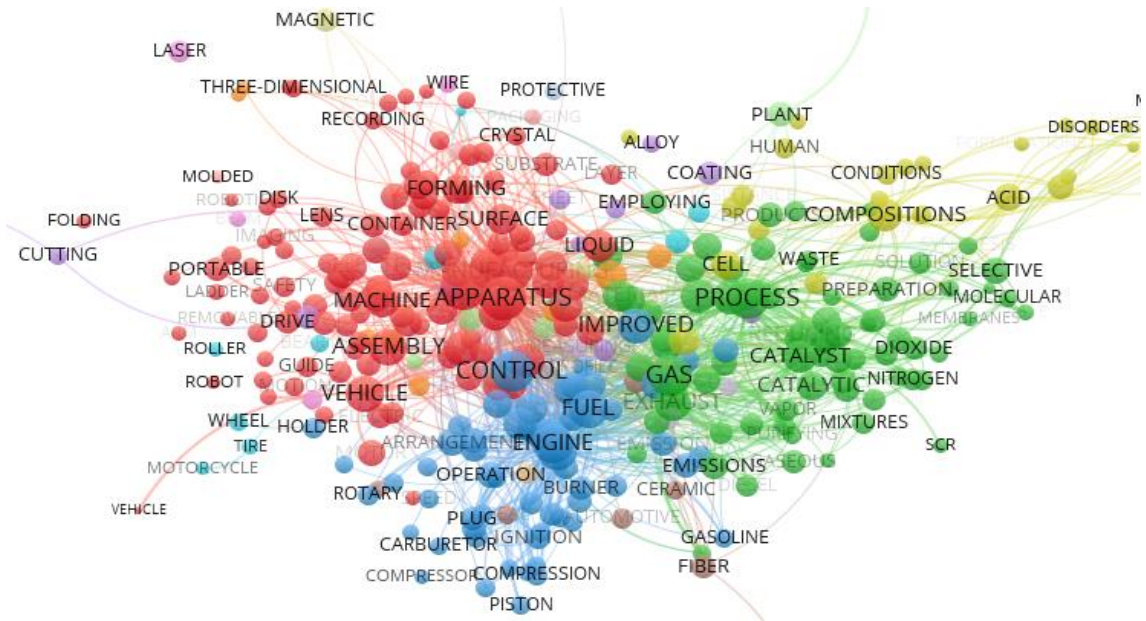
İkinci aşamada bağlantılar ağırlıklandırılarak farklı kümeleme metotları ile elde edilen haritalar görselleştirilmiştir. Normalizasyon yapılmadığında aşağıdaki ağ haritası elde edilmektedir. Bağlantılar ağırlık olarak alındığında merkezi düğümlerin geri plana çekildiği, düğümler arasındaki bağlantıların öne çıktığı kümeler ortaya çıktığı gözlemlenmiştir. Normalizasyon yapılmadığında verideki ham sonuçlar elde edildiğinden toplam bağlantı gücü ağırlıklandırıldığında ağ haritasına kıyasla kümeleneşinin yoğun olduğu görülse de aparat kavramının dev bileşen oluşturarak ağda ön plana çıktığı görülmektedir. Aparat kavramının da içinde bulunduğu kırmızı düğümlerden oluşan küme incelendiğinde bağlantılı kavramlardan bazılarının çıkarılabilir, rulman, portatif, kalıplanmış, koruyucu olduğu ve aparatlara ait bazı özellikleri temsil ettiği söylenebilir. Aparatların patentlerde geliştirilen yeni sistemlerin yürütülebilmesini sağlayan temel mekanizma olduğunu söylemek mümkündür.



Şekil 90. Ağ Kümelenmesinin Vosviewer Yazılım Programında Haritalanması (Normalize Edilmemiş Kümeleme, Ağırlık: Bağlantılar)

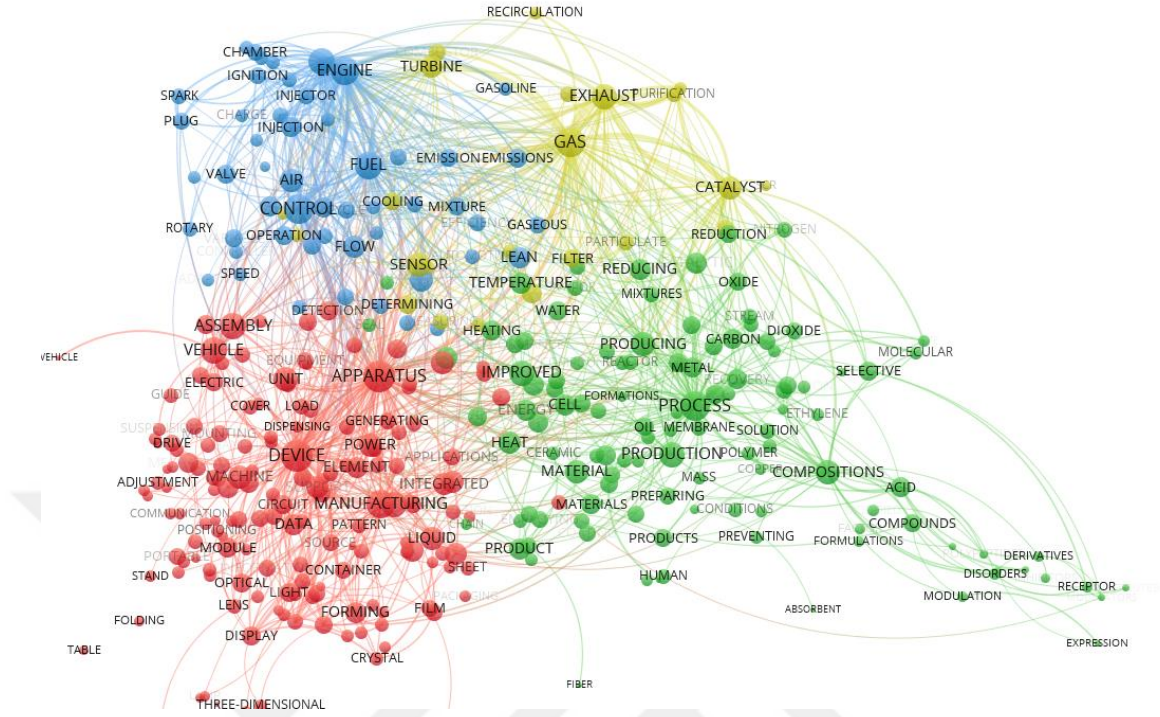
Association strength kümeleme metodu ile bağlantılar ağırlıklandırılarak görüntülenen ağ haritası aşağıdaki gibidir. Modelin etkileşimde olan sözcükleri sıklık frekansından daha yüksek bir kabiliyetle belirleyebilme yeteneği sayesinde bağlantıların mercek altına alındığı bir görsele ulaşılmıştır. Kümelenmede ortaya çıkan bağlantılar incelendiğinde kırmızı düğümlerin bulunduğu kümede aparat, cihaz, montaj, sensör, basınç, sıvı, güç, ayarlama, entegre, kompresör, ünite, araç gibi kavramların bağlantılı olduğu belirlenmiştir. Araç kavramının kümelenmenin biraz daha dışında bir noktada yerleşimde bulunduğu ve bağlantı sayısının diğer kümelere oranla daha seyrek olduğu buna rağmen düğüm büyüklüğünün yüksek sıklık frekansına sahip olduğu görülmektedir. Ortaya çıkan küme yapısı aparat ve cihaz kavramının yüksek bağlantılılık içinde olduğunu ve kümenin merkezinde konumlandığını, dolayısıyla bağlantıların temelindeki kavramlar olduğunu göstermektedir. Bu durumun anlamı diğer kavramların cihaz ve aparat etrafında konumlanan ve cihaz ve aparatların kullanıldığı sistemlerdeki faaliyetleri simgeleyen kavramlar olduğu şeklinde yorumlanabilir. Ortaya çıkan tablodan patent çalışmalarındaki konuların önemli bir kısmının otomotiv sektörüne yönelik çalışmalara odaklandığı, ancak otomotiv sektörü dışında da çeşitli sistemler geliştirilmesi konusunda çalışmalar olduğu anlaşılmaktadır. Lila renkli düğümlerden oluşan kümede yanma, motor, enjeksiyon, kontrol, türbin, yakıt, akış kavramlarının yoğun bağlantılılığı dikkat çekmektedir. Bunun yanında bu kavramların ardında piston, silindir, ateşleme, devirdaim, buji, gaz memesi, hortum başı, hava yakıtı gibi kavramlar da bulunmaktadır. Türbin kavramının yüksek bağlantıda olması ve ortaya çıkan diğer kavramların da enerji sektöründe kullanılan

Fractionalization kümeleme metodu kullanılarak bağlantıların ağırlık olarak alındığı kümelenme aşağıdaki gibi görselleştirilmiştir. Dolaylı bağlantıların mercek altına alınmasının fraksiyonel kümenin dinamiklerinden olduğu düşünüldüğünde kümelenmek farklılık daha anlaşılır şekilde değerlendirilebilmektedir. Kırmızı düğümlerden oluşan kümede aparat, makine, montaj, araç kavramlarının öne çıktığı ve kümelenmenin merkezinde olduğu görülmektedir. Elde edilen veriler makine ve araçlara montajı yapılacak çeşitli aparatların geliştirildiği yönünde yorumlanabilir. Mavi renkli düğümlerin oluşturduğu kümede kontrol, yakıt, motor, karbüratör, kompresyon, buji, piston, ateşleme, brülör kavramlarının öne çıktığı belirlenmiştir. Elde edilen veriler araçlarda yakıtın yakılması konusunda geliştirme faaliyetleri üzerinde yapılan çalışmalara dikkat çekmektedir. Yeşil renkli düğümlerin oluşturduğu kümede gaz, egzoz, emisyon, katalizör, katalitik, nitrojen, dioksit ve süreç kavramlarının öne çıktığı görülmektedir. Ortaya çıkan tablonun egzozlardan çıkan gazların dönüştürülmesi ve böylece emisyonun azaltılmasına yönelik çalışmaları işaret ettiği oldukça net bir şekilde belirlenmiştir. Kavramlar arasında ilişki kurulduğunda emisyon azaltma çalışmaları doğrultusunda kimyasal gazlarda tepkime yoluyla dönüştürme faaliyetlerinin yürütüldüğünü gösteren bir tablo ortaya çıkmaktadır.



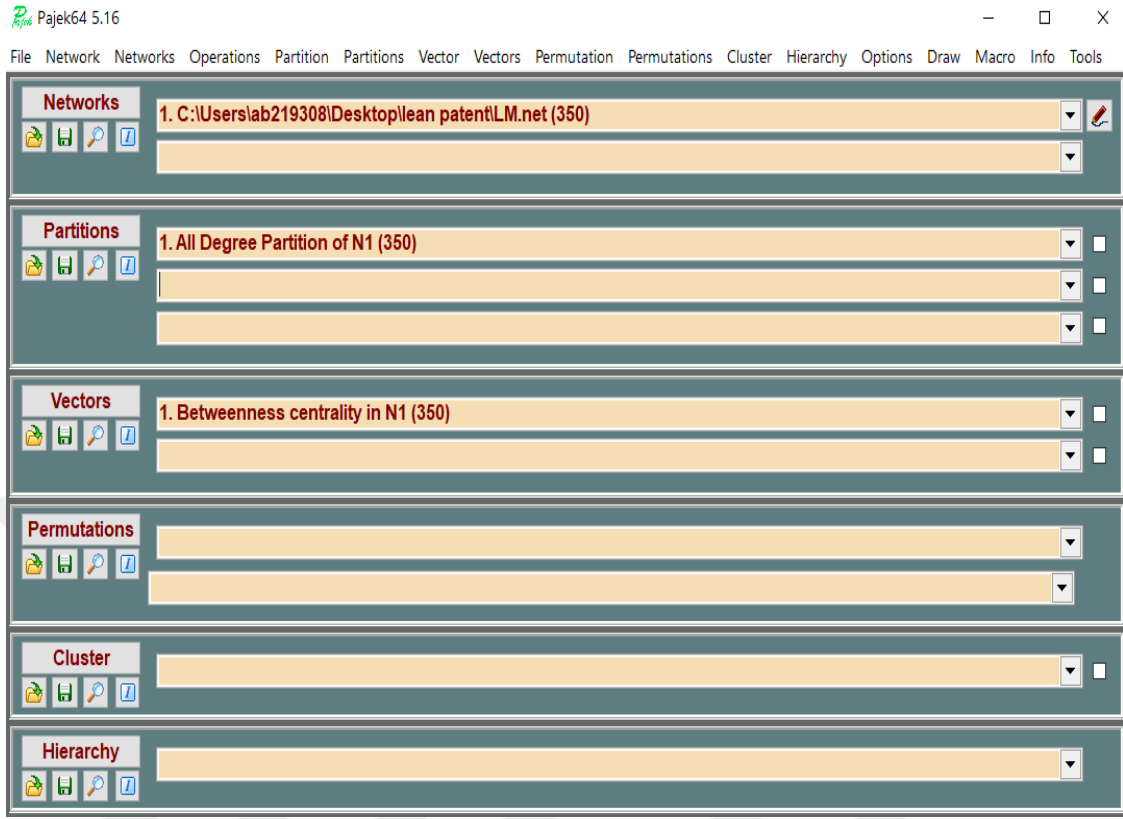
Şekil 92. Ağ Kümelenmesinin Vosviewer Yazılım Programında Haritalanması (Fractionalization Kümeleme Metodu Kullanılmıştır, Ağırlık: Bağlantılar)

Lin/log modularity kümeleme metodu ile bağlantılar ağırlıklandırılarak görsellenen ağ haritası aşağıdaki gibidir. Lin/log modelinin düğümlerin itilmesi esasına dayanan yaklaşımı sonucu bağlantıların ve düğümlerin aynı çerçevede incelenebileceği etkin bir şekilde yorumlanabilecek bir görsel elde edilmiştir. Kırmızı renkli düğümlerin oluşturduğu kümede aparat ve cihaz kavramlarının iki ayrı merkezi düğüm olarak konumlandığı görülmektedir. Bağlantılı kavramlara bakıldığında güç üretimi, sensörlü algılama sistemleri, elektriğin araçlarda kullanımı konusundaki eğilimlere yönelik bir portre ile karşılaşmaktadır. Güç ve üretmek, elektrik ve araç, belirleme ve tespit etme ile sensör kavramlarının yoğun bağlantılılığı ve birbirine yakın konumlanması bu kavramların birbiri ile yoğun ilişkili olduğunu ve birlikte kullanıldığı çalışmalara işaret ettiğini düşündürmektedir. Bu durum enerji üretiminde verimlilik, otomotiv endüstrisinde elektriğin kullanımı, sensörlü algılayıcıların yeni geliştirilen tekniklerde bir araç olarak yoğun kullanıldığı yönünde yorumlanabilir. Mavi renkli düğümler incelendiğinde motor, kontrol ve yakıt kavramları öne çıkmaktadır. Bu kavramların ardından akış, valf, buji, ateşleme, kıvılcım, devirdaim, enjektör, enjeksiyon, hava, emisyon kavramlarının ortaya çıktığı görülmektedir. Ortaya çıkan tablonun motor ve yakıtın yanma prosesi üzerinde yapılan çalışmalar olduğunu gösterdiği görülmektedir. Sarı düğüm kümesinde bulunan türbin, soğutma kavramlarının bu kümede konumlandığı görülmektedir. Yapılan çalışmaların otomotiv sektörünün ötesinde enerji sektöründe türbinlerin motorlarını da kapsayacak şekilde yapıldığı söylenebilir. Sarı renkli düğümlerin oluşturduğu kümede egzoz, gaz, filtre, emisyon, katalizör, türbin, devirdaim, sensör, soğutma, arıtma kavramlarının bulunduğu bir tablo ile karşılaşmaktadır. Ortaya çıkan tablonun daha önceki ağ haritalarında da olduğu gibi egzozlardan çıkan gazların dönüşümüne odaklı çalışmalar yapıldığını yansıttığı açık bir şekilde görülmektedir. Bu konunun ağda ayrı bir küme oluşturması bu konuda özel bir odaklanma olduğu yönünde yorumlanabilir. Yeşil düğümlerin oluşturduğu kümelenmede süreç, karbon, dioksit, azaltma, üretim, ısı, enerji, su kavramlarının öne çıkan kavramlar olduğu görülmektedir. Ortaya çıkan tablo değerlendirildiğinde emisyon azaltmaya yönelik çalışmalar yapıldığı söylenebilir.



Şekil 93. Ağ Kümelenmesinin Vosviewer Yazılım Programında Haritalanması (Lin/Log Modularity Kümeleme Metodu Kullanılmıştır, Ağırlık: Bağlantılar)

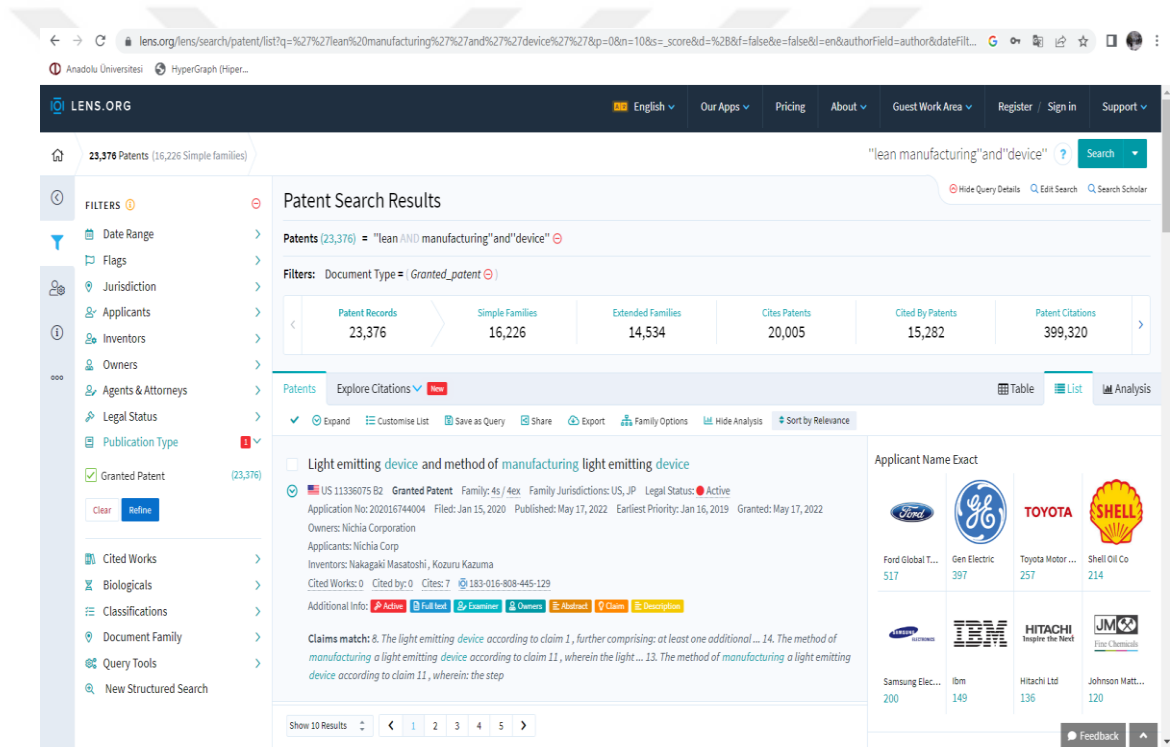
Ağdaki düğümlerin merkezilik derecelerinin ve aracılık kabiliyetlerinin belirlenebilmesi için ağın derece merkeziliği ve arasındalık merkeziliği ölçütlerini hesaplayan algoritmalar aşağıdaki tabloda görüldüğü gibi çalıştırılmıştır.



Şekil 94. Pajek Yazılımında Algoritmanın Çalıştırılması

Algoritmaların çalıştırılması sonucunda haritalanan ağ aşağıdaki gibidir.

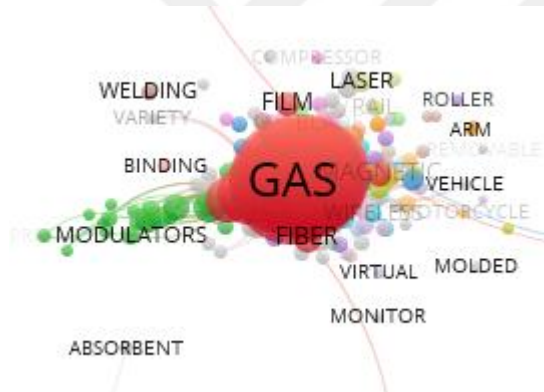
otomotiv hem dijital sistemler geliştirme konusunda altyapısı bulunmaktadır. Bu bağlamda firmanın patentlerdeki payının otomotiv endüstrisinde kullanılan sistemler üzerinde geliştirme faaliyetlerini kapsadığı söylenebilir. Samsung electronic, Dell, Hitachi gibi teknoloji altyapısı tedarik eden şirketlerin patentlerde yüksek payının bulunması dijitalizasyon konusundaki çalışmaları işaret etmektedir. Dijitalizasyonun literatürde sürdürülebilirlikle sıklıkla ilişkilendirildiği bilinmektedir. JM (Johnson Matthey) şirketi sürdürülebilir teknolojiler üretimi alanında faaliyet gösterdiğinden dolayı firmanın patentlerdeki payının sürdürülebilirlik perspektifinde inovasyon çalışmalarını yansıttığı söylenebilir.



Şekil 98. “Yalın Üretim Ve Cihaz” Birlikte Aratıldığında Onaylanmış Patentler Ve Başvuru Sahipleri

Analizler sonucunda elde edilen ağ haritalarının alandaki büyük resmi çizdiği söylenebilir. Bunun yanında bağlantılar ve toplam bağlantı gücü parametrelerine göre ağ ağırlıklandırılarak farklı kümeleme metotları ile elde edilecek haritalarda alanda baskın etkisi olan ya da aracılık etkisi olan yeni olguların keşfedilmesi mümkün olabilmektedir. İlk olarak toplam bağlantı gücüne göre ağırlıklandırılmış kümeleme haritaları

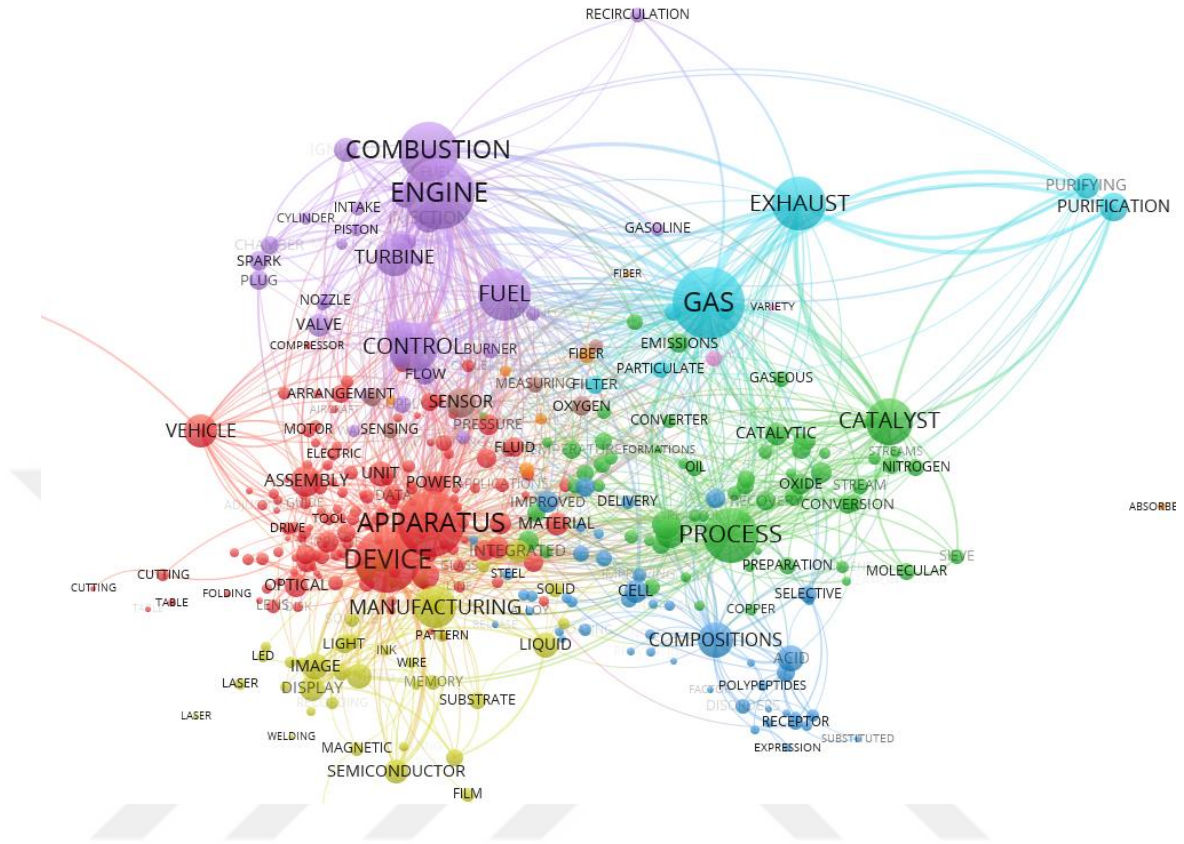
sunulacaktır. Toplam bağlantı gücüne göre ağırlıklandırılmış normalize edilmemiş kümelemeyi temsil eden harita aşağıda sunulmuştur. Haritada dev bileşen olduğu ve gaz kavramının ön plana çıktığı görülmektedir. Ortaya çıkan tablonun gaz kavramının düğümlerin çoğunu kapsadığını, çalışmalarda odaklanılan temel konu olduğunu göstermektedir. Önceki ağ haritaları değerlendirildiğinde gaz kavramının motorlardaki yanma süreci, egzozdan çıkan gazların dönüştürülmesi gibi farklı fonksiyonları üzerine çalışmalar olduğu tespit edilmişti. Normalize edilmemiş ağ haritasında gaz kavramının ağda en sık geçen kavram olduğu, araştırmalar çeşitli sistem ve metotlar geliştirmeye yönelik olmasına karşın bu çalışmalarda en çok gaz kavramı üzerinde durulduğu anlaşılmaktadır. Bu durumun emisyon azaltma çalışmalarının çok yönlü olarak yürütüldüğünü ve yeni geliştirilen sistemlerde emisyonun azaltılmasının önemli bir parametre olarak kullanıldığını gösterdiği söylenebilir.



Şekil 99. Vosviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Normalize Edilmemiş Kümeleme, Ağırlık: Toplam Bağlantı Gücü)

Normalize edilmemiş ağ haritalandıktan sonra Association strength metodu kullanılarak görselleştirilen ağ haritası aşağıda sunulmuştur. Ağ haritasında kırmızı düğümlerin kümesinde aparat ve cihaz başta olmak üzere montaj, araç, motor, elektrik, güç, sensör, algılama, ayarlama, ünite kavramlarının öne çıktığı görülmektedir. Kümelenme eğilimi incelendiğinde aparat ve cihaz kavramlarının kısmen iç içe olduğu ve ağda merkez konumunda olduğu bir yapı ile karşılaşılmaktadır. Ayrışan düğümler incelendiğinde sensör

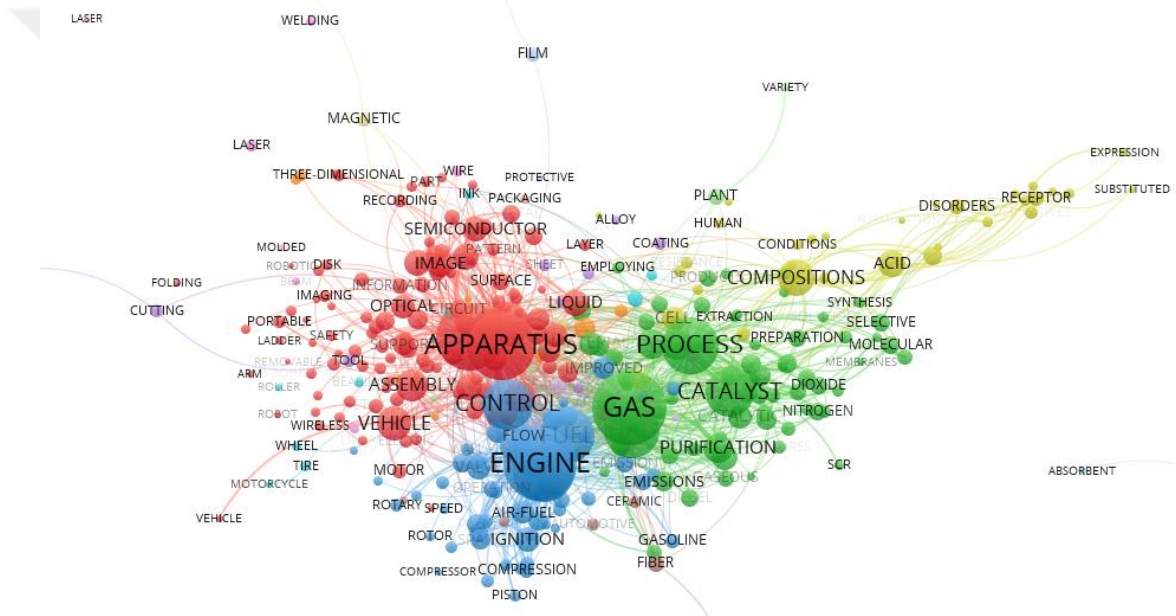
algılama, güç ve ünite kavramlarının yoğun bağlantılılık içinde olduğu görülmektedir. Diğer bir ayrışma ise araç kavramı etrafında belirmiştir. Burada araç ile montaj, motor, elektrik kavramları karşılıklı bir bağlantı içindedir. Kümelenme sonucu kırmızı düğümlerin kümesinde ortaya çıkan bu tablonun süreç gelişimine yönelik cihaz ve aparatlar geliştirildiği, sensörlü algılama ve güç ünitesi konusunda çalışmalar yapıldığı ve elektrikli araç altyapısı ile ilgili çalışmaların yürütüldüğünü yansıttığı söylenebilir. Lila renkli düğümlerin oluşturduğu küme incelendiğinde motor, yanma, kontrol, yakıt kavramlarının öne çıktığı bir yapılanma görülmektedir. Düğümlerin yerleşimi incelendiğinde motor ve yanma kavramlarının kısmen iç içe geçmiş yapıda olduğu ve yakıt ve kontrol kavramları ile karşılıklı bağlantı içinde oldukları anlaşılmaktadır. Haritadan elde edilen verilerin motorlarda yanma prosesindeki performansın geliştirilmesi konusundaki çalışmaları işaret ettiği açıktır. Bu konuda ağda ayrı bir odaklanma olduğu ve yoğun patent çalışması yapıldığı söylenebilir. Bu kümede türbin kavramı da merkezi düğüm olarak diğer merkezi düğümlerin arasında konumlanmıştır. Çalışmaların türbinlerin motorları üzerinde yapıldığı anlaşılmaktadır. Turkuaz renkli düğümlerin oluşturduğu kümede gaz ve egzoz kavramlarının öne çıktığı ve bağlantılı olduğu bir yapı ile karşılaşmıştır. Bu kümede ortaya çıkan kavramların egzoz gazlarının arındırılması ile ilgili çalışmaların göstergesi olduğu açıktır. Filtre, partikül, arındırıcı, arıtma kavramlarının da kümede ortaya çıkan diğer kavramlar olması bu fikri desteklemektedir. Yeşil düğümlerin oluşturduğu küme incelendiğinde süreç ve katalizör kavramının merkezde olduğu ve öne çıktığı bir yapı olduğu gözlemlenmiştir. Kümede ortaya çıkan diğer kavramların katalitik, dönüştürücü, dönüştürme gibi kavramlar olduğu göz önüne alındığında gazların dönüştürülmesine yönelik çalışmaların varlığı anlaşılmaktadır. Kümede ortaya çıkan tablo katalizör ile emisyonun azaltılmasına yönelik çalışmaları temsil etmektedir.



Şekil 100. Vosviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği Ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Association Strength Kümeleme Metodu, Ağırlık: Toplam Bağlantı Gücü)

Association strength kümeleme metodu kullanılarak ağ haritası görselleştirilmesi sonrasında Fractionalization kümeleme metodu ile aşağıdaki ağ haritası elde edilmiştir. Ağ fraksiyona alındığında kırmızı düğümlerin bulunduğu kümede aparat kavramının öne çıktığı ve merkezde olduğu bir küme yapısı görülmektedir. Aparat kavramı ile karşılıklı bağlantıda olan kavramlar incelendiğinde montaj, araç, yarı iletken, görüntüleme, optik gibi kavramlar dikkat çekmektedir. Ortaya çıkan portrenin aparatların teknik özelliklerini ve kullanım alanlarını yansıttığı söylenebilir. Mavi düğümlerin oluşturduğu küme incelendiğinde motor ve kontrol kavramlarının merkezi düğümler olduğu görülmektedir. Bunun yanında benzin, yakıt, hava yakıtı, ateşleme, kompresyon, piston, kompresör kavramlarının ortaya çıktığı görülmektedir. Bu kavramların aynı kümede bağlantılı olarak

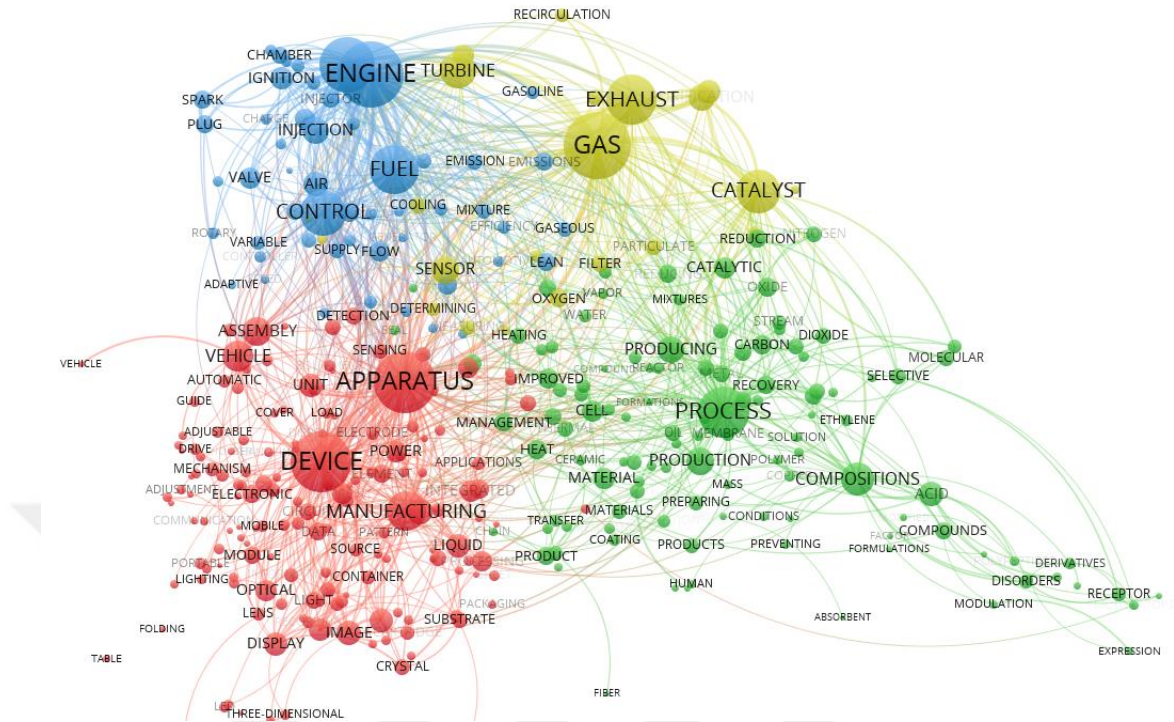
bir araya gelmesi motorlarda yanma prosesinin geliştirilmesi konusundaki çalışmaları ve emisyonun azaltılmasının da bu çalışmalarda bir parametre olduğunu simgelediği söylenebilir. Yeşil düğümlerin oluşturduğu kümede gaz, katalizör, süreç, arınma kavramlarının öne çıktığı görülmektedir. Kümede ortaya çıkan kavramların gazların arındırılmasını işaret etmesi emisyon azaltma konusunda ağda ayrı bir odaklanma olduğunu göstermektedir. Diğer kavramların emisyon, nitrojen, dioksit olduğu görülmektedir.



Şekil 101. Vosviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği Ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Fractionalization Kümeleme Metodu, Ağırlık: Toplam Bağlantı Gücü)

Lin/log modularity kümeleme metodu ile aşağıdaki ağ görseli elde edilmiştir. Lin/log modeli ile bağlantıların belirgin olarak incelenebileceği yorumlanabilir bir görsel elde edilmiştir. Kırmızı düğümlerin bulunduğu kümede aparat, cihaz, üretim kavramlarının merkezi düğümler olduğu görülmektedir. Aparat kavramının tespit etme, algılama ve belirleme kavramları ile karşılıklı ilişkisi ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda geliştirilen aparatların bazılarının sensör tabanlı algılamaya yönelik olduğu söylenebilir. Diğer yandan cihaz kavramı ile bağlantılı olduğu perspektifte güç kavramının da bu iki kavram

arasında bağlantılı pozisyonda olduğu görülmektedir. Bu durumun çalışmalardan bazılarının cihazlara güç aktarımını sağlamakta kullanılan aparatlar olduğunu yansıttığı söylenebilir. Mavi düğümlerin oluşturduğu kümede motor, yakıt, kontrol kavramlarının merkezi düğümler olduğu görülmektedir. Motor ve yakıt kavramlarına ait düğümlerin emisyon kavramına ait düğüm ile karşılıklı ortak bağlantı kurduğu dikkat çekmektedir. Kontrol ve hava kavramlarına ait düğümlerin yakın ve bağlantılı yerleşimi motorlarda sıkıştırılan hava ile ilgili kısımda bir odaklanma olduğu yönünde yorumlanabilir. Motor kavramı ile ateşleme ve enjektör kavramlarının karşılıklı bağlantısı hava-yakıt ayarlaması ve yanma prosesi konusunda çalışmalar yapıldığını düşündürmektedir. Sarı düğümlerin oluşturduğu kümede sınırlı sayıda düğüm ortaya çıktığı ve düğümlerin merkezi düğümler olduğu görülmektedir. Öne çıkan kavramlardan gaz, egzoz, katalizör kavramları incelendiğinde gaz ve egzoz kavramının birbirine yakın konumlandığı ve katalizör ile karşılıklı bağlantı içinde olduğu görülmektedir. Aynı kavramların başka bir açıda filtre ve oksijen bağlantısı görülmektedir. Ortaya çıkan resmin egzozlardan çıkan gazların arındırılmasına yönelik çalışmaları yansıttığı açıktır. Katalizörün bu konuda temel araç olarak kullanıldığı söylenebilir. Küme yerleşiminde türbin kavramının diğer düğümlerden uzak, mavi düğümlerin kümesindeki motor kavramına yakın bir noktada konumlandığı görülmektedir. Bağlantıları incelendiğinde gaz kavramı ile yoğun bağlantılı olduğu görülmektedir. Ortaya çıkan portre gaz türbinleri ve türbin motorları konusunda çeşitli çalışmaların varlığını göstermektedir. Yeşil düğümlerin kümesi incelendiğinde süreç kavramının merkezde olduğu bir yapı ile karşılaşılmaktadır. Merkezi düğüm etrafında yerleşen düğümlere bakıldığında ürün, üretim, geri kazanım, karbon, dioksit, katalitik, geri kazanım kavramları dikkat çekmektedir. Kümedeki yerleşimden süreçlerdeki geliştirme faaliyetlerinin emisyon azaltma ve geri dönüşüm odaklı olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 102. Vosviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği Ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Lin/Log Modularity Kümeleme Metodu, Ağırlık: Toplam Bağlantı Gücü)

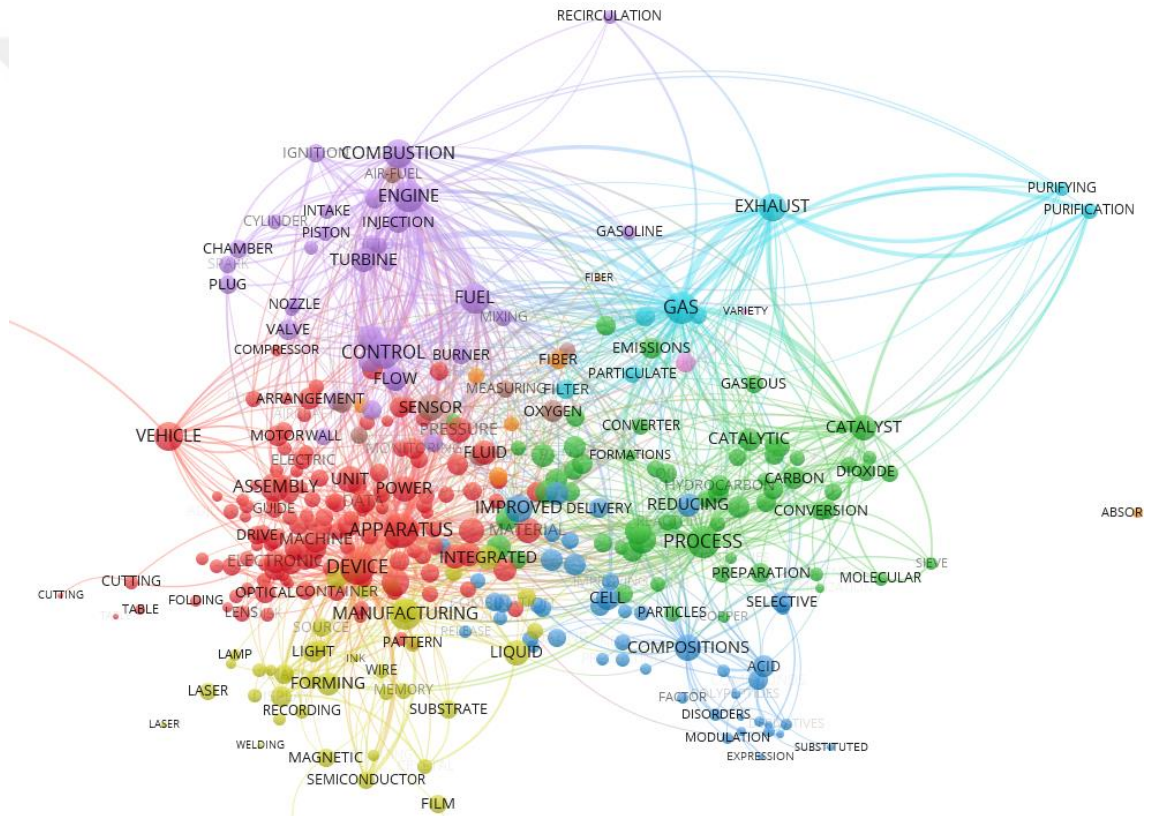
İkinci aşamada bağlantılar ağırlıklandırılarak farklı kümeleme metotları ile ağ görselleştirilmiştir. Normalizasyon yapılmadan bağlantılar ağırlık olarak alındığında aşağıdaki ağ haritasına ulaşılmaktadır. Ağ haritasında aparat kavramının merkezi düğüm olarak konumlandığı görülmektedir. Ayrışan kavramların kalıplama, rulman, çıkarılabilir, katlanır, lazer, film gibi aparatlara ait bazı özellikler ve kullanım alanlarına ilişkin fikir verdiği söylenebilir. Aparatların üretimde çeşitli ünitelerde kullanılmak üzere geliştirilmiş portatif malzemeler olduğu söylenebilir.



Şekil 103. Vosviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Normalize Edilmemiş Kümeleme, Ağırlık: Bağlantılar)

Association strength kümeleme metodu kullanılarak elde edilen ağ haritası aşağıdaki gibidir. Bağlantıların ağırlıklandırılması sonucu merkezi düğümlerin geri plana çekildiği bağlantıların mercek altına alındığı bir görsel elde edilmiştir. Kırmızı düğümlerden oluşan küme incelendiğinde cihaz ve aparat kavramlarının yoğun bağlantılı olduğu dikkat çekmektedir. Bu durumun aparatların belirgin bölümünün cihazlara ait olduğunu gösterdiği söylenebilir. Aparat kavramının diğer açıdan güç kavramı ile yoğun bağlantısı olduğu görülmektedir. Aparatların kısmen güç aktarımı prosesinde kullanıldığı söylenebilir. Araç kavramının ise kümenin biraz daha dışında konumlandığı ve diğer kümeler ile bağlantılarının bulunduğu görülmektedir. Elde edilen bu veri ile patent çalışmalarında otomotiv sektörüne yönelik çalışmaların geniş yer tuttuğunu söylemek mümkündür. Lila düğümlere ait küme incelendiğinde motor, kontrol, yanma, yakıt, kavramlarının belirgin şekilde öne çıktığı bir yapı görülmektedir. Elde edilen düğümlerin motordaki yanma prosesine işaret ettiği yönündeki değerlendirmeleri kümede bulunan diğer kavramlar da desteklemektedir. Diğer kavramlardan bazılarının brülör, valf, piston, kompresör, enjeksiyon olduğu görülmektedir. Turkuaz renkli düğümlerin oluşturduğu küme incelendiğinde gaz, egzoz, arındırıcı, arıtma kavramlarının öne çıktığı görülmektedir. Bununla birlikte filtre, partikül kavramlarının bağlantılı kavramlar olduğu belirlenmiştir. Ortaya çıkan tablonun egzozlardan çıkan gazların arındırılmasına yönelik çalışmaları işaret ettiği açıktır. Türbin kavramının daha önceki analizlerde olduğu gibi ayrı bir kümede bulunan motor kavramına yakın konumlandığı ve gaz kavramı ile yoğun

bağlantılı olduğu, bu durumun gaz türbinleri ve türbin motorları konusunda çeşitli çalışmaların varlığını gösterdiği düşünülmektedir. Yeşil düğümlerin oluşturduğu küme incelendiğinde süreç kavramının merkezde olduğu ve katalitik, katalizör, azaltma, karbon, dioksit, dönüştürücü, emisyon kavramları ile yüksek bağlantı içinde olduğu bir yapı ile karşılaşılmaktadır. Emisyon kavramının yeşil kümede olmasına karşın turkuaz kümedeki gaz kavramına yakın ve bağlantılı konumlandığı görülmektedir. Ortaya çıkan tablodan süreç gelişimi çalışmalarında emisyonun azaltılmasına odaklı bir yapılanma olduğu açıkça anlaşılmaktadır.

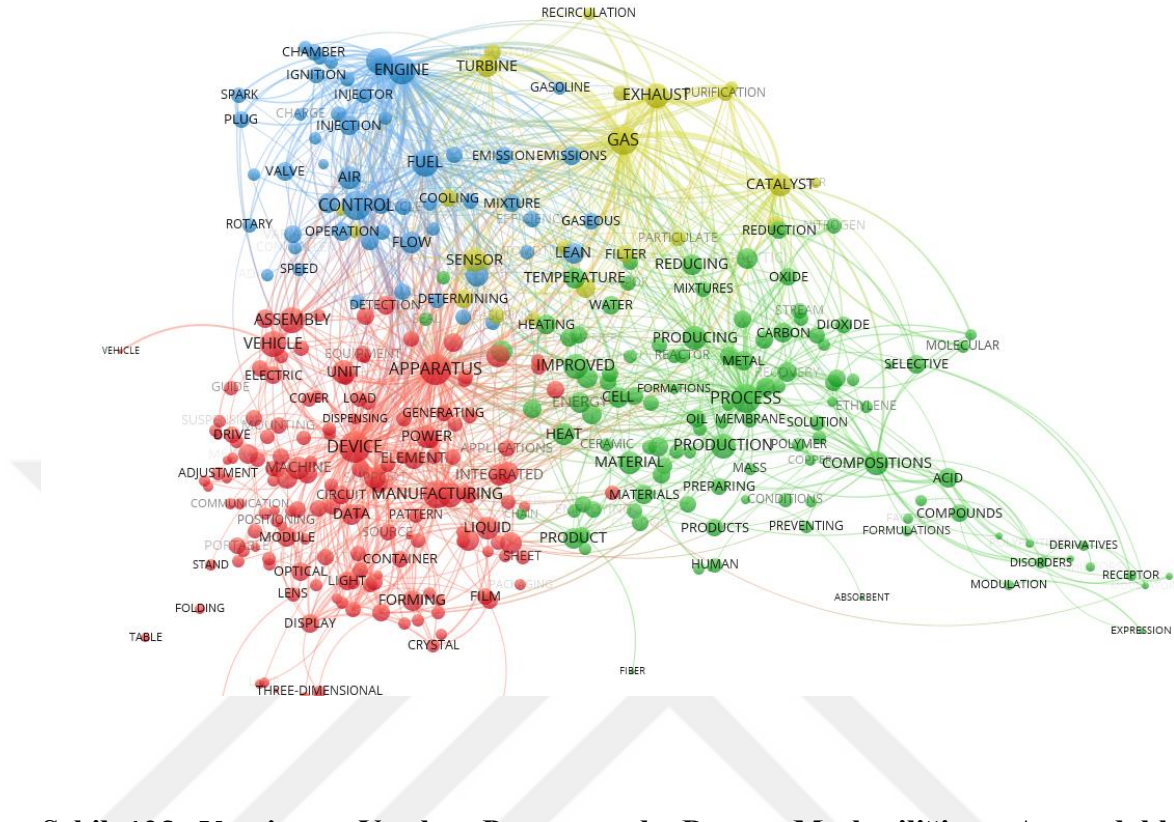


Şekil 104. Vosviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Association Strength Kümeleme Metodu, Ağırlık: Bağlantılar)

Fractionalization kümeleme metodu kullanılarak aşağıdaki ağ haritası elde edilmiştir. Ağ fraksiyona alındığında kümelenmenin iç içe geçmiş bir yapıda olduğu dikkat

çekmektedir. Bu durumun dolaylı ilişkilerin de incelenemediği fraktal çizgelerde yüksek derecede bağlantılı bir ağ yapısını temsil ettiği söylenebilir. Kırmızı düğümlerin oluşturduğu kümede aparat kavramının kümenin merkezinde konumlandığı ve makine, montaj, araç kavramları ile bağlantılı olduğu görülmektedir. Bu yerleşim düzeninin aparatların bir kısmının makine ve otomobillerin aksamaları olduğunu gösterdiğini söylemek mümkündür. Kümedeki diğer kavramların bazılarının üretim ünitelerine ve otomobil aksamalarına ait kavramlar olduğu, diğerlerinin ise üç boyutlu, koruyucu, taşınabilir gibi aparatların teknik özelliklerine ait olabilecek kavramlar olduğu görülmektedir. Kümedeki kavramların aparatların özelliklerini ve kullanım alanlarını gösterdiği söylenebilir. Mavi düğümlerin bulunduğu küme incelendiğinde kontrol, yakıt, motor kavramları öne çıkmaktadır. Bağlantılı kavramların emisyon, sıkıştırma, brülör, karbüratör, buji, ateşleme, piston, kompresör olduğu görülmektedir. Ortaya çıkan tablodan motorlardaki yanma prosesinin performansını geliştirmeye yönelik çalışmaların yapıldığı ve emisyonun azaltılmasının bu süreçte önemli bir parametre olduğu anlaşılmaktadır. Yeşil düğümlerin bulunduğu kümede gaz, süreç ve katalizör kavramlarının öne çıktığı ve bu kavramların ardında egzoz kavramının belirdiği görülmektedir. Kümedeki diğer kavramların katalitik, dioksit, nitrojen olduğu ve emisyon kavramının kümeye yakın konumlandığı görülmektedir. Bu durumun egzoz gazlarının arındırılmasının ayrı bir araştırma alanı olarak ele alındığını ve bu konuda iyileştirme çalışmaları yapıldığını gösterdiği açıktır.

bulundurulduğunda kümenin motorlardaki yanma prosesine odaklı çalışmaları yansıttığı anlaşılmaktadır. Sarı düğümlerin bulunduğu küme incelendiğinde egzoz, gaz, katalizör kavramlarının merkezi düğümler olduğu görülmektedir. Bu kavramların hemen ardında arınma kavramının görünür hale geldiği belirlenmiştir. Bağlantılı kavramların sensör ve filtre olduğu anlaşılmaktadır. Veriler birlikte değerlendirildiğinde egzozlardan çıkan gazların arındırılmasına yönelik çalışmaların yapıldığı açıktır. Türbin kavramının kümenin biraz daha dışında mavi düğümlerin kümesindeki motor kavramına yakın konumlandığı ve sensör, belirleme, soğutma, devirdaim ve gaz kavramları ile bağlantısının bulunduğu görülmektedir. Bu tablo gaz türbinleri ve türbin motorları konusunda ayrı bir odaklanma olduğunu ve gaz ile ilgili algılama, soğutma gibi işlemleri içeren birtakım çalışmalar yapıldığını düşündürmektedir. Yeşil düğümlerin bulunduğu küme incelendiğinde süreç kavramının merkezde olduğu görülmektedir. Kümede ürün, üretim, gelişmiş, azaltma, dönüştürme, karbon, dioksit, oksit, ısı, su gibi kavramların varlığı dikkat çekmektedir. Kümede ortaya çıkan tablo incelendiğinde üretim sürecinde emisyonun ve atıkların azaltılmasına yönelik çalışmalar yapıldığı anlaşılmaktadır.



Şekil 106. Vosviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Lin/Log Modularity Kümeleme Metodu, Ağırlık: Bağlantılar)

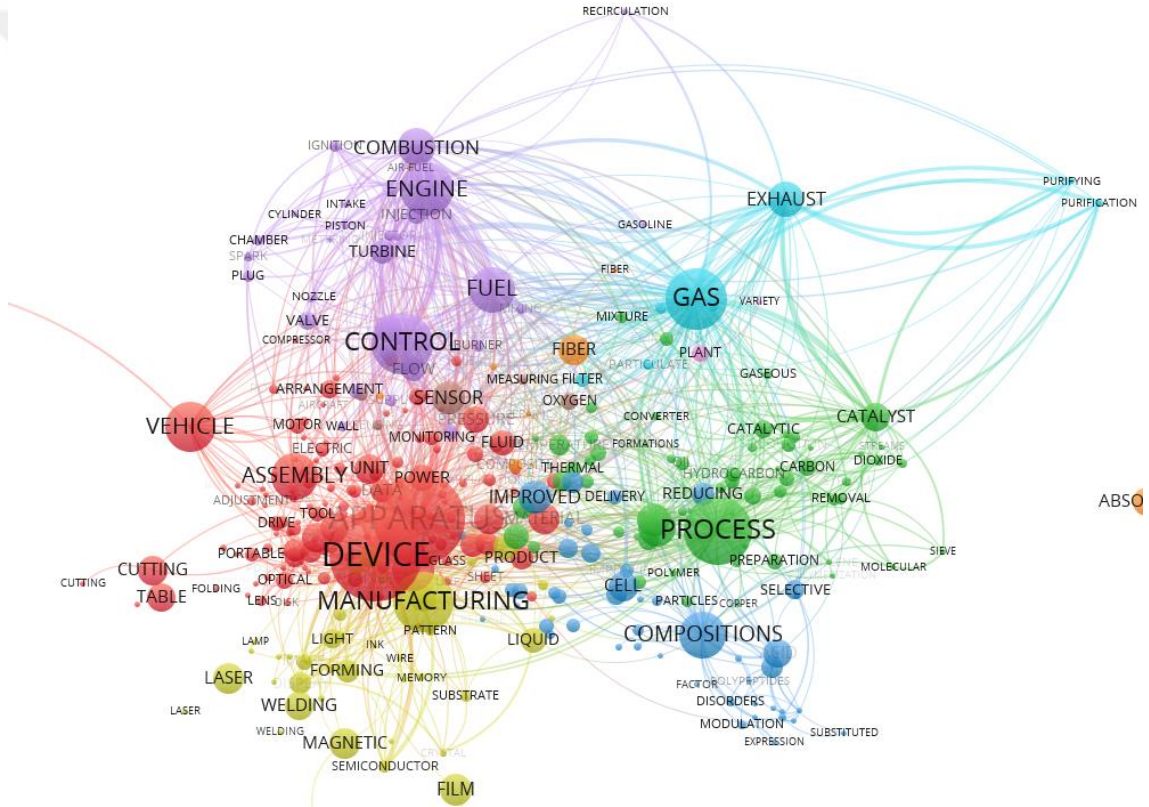
Son olarak kullanıcı tanımlı modda farklı metotlar ile elde edilen ağ haritaları sunulacaktır. Vektör ve bölümlene yapıldığında ağ haritaları henüz bir ağırlıklandırma yapılmadığında kullanıcı tanımlı mod ile görüntülenmektedir. Aşağıda normalize edilmemiş kümelenmeye ilişkin ağ haritası sunulmuştur. Elde edilen ağ haritasında cihaz kavramının öne çıktığı görülmektedir. Dev bileşen oluşumu ağa egemen bir yapının göstergesidir. Ağdaki çalışmaların cihazlar temelinde yapıldığı anlaşılmaktadır. Üretim endüstrisinde makine ve cihazların üretimde kullanılan temel araçlar olduğu düşünüldüğünde çalışmaların bu cihazların aparat ve parçaları ya da çalışma prensipleri üzerinde yapılmasına karşın makro perspektiften değerlendirildiğinde aslında cihazlara yönelik olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 107. Vosviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Normalize Edilmemiş Kümeleme, Ağırlık: Kullanıcı Tanımlı Ağırlık)

Association strength kümeleme metodu kullanılarak aşağıdaki ağ haritası elde edilmiştir. Kırmızı düğümlerden oluşan kümede cihaz kavramının öne çıktığı ve hemen ardında aparat kavramının belirlediği görülmektedir. İki kavrama ait düğümlerin kısmen iç içe geçmiş yapıda olduğu belirlenmiştir. Bu durum cihaz kavramının önemli ölçüde aparat kavramını kapsadığının göstergesidir. Üzerinde çalışılan ya da geliştirilen bazı aparatların cihazlarda kullanıldığı anlaşılmaktadır. Araç kavramının kümenin biraz dışında başka kümeler ile de bağlantılı olduğu görülmektedir. Kümedeki diğer düğümlerin üretim üniteleri ile aparat ve cihazların teknik özelliklerine ait kavramlar olduğu görülmektedir. Ortaya çıkan tablodan aparat ve cihazların önemli bir kısmının otomotiv sektörüne ait olduğu, ancak makro perspektiften değerlendirildiğinde ise üretim endüstrisini temsil ettiği anlaşılmaktadır. Lila düğümlerden oluşan küme incelendiğinde kontrol, motor, yanma, yakıt kavramlarının merkezi düğümler olduğu görülmektedir. Düğümlerin yerleşimi incelendiğinde motor ve yanma kavramlarının yakın konumlandığı, kontrol kavramı ile karşılıklı bağlantıda oldukları ve yakıt kavramının tüm bu kavramların arasında çift taraflı bağlantıda olduğu görülmektedir. Kümedeki diğer kavramların valf, buji, piston, enjeksiyon, kompresör, brülör olduğu göz önüne alındığında motordaki yanma prosesinin performansını geliştirmeye yönelik çalışmaların varlığı

anlaşılmaktadır. Turkuaz düğümlerin bulunduğu küme incelendiğinde egzoz ve gaz kavramlarının merkezi düğümler olduğu görülmektedir. Kümedeki diğer kavramların arındırıcı, arıtma, filtre olduğu göz önüne alındığında egzozdan çıkan gazların dönüştürülmesine yönelik çalışmalar yapıldığı açıkça anlaşılmaktadır. Yeşil düğümlerin bulunduğu kümede süreç kavramının merkezde olduğu bir yapıya rastlanmaktadır. Bağlantılı kavramların katalitik, katalizör, dönüştürücü, azaltma, karbon, dioksit, ortadan kaldırma olduğu görülmektedir. Ortaya çıkan tablonun süreçlerdeki emisyonun azaltılması perspektifinde yapılan çalışmaları yansıttığı açıktır.



Şekil 108. Vosviewer Yazılım Programında Derece Merkeziliği ve Arasındalık Merkeziliği Ölçütlerine Göre Ağın Haritalanması (Association Strength Kümeleme Metodu, Ağırlık: Kullanıcı Tanımlı Ağırlık)

Fractionalization kümeleme metodu kullanılarak aşağıdaki ağ haritası elde edilmiştir. Kırmızı düğümlerin oluşturduğu küme incelendiğinde cihaz kavramının öne çıktığı görülmektedir. Araç ve montaj kavramlarının da kümede belirgin kavramlar haline

geldiği belirlenmiştir. Çalışmaların odağında cihazların olduğu ve çalışmaların önemli bir kısmının araçlar için yapıldığı söylenebilir. Cihaz kavramının hemen ardında beliren büyük düğümün aparat olduğu düşünülmektedir. Ağ fraksiyona alındığında cihaz kavramının aparatı önemli ölçüde kapsadığı bir görsel elde edilmiştir. Dolaylı ilişkiler mercek altına alındığında aparatların aslında önemli ölçüde cihazlar için geliştirildiği anlaşılmaktadır. Görselin bu dolaylı ilişkiyi ortaya koyarak aparatların geliştirildiğini, ancak bu aparatların cihazlarda kullanıldığını, yani asıl geliştirme faaliyetlerinin aslında dolaylı olarak cihazlar için yapıldığını anlattığı söylenebilir. Mavi düğümlerin kümesi incelendiğinde motor, kontrol ve yakıt kavramlarının belirgin şekilde öne çıktığı bir yapı ile karşılaşmaktadır. Yakıt kavramının motor ve kontrol kavramının biraz geri planında kaldığı görüntü yakıtın aracı rolünde olduğu bir yapıyı düşündürmektedir. Çalışmaların asıl odağının motorun çalışma performansına yönelik olduğunu anlatmaktadır. Kümedeki diğer kavramların brülör, ateşleme, buji, kompresör, sıkıştırma, piston, karbüratör olması motordaki yanma süreci üzerindeki çalışmaları işaret etmektedir. Emisyon kavramının ayrı bir noktadan kümeye yoğun bağlantısı görülmektedir. Bu durum yapılan çalışmalarda emisyonun azaltılmasının önemli bir parametre olduğunu göstermektedir. Yeşil düğümlerin kümesi incelendiğinde gaz ve süreç kavramlarının merkezi düğümler olduğu görülmektedir. Kümede ortaya çıkan diğer kavramların katalizör ve katalitik olduğu belirlenmiştir. Elde edilen tablonun gazların arındırılmasına yönelik çalışmaların yapıldığını gösterdiği açıktır.

kavramların enjeksiyon, enjektör, ateşleme, valf, buji olduğu göz önüne alındığında ortaya çıkan tablonun motordaki yanma prosesi üzerindeki çalışmalara odaklandığı anlaşılmaktadır. Yanma prosesinde hava ve yakıt ile ilgili ayarlama sürecinin yanma performansı üzerindeki etkisi bilinmektedir. Elde edilen verilerin bu sürece ait çalışmaları yansıttığı açıktır. Emisyon kavramının kümeyi kapsayacak konumda pozisyon aldığı ve geniş bir perspektifte bağlantı yaptığı görülmektedir. Bu durum emisyonun azaltılmasının yapılan çalışmalarda önemli bir parametre olduğunu göstermektedir. Sarı düğümlerin bulunduğu küme incelendiğinde gaz, egzoz, katalizör kavramlarının öne çıktığı bir yapıya rastlanmaktadır. Bu kavramları filtre, sensör ve arınma kavramları izlemektedir. Ortaya çıkan portrenin egzozlardan çıkan gazların dönüştürülmesi yönündeki çalışmaları yansıttığı açıktır. Türbin kavramının mavi düğümlerin kümesindeki motor kavramına yakın konumlandığı ve gaz kavramı ile bağlantı içinde olduğu görülmektedir. Bu durumun türbinlerin motorları ve gaz türbinleri konusunda ayrı bir odaklanma olduğunu gösterdiği söylenebilir. Yeşil düğümlerin kümesi incelendiğinde süreç kavramının kümenin merkezinde konumlandığı ve yoğun bağlantılılığa sahip merkezi düğüm olduğu görülmektedir. Bağlantılı kavramlar incelendiğinde karbon, oksit, metal, azaltma, üretim, gelişmiş, ürün, malzeme, enerji, su, ısı kavramları dikkat çekmektedir. Elde edilen verilerin enerji ve malzeme kullanımında inovasyona yönelik süreç geliştirme çalışmalarını yansıttığı anlaşılmaktadır. Bu çalışmaların emisyon azaltma prensibi ile ele alındığını söylemek mümkündür. Metal azaltımı sayesinde otomotiv endüstrisinde aracın ağırlığı azaltılarak yakıt tasarrufu sağlanmaktadır. Malzeme konusundaki bu inovasyonun temelinde emisyon azaltımı prensibi bulunmaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yalın üretimin sürdürülebilirlik konusunda potansiyelinin incelendiği araştırmaların ele alındığı literatür taraması genel olarak değerlendirildiğinde 3R (Reduce, Reuse, Recycle) yaklaşımının yalın üretim ile entegre edilmesinin yalın üretimin sürdürülebilirlik perspektifindeki etkinliğini artırabileceği söylenebilir. Bir diğer alternatif ise ISO 14001 standartlarının yalın üretim sistemine entegre edilmesidir. Sistemin bu yaklaşımlardan birisi ile entegre edilerek uygulanması sistemin sürdürülebilirlik konusundaki etkinliğini artıracaktır.

Yayınlardaki anahtar sözcüklerin analizlerinin tamamında değer akış haritalama metodunun en önemli kavram olarak öne çıktığı ve dev bileşen oluşumu ile tüm düğümleri kapsayan bir yapının oluştuğu gözlemlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlar ağda yüksek bağlantılı bir yapı olduğunu ve değer akış haritalama metodunun ağdaki kavramların çoğunluğu ile bağlantılı olduğunu göstermektedir. Değer akış haritalama kavramının ağ haritasındaki yerleşimi ağda en yaygın kullanılan araç olduğunu ve birden fazla parametre için kullanılan çok fonksiyonlu bir yapıyı temsil ettiğini göstermektedir. Yayın analizlerinde anahtar kelimelerde değer akış haritalama metodunun öne çıkan kavram olarak tespit edilmesi alanda süreç iyileştirme konusunda yoğun çalışma olduğunu açıkça göstermektedir. Sürdürülebilirlik kavramının çoğu haritada belirgin şekilde ortaya çıkması süreç gelişiminin sürdürülebilirlik perspektifinde yapılmasının hedeflendiğini göstermektedir. Süreç geliştirme konusundaki yoğun çalışmaları yansıtan bulgulardan yalın üretim sisteminin bu konuda hem kılavuz hem kaynak niteliğinde kullanıldığı anlaşılmaktadır. Yayın analizlerinde yoğunluk haritasında değer akış haritalama kavramı ile birlikte altı sigma, sürdürülebilirlik ve kaizen kavramlarının ön plana çıktığı bir tablo oluşmuştur. Ortaya çıkan tablonun sürdürülebilirlik ve kalite konusundaki çalışmalara ağırlık verildiğini gösterdiği açıktır. Kalitenin iyileştirilmesi konusundaki çalışmaların ürün yaşam döngüsünü uzatma ve dolayısıyla ürünün sürdürülebilirliğini sağlama yönünde etkisi olacaktır. Bu bağlamda üretim alanında bir parametre olarak kalitenin de sürdürülebilirliği desteklediği, dolayısıyla sürdürülebilir bir yapıyı işaret ettiği söylenebilir.

Yayın analizlerinde en etkili yazarlar belirlenmiş ve inceledikleri konular tespit edilmiştir. Sürdürülebilir üretim konusunun çoğu yazarın odaklandığı ortak konu olduğu tespit edilmiştir. Ek olarak endüstri 4.0 konusundaki çalışmaların da yazarların genel olarak ortak ilgilendikleri bir alan olduğu görülmüştür. Bu bağlamda yalın üretimin güncel uygulamalarında endüstri 4.0 teknolojisi ile entegre edilmesi konusunda bir eğilim olduğu anlaşılmaktadır. Sürdürülebilirlik perspektifinden endüstri 4.0 teknolojilerinin sürdürülebilirlik ile literatürde sıklıkla ilişkilendirildiği ve yalın üretimin sürdürülebilirlik odaklı geliştirilmesi açısından endüstri 4.0 teknolojisinin bir araç olabileceği söylenebilir.

Yayın analizleri ile etkin ülke ve kuruluşlar da belirlenmiştir. Etkin ülkelerin ve kuruluşların Amerika, İngiltere, Hindistan ve Brezilya olduğu tespit edilmiştir. H-indeksine konu olan yayın sayısı en yüksek olan ve en çok atıf alan ülke ve araştırma kuruluşlarında birinci sırada Amerika'nın bulunduğu belirlenmiştir. Bu durum Amerika'nın yalın üretim alanında trendi belirlediği yönünde yorumlanabilir. Hindistan menşeli araştırma kuruluşunun h-indeksi kategorisinde birinci olması Hindistan tarafından yapılan çalışmaların alanda öne çıktığını ve dikkat çektiğini göstermektedir. Brezilya menşeli araştırma kuruluşunun toplam yayın sayısında birinci sırada olması araştırma kuruluşunun kurum temelinde alanda uzmanlaşmaya yöneldiğini ve araştırmacılarını iş birliği yönünde desteklediğini yansıttığı söylenebilir.

Yayın analizlerinde literatür büyümesinin üstel olduğu belirlenmiş ve böylece yalın üretim alanında yapılacak yayınların önümüzdeki yıllarda artacağı tespit edilmiştir. Bu durumun yalın üretim alanında araştırma gerekliliğinin devam ettiğini gösterdiği açıktır. Öte yandan yalın üretim alanında araştırma ya da yatırım yapmanın anlamlı olduğunu gösterdiği söylenebilir.

Yalın üretim alanına ait yayınlar üzerinde yapılan analizler yalın üretim ile ilgili büyük resmi çizmektedir. Analizler sonucunda elde edilen verilerden yalın üretim alanında sürdürülebilirlik perspektifinde süreç geliştirme çalışmaları yapıldığı anlaşılmaktadır.

Patent analizleri literatürdeki verilerden elde edilen bilgileri değerlendirmek açısından önem taşımaktadır. Onaylanan patentlerdeki eğilimin tespit edilmesi, literatürden elde edilen veriler ile patent eğilimini karşılaştırmak ve ortaya çıkan tabloyu anlamlandırmak

açısından oldukça efektif bir katkı yaratmaktadır. Yapılan çalışmada patent analizlerinin literatürden elde edilen verilerle ortaya çıkan profile açıklayıcı bir perspektif kazandırdığı söylenebilir.

Patent analizlerinde literatür büyümesinin de yayın analizlerindeki gibi üstel olduğu belirlenmiştir. Grafik patent sayısının önümüzdeki yıllarda artacağını ve yalın üretim alanında yatırım yapılmasının anlamlı olduğunu ifade etmektedir. Bununla birlikte analizler beraber değerlendirildiğinde yayın ve patentlerdeki büyüme trendinin birbirine paralel olduğu görülmektedir. Bu tablo süreç geliştirme konusunda yapılan çalışmaların uygulanabilir sistem ve faaliyetlere dönüştürüldüğünü göstermektedir.

Patentlerdeki anahtar kelimelerin analizleri incelendiğinde dijitalizasyon hedefinde geliştirilen aparatlar, motorlardaki yanma prosesinin performansının geliştirilmesi, egzoz gazlarının arındırılması, malzeme ve kaynakların emisyonunun azaltılması perspektifinde inovasyonu olmak üzere 4 temel konuya odaklanma olduğu tespit edilmiştir. Konuların odakları farklı olmasına karşın emisyon azaltma çalışmalarının hepsinde önemli bir parametre olarak ele alındığı anlaşılmaktadır. Elde edilen veriler ile yalın üretim alanındaki patent çalışmalarında sürdürülebilirlik odaklı bir yaklaşım olduğunu söylemek mümkündür.

Yayın analizleri ile yalın üretim alanında süreç geliştirme çalışmaları konusunda yoğun çalışmalar yapıldığı tespit edilmiştir. Patent analizleri yalın üretim alanında yapılan araştırmaların ötesinde uygulamaların çerçevesini yansıtmaktadır. Analizler genel olarak incelendiğinde endüstrinin hedefinde emisyon azaltma çalışmalarının olduğu açıktır. Patent başvurusu yapan şirketlerin önde gelenlerinin yalın üretim sistemini uygulayan şirketler olması dikkat çekicidir. İlişkilerin tesadüfi olmadığı varsayımına dayanarak ortaya çıkan bu tablonun tesadüfi olmadığı, yalın üretim sisteminin sürdürülebilirlik perspektifinde yapılacak dönüşüm için önemli bir araç olduğu konusunda somut bir gösterge olduğu söylenebilir. Bununla birlikte yayın analizlerinin sonuçlarının süreç geliştirme ve inovasyon konusunda çalışmalar yapıldığını gösterdiği açıktır. Bu durum önümüzdeki yıllarda şirketlerin hedeflerinde sürdürülebilirlik perspektifinde yapılacak çalışmaların olacağını göstermektedir. Yalın üretim sisteminin şirketlerin bu dönüşüm sürecinde önemli bir kaldıraç gücü yaratma potansiyeli taşıdığı söylenebilir.

Sürdürülebilirlik çerçevesinde yapılacak dönüşümün farklı teknoloji ve tekniklerin entegre edilmesi yoluyla yapılması, tek başına bu yeterliliğe sahip olmayan sistemlerin geliştirilerek farklı donanımlara sahip yeni versiyonlarına dönüşmesini ve sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda şekillendirilerek hedefe yönelik bir çerçeveye alınmasını sağlayabilir. Yalın üretim sistemi dijitalizasyon tabanlı yeni teknolojiler karşısında maliyet avantajı olan bir seçenek olarak değerlendirilebilir. Bu yönüyle yalın üretim sisteminin mevcut uygulamalarının sürdürülebilirlik için büyük çaplı bir dönüşümün ilk adımı olması en avantajlı seçenek olarak görünmektedir. Sistem dijitalizasyon ile zaman içinde kademeli olarak desteklenerek daha sofistike uygulamalar geliştirilebilir. Dijitalizasyonun süreçlerde yarattığı katma değer kadar insan faktörünün de süreçlerde rolü olduğu unutulmamalıdır. Bu noktada dijitalizasyonun dengesi doğru değerlendirilmelidir. Sürdürülebilirlik doğrultusunda yapılacak dönüşümün geniş bir perspektifte değerlendirilmesi gerektiği sistemlere ek olarak kullanılacak malzemeleri ve kaynakları da kapsamı gerektiği unutulmamalıdır. Bu değerlendirmelerin yapılabilmesi için değer akış haritalama metodu önemli bir araç olabilir. Değerlendirme yapılırken kullanılan parametreler 3R anlayışı çerçevesinde revize edilebilir. Bu şekilde sürecin sürdürülebilirlik performansı da değerlendirmeye alınabilir.

Uzun vadede ise yalın üretim sistemini mevcut uygulamalarından daha farklı bir perspektifte değerlendirmek gerekmektedir. Literatürde son yıllarda yalın üretim sisteminin endüstri 4.0 teknolojisi kullanılarak otonom sistemler üzerinde uygulanmasına yönelik tanımlayıcı çalışmalar yapıldığı tespit edilmiştir. Bu çalışmaların deneysel boyuta taşınması gerekmektedir. Araştırma sonucunda yalın üretim sisteminin klasik uygulamalarının ötesinde yeni, sofistike uygulamaları üzerinde çalışmalar yapıldığı belirlenmiştir. Önümüzdeki yıllarda yalın üretim sisteminin dijital dönüşüm geçireceği ve yeni versiyonu ile karşımıza çıkacağı öngörülmektedir.

Yalın üretimin sürdürülebilirlik perspektifinden sadece iş süreçleri açısından değil, kaynak ve ekipman perspektifinden de ele alınabilecek bir yöntem olduğu anlaşılmaktadır. Başka bir perspektiften sistem, kaynak ve ekipmanlar üzerinde yapılacak dönüşümlerin daha başarılı yürütülebilecek bir alternatif olduğu söylenebilir. İş süreçlerinde yapılacak dönüşüm faaliyetlerinde insan faktörünün başarıyı belirleyici bir

etken olduğu; ancak sistem, kaynak ve ekipman açısından böyle bir durum olmadığından sürecin başarılı bir şekilde yürütülmesinde daha garantili bir seçenek olduğu yönünde yorumlanabilir. Bu perspektif dijitalizasyonda izlenecek yol haritası için ilham kaynağı olabilir. Yalın üretimin otonom sistemler üzerinde uygulanması yeni bir rota olabilir.

Literatürde yalın üretim sisteminin çekme prensibinin farklı sistemlerin çalışma prensibi üzerinde uygulandığı çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmaların ufuk açıcı olduğunu ve yalın üretim sisteminin daha geniş perspektifte ele alınmasının gerekli olduğunu gösterdiğini söylemek mümkündür. Carrera ve diğerleri (2012) tarafından yapılan sentetik biyolojide yalın üretim sisteminin model olarak kullanıldığı çalışma, yalın üretimin çekme prensibinin biyoloji alanında uygulandığı bir örneği temsil etmektedir. Çalışma, yalın üretim sisteminin iş süreçleri dışında cihaz, aparat ve çeşitli sistemlerin çalışma prensipleri üzerinde model alınarak sofistike uygulamaların geliştirilebileceği yönünde ilham vericidir. Bu çalışmaların farklı alanlarda uygulanabilirliğinin kontrol edilmesi faydalı olabilir.

Araştırma çoklu perspektiften değerlendirildiğinde yalın üretim sisteminin değer akış haritalama metodu ile israfları belirleme ve eleme prensibi ile yürüttüğü süreç akışının kaynak, enerji ve işgücü bakımından tasarruf sağlayacağı, bu kaynakların farklı alanlara yönlendirilerek verimlilik ve inovasyonun önünü açacağı söylenebilir. İktisadi kalkınma ve doğal kaynakların devamlılığı açısından elde edilecek bu tasarrufun oldukça önemli olduğu ve sürdürülebilirliğin ekonomik ve çevresel boyutunu temsil ettiği söylenebilir. İşgücünün verimini arttırmaya yönelik çalışmaların süreç gelişiminin yanında işgücünün yeteneklerini de geliştirmeye olanak sağlaması çalışanların yetkinliğini artıracaktır. Bunun yanında kaynak ve ekipmanların sürdürülebilirlik perspektifinde ele alınması çalışan sağlığı ve güvenliği ile ilgili riskleri azaltacaktır. Yalın üretim sisteminde işgücü ve kaynakların yönetimine yönelik bu bakış açısının sürdürülebilirliğin sosyal boyutunun gerekliliklerini karşılayacağı söylenebilir. Bu bağlamda yalın üretim sisteminin sürdürülebilirlik perspektifinde uygulanması durumunda sürdürülebilirliğin sosyal, ekonomik ve çevresel boyutlarını kapsayan bütüncül bir yapıya ulaşacağı ve sürdürülebilirlik için etkin bir araç olacağı anlaşılmaktadır.

Birleşmiş Milletler iklim değişikliği sözleşmeleri doğrultusunda geçmiş yıllarda Kyoto protokolü ve Paris anlaşması devreye sokularak sürdürülebilirliğin hukuki boyutu düzenlenmiştir. Bu gelişmeler sonrasında 2015 yılında Birleşmiş Milletler üyesi ülkeler tarafından 2030 yılına kadar sürdürülebilir kalkınmanın sağlanabilmesi için 17 hedef belirlenmiş ve bu hedeflere ulaşılması için gerekli çalışmaların uygulamaya konması üye ülkeler tarafından kabul edilmiştir (UN, 2023). Birleşmiş Milletler sürdürülebilirlik hedeflerinin 12.si sorumlu üretim ve tüketimi tesis etmek için üretim ve tüketimde temel değişiklikler yaratacak yeni modellerin uygulanmasını içermektedir (UN, 2023). Araştırmada yapılan analizler sonucunda yalın üretim sisteminin sürdürülebilir üretim sistemlerine geçiş için bir araç olabileceği ve Birleşmiş Milletler sürdürülebilirlik hedeflerinin 12. maddesindeki gereklilikleri karşılayabileceği anlaşılmaktadır. Yalın üretim sistemi bu konudaki potansiyeli ile sürdürülebilirliğin hukuki boyutunu karşılamaktadır. Veriye dayalı olarak elde edilen tüm bu bulgular doğrultusunda tez çalışmasının Birleşmiş Milletler sürdürülebilirlik hedeflerinin 12.si maddesi için bir rapor niteliğinde değerlendirilebileceği söylenebilir.

Kısa vadede yalın üretim sisteminin yaygınlaştırılması ve bütünsel olarak uygulanmasının emisyon azaltma faaliyetleri için önemli bir adım olacağı söylenebilir. Uzun vadede yalın üretim sisteminin mevcut uygulamalarından çok gelişmiş versiyonunun uygulamaları hedefinde planlamalar yapılması gerekmektedir. Gelecekteki araştırmaların yalın üretim sisteminin otonom sistemler üzerinde uygulanmasına yönelik deneysel çalışmalara odaklanması gerekmektedir. Yalın üretim sisteminin otonom sistemler üzerinde uygulanması sonucu sistemin çok daha büyük ölçekte uygulanabilir bir yapıya dönüşeceği ve uygulamaların yaygınlaştırılmasının kolaylaşacağı söylenebilir. Sistemin otonom uygulamalarının yaygınlaştırılması sonucunda emisyon azaltma faaliyetlerinin otomatik olarak yürütülebileceği geleceğin üretim sistemleri inşa edilebilecektir. Yalın üretim sisteminin çok daha yüksek bir vizyona kavuşacağı bu otonom uygulamalar geleceğin sürdürülebilir üretim sistemlerini temsil edecektir.

KAYNAKLAR

Al, U. (2008). Bilimsel Yayınların Değerlendirilmesi: H-Endeksi Ve Türkiye'nin Performansı.

Al, U., Soydal, İ., Yalçın, H. (2010). Bibliyometrik Özellikleri Açısından Bilig'in Değerlendirilmesi.

Al, U., & Tonta, Y. (2004). Atıf analizi: Hacettepe Üniversitesi Kütüphanecilik Bölümü tezlerinde atıf yapılan kaynaklar. *Bilgi Dünyası*, 5(1), 19-47.

Ağcasulu, H. (2019). Sosyal Bilimlerde Ağ Yaklaşımının Gelişimi Ve Mikro Ağ Kuramları. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 18(72), 2036-2049.

Ahmed, A., Mathrani, S., Jayamaha, N. (2021). An Integrated Lean And ISO 14001 Framework For Environmental Performance: An Assessment Of New Zealand Meat Industry. *International Journal Of Lean Six Sigma*.

Alves, J. R. X., Alves, J. M. (2015). Production Management Model Integrating The Principles Of Lean Manufacturing And Sustainability Supported By The Cultural Transformation Of A Company. *International Journal Of Production Research*, 53(17), 5320-5333.

Arora, A., Singh, V. K., Rathi, R. (2023). Sustainable Lean And Green Manufacturing: An Empirical Review Of Their Strategies. *Advances In Functional And Smart Materials*, 1-11.

Arslandere, M. (2018). Yalın Üretim Ve Yalın Üretime Geçiş Çalışmaları: Büyük Ölçekli Gıda Firmalarında Uygulamalar. Eğitim Yayınevi.

Arslandere, M., Tekin, M. (2017). Üretimde Hata Önleme Aracı Olarak Poka-Yoke Sistemi Ve Bir Uygulama Örneği. *Kesit Akademi Dergisi*, (11), 339-350.

ATILGAN, D., Atakan, C., & Bulut, B. (2008). Türkçe kütüphanecilik dergilerinin atıf analizi. *Türk Kütüphaneciliği*, 22(4), 392-413.

Bağış M., Bir Literatür İncelemesi Aracı Olarak Bibliyometrik Analiz, Nobel Akademik Yayıncılık (2022).

Ball, R. (2017). *An Introduction To Bibliometrics: New Development And Trends*. Chandos Publishing.

Barnes, J. A., & Harary, F. (1983). Graph Theory In Network Analysis. *Social Networks*, 5(2), 235-244.

Baudin, M. (2007). *Working With Machines: The Nuts And Bolts Of Lean Operations With Jidoka*. CRC Press.

Bertagnolli, F. (2018). *Lean Management*. Springer Fachmedien Wiesbaden.

Bertagnolli, F., Herrmann, K., Rittmann, I., Viere, T. (2021). The Application Of Lean Methods In Corporate Sustainability—A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 13(22), 12786.

Bettencourt, L. M., & Kaur, J. (2011). Evolution And Structure Of Sustainability Science. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences*, 108(49), 19540-19545.

Bocken, N. M., Short, S. W., Rana, P., & Evans, S. (2014). A Literature And Practice Review To Develop Sustainable Business Model Archetypes. *Journal Of Cleaner Production*, 65, 42-56.

Borgatti, S. P., Everett, M. G., Johnson, J. C. (2018). *Analyzing Social Networks*. Sage.

Burawat, P. (2019). The Relationships Among Transformational Leadership, Sustainable Leadership, Lean Manufacturing And Sustainability Performance In Thai Smes Manufacturing Industry. *International Journal Of Quality & Reliability Management*.

Burt, R. S. (1995). Structural Holes: The Social Structure Of Competition, Harvard Univ.

Bradford, S. C. (1934). Sources Of Information On Specific Subjects. *Engineering*, 137, 85-86.

Caiado, R., Nascimento, D., Quelhas, O., Tortorella, G., Rangel, L. (2018). Towards Sustainability Through Green, Lean And Six Sigma Integration At Service Industry: Review And Framework. *Technological And Economic Development Of Economy*, 24(4), 1659-1678.

Callon, M., Courtial, J. P., Laville, F. (1991). Co-Word Analysis As A Tool For Describing The Network Of Interactions Between Basic And Technological Research: The Case Of Polymer Chemistry. *Scientometrics*, 22, 155-205.

Carrera, J., Fernandez Del Carmen, A., Fernández-Muñoz, R., Rambla, J. L., Pons, C., Jaramillo, A., Granell, A. (2012). Fine-Tuning Tomato Agronomic Properties By Computational Genome Redesign. *Plos Computational Biology*, 8(6), E1002528.

Carrington, P. J., Scott, J., Wasserman, S. (Eds.). (2005). *Models And Methods In Social Network Analysis* (Vol. 28). Cambridge University Press.

Chen, P. K., Lujan-Blanco, I., Fortuny-Santos, J., Ruiz-De-Arbulo-López, P. (2020). Lean Manufacturing And Environmental Sustainability: The Effects Of Employee Involvement, Stakeholder Pressure And Iso 14001. *Sustainability*, 12(18), 7258.

Chen, T. C. T., Wang, (2022), Y. C. Artificial Intelligence And Lean Manufacturing.

Cherrafi, A., Elfezazi, S., Chiarini, A., Mokhlis, A., Benhida, K. (2016). The Integration Of Lean Manufacturing, Six Sigma And Sustainability: A Literature Review And Future Research Directions For Developing A Specific Model. *Journal Of Cleaner Production*, 139, 828-846.

Ciliberto, C., Szopik-Depczyńska, K., Tarczyńska-Łuniewska, M., Ruggieri, A., Ioppolo, G. (2021). Enabling The Circular Economy Transition: A Sustainable Lean Manufacturing Recipe For Industry 4.0. *Business Strategy And The Environment*, 30(7), 3255-3272.

Cimorelli, S. (2016). *Kanban For The Supply Chain: Fundamental Practices For Manufacturing Management*. Productivity Press.

Çiçekli,U.G. ,Soyumert, Ş.M. (2021). Yalın Üretim Tekniklerinden Toplam Ekipman Etkinliği,Türkiye İmalat Sanayinde Bir Uygulama, Nobel Yayın

Danesh, F., Mardani-Nejad, A. (2020). 1.1 A Historical Overview Of Bibliometrics. In *Handbook Bibliometrics* (Pp. 7-18). De Gruyter Saur.

De Bellis, N. (2009). *Bibliometrics And Citation Analysis: From The Science Citation Index To Cybermetrics*. Scarecrow Press.

De Bellis, N. (2014). History And Evolution Of (Biblio) Metrics. *Beyond Bibliometrics: Harnessing Multidimensional Indicators Of Scholarly Impact*, 23, 23-44.

De Nooy, W., Mrvar, A., Batagelj, V. (2018). *Exploratory Social Network Analysis With Pajek: Revised And Expanded Edition For Updated Software* (Vol. 46). Cambridge University Press.

Demirkan, S. (2017). Akış Ve Dönüşüm Metaforunun Eğitim Örgütlerine Yansıması. *Düzce Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(1), 71-87.

Dennis, P. (2007). *Lean Production Simplified*. Productivity Press.

Díaz-Reza, J. R., Alcaraz, J. L. G., García, A. S. M. (2022). Best Practices In Lean Manufacturing: A Relational Analysis.

Durmuşoğlu,B. (2020). Yalın Dönüşüm Yolculuğu. Optimist Yayın Grubu.

EPA United States Environmental Protection Agency, (2022), Lean Manufacturing And Environment

<https://www.epa.gov/sustainability/lean-manufacturing-and-environment>

EPA United States Environmental Protection Agency, (2022), Lean Manufacturing And Energy

<https://www.epa.gov/sustainability/lean-energy-toolkit-chapter-1>

EPA United States Environmental Protection Agency, (2022), Lean Manufacturing And Energy

<https://www.epa.gov/sustainability/lean-energy-toolkit-chapter-3>

Faulkner, W., Badurdeen, F. (2014). Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM): Methodology To Visualize And Assess Manufacturing Sustainability Performance. *Journal Of Cleaner Production*, 85, 8-18.

Feld, W. M. (2000). *Lean Manufacturing: Tools, Techniques, And How To Use Them*. CRC Press.

Freeman, L. (2004). The Development Of Social Network Analysis. *A Study In The Sociology Of Science*, 1(687), 159-167.

Fritsen Gomes B.M. (2020). Lean Manufacturing And Sustainable Development. *Responsible Consumption And Production*, 423-432, Springer 2020

Gaikwad, L., Sunnapwar, V. (2020). The Role Of Lean Manufacturing Practices In Greener Production: A Way To Reach Sustainability. *Int. J. Ind. Manuf. Syst. Eng*, 5(1).

García-Alcaraz, J. L., Morales García, A. S., Díaz-Reza, J. R., Jimenez Macias, E., Javierre Lardies, C., Blanco Fernández, J. (2022). Effect Of Lean Manufacturing Tools On Sustainability: The Case Of Mexican Maquiladoras. *Environmental Science And Pollution Research*, 29(26), 39622-39637.

Ghaithan, A., Khan, M., Mohammed, A., Hadidi, L. (2021). Impact Of Industry 4.0 And Lean Manufacturing On The Sustainability Performance Of Plastic And Petrochemical Organizations In Saudi Arabia. *Sustainability*, 13(20), 11252.

General Electric (2022), Büyük Yenileme: Binlerce Doğal Gaz Türbini Potansiyel Olarak Karbonsuz Hidrojenle Nasıl Çalışabilir? (Erişim Tarihi:14.04.2023) <https://www.ge.com/news/reports/buyuk-yenileme-binlerce-dogal-gaz-turbini-potansiyel-olarak-karbonsuz-hidrojenle-nasil>

General Electric (2021), Getting Better All The Time: How Lean Management Is Helping Transform GE (Erişim Tarihi: 14.04.2021)

<https://www.ge.com/news/reports/getting-better-all-the-time-how-lean-management-is-helping-transform-ge>

Gerşil, M. Yalın Üretim Kapsamında 5s İlkeleri Ve Bir Üretim Sektöründe Uygulama. *Sosyal Araştırmalar*, 1747.

Glanzel, W. (2003). *Bibliometrics As A Research Field A Course On Theory And Application Of Bibliometric Indicators*.

Gopalakrishnan, N. (2010). *Simplified Lean Manufacture*. PHI Learning Pvt. Ltd..

Granovetter, M. (1983). The Strength Of Weak Ties: A Network Theory Revisited. *Sociological Theory*, 201-233.

Gries, S. T., Ellis, N. C. (2015). Statistical Measures For Usage-Based Linguistics. *Language Learning*, 65(S1), 228-255.

Gürsakal, N. (2009). *Sosyal Ağ Analizi: Pajek Ucinet Ve Gmine Uygulamalı*. Dora Yayınları.

Habidin, N. F., Hibadullah, S. N., Mohd Fuzi, N., Salleh, M. I., Md Latip, N. A. (2018). Lean Manufacturing Practices, ISO 14001, And Environmental Performance İn Malaysian Automotive Suppliers. *International Journal Of Management Science And Engineering Management*, 13(1), 45-53.

Hartini, S., Ciptomulyono, U., Anityasari, M. (2020). Manufacturing Sustainability Assessment Using A Lean Manufacturing Tool: A Case Study İn The Indonesian Wooden Furniture Industry. *International Journal Of Lean Six Sigma*.

Hartini, S., Manurung, J., & Rumita, R. (2021, February). Sustainable-Value Stream Mapping To Improve Manufacturing Sustainability Performance: Case Study İn A Natural Dye Batik SME's. In *IOP Conference Series: Materials Science And Engineering* (Vol. 1072, No. 1, P. 012066). IOP Publishing.

Hayes, B. (2000). Computing Science: Graph Theory İn Practice: Part I. *American Scientist*, 88(1), 9-13.

Helleno, A. L., De Moraes, A. J. I., & Simon, A. T. (2017). Integrating Sustainability Indicators And Lean Manufacturing To Assess Manufacturing Processes:

Application Case Studies In Brazilian Industry. *Journal Of Cleaner Production*, 153, 405-416.

Henao, R., Sarache, W., & Gómez, I. (2019). Lean Manufacturing And Sustainable Performance: Trends And Future Challenges. *Journal Of Cleaner Production*, 208, 99-116.

Hines, P., Tortorella, G. L., Antony, J., & Romero, D. (2022). Lean Industry 4.0: Past, Present, And Future. *Quality Management Journal*, 1-25.

Hirano, H. (2009). *JIT Implementation Manual--The Complete Guide To Just-In-Time Manufacturing: Volume 2--Waste And The 5s's*. Crc Press.

Hobbs, D. P. (2003). *Lean Manufacturing Implementation: A Complete Execution Manual For Any Size Manufacturer*. J. Ross Publishing.

Holweg, M. (2007). The Genealogy Of Lean Production. *Journal Of Operations Management*, 25(2), 420-437.

Hopwood, B., Mellor, M., & O'Brien, G. (2005). Sustainable Development: Mapping Different Approaches. *Sustainable Development*, 13(1), 38-52.

Hüttmeir, A., De Treville, S., Van Ackere, A., Monnier, L., & Prenninger, J. (2009). Trading Off Between Heijunka And Just-In-Sequence. *International Journal Of Production Economics*, 118(2), 501-507.

Irani, S. A. (Ed.). (1999). *Handbook Of Cellular Manufacturing Systems*. John Wiley & Sons.

Iranmanesh, M., Zailani, S., Hyun, S. S., Ali, M. H., & Kim, K. (2019). Impact Of Lean Manufacturing Practices On Firms' Sustainable Performance: Lean Culture As A Moderator. *Sustainability*, 11(4), 1112.

Japan Ministry Of The Environment (2008) ,
<https://www.env.go.jp/Recycle/3r/Initiative/En/Results/06.html>

Järvenpää, E., & Lanz, M. (2020). Lean Manufacturing And Sustainable Development. *Responsible Consumption And Production*, 423-432.

Jones, R. E. (1978). Gas Turbine Engine Emissions—Problems, Progress And Future. *Progress In Energy And Combustion Science*, 4(2), 73-113.

Kafuku, J. M. (2019). Factors For Effective Implementation Of Lean Manufacturing Practice In Selected Industries In Tanzania. *Procedia Manufacturing*, 33, 351-358.

Kamble, S., Gunasekaran, A., & Dhone, N. C. (2020). Industry 4.0 And Lean Manufacturing Practices For Sustainable Organisational Performance In Indian Manufacturing Companies. *International Journal Of Production Research*, 58(5), 1319-1337.

Kanat, S., & Güner, M. (2006). Tam Zamanında Üretim Sisteminin Tekstil Ve Konfeksiyon Sanayine Uygulanabilirliği. *Tekstil Ve Konfeksiyon*, 16(4), 274-278.

Kidd, C. V. (1992). The Evolution Of Sustainability. *Journal Of Agricultural And Environmental Ethics*, 5, 1-26.

Kim, Y., Do, H., & Kim, S. B. (2020). Outer-Points Shaver: Robust Graph-Based Clustering Via Node Cutting. *Pattern Recognition*, 97, 107001.

King, A. A., & Lenox, M. J. (2001). Lean And Green? An Empirical Examination Of The Relationship Between Lean Production And Environmental Performance. *Production And Operations Management*, 10(3), 244-256.

Kristensen, H. S., & Mosgaard, M. A. (2020). A Review Of Micro Level Indicators For A Circular Economy—Moving Away From The Three Dimensions Of Sustainability?. *Journal Of Cleaner Production*, 243, 118531.

Kumar, N., Kaliyan, M., Thilak, M., & Acevedo-Duque, Á. (2021). Identification Of Specific Metrics For Sustainable Lean Manufacturing In The Automobile Industries. *Benchmarking: An International Journal*.

Kumar, N., Mathiyazhagan, K., & Mathivathanan, D. (2020). Modelling The Interrelationship Between Factors For Adoption Of Sustainable Lean Manufacturing: A

Business Case From The Indian Automobile Industry. *International Journal Of Sustainable Engineering*, 13(2), 93-107.

Kumar, N., & Mathiyazhagan, K. (2020). Sustainability In Lean Manufacturing: A Systematic Literature Review. *International Journal Of Business Excellence*, 20(3), 295-321.

Lens.Org, (Erişim Tarihi: 09.06.2023)
https://www.lens.org/lens/search/patent/list?q=%27%27lean%20manufacturing%27%27&p=0&n=10&s=_score&d=%2B&f=false&e=false&l=en&authorfield=author&datefilterfield=publisheddate&orderby=%2B_score&presentation=false&preview=true&stemmed=true&useauthorid=false&types.must=GRANTED_PATENT

Liao, M. H., & Wang, C. T. (2021). Using Enterprise Architecture To Integrate Lean Manufacturing, Digitalization, And Sustainability: A Lean Enterprise Case Study In The Chemical Industry. *Sustainability*, 13(9), 4851.

Liker, J. K. (2021). Toyota Tarzı. Optimist Yayın Grubu.

Liker, J. K., & Hoseus, M. (2015). Toyota K lt r . Optimist Yayın Grubu.

Liker, J. K. (2004). *Toyota Way: 14 Management Principles From The World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill Education.

Lippolt, C. R., & Furmans, K. (2008). Sizing Of Heijunka-Controlled Production Systems With Unreliable Production Processes. In *Lean Business Systems And Beyond* (Pp. 11-19). Boston, MA: Springer US.

Lorrain, F., & White, H. C. (1971). Structural Equivalence Of Individuals In Social Networks. *The Journal Of Mathematical Sociology*, 1(1), 49-80.

Lotka, A. J. (1926). The Frequency Distribution Of Scientific Productivity. *Journal Of The Washington Academy Of Sciences*, 16(12), 317-323.

Lovins, A. B., Lovins, L. H., & Hawken, P. (1999). A Road Map For Natural Capitalism. *Harvard Business Review*, 77, 145-161.

Makwana, A. D., & Patange, G. S. (2022). Strategic Implementation Of 5S And Its Effect On Productivity Of Plastic Machinery Manufacturing Company. *Australian Journal Of Mechanical Engineering*, 20(1), 111-120.

Mander, J., (2014). Development As Colonialism. In The Case Against The Global Economy (Pp. 19-34). Routledge.

Maruthi, G. D., & Rashmi, R. (2015). Green Manufacturing: It's Tools And Techniques That Can Be Implemented In Manufacturing Sectors. *Materials Today: Proceedings*, 2(4-5), 3350-3355.

Mathiyazhagan, K., Gnanavelbabu, A., & Agarwal, V. (2022). A Framework For Implementing Sustainable Lean Manufacturing In The Electrical And Electronics Component Manufacturing Industry: An Emerging Economies Country Perspective. *Journal Of Cleaner Production*, 334, 130169.

Melton, T. (2005). The Benefits Of Lean Manufacturing: What Lean Thinking Has To Offer The Process Industries. *Chemical Engineering Research And Design*, 83(6), 662-673.

Milgram, S. (1967). The Small World Problem. *Psychology Today*, 2(1), 60-67.

Miller, G., Pawloski, J., & Standridge, C. R. (2010). A Case Study Of Lean, Sustainable Manufacturing. *Journal Of Industrial Engineering And Management (JIEM)*, 3(1), 11-32.

Miltenburg, J. (2001). One-Piece Flow Manufacturing On U-Shaped Production Lines: A Tutorial. *IIE Transactions*, 33(4), 303-321.

Miltenburg, G. J., & Wijngaard, J. (1994). The U-Line Line Balancing Problem. *Management Science*, 40(10), 1378-1388.

Moed, H. F. (2006). *Citation Analysis In Research Evaluation* (Vol. 9). Springer Science & Business Media.

Monden, Y. (2011). *Toyota Production System: An Integrated Approach To Just-In-Time*. Crc Press.

Naeemah, A. J., & Wong, K. Y. (2022). Positive Impacts Of Lean Manufacturing Tools On Sustainability Aspects: A Systematic Review. *Journal Of Industrial And Production Engineering*, 1-20.

Nawanir, G., Lim, K. T., Lee, K. L., Moshood, T. D., & Ahmad, A. N. A. (2020). Less For More: The Structural Effects Of Lean Manufacturing Practices On Sustainability Of Manufacturing Smes In Malaysia. *International Journal Of Supply Chain Management*, 2(2), 961-975.

Newman, M. E. (2003). The Structure And Function Of Complex Networks. *SIAM Review*, 45(2), 167-256.

Nilsson, L. (2007). *Cleaner Production: Technologies And Tools For Resource Efficient Production* (Vol. 2). Baltic University Press.

Noack, A. (2003). An Energy Model For Visual Graph Clustering (Long Paper). In *Proceedings Of International Symposium On Graph Drawing Lncs*.

Noack, A. (2007). Energy Models For Graph Clustering. *J. Graph Algorithms Appl.*, 11(2), 453-480.

Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press.

Özdağoğlu, G., Özdağoğlu, A., & Damar, M. Web Of Science Süzgecinden Yalin Üretim Araştırma Portföyü: Nereden Başlamalıyız?. *Verimlilik Dergisi*, (2), 211-228.

Özkan, A., Günkaya, Z., Özdemir, A., & Banar, M. (2018). Sanayide Temiz Üretim Ve Döngüsel Ekonomiye Geçişte Endüstriyel Simbiyoz Yaklaşımı: Bir Değerlendirme. *Anadolu University Journal Of Science And Technology B-Theoretical Sciences*, 6(1), 84-97.

Öztürk O., & Gürler G., Bir Literatür İncelemesi Aracı Olarak Bibliyometrik Analiz, Nobel Akademik Yayıncılık (2022).

Pajek, Manuel, <http://Mrvar.Fdv.Uni-Lj.Si/Pajek/Pajekman.Pdf>

Parashar, B. N. (2008). *Cellular Manufacturing Systems: An Integrated Approach*. PHI Learning Pvt. Ltd.

Pendlebury, D. A. (2020). 1.3 Eugene Garfield And The Institute For Scientific Information. In *Handbook Bibliometrics* (Pp. 27-40). De Gruyter Saur.

Pinto Junior, M. J. A., & Mendes, J. V. (2017). Operational Practices Of Lean Manufacturing: Potentiating Environmental Improvements. *Journal Of Industrial Engineering And Management (JIEM)*, 10(4), 550-580.

Price, D. D. S. (1976). A General Theory Of Bibliometric And Other Cumulative Advantage Processes. *Journal Of The American Society For Information Science*, 27(5), 292-306.

Pritchard, A., & Wittig, G. R. (1981). *Bibliometrics*. Watford: Allm Books.

Pryke, S. (2012). *Social Network Analysis In Construction*. John Wiley & Sons.

Puvanasvaran, A. L., Perumal, A., Tian, R. K. S., Vasu, S. A., & Muhamad, M. R. (2012). Integration Model Of ISO 14001 With Lean Principles. *American Journal Of Applied Sciences*, 9(12), 1974.

Rathi, R., Kaswan, M. S., Garza-Reyes, J. A., Antony, J., & Cross, J. (2022). Green Lean Six Sigma For Improving Manufacturing Sustainability: Framework Development And Validation. *Journal Of Cleaner Production*, 345, 131130.

Raytheon Technologies, Sustainable Aviation (Erişim Tarihi: 14.04.2023)

<https://www.rtx.com/our-responsibility/sustainable-aviation>

Raytheon Technologies (2020), United Technologies And Raytheon Complete Merger Of Equals Transaction (Erişim Tarihi: 14.04.2023)

<https://www.rtx.com/news/2020/04/03/united-technologies-and-raytheon-complete-merger-of-equals-transaction>

Razali, N., & Tanushan, S. (2021). An Investigation Into Lean Practices And Their Impact On Sustainability Performance In The Latex Glove Manufacturing Industry. *Journal Of Modern Manufacturing Systems And Technology*, 5(2), 15-21.

Resta, B., Dotti, S., Gaiardelli, P., & Boffelli, A. (2016, September). Lean Manufacturing And Sustainability: An Integrated View. In *IFIP International Conference On Advances In Production Management Systems* (Pp. 659-666). Springer, Cham.

Robinson, A. (2017). *Modern Approaches To Manufacturing Improvement: The Shingo System*. Routledge.

Roemer, R. C., & Borchardt, R. (2015). *Meaningful Metrics: A 21st Century Librarian's Guide To Bibliometrics, Altmetrics, And Research Impact*. Amer Library Assn.

Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning To See: Value Stream Mapping To Add Value And Eliminate Muda*. Lean Enterprise Institute.

Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., & Shen, L. (2019). Blockchain Technology And Its Relationships To Sustainable Supply Chain Management. *International Journal Of Production Research*, 57(7), 2117-2135.

Sadiq, S., Amjad, M. S., Rafique, M. Z., Hussain, S., Yasmeen, U., & Khan, M. A. (2021). An Integrated Framework For Lean Manufacturing In Relation With Blue Ocean Manufacturing-A Case Study. *Journal Of Cleaner Production*, 279, 123790.

Sajan, M. P., Shalij, P. R., & Ramesh, A. (2017). Lean Manufacturing Practices In Indian Manufacturing Smes And Their Effect On Sustainability Performance. *Journal Of Manufacturing Technology Management*.

Scott, J. (2012). What Is Social Network Analysis? (P. 114). Bloomsbury Academic.

Schank, T., & Wagner, D. (2005). Approximating Clustering Coefficient And Transitivity. *Journal Of Graph Algorithms And Applications*, 9(2), 265-275.

Scheinerman, E. R., & Ullman, D. H. (2011). *Fractional Graph Theory: A Rational Approach To The Theory Of Graphs*. Courier Corporation.

Shahin, M., Chen, F. F., Bouzary, H., & Krishnaiyer, K. (2020). Integration Of Lean Practices And Industry 4.0 Technologies: Smart Manufacturing For Next-Generation Enterprises. *The International Journal Of Advanced Manufacturing Technology*, 107, 2927-2936.

Shahriar, M. M., Parvez, M. S., Islam, M. A., & Talapatra, S. (2022). Implementation Of 5S In A Plastic Bag Manufacturing Industry: A Case Study. *Cleaner Engineering And Technology*, 8, 100488.

Shewchuk, J. P. (2008). Worker Allocation In Lean U-Shaped Production Lines. *International Journal Of Production Research*, 46(13), 3485-3502.

Shingo, S. (2019). *A Revolution In Manufacturing: The SMED System*. Routledge.

Singh, N., & Rajamani, D. (2012). *Cellular Manufacturing Systems: Design, Planning And Control*. Springer Science & Business Media.

Sundar, R., Balaji, A. N., & Kumar, R. S. (2014). A Review On Lean Manufacturing Implementation Techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875-1885.

Swarnakar, V., Singh, A. R., & Tiwari, A. K. (2020). Assessment Of Manufacturing Process Through Lean Manufacturing And Sustainability Indicators: Case Studies In Indian Perspective. In *Emerging Trends In Mechanical Engineering* (Pp. 253-263). Springer, Singapore.

Şimşir İ., Bir Literatür İncelemesi Aracı Olarak Bibliyometrik Analiz, Nobel Akademik Yayıncılık (2022).

Takiguchi, H., & Takemoto, K. (2008). Japanese 3R Policies Based On Material Flow Analysis. *Journal Of Industrial Ecology*, 12(5-6), 792-798.

Taubert, N. (2020). 1.2 Institutionalization And Professionalization Of Bibliometrics. *Handbook Bibliometrics*, 19.

T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını No: 3388 Açıköğretim Fakültesi Yayını No: 2240 Sosyal Ağ Analizi Prof.Dr. Necmi Gürsakal

Techconnect, Raytheon Missiles & Defense Expands Lean Training With Arizona MEP (2020), (Erişim Tarihi: 14.04.2023)

<https://www.azcommerce.com/tech-connect/manufacturing/raytheon-missiles-defense-expands-lean-training-with-arizona-mep/>

Tekin, M., Arslandere, M., Etlioğlu, M., Koyuncuoğlu, Ö., & Tekin, E. (2018, August). An Application Of SMED And Jidoka In Lean Production. In *The International Symposium For Production Research* (Pp. 530-545). Springer, Cham. (2)

Tekin, M., Arslandere, M., Etlioğlu, M., Koyuncuoğlu, Ö., & Tekin, E. (2018). Değer Akışı Haritalamasının Büyük Ölçekli Bir İşletmede Uygulanması.

Tekin, M., Arslandere, M., Etlioğlu, M., & Tekin, E. (2018, August). An Application Of Kaizen In A Large-Scale Business. In *The International Symposium For Production Research* (Pp. 515-529). Springer, Cham.

The Manufacturer, Lean Manufacturing In The UK, (Erişim Tarihi:06.04.2023)

<https://www.themanufacturer.com/articles/lean-manufacturing-in-the-uk/>

Toyota Türkiye (2023), <https://www.toyota.com.tr/toyota-dunyasi/daha-iyi-bir-gelecek>

United Nations Environment Programme,, <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/UNEP/GC/6/Report/1978> (Erişim Tarihi: 01.02.2024)

United Nations Environment Programme, <https://www.unep.org/international-declaration-on-cleaner-production-implementation-guidelines-for-facilitating-organizations> (Erişim Tarihi: 03.02.2024)

UNIDO, Sustainable Automotive Supplier Development (2022)

United Nations, The Sustainable Development Goals (2023), <https://sdgs.un.org/goals> (Erişim Tarihi: 08.05.2023)

United Nations, [Theme Report On Innovation, Technology And Data](https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/2021-twg_4-062121.pdf);
https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/2021-twg_4-062121.pdf

United Nations, The Sustainable Development Goals Report 2021;
<https://unstats.un.org/sdgs/report/2021/view-from-the-pandemic/>

United Nations Theme Report On Energy Transition

https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/2021/11/2021-twg_2.pdf

Van Eck, N., & Waltman, L. (2010). Software Survey: Vosviewer, A Computer Program For Bibliometric Mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523-538.

Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2014). Visualizing Bibliometric Networks. *Measuring Scholarly Impact: Methods And Practice*, 285-320.

Vinodh, S. (2022). *Lean Manufacturing: Fundamentals, Tools, Approaches, And Industry 4.0 Integration*. CRC Press.

Yang, M. G. M., Hong, P., & Modi, S. B. (2011). Impact Of Lean Manufacturing And Environmental Management On Business Performance: An Empirical Study Of Manufacturing Firms. *International Journal Of Production Economics*, 129(2), 251-261.

Yavuz, V. A. (2010). Sürdürülebilirlik Kavramı Ve İşletmeler Açısından Sürdürülebilir Üretim Stratejileri/Concept Of Sustainability And Sustainable Production Strategies For Business Practices. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(14), 63-86.

Yıldız, B., & Sayın, B. (2020). Yalın Üretim Uygulamalarının Sürdürülebilirlik Performansı Üzerindeki Etkisi. *Bitlis Eren Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(1), 113-122.

Zha, J., & Yu, J. J. (2014). A Hybrid Ant Colony Algorithm For U-Line Balancing And Rebalancing In Just-In-Time Production Environment. *Journal Of Manufacturing Systems*, 33(1), 93-102.

Zipf, G. K. (1949). *Human Behavior And The Principle Of Least Effort: An Introduction To Human Ecology*. Addison-Wesley Press, Inc.

Zoldy, M., Csete, M. S., Kolozsi, P. P., Bordas, P., & Torok, A. (2022). Cognitive Sustainability. *Cognitive Sustainability*, 1(1).

Wang, J. X. (2010). *Lean Manufacturing: Business Bottom-Line Based*. CRC Press.

Wasserman, S. (1994). *Advances In Social Network Analysis: Research In The Social And Behavioral Sciences*. Sage.

Wasserman, S., & Faust, K. (1994). *Social Network Analysis: Methods And Applications*.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (1998). *Yalın Düşünce*. Optimist Yayın Grubu.

Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (2007). *The Machine That Changed The World: The Story Of Lean Production--Toyota's Secret Weapon In The Global Car Wars That Is Now Revolutionizing World Industry*. Simon And Schuster.

World Economic Forum (2023) , Transitioning Industrial Clusters Towards Net Zero , Erişim Tarihi: 20.02.2023

https://www3.weforum.org/docs/WEF_Transitioning_Industrial_Clusters_2023.Pdf

TEŞEKKÜR

Tez çalışması sürecinde bilgi ve tecrübesi ile bana yol gösteren tez danışmanım Doç. Dr. Haydar Yalçın'a teşekkür ederim.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Dilber Tetik

Eğitim Bilgisi : İstanbul Üniversitesi Ulaştırma ve Lojistik Y.O.

İş Tecrübesi : DHL Worldwide Express (2006-2015)

- Müşteri Hizmetleri Ön Saf Yetkilisi
- Müşteri İlişkileri Yetkilisi