

Erciyes Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

Cilt 34, Sayı 3, 2018

ErciyesUniversity

Journal of Institue Of ScienceandTechnology

Volume 34, Issue 3, 2018

|  |  |
| --- | --- |
|  | |
| **AHP ve VIKOR Bütünleşik yaklaşımıyla Lojistik Merkez Yer Seçimi: Kayseri ili örneği**  **Fulya Zaralı\*1, Harun Reşit Yazgan2, Yılmaz Delice3**  \***1.3** Kayseri Üniversitesi Develi Hüseyin Şahin Meslek yüksekokulu Lojistik Programı, KAYSERİ **2**Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği, SAKARYA  (Alınış / Received: 01.12.2018, Kabul / Accepted: 28.12.2018, Online Yayınlanma/ Published Online: 31.12.2018) | |
|  | |
|  |  |
| **Anahtar Kelimeler**  Kentsel Lojistik,  Lojistik Merkez ,  AHP,  VIKOR | **Öz:** Lojistik merkez yer seçimi problemi, tesis yerleşimi probleminin özel bir versiyonu olarak lojistik ve tedarik zinciri tasarımında zorunlu olarak ortaya çıkmıştır. Etkin bir lojistik merkez yapısı kentsel yük taşımacılığının verimliliğini artırmada kilit bir faktör, önemli bir kar ve yatırım aracıdır. Bu merkezlerin nereye konumlandırılacağı birçok faktörün dikkate alınarak karar verilmesi gereken karmaşık bir yapıdır. Bu makale kapsamında Kayseri ilinde yapılması planlanan Lojistik Merkez için Analitik Hiyerarşik Süreç (AHP) ve VlseKriterijuska Optimizacija I Komoromisno Resenje (VIKOR) yöntemlerini birleştirerek bütünleşik bir yaklaşım önerilmiştir.*Önerilen yaklaşıma göre; öncelikle kriter ağırlıkları AHP yöntemiyle belirlenmiş daha sonra VIKOR yöntemi kullanılarak alternatifler arasında bir sıralama belirlenerek en uygun yer seçimi yapılmıştır.* |
|  |  |
|  |  |
| **Selection of Logistic Center Location Integrated AHP-VIKOR Approach: A Case Study of Kayseri Province** | |
|  | |
|  | |
| **Keywords**  City Logistics,  Logistic Center ,  AHP ,  VIKOR | **Abstract:** The problem of logistics center location selection has emerged as a special version of the problem of facility layout in the logistics and supply chain design. An effective logistics center structure is a key factor in increasing the efficiency of urban freight transport, a significant profit and investment tool. The location of these centers is a complex structure which must be decided by considering many factors. In this article, an integrated approach is proposed by combining Analytical Hierarchical Process (AHP) and VlseKriterijuska Optimizacija I Komoromisno Resenje (VIKOR) methods for the Logistics Center planned to be built in Kayseri. According to proposed approach; First of all, benchmark weights were determined by AHP method. Then, VIKOR method was used to determine the most suitable place among the alternatives. |
|  |  |

**1. Giriş**

Günümüzde işletmelerin ulusal ve uluslararası ölçekte sürdürülebilir rekabet edebilmesini sağlamak, bölgesel, uluslararası ticaret ve ekonominin gelişmesine katkıda bulunmak amacı ile ülke politikalarında lojistik sektörüne yönelik olarak yatırım planları hız kazanmıştır. Bu yatırımların içinde işletmelerin lojistik maliyetlerini minimize eden, ekonomik ve sosyo-ekonomik kalkınmayı destekleyen, kurulduğu bölgenin kalkınmasında önemli rol oynayan, dış ticaretin gelişmesine destek olan ve kentsel lojistik problemlerinin çözümünde kilit rol alan lojistik merkezler ön plana çıkmaktadır.

Kent içerisindeki lojistik faaliyetler, kentsel alanlarda trafik sıkışıklığı, hava kirliliği ve gürültü oluşturmaktadır. Daha temiz, daha sessiz ve daha güvenilir kent alanlarına ihtiyaç vardır. Birleşmiş Milletler istatistiklerine göre; 2010 yılında dünya nüfusunun yaklaşık yarısı kentsel alanlarda yoğunlaşmaktadır. 2030 yılında bu oranın % 60’lar oranında olacağı tahmin edilmektedir [1]. Kentsel lojistik, artan nüfusun ve araçların kentsel alandaki etkilerinden kaynaklanan güçlükleri çözmeye çalışmaktadır. Bangkok, Londra, Tokyo gibi birçok şehir; trafik tıkanıklığı, çevre etkisi, düşük ulaşım verimliliğinden dolayı muzdariptir. Bu tür koşullar, kentsel alanlardaki yaşam kalitesini düşürmekte ve şehir gelişimini azaltmaktadır. Kentsel lojistik, kentsel alanlardaki yaşam kalitesini yükseltmek için yenilikçi çözümler sunmaktadır [2]. Bu yenilikçi çözümlerden birisi lojistik merkezlerdir.

**1.1 Kentsel lojistik**

Kentler, iş faaliyetlerinin ve ticaretin ana konumunda oldukları için ekonomik kalkınmada önemli bir rol oynarlar. Fakat bu ticaret yoğunluğu birçok şehirde ciddi trafik sorunlarına, gürültü, hava kirliliği ve olumsuz çevre koşullarına sebep olmaktadır [2]. Ayrıca dünya nüfusunun % 50’ sinden fazlası kentlerde yaşamaktadır. 2050 yılında dünya nüfusunun en az % 70’inin kentlerde yaşayacağı öngörülmektedir [3]. Kentlerde bu nüfus artışı kent içerisindeki mal ve hizmetler için talep çeşitliliğini de artırmaktadır. Bu talep, malların küçük ticari araçlarla teslim edilmesi anlayışını getirmiştir. Ticari araç seferlerinden dolayı kent içerisinde kirlilik, güven kaybı ve trafik sıkışıklığı artmaktadır. Ek olarak yeni lojistik gelişimler tam zamanında üretim, yalın üretim gibi uygulamalar kent içerisindeki mal hareketini ve kararlarını karmaşıklaştırmaktadır. Genel anlamda kent içerisinde malların taşınması kent yolları ağında yoğunlaşmaktadır [4]. Bu olumsuz faktörler bir şehrin ekonomik rekabet gücünü azaltmakta ve kent sakinlerinin yaşam kalitesini düşürmektedir. Bu durumu çözmek kent içerisinde dengeyi sağlamak son yıllardaki zor problemlerden birisi olmuştur. Kentsel lojistik bu karmaşık problemi çözmeyi amaçlayan yenilikçi bir konsepttir [2].

Bugün dünyada 1 milyon ve üzerinde nüfusa sahip 800’den fazla şehir bulunmaktadır. Nüfusun tüketim yapısı, nüfusun yaş yapısı, kentin sahip olduğu iklim ve doğal çevre kentsel lojistiği etkilemektedir. Nüfusun tüketim yapısı, mobil teknolojiler ve internetin artması ile günün 24 saati sipariş verilebilmekte satın alma sıklığını artırmaktadır. İnternet üzerinden yapılan satın almalar birkaç gün içerisinde teslim edilmektedir. E-ticaretin gelişimi ile dağıtım süreçleri artmış bu artış kent içerisindeki trafik yoğunluğunun artmasını sağlamıştır. Bugün Avrupa’daki kentlerde yük taşımacılığının 2030 yılına kadar %40, 2050 yılına kadar %80 üzerine çıkacağı, yolcu trafiğinin 2030 yılına kadar %34, 2050 yılına kadar %51 oranında artış göstereceği öngörülmektedir. Karayolu taşımacılığının diğer taşıma modlarına göre baskın olacağı tahmin edilmektedir [5]. Avrupa Birliği ülkelerinde, kentlerde daha iyi yaşam koşullarının sağlanmasının gerekliliği ve doğal çevrenin korunması kentlerdeki yük taşımacılığından kaynaklanan olumsuzlukların, doğal çevreye en az etkileyecek şekilde tedbirler alınması tartışılmaktadır [6]. Bu amaçla Avrupa Birliği ülkelerinde çevreye zarar vermeyecek araçların dolaşımına öncelik verilmesi(elektrikli kamyonlar gibi), alternatif taşıma modlarının kullanılması (demiryolu, iç suyolu taşımacılığı) [3], gece sevkiyat yapılması, lojistik merkezlerin kullanılması teşvik edilmektedir [6].

**1.2 Lojistik merkezler**

Lojistik merkezler; doğrudan karayolu, demiryolu, denizyolu ya da havalimanına bağlı içerisinde çeşitli binaların bulunduğu ulusal ve uluslararası taşımacılık, dağıtım ve lojistik ile ilgili tüm faaliyetlerin gerçekleştirildiği alanlardır.

Intermodal taşımacılık, 3. Parti lojistik ve küreselleşmenin etkisiyle değişen taşımacılık koşulları ve lojistik süreçleri lojistik merkezleri zorunlu hale getirmektedir. Lojistik merkezler, bölgesel olarak artan nüfus ve taşımacılığın getirmiş olduğu zorluklara alternatif yeni bir akım olarak dünyada ortaya çıkmıştır. Bu merkezlerin amacı demiryolu taşımacılığı, suyolu taşımacılığı gibi dost taşıma modlarını teşvik ederek çevre dostu çözümler sunmaktır. Bu çözümler ile yerel, bölgesel, ulusal ve hatta küresel ekonominin büyümesine katkı sağlamaktadır. Bu yüzden lojistik merkezler sürdürülebilir taşımacılık ve lojistik sektörünün gelişmesinde umut verici bir kaynak olarak görülmektedir [7].

İlk Lojistik merkez, 1960’lı yıllarda Fransa’da ortaya çıkmış ve 1960’lı, 1970’li yıllarda Almanya’da, İtalya’da kurulmaya başlamıştır. 1990’lı ve 1980’li yıllara gelindiğinde lojistik merkezlerinin sayısının Fransa, Almanya ve İtalya’da arttığı Hollanda, İngiltere ve Belçika’da da yayıldığı görülmektedir [8]. Avrupa’da 8 ülkede toplam 100’den fazla lojistik merkez bulunmaktadır. Almanya’da son 20 yılda 33 adet lojistik merkez kurulmuştur [9]. Avrupa Birliği ülkelerinde lojistik merkezler; karayolu taşımacılığının vermiş olduğu zararları hafifletmek, intermodal taşımacılığı teşvik etmek, küçük orta büyüklükteki taşıma şirketlerine avantajlar sağlamak ve bölgesel ekonomiyi iyileştirmek amacıyla oluşturulmuştur [8]

Lojistik merkezler; ekonomik büyümeyi arttırma da, gereksiz işletim maliyetlerini azaltılmasında, ekonomik verimliliğin artmasında, yatırım ortamının iyileştirilmesinde, işsizliğin azaltılmasında ve bulunduğu bölgenin kalkınmasında fayda sağlamaktadırlar [10].

**1.3 Lojistik merkez yer seçimi ile ilgili literatür incelemesi**

Lojistik merkez yer seçimi ile ilgili yapılan çalışmaları incelediğimizde; lojistik merkez yerleşimi problemi için matematiksel modelleme, AHP, TOPSİS, ELECTRE gibi çok kriterli karar verme yöntemleri ve yapay sinir ağları, genetik algoritma gibi sezgisel yöntemler kullanıldığı görülmüştür. Taniguchi ve ark.[11], çalışmasında Japonya’da bulunan kamu lojistik terminalinin konumunu ve büyüklüğünü belirlemek için matematiksel model geliştirmiştir. Geliştirdiği modeli Kyoto ve Osaka bölgesinde bulunan 16 yerleşim için uygulamıştır. Alberto ve ark[12], çalışmasında 3 tane alternatif yer için uzman görüşlerini alarak 7 kriter belirlemiş AHP yöntemi uygulayarak lojistik merkez yer seçimi yapmışlardır. Li ve Yan [13], çalışmalarında lojistik merkez yer seçimi için ileri beslemeli yapay sinir ağları yöntemi ile model geliştirmiş, bu modeli 8 kriter, 20 alternatif için test etmişler ve sonuçlarını paylaşmışlardır. Ghoseri ve Lessan [14], çalışmalarında lojistik merkez yer seçimi için bulanık AHP ve ELECTRE yöntemlerini uygulayarak doğal kaynaklar, ekonomik fayda, taşımacılık, gelişim potansiyeli kriterlerine göre en uygun yer seçimi yapmışlardır. Kayıkçı [15], çalışmasında lojistik merkez yer seçimi için bulanık AHP ve yapay sinir ağlarından oluşan hibrit bir model önermiştir. Erkayman ve ark. [16], Türkiye’nin doğu bölgesinde bulunan Erzurum, Diyarbakır ve Malatya için coğrafi yapı, fiziksel yapı, sosyo ekonomik ve maliyet kriterlerine göre bulanık TOPSİS yöntemi ile en uygun lojistik merkez yer seçimi yapmışlardır. Hong ve Xiaohua [17] çalışmalarında lojistik merkez yer seçimi için 5 alternatif yer AHP yöntemi kullanarak yer seçimi yapmışlardır. Li ve ark. [18], çalışmaların da aksiyomatik bulanık küme ve TOPSIS yönteminden oluşan melez bir model önermişlerdir. 5 alternatif yer en uygun yer seçimi yapmışlardır. Catalano ve Migliore [19], çalışmalarında lojistik terminal yer seçimi için bir matematiksel model önermişlerdir. İtalya’nın güneyinde Sicilya’da 9 tane potansiyel bölgede kurulacak lojistik terminaller için optimum konum belirlemişlerdir. Uysal ve Gülmez [20], çalışmalarında Akdeniz Bölgesinde bulunan Adana, Osmaniye, Antalya, Burdur, Hatay, İçel, Kahramanmaraş illeri için . Bulanık Serim Teorisi ve Matris yöntemi ile en uygun lojistik merkez yer seçimi yapmışlardır. Zak ve Weglinski [21] çalışmalarında 10 yer için ELECTRE 3/4 yöntemi kullanılarak lojistik merkez için en uygun yer seçimi yapılmıştır. Rao ve ark. [22] çalışmalarında 13 kriter belirleyerek 4 tane alternatif yer arasından çift hibrit sıralı ağırlıklı ortalama yöntemi ile lojistik merkez yer seçimi yapmışlardır. Hamzaçebi ve ark. [23], Karadeniz bölgesinde bulunan 18 il arasından oran metodu ve referans nokta yaklaşımı MOORA yöntemi ile lojistik merkezin kurulacağı yer için seçim yapmışlardır. Pham ve ark. [24], Vietnam’da kurulacak lojistik merkez için Bulanık Delphi ve Bulanık TOPSIS yöntemi ile en uygun lojistik merkez yer seçimi yapmışlardır. Kaya ve Uludağ [25], yapay sinir ağları yaklaşımını içeren lojistik merkez yer seçimi model geliştirmişler ve Türkiye’de bulunan çeşitli lojistik merkezlerin konumlarının uygunluğu için test etmişlerdir.

Bu çalışma kapsamında lojistik merkez yer seçimi, AHP-VIKOR tabanlı çok kriterli karar verme modeli ile belirlenmiştir. Lojistik Merkez yer seçim kriterlerine ait sayısal veriler net olarak elde edilebildiği için ve her bir kriterin önem derecesi farklı olduğu için kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinde AHP yöntemi kullanılmıştır. VIKOR yöntemi, her bir alternatifin belirlenen tüm kriterlere göre değerlendirmesine imkan sağladığı ve ideale en yakın çözüm bulabilme özelliğinden dolayı[30] ve Lojistik merkez yer seçimi problemlerinde nadiren kullanıldığı için bu çalışmada tercih edilmiştir.

**2. Materyal ve Metot**

Bu bölümde çalışmada kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP ve VIKOR yöntemi kısaca anlatılmıştır.

**2.1 AHP yöntemi**

Thomas Saaty tarafından sunulan AHP yöntemi, karmaşık karar verme problemlerinde karar vericiye daha iyi kararlar almasını sağlayan bir yöntemidir. En yaygın kullanımı olan çok kriterli karar verme yöntemlerinden birisidir [26]. AHP, amaçları, kriterleri ve alternatifleri hiyerarşik bir yapıda sunan karar destek aracıdır. İlgili veriler, karar vericinin hem öznel hem de nesnel düşüncelerini içeren bir çift ikili karşılaştırma matrisi kullanılarak elde edilmektedir [27]. Bu karşılaştırmalarda karar vericinin önyargılarını azaltmak için tutarlılık kontrolü yapılmaktadır[26].

AHP yönteminin adımları;

1.Adım: Hiyerarşik Yapı: Bu adımda, karar problemi hiyerarşik olarak yapılandırılmaktadır. Oluşturulan hiyerarşik yapı karar verme sürecinin en önemli bir parçasıdır. Bu yapının en üst bölümünde sorunun amacı, sonraki bölümde kriterler ve en son bölümde alternatifler yer almaktadır [28].

2.Adım: ikili karşılaştırma matrisi: Bu adımda kriterlerin karşılaştırma matrisi oluşturulur. Karşılaştırma matrisi, kare matris olarak düzenlenir ve matrisin köşegen elemanları 1’dir [28]. Her bir kriter sahip oldukları önem değerlerine göre birebir karşılaştırılır ve bu karşılaştırma için Tablo 1’deki önem skalası kullanılır [26].

**Tablo 1.** Önem Skalası

|  |  |
| --- | --- |
| Önem Değerleri | Değer Tanımları |
| 1 | Her iki faktörün eşit öneme sahip olması durumu |
| 3 | 1. Faktörün 2. faktörden daha önemli olması durumu |
| 5 | 1. Faktörün 2. faktörden çok önemli olması durumu |
| 7 | 1. Faktörün 2. faktöre nazaran çok güçlü bir öneme sahip olması durumu |
| 9 | 1. Faktörün 2. faktöre nazaran mutlak üstün bir öneme sahip olması durumu |
| 2,4,6,8 | Ara değerler |

3.Adım: Kriterlerin özvektör değerleri belirlemek: Karşılaştırma matrisi, kriterlerin göreceli önemini göstermektedir. Bu adımda her bir kriterin bütün içerisindeki özvektör değeri hesaplanır. Bu hesaplama için aşağıdaki formül kullanılır[28].

|  |
| --- |
| (1) |

4. Adım: Tutarlılık Oranı: Yapılan karşılaştırmalar sübjektif olduğu için tutarlılık oranı hesaplanmaktadır. Tutarlılık oranı aşağıdaki formül 2, formül 3 ve Rassallık tablosu (Tablo 2) yardımıyla hesaplanır [28]. Hesaplanan oran, %10’nun altında ise yeterli kabul edilir.

|  |
| --- |
| (2) |
| |  | | --- | | (3) | |

**Tablo 2.**Rassallık Tablosu

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| n | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Değer | 0,58 | 0,9 | 1,12 | 1,24 | 1,32 | 1,41 | 1,45 |

Tutarlılık oranı %10’nun üzerinde ise karşılaştırma matrisine tekrar dönülerek her bir adım tekrar edilir[27].

**2.2 VIKOR yöntemi**

VIKOR Yöntemi, en iyi alternatif seçiminin son derece karmaşık olduğu alanlarda etkili bir karar verme yöntemidir[29]. İlk olarak Opricovic tarafından geliştirilmiştir. VIKOR tekniği birbiri ile çelişen çoklu kriterlere sahip durumlarda en iyi alternatifi belirlemeye yardımcı olur, en iyi alternatif seçimi farklı kapsamları ve kriterlerin ağırlığını analiz ederek elde edilir [30].

VIKOR tekniği adımları;

1.Adım: Tüm kriterlerin en iyi ve en kötü değerleri belirlenir.

|  |
| --- |
| ve (4) |

2.Adım: değerleri hesaplanır. değeri kriterlerin ağırlığıdır ve göreceli önemini gösterir.

|  |
| --- |
| (5) |
| |  | | --- | | (6) | |

3.Adım: değeri hesaplanır.

|  |
| --- |
| (7) |

Formülde;

|  |
| --- |
| , (8) |

değerleridir. değeri, maksimum grup faydası ağırlığıdır, genellikle değeri 0,5 olarak alınır.

4.Adım: S,R,Q değerlerine göre alternatifler azalan sıraya göre sıralanır. En iyi alternatifin seçilmesi için aşağıdaki 2 koşul sağlanmalıdır.

Koşul 1: Kabul edilebilir avantaj: İki en iyi alternatif arasındaki farkın fazla olması kabul edilebilir avantajdır.

|  |
| --- |
| (9) |

en iyi alternatifi ise ikinci en iyi alternatifi temsil etmektedir. , değeri aşağıdaki formül ile hesaplanır;

|  |
| --- |
| , m alternatif sayısı (10) |

Koşul 2: Kabul edilebilir istikrar: En iyi olarak bulunan alternatifi aynı zamanda S ya da R değerlerinden birinde de en iyi olmalıdır.

Bu iki koşuldan biri sağlanmıyorsa; Aşağıdaki çözüm yöntemleri önerilir.

* Eğer Koşul 2 sağlanmıyorsa, , alternatifleri çözüm olarak kabul edilir,
* Eğer Koşul 1 sağlanmıyorsa ,,……. alternatifleri için;

|  |
| --- |
| (11) |

belirlenir. , değerlerine göre sıralanan en iyi alternatif minimum değerine sahip alternatiflerden birisidir[30].

**3. Uygulama**

Kayseri ilinde özel sektörün teşebbüsü ile Lojistik Merkez kurulması planlanmaktadır. Lojistik Merkez Yer seçimi için öncelikli olarak kurulabilecek alternatif arazilerin belirlenmesi, belirlenen arazilerden seçim yapılması için kriterlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada alternatif yerler çok kriterli karar verme yöntemleri ile seçilmiştir. Literatür değerlendirmesi yapılarak kriterler belirlenmiş, AHP yöntemi ile bu kriterlerin ağırlıkları bulunmuştur. Daha sonra AHP ile bulunan kriter ağırlıkları VIKOR yöntemine girdi olarak kullanılmıştır. Alternatiflerin sıralanması ise VIKOR yöntemi ile bulunmuştur.

Lojistik merkezin kurulabileceği alternatif yerler, uzman görüşleri doğrultusunda belirlenmiştir. Belirlenen arazilerin Kayseri Büyükşehir Belediyesi İmar ve Planlama Bölümü ile birlikte mülkiyet şartları incelenmiştir. Özellikle hazine arazileri ya da imara açılmamış araziler dikkate alınarak 4 alternatif yer belirlenmiştir. Belirlenen araziler; İncesu Mevkisi(A1), Anbar Mevkisi (A2), Boğazköprü Mevkisi (A3), Mimarsinan Mevkisi (A4)’dir.

Literatür araştırması yapılarak kriterler [13,15,16,17,22] belirlenmiş ve 8 kritere karar verilmiştir. Tablo 3’de kriterler ve açıklamaları verilmiştir.

**Tablo 3.** Kriterler

|  |  |
| --- | --- |
| **Kriterler** | **Açıklaması** |
| Alan(K1) | Bir lojistik merkezin kurulacağı alanı ifade etmektedir. |
| Genişleme Alanı(K2) | Kurulum alanları dışında büyüme imkânı oluşturan kısım |
| Alt yapı olanakları(K3) | Seçilen arazi için elektrik, su, internet gibi ihtiyaçların karşılana bilirliği |
| Kente yakınlık(K4) | Kurulacağı kente mesafe olarak yakınlığı |
| Endüstri ve ticaret merkezlerine yakınlık(K5) | Endüstri ve ticaret merkezlerine mesafe olarak yakınlığı |
| Limana yakınlık(K6) | Limana mesafe olarak yakınlığı |
| Demiryoluna yakınlık(K7) | Demir yoluna mesafe olarak yakınlık |
| Arazi Maliyetleri(K8) | Kurulacağı arazilerin m2 fiyatları |

Her bir kriter eşit önemde olmayıp önem dereceleri birbirinden farklı olduğu için AHP yöntemi ile her bir kriterin ağırlık değeri hesaplanmıştır. İlk olarak ikili karşılaştırma matrisi düzenlenmiş, her bir kriter ikili olarak birbiri ile karşılaştırılarak hangi kriter diğerinden daha önemli ya da daha baskın olduğu belirlenmiştir. Karşılaştırma matrisi, Kayseri’de uluslararası taşımacılık yapan 3 lojistik firma yöneticisi ve Uluslararası Nakliyeciler Derneği Yönetim Kurulu üyesinden oluşan bir ekip ile yüz yüze görüşme yapılarak oluşturulmuştur. Elde edilen ikili karşılaştırma matrisi, Tablo 4’te gösterilmiştir.

**Tablo 4.**Karşılaştırma Matrisi

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Kriterler | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 |
| K1 | 1/3 | 1/3 | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 2 | 1/3 | 1 |
| K2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 5 | 5 | 3 |
| K3 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1/2 | 1/2 | 2 | 2 | 2 |
| K4 | 1/2 | 1/2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| K5 | 1/2 | 1/2 | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 |
| K6 | 1/4 | 1/5 | 1/2 | 1/2 | 1/3 | 1 | 1/2 | 1/2 |
| K7 | 1/4 | 1/5 | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 2 | 1 | 3 |
| K8 | 1 | 1/2 | 3 | 2 | 2 | 4 | 4 | 3 |

Karşılaştırmalar matrisine ait tutarlılık oranı TO< 0,10 olduğu için elde edilen karar matrisi tutarlıdır. Her bir kritere ait ağırlık değerleri Tablo 5’te verilmiştir.

**Tablo 5.** Kriterlerin Ağırlık Değerleri

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Kriterler | Ağırlıkları |
| K1 | Alan | 0,05 |
| K2 | Genişleme Alanı | 0,24 |
| K3 | Alt Yapı Olanakları | 0,08 |
| K4 | Kente Yakınlık | 0,13 |
| K5 | Ticaret Merkezine Yakınlık | 0,04 |
| K6 | Limana Yakınlık | 0,07 |
| K7 | Demiryoluna Yakınlık | 0,05 |
| K8 | Arazi Maliyetleri | 0,19 |

**3.1 VIKOR yöntemi uygulama adımları**

VIKOR yöntemi, grup faydasının maksimum olduğu durumları dikkate alan bir yöntemdir. VIKOR yöntemi uygulama adımları sırasıyla verilmiştir. Öncelikli olarak alternatif yerler için karar matrisi oluşturulmuştur. Bu matristeki veriler için uzman bir ekipten bilgi alınmıştır. Karar matrisi oluşturulurken; K1-K7 arasındaki tüm kriterlere ait değerlerden en yüksek değere sahip alternatifin, K8 kriterine ait değerlerden ise en düşük değere sahip alternatifin seçilmesi istendiği için, K8 kriterine ait değerler negatif olarak dikkate alınmıştır ve Tablo 6’da gösterilmiştir.

**Tablo 6.** Alternatif yerler için karar matrisi

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Yerler | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 |
| A1 | 1.500.000 | 5 | 85 | 20 | 8 | 300 | 10 | -80 |
| A2 | 1.200.000 | 10 | 90 | 10 | 4 | 315 | 5 | -50 |
| A3 | 1.000.000 | 20 | 80 | 15 | 5 | 318 | 3 | -60 |
| A4 | 2.000.000 | 15 | 75 | 25 | 10 | 330 | 16 | -90 |

Adım-1: Alternatif yerlere ait her kriter için en iyi ve en kötü değerleri hesaplanarak Tablo 7’de verilmiştir.

**Tablo 7.** değerleri

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 |
|  | 2.000 | 20 | 90 | 25 | 10 | 330 | 16 | -50 |
|  | 1.000 | 5 | 75 | 10 | 4 | 300 | 3 | -90 |

Adım-2: ve değerleri hesaplanarak Tablo 8’de verilmiştir. Formüldeki değeri AHP yöntemi ile hesaplanan kriterlerin ağırlık değerleridir.

**Tablo 8.** ve değerleri

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Alternatifler | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 |  |  |
| A1 | 0,025 | 0,240 | 0,027 | 0,043 | 0,013 | 0,070 | 0,023 | 0,140 | 0,581 | 0,240 |
| A2 | 0,040 | 0,160 | 0,000 | 0,130 | 0,040 | 0,035 | 0,042 | 0,447 | 0,447 | 0,160 |
| A3 | 0,050 | 0,000 | 0,053 | 0,087 | 0,033 | 0,028 | 0,050 | 0,351 | 0,351 | 0,087 |
| A4 | 0,000 | 0,080 | 0,080 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,350 | 0,350 | 0,190 |

Adım-3: değeri hesaplanarak Tablo 9’da verilmiştir. Formüldeki q değeri 0,50 olarak alınmıştır.

**Tablo 9.** değeri

|  |  |
| --- | --- |
| Alternatifler |  |
| A1 | 1,000 |
| A2 | 0,448 |
| A3 | 0,020 |
| A4 | 0,337 |

Adım-4: Her bir alternatif yer için hesaplanan , ve değerleri dikkate alınarak sıralama yapılmış ve Tablo 10’da verilmiştir.

**Tablo 10.** Sıralama Tablosu

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Sıralama |  | Sıralama |  | Sıralama |
| 0,350 | A4 | 0,087 | A3 | 0,020 | A3 |
| 0,351 | A3 | 0,160 | A2 | 0,337 | A4 |
| 0,447 | A2 | 0,190 | A4 | 0,448 | A2 |
| 0,581 | A1 | 0,240 | A1 | 1,000 | A1 |

Adım-5: Yapılan sıralamanın uzlaşık çözümü yansıtıp yansıtmadığını kontrol amacıyla Koşul 1 ve Koşul 2’nin sağlanıp sağlanmadığının kontrolünde Koşul 1’i sağladığı görülmüştür. Yapılan sıralama sonucunda Boğazköprü en iyi alternatif yer olarak belirlenmiştir. Diğer yerler sırasıyla, Mimarsinan, Anbar ve İncesu’dur.

**4. Tartışma ve Sonuç**

Kent içerisindeki lojistik faaliyetler, kent alanlarında trafik sıkışıklığı, hava kirliliği ve gürültüye sebep olmaktadır. Kentlerde, daha iyi yaşam koşullarının sağlanması, doğal çevrenin korunması, kent içerisindeki yük taşımacılığından kaynaklanan olumsuz etkileri en aza indirgemek için lojistik merkezler önerilmekte ve kurulması için teşvik edilmektedir. Etkin bir lojistik merkez yapısı bulunduğu bölgenin rekabet avantajına önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Lojistik merkez yerleşimi, bulunduğu coğrafi yapı, paydaşların tercihine göre farklılıklar göstermektedir. Bu yüzden lojistik merkez yerleşiminde tek bir strateji bulunmamaktadır.

Bu çalışma kapsamında lojistik merkez yer seçimi karar verme problemi olarak değerlendirilmiş ve AHP ve VIKOR yöntemli bütünleşik bir yaklaşım sunulmuştur. Etkin bir lojistik merkez yer seçimi için uygun kriterlerin belirlemesi ve belirlenen kriterlere uygun en iyi yerin seçilmesi gerekmektedir. Öncelikli olarak kriteler belirlenmiş ve AHP yöntemi ile bu kriterlerin ağırlıkları bulunmuştur. Alternatif yerlerin sıralaması ise VIKOR yöntemi ile yapılmıştır. VIKOR yöntemi, her bir alternatifin belirlenen tüm kriterlere göre değerlendirmesine imkan sağladığı ve ideale en yakın çözüm bulabilme özelliğinden dolayı ve Lojistik merkez yer seçimi problemlerinde nadiren kullanıldığı için bu çalışmada tercih edilmiştir. Çalışma kapsamında lojistik merkez yer seçimi için gerçek bir hayat problemi seçilmiş ve Kayseri ili için uygulanmıştır. Yapılan çalışmanın ulusal ve uluslararası alanda lojistik sektörüne/bilim alanına katkı sağlayacağı ve benzer çalışmalara kaynak oluşturacağı öngörülmektedir.

Gelecekteki çalışmalarda lojistik merkez yer seçimi için Bulanık mantıkla entegre edilmiş MOORA ve DEMATEL yöntemleri kullanılarak yeni çalışmalar yapılması öngörülmektedir.

**Kaynakça**

1. Taniguchi, E. 2014.Concepts of City Logistics for Sustainable and Liveable Cities. Procedia Social and Behavioral Sciences, 151, 310-317.
2. Tseng, Y. 2004. The role of Transportation in Logistics. University of South Australia, School of Natural and Built Environments Transport Systems Centre, Master Thesis
3. Nathanail, E., Adamos, G., Gogas, M. 2017. A novel approach for assessing sustainable city logistics. Transportation Research Procedia, 25, 1036–1045.
4. Anand, N., Ouak, H., Duin R., Tavasszy, L. 2012. City Logistics Modeling Efforts: Trends and Gaps - A Review. Procedia,Social and Behavioral Sciences, 39: 101-115.
5. Witkowski, J., Kiba, M. 2014. The Role of Local Governments in the Development of City Logistics. [Procedia, Social and Behavioral Sciences](https://www.sciencedirect.com/science/journal/18770428), [125](https://www.sciencedirect.com/science/journal/18770428/125/supp/C): 373-385
6. Kauf, S. 2016. City logistics A Strategic Element of Sustainable Urban Development. [Transportation Research Procedia](https://www.sciencedirect.com/science/journal/23521465), [16](https://www.sciencedirect.com/science/journal/23521465/16/supp/C): 158-164.
7. Wu, J., Haasis, H.D. 2013. Converting knowledge into sustainability performance of freight villages. Logistic Research, 6(2-3): 63-88.
8. Higgins, C., Ferguson, M. 2011. An exploration of the Freight village concept and its applicability to Ontario. McMaster Institute of Transportation and Logistics, 22-93.
9. Ballis, A., Mavrotas, G. 2007. Freight village design using the multicriteria method PROMETHEE. Operational Research, 213-231.
10. Taniguchi, E., Thompson, R.G., Yamada, T. 2014. Recent Trends and Innovations in Modeling City Logistics.[Procedia - Social and Behavioral Sciences](https://www.sciencedirect.com/science/journal/18770428), [125](https://www.sciencedirect.com/science/journal/18770428/125/supp/C): 4-14.
11. Taniguchi, E., Noritake, M., Yamada, T., Izumitani, 1997. Optimizing the size and location of logistics terminals. IFAC Proceedings, 30(8): 741-746.
12. Alberto, P. 2000. The Logistics of industrial location decisions: An application of the AHP methodology. International Journal of Logistics Research and Applications, 3(3): 273-289.
13. Li, Q., Yan, C. 2007. An interactive integrated MCDM based on FANN and application in the selection of Logistic Center Location. Management science and engineering conference, 20-22 August, Harbin, China.
14. Ghoseiri, K., Lessan, J. 2008. Location selection for logistics centers using a two-step fuzzy AHP and ELECTRE method. Proceedings of 9th Asia Pasific Industrial Engineering Management systems Conference, Indonesia, 434-440.
15. Kayikci, Y. 2010. A conceptual model for intermodal freight logistics centre location decisions. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2(3): 6297-6311.
16. Erkayman, B., Gundoğar, E., Akkaya, G., Ipek, M. 2011. A fuzzy TOPSIS Approach for Logistic center location selection. Journal of Business Case Studies, 7(3): 49-54.
17. Hong, L., Xiaohua, Z. 2011. Study on location selection of multi-objective emergency logistics center based on AHP. Procedia Engineering, 15: 2128-2132.
18. Li, Y., Liu, X.,Chen, Y. 2011. Selection of logistics center location axiomatic fuzzy set and TOPSIS methodology in logistics management. Expert systems with applications, 38(6): 7901-7908.
19. Catalano, M., Migliore, M. 2014. A Stackelberg-game approach to support the design of logistics terminals. Journal of Transport Geography, 41: 63-73.
20. Uysal, F., Gülmez, M. 2014. Türkiye’de Akdeniz Bölgesi’nde Lojistik merkez yeri seçimi için bulanık serim teori ve matris yaklaşımı uygulaması. DergiPark, Verimlilik Dergisi, 1: 89-104.
21. Zak, J., Weglinski, S. 2014. The selection of the logistics center location based on MCDM/A methodology. Transportation Research Procedia, 3: 555-564.
22. Rao, C., Goh, M., Zhao, Y., Zheng, J. 2015. Location selection of city logistics centers under sustainability. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 36: 29-44.
23. Hamzaçebi,C., İmamoğlu, G., Alçı, A. 2016.Selection of Logistics Center location with MOORA method for Black Sea Region of Turkey. Journal of Economics Bibliography, 3(15): 74-82.
24. Pham, T.Y., Ma, H.M., Yeo, G.T. 2017. Application of Fuzzy Delphi TOPSIS to Locate Logistics Centers in Vietnam: The Logisticians’ Perspective. The Asian Journal of Shipping and Logistics, 33(4): 211-219.
25. Kaya, B., Uludag, N. 2017. An artificial neural network approach for the logistic center location selection.Journal of Management Marketing and Logistics, 4(2): 107-115.
26. Saaty, T. 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. International Journal of Services Sciences, 1(1): 83-98.
27. Triantophyliou, E., Mann, S. 1995. Using the analytic hierarchy process for decision making in engineering applications challenges. International Journal of Industrial Engineering, 2(1), 35-44.
28. Bhusnan, N., Rai, K. 2004. Strategic decision making applying the analytic hierarchy process. Hardcover, 172p.
29. Mardani, A., Edmundas, K.Z., Govindan, K., Senin, A., Jusoh, A. 2016. VIKOR Technique: A systematic review of the State of the Art Literature on Methodologies and applications. Sustainability, 8(1), 37.
30. Opricovic, S., Tzeng, G.H. 2007. Extenden VIKOR method in comparison outranking methods. Europen Journal of Operatioanl Research, 175(2), 514-529.

Erciyes Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

Cilt 34, Sayı 3, 2018

Erciyes University

Journal of Institue Of Science and Technology

Volume 34, Issue 3, 2018

|  |  |
| --- | --- |
|  | |
| **Polar Codes Applications for 5G Systems**  **Marwan DHUHEIR 1 , Sıtkı ÖZTÜRK 2**  \***1,2** Department of Electronics and Communication Engineering, Kocaeli University, Kocaeli, Turkey.  (Alınış / Received: 31.07.2018, Kabul / Accepted: 17.12.2018, Online Yayınlanma / Published Online: 31.12.2018) | |
|  | |
|  |  |
| **Keywords**  Polar codes,  Turbo codes,  LDPC codes,  5G systems. | **Abstract:** Improving data transmission over wireless channels has been the main obsession for many researchers for years. Since Shannon has discovered his theorem of information transmission, a lot of work has been done to attain his limit nevertheless no one has succeeded. Polar codes are the first provably codes that arrive to near Shannon’s limits of capacity, therefore, they have most of the researchers’ interest to be studied in 5G systems. As 5G systems require significant improvements in channel capacity, polar codes are the promising techniques that have the ability to offer these improvements. In this paper, we focus on studying polar codes in 5G systems. Moreover extracting polar codes in three common channels are studied. These channels are Binary Erasure Channel (BEC), Binary Symmetric Channel (BSC) and Additive White Gaussian Noise (AWGN) channel. Decoding information via polar codes is done by many methods, however, we give details about four common methods which are Successive Cancellation (SC) decoding, Successive Cancellation List (SCL) decoding, Cyclic Redundancy Check -Aided Successive Cancellation List (CRC-SCL) decoding and Adaptive Successive Cancellation List (Adaptive-SCL) decoding. We compare between them according to systems complexity and Block Error Rate (BLER). In this study, we provide details about the trial system of 5G encoder and decoder with polar codes and the general communication system with these codes. |
|  |  |
|  |  |
| **5G Sistemler için Kutupsal** **Kodları Uygulamaları** | |
|  | |
|  | |
| **Anahtar Kelimeler**  Kutupsal kodlar,  Turbo kodları,  LDPC kodları,  5G sistemleri. | **Özet:** Kablosuz kanallar üzerinden veri aktarımının iyileştirilmesi yıllar boyunca birçok araştırmacı için problem olmuştur. Bu problemlerden biri kanal kapasitesidir. Shannon teoremi keşfedildiğinden beri Shannon kapasitesine erişmek için çok çalışma yapılmış ancak bu teorik sınıra ulaşılamamıştır. Kutupsal kodlar Shannon kapasite sınırına ulaşabilen ilk uygulanabilir kodlardır. 5G sistemlerinde veri artışı kutupsal kodların diğer kodlara göre kullanımını daha öne çıkarmıştır. Bu çalışmada Toplamsal Beyaz Gauss Gürültüsü (AWGN), İkili Simetrik Kanal (BSC) ve İkili Silen Kanal (BEC) üzerinden kutupsal kodların iletimi incelenmiştir. Kutupsal hata kodlama işlemi birçok yöntemle yapılır, çalışmamızda dört yaygın yöntem incelenmiştir. Bu yöntemler “Successive Cancellation (SC)” kodlama, “Successive Cancellation List (SCL)” kodlama, “CRC-Aided Successive Cancellation List (CRC-SCL)” kodlama ve “Adaptive Successive Cancellation List (Adaptive-SCL)” kodlamadır. Kutupsal kodlar kanal kapasitesinde çalışan kodlar olması dolayısıyla, çalışmamızda kutupsal hata kodların üretimi ve 5G sistemlerinde kutupsal kodların uygulaması yapılmıştır. Bu yöntemlerin Blok Hata Oranı (BLER) ve sistemin karmaşıklığına göre karşılaştırılması yapılmıştır. Bu çalışmada, 5G deneme sistemlerindeki kodlayıcı ve kod çözücüde kullanılan kutupsal kodlar ile genel iletişim sistemi hakkında ayrıntılı bilgi verilmiştir. |
|  |  |

1. **Introduction**

Shannon in [1] wrote and derived the mathematical formulation of digital communications systems. In his main work, formulated the acceptable limit of reliable transmission of information. He proved that it is possible to receive the transmitted bits correctly. We add extra bits to the data in order to help us figure out the correct bits with a high rate (R) of probability. He first calculated the channel’s capacity C(W) which is considered a high threshold. It means that if R < C(W), information sent at rate bits per channel with no errors or a low number of errors.



**Figure 1.** The basic communication model

From figure 1, the output from the source is a random process (X). This defined as source entropy H(X). If the system’s source entropy H(X) is less than channel capacity C(W) i.e. H(X) < C(W), source input data will be sent through the channel reliably. In contrast, if the system’s source entropy H(X) has a value larger than that of channel capacity C(W) i.e. H(X) > C(W), information cannot be sent reliably through the channel and the system loses the information through the channel. Referring to [2] Shannon showed that we can measure the distortion in a system by calculating the difference between two main parameters one is the and the other is source output compressed representation.



**Figure 2.** Simple communication model

Figure 2 shows a simple communication model as Shannon drew. The source encoder compresses the data input into a suitable form with low quantity of distortion as low as possible then the output data n goes through a block called channel encoder. In the channel encoder, the system puts extra bits into the data n in order to improve the system’s reliability against noise that comes from different sources. The output from the channel encoder is sent through a channel. At the receiver, the channel decoder receives the data and remove the noise with the help of the extra bits that added in the transmission side. After that, the source decoder decodes the data into its original form. In order to reach a safe level of transmission in this system, the blocklength (N) should be large enough, therefore, for designing a practical system we should design a system that works with an acceptable complexity and low space [3].

In [4], [5], [6], the definition of polar codes is introduced and the method of encoding and decoding as well, however, in the first part of this paper, we summarize the definition of polar codes according to all of these references in order to make it easy understanding why these codes are being researched to be used in 5G systems. In [7], a general tutorial of 5G systems is presented and it focuses on the requirements of 5G systems in general nevertheless we study the requirements of 5G systems according to the chosen channel coding scheme. In [8], [9], [10], polar codes are studied in case of 5G systems and they suggest that polar codes are the codes that are suitable to 5G systems and ignoring that these codes have advantages and disadvantages. In this paper, we focus on studying advantages and disadvantages of polar codes in 5G systems and presents a comparison between the three suggested codes to be used in 5G systems which are LDPC, turbo, and polar codes. Moreover, we detail the trial encoding and decoding scheme of polar codes in 5G systems and in an overall communication system.

In this paper, we focus on studying the definition of polar codes and their encoding and decoding process. As polar codes are considered a promising technique in 5G systems, we compare between polar codes, LDPC, and turbo codes according to many important criteria such as BLER, error floor, system complexity, etc.

1. **Material and Method**

Before polar codes, turbo codes and LDPC codes have been used in practice and they have an excellent performance but they are not able to achieve capacity except in case of BEC [11]. In 2009, Arıkan has made tremendous steps when proved that we can use the channel polarization theory to extract codes with the property of achieving capacity with low encoding and decoding complexity [4]. To summarize the polar codes and their construction: (1) the general channels at the input which considered B-DMCs are combined together into a channel vector and then they are split up into channels which they are virtual channels and they are polarized into either zero or one. As the codes’ blocklength get larger the capacity of these channels tends to be either near zero (useless channels) or to be near one (perfect channels). This theorem is called channel polarization and in this paper, we detail information about it. (2) transmitting polarized bits by the virtual channels gives the chance to get codes that achieve capacity and these codes are polar codes and they decoded under many methods. Let us suppose that the input alphabet X is a discrete memoryless channel with {0, 1}. Dealing with channel parameters directs us to define two important parameters. The first one is the symmetric capacity I(W) and the other parameter is Bhattacharyya parameter Z(W). Bhattacharyya parameter gives us the measure of channel reliability.

Equations 1 and 2 explain two important terms that define polar codes which are symmetric capacity I(W) and the Bhattacharyya parameter Z(W) respectively as,

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2) |

The relationship between I(W) and Z(W) is,

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3) |

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4) |

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5) |

which the equality occurs if the channel W is BEC. Equations 3, 4, and 5 suggest that there is reverse relationship between I(W) and Z(W) i.e. if the value of I(W) is close to one, the value of Z(W) is close to zero and in this case Binary Discrete Memoryless Channels (B-DMC) is in its good state and if the value of I(W) is close to zero, the value of Z(W) is close to one and in this case the B-DMC is in its bad state i.e. the reliability of the channel is very low. Figure 3 shows the relationship between I(W) and Z(W). From figure 3, we can conclude that the acceptable channels lie in the shaded area as equations 3, 4, and 5 suggested. Before we introduce the generator matrix, let us define the Kronecker product that is used to create the generator matrix of polar codes.



**Figure 3.** The relationship between I (W) and Z(W) as suggested by equations 3, 4, and 5

**Definition 1.** If we have a matrix with () rows and () columns and a matrix with () rows and () columns, the Kronecker product is defined by,

|  |  |
| --- | --- |
|  | (6) |

We denote to Kronecker product which means multiplying matrix A by itself (n) times i.e.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7) |
|  |  |

* 1. **Code Construction**

Code construction is set to identify the values of the vectors of information bits and the vector of frozen bits based on the channel capacity of individual channels. Polar code construction is different from channel to channel according to the parameters of the channels such as variance in AWGN channel, (P) in BSC channel and in BEC channel. The following sections present extracting polar codes in the three common channels which are BEC, BSC, and AWGN.

* + 1. **Binary erasure channel (BEC)**

Polar code construction of BEC of (N=8, K=4) is shown in figure 4 where the value of epsilon is. The Bhattacharyya parameter is set to be for the first W. Afterward the channel is distributed into two channels and the measure of the reliability is calculated by and [6]. The general formulas to calculate the recursive channel are,

|  |  |
| --- | --- |
|  | (8) |

|  |  |
| --- | --- |
|  | (9) |



**Figure 4.** Code construction of BEC for N=8, K=4 and

In the final step with , all the possible reliability boundaries results appear, which in this example (n=3). All the eight possible results appear and according to this result, the bits are chosen depending on their amount of Bhattacharyya parameter. The bits whose amount of are low have a large quantity of capacity so these bits are chosen and the other bits are set to be frozen as shown in figure 4.

* + 1. **Binary symmetric channel (BSC)**

The difference between BEC and BSC is that after applying channel transformation to BEC, BECs are received as well. In contrast for BSC after applying channel transformation, BSCs are received in case of while in case of BSCs are not received [12].

The channel input to BSC is and the channel output is and crossover probability is known as (**P**). The channel’s transition probabilities are and. The Bhattacharya parameter in BSC is calculated using and extracting polarized channels is done as shown in figure 5. Distribution of the Bhattacharyya parameter is done according to equations 8 and 9.



**Figure 5.** Code construction of BSC for N=8, K=4 and

* + 1. **Additive white gaussian noise (AWGN) channel**

The output of the AWGN is represented by where is the noise with zero mean and variance of [13]. The channel transition probability is computed by,

|  |  |
| --- | --- |
|  | (10) |

The Bhattacharya parameter in AWGN channel is calculated using where is the energy of transmitting a bit and is the noise power. Extracting polarized channels is done as shown in figure 6. Distribution of the Bhattacharyya parameter is done according to equations 8 and 9.



**Figure 6.** Code construction of AWGN for N=8, K=4 and ()

* 1. **Recursive Channel Transformation**

In channel combining and splitting, N times of channels (W) transform into. In this section, we care about breaking the produced channels recursively into single step channel transformation. In the first step, we get where and which they are produced by the first step transformation of the two channels,where,

|  |  |
| --- | --- |
|  | (11) |
|  | (12) |

which. Generally it is written ,

|  |  |
| --- | --- |
|  | (13) |

|  |  |
| --- | --- |
|  | (14) |

In equations 13 and 14 and and these equations are the same of equations 11 and 12 if.



**Figure 7.** The Recursive construction of channel vector when (W=2)

Figure 7 shows an example of creating polar codes in case of two channels. The transformation when N=8 is shown in figure 8. The graph is read from right to left. This shape is also called the Butterfly Patterns. From figure 8 in the most right side point there are two channels in which they are independent copies of W and immediately next to them there are two channels which they transformed into four copies of the independent channels and so forth until they arrive into N copies of independent channels [14].



**Figure 8.** The channel transformation when (N=16)

* 1. **Channel Polarization**

Channel polarization is the method in which proves that polar codes are able to achieve the symmetric capacity of B-DMC. By using chain rule to deal with symmetric capacity we have [14],

equation 16 proves that the process of channel transformation keeps the symmetric capacity of the uniform channels multiplying N times.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (15) |

as . Therefore,

|  |  |
| --- | --- |
|  | (16) |

The following theorem proves that as, I(W) of every channel W is polarized to zero or one (useless or perfect). In figure 9, it is concluded that the distribution of the points starts to be zero and keeps on going for a while then converts to be one in case of the channel index is large.

Theorem (1) [4], for any B-DMC W, the bit-channel polarizes in the sense that, for any fixed , as N goes to infinity through power of two, the fraction of indices for which tends towards I(W) and the fraction for which tends toward 1-I(W), that is,

|  |  |
| --- | --- |
|  | (17) |

|  |  |
| --- | --- |
|  | (18) |

Equations 17 and 18 are called channel polarization because the property of achieving capacity of polar codes depends on this phenomenon.



**Figure 9.** The plot of mutual symmetric channel vs. channel index in case of BEC ()

****

**Figure 10.** Channel index vs. channel reliability boundaries for n = [9, 10, 12, 16, 20] when BEC

* 1. **Polar Codes Coding**

By using the polarization theorem polar codes are constructed in which they have the properties of achieving the channel capacity I(W). In channel polarization, two channels are created one is good and has a high quality of capacity (perfect) and the other is bad and has a low quality of capacity (useless). We choose the perfect channels and upload data on them in which the Bhattacharyya parameter is as low as possible i.e. is close to zero.

* + 1. **Polar codes encoding**

In a B-DMC W, we are able to encode the polar codes with the help of a simple organizing method. The space complexity of the encoder is equal to and the time complexity is [4]. The generator matrix G can be defined by where , BN is called the bit-reversal matrix and F⊗n is the Kronecker product where as it is mentioned previously in definition 1. Figure 11 shows a simple example of an 8-bit polar encoding. If we have polar code with blocklength N, it consists of an input vector i.e. and the vector at the output is i.e. . Transferring between the input vector and the output vector is linear over Galois Field (GF(2)) such that,

|  |  |
| --- | --- |
|  | (19) |



**Figure 11.** Polar encoding block diagram

* + 1. **Polar codes decoding**

The polar codes under this assumption have a length of which contains the information length and the frozen bits are . We say that is the information bits (information bits + frozen bits) and is the codeword vector produced from the encoding process and sent through the channel where. In the receiver, we receive. The decoding process is applied to the vector which gives that has corresponding information to vector. Suppose is the virtual channel vector that observed by in the process of recursive SC-decoding. The space complexity of the decoder is and the time complexity is. In order to choose a decoding method, we take in mind the trade-off between two important parameters. One is the reliability and the other is the computation complexity. Under this section, we review the most common decoding methods and compare between them and which one of them achieve a better resistance to error than the main SC decoder.

* + - 1. **Successive cancellation (SC) decoding of polar codes**

SC decoder figures out the value of the transmitted data as by the help of the received vector in the channel . The information that comes to the receiver by the received codewords is solved by using Log Likelihood Ratio (LLR). SC decoder uses soft-decision decoding in calculating LLR values of the received bits by the help of channel LLR values. First, we calculate a sequence of LLR then SC decoder uses the hard-decision to figure out the value of received bit successively from to i.e. the value of is calculated by the help of the previous bit’s value [4].

|  |  |
| --- | --- |
|  | (20) |

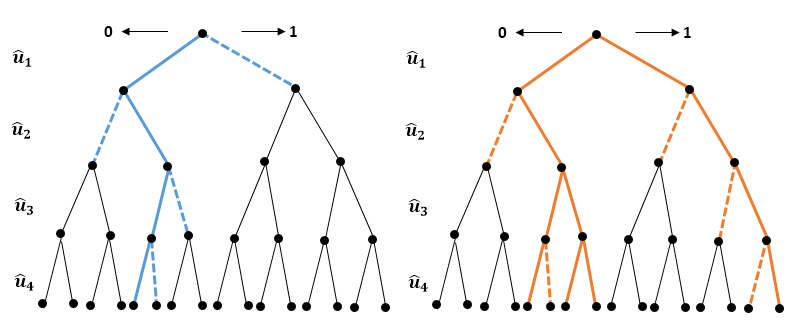
where is defined as , and the decision is based on,

|  |  |
| --- | --- |
|  | (21) |

* + - 1. **Successive cancellation list (SCL) decoding of polar codes**

Although the SC decoding method tries to attain to Shannon capacity level, it works well only with a large number of blocklengths and does not give a perfect performance with a small number or a moderate number of blocklengths [5].

Tal and Vardy in [5] introduced a new method to fix this problem. SC decoder takes just only one path from the decoding paths, but SCL decoder has the ability to activate L number of best decoding paths. In the case of L is large, Maximum Likelihood (ML) decoding is used. Because the complexity algorithm depends on the list size (L), there is a trade-off relation between two important parameters the complexity and the performance of the SCL algorithm.



**Figure 12.** a) SC decoding. b) Successive cancellation list (SCL) decoding (list size L = 4). Bold face lines are Inspected paths. Dashed lines are inspected but discarded paths. Thin lines are never inspected paths.

Even though SC decoder takes one path to get the bits of, SCL decoder takes L paths to reach into. In every time, SCL distributes the path into two options () as shown in figure 12. As the number of paths reaches into the predefined list size L, SCL chooses the best paths and discards the rest. As each distributed path doubled, the number of tracks should be studied and we should prune each track accordingly. During this distribution process, the highest number of allowed tracks is equivalent to list size L [5][15].

* + - 1. **CRC-aided successive cancellation list decoder**

SCL decoders improve polar codes in many aspects in which they reduce their probability of error but it suffers from some drawbacks such as its performance cannot exceed the performance that restricted by ML. Moreover, in some cases the correct codeword does not belong to the most likely paths however it is in the list then we miss a codeword [16]. Tal and Vardy in [5] introduced a new method of using error detecting codes such as CRC codes. The new method aims to specify the correct codeword from the list in SCL decoder.

Figure 13 shows the block diagram of the polar codes together with the CRC encoder which connected with its list-CRC decoder. Transmitting and receiving data using this scheme are done as follows. Data bits of length k encoded by using CRC encoder to extract bits where is parity check bits and it is added to help to identify the correct data at the decoder and it is added by CRC encoder. Then the polar encoder encodes the bits that come from CRC encoder and extracts the binary codeword that has a length of N.



**Figure 13.** CRC-Aided Successive Cancellation List Decoder block diagram

At the receiver side, the receiver evaluates the likelihood and passes the resulted signal to the next block which is list-CRC decoder. In this step, survived paths (candidate codeword) are specified from the available list decoder which tested by CRC detector and initializing from the most likelihood paths. As soon as the candidate bits are detected by CRC detector, the data bits are determined [15][16][17].

* + - 1. **Adaptive successive cancellation list decoding of polar codes**

From [15][18], we can conclude that SCL decoder with a small number of is decoded correctly however some frames require a large number of L to be decoded correctly. In order to minimize the complexity of the system and enhance the throughput of the decoder adaptive SCL decoder for polar codes with CRC was introduced. The idea of this method is to use a small number of L initially and increase it iteratively (when we do not have survival track passing CRC) till L arrives at a predefined amount of Lmax.

Figure 14 shows the comparison of different decoders’ schemes. The comparison was held in case of BLER in which the number of transmitted frames is equal to 100000 frames and the maximum number of error is 100. In this figure, there is a comparison between different decoders. The first one is SC in which L = 1. It is shown that it achieves the lowest amount of BLER compared to the other decoders, however, it performs the perfect amount of complexity which it is considered the best decoder in complexity achievement compared to the other decoders because as list size increases the complexity increases accordingly [5]. Systematic polar codes achieve better than SC but it is still not competitive to be used in 5G systems compared to other codes such as turbo codes and LDPC codes. The third decoder is SCL which L = 4. Because of the drawbacks found in SCL and explained in section 2.4.2.3, CRC was added and it achieves a better result than SCL alone. Moreover, SCL with CRC is considered the first step to the 5G wireless communication systems [19]. In our simulation, we used CRC = 16 and L = 4.



**Figure 14.** Comparison between different polar codes’ decoders

* 1. **5G systems Requirements**

5G wireless networks ask for more improvements in networks’ structures regarding the quality of offered services, transmission’s reliability and system’s security. Three important parameters should be improved indeed in order to get high capacity performance in a km2. The first one is that it requires a hundred times better data rates than previous generations. The second one is that it requires less amount of latency in which it should be 0.5 ms in the radio link. The third parameter is that it asks for a hundred times more connections (links).



**Figure 15.** 5G performance targets

These parameters lead to decrease the amount of energy consumption which is better than that used by the worked generations nowadays. The required system performances of the 5G system are drawn in figure 15. We conclude that two vital challenges face the 5G wireless networks. One is that it should exploit the whole available spectrum including low bands to high bands and licensed to unlicensed bands. The second is that it should be flexible to offer suitable support for the different services, a large amount of connectivity and the large quantity of capacity, therefore the 5G system will be able to enhance the spectral efficiency, get high connectivity and decrease the amount of latency [20].

Channel coding is used to correct the error in received data that caused by noise, interference and the weak received signal, therefore, channel coding is very important in cellular communication systems. In 3G and 4G cellular communication systems, turbo codes are used as the channel code however in 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) standardization systems it is debating of either using LDPC codes or Polar Codes. The decision will be made according to the requirements including up to 20 Gbps of throughput in the downlink (DL) comparing to 1Gbps in 4G systems, very low amount of latencies, and more flexibility in order to offer more supports regarding broadband data, Internet of Thing (IoT), vehicular communication and cloud computing [21].

* + 1. **Latency**

5G new radio (5G-NR) should have latency less 0.5 ms compared to 10 ms performed by 4G systems [22]. In fact, improving the latency will help to develop and achieve many new applications to 5G systems. These applications are targeted by 5G such as 3D video rendering, UHD screen work and play in the cloud, augmented reality, etc. Unlike humans, machines are very sensitive to delays, therefore low latencies will enable many applications related to machine communications such Massive machine type communications (mMTC) which deal with improving industry automation, self-driving cars, etc. Regarding the latency, it is proven in [23] that polar and LDPC codes outperform turbo codes in case of small packets meanwhile in case of large packets, turbo codes outperform polar and LDPC codes. Polar codes have been studied under 5G systems with different scenarios such as air interface, frame structure, and different modulation waveforms such as Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) and Filtered OFDM (F-OFDM). The result of the test proved that polar codes outperform turbo codes in all cases which make them a strong channel coding candidate to be chosen in 5G systems [24]. The following sections explain the major requirements of 5G systems.

* + 1. **Error correction capability**

5G-NR is supposed to achieve just only 1 error block in each 100000 transmitted blocks compared to 1 error block in each 10000 transmitted blocks in 4G communication systems. This improvement will make 5G more powerful in correcting transmitted error blocks and need not depend completely on Hybrid Automatic Repeat Request (HARQ) for retransmitting the error data bits. Although 5G is not depending completely on HARQ, it is still the main parameter to support more error-free transmission [8].

* + 1. **Flexibility**

Flexibility is an important factor to design 5G-NR system. Improving the systems’ flexibility will help to make 5G more distinctive than previous wireless generations. Flexibility will play the main role in improving applications such as enhanced mobile broadband (eMBB) that deal with IoT, a vehicle to everything (V2X) communications. To improve this factor, coding scheme should have the ability to support a wide range of rates (R) to be used efficiently in the communication systems. For instance, short data bits should be used in typical IoT applications while long data bits should be used in broadband data applications. In the rural areas, we need to use low coding rates because of the sparse distribution of base stations while in urban areas, we need to use high coding rates because of the ultra-dense population. It is required that channel code should support wide range of data block length (K) and data code rate (R) in order to avoid using wasteful data bits and avoid using code rate that causes noise, interference, and degradation in signal strength. Both wasted data bits and undesirable code rate will cause transmission of unwanted data bits and then wasting more spectrum which has a bandwidth, time duration, and energy. This will cause degradation in many important parameters such as throughput, latency, and capability of error correction. Therefore flexibility is an important factor and the chosen code scheme for 5G should have enough flexibility [25].

* + 1. **System complexity**

The complexity of 5G-NR should be as low as possible. The system complexity plays the main role in the hardware requirements and the energy consumptions. The three suggested codes for 5G-NR are turbo codes, LDPC codes and polar codes which they have comparable complexity of the decoder, nevertheless, polar codes have the lowest complexity among the three codes because of the absence of iteration at the decoder side [19]. Performing a comparison between the three suggested codes in 5G systems is applied by calculating Maximum, Minimum and Addition operations (MaxMinAdd) [26],[27]. The 4G-LTE turbo decoder achieves 155 MaxMinAdd operations in one iteration [28], and it achieves around 4340 MaxMinAdd operations per data bit in case of applying 6 iterations and 28 iterations as a low degree of parallelism and full degree parallelism of turbo decoder respectively. LDPC codes, on the other hand, achieve 840 MaxMinAdd operations per data bit in case of 28 iterations and low coding rate as R = 1/2, and achieve 560 MaxMinAdd operations per data bit in the same iterations but high coding rate of 5/6 which is lower than that achieved by turbo decoders [29]. SC polar codes calculate the computation complexity by MaxMinAdd operations. SC with R = 1/2 and K = 4096 has 26 MaxMinAdd per data bit which is the lowest complexity of the three codes.

Although polar codes have the lowest complexity among the three suggested codes, SC has a big problem with error correction capability which is very low and to fix this problem SCL was introduced and in case of L = 32 the complexity of the decoder is comparable to that produced by LDPC codes. Moreover, polar codes perform the lowest BLER compared to LDPC and turbo as shown in the result section in which the parameters that were used to get this result are summarized in table 1. We used the encoder that explained in section 2.4.1 and the decoder that explained in section 2.4.2.3 to extract the polar code’s figure. We used the encoder and the decoder that explained in [30] to extract the turbo code’s figure. We used the encoder and the decoder explained in [31] to extract the LDPC code’s figure.

**Table 1.** parameters used to extract figure 19.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Polar Codes | LDPC Codes | Turbo Codes |
| Blocklength (N) | 256 | 256 | 255 |
| Rate (R) | 1/3 | 1/3 | 1/3 |
| Iterations | None | 20 | 2 |
| Modulation | BPSK | BPSK | BPSK |
| List size-CRC | 4-16 | None | None |

* 1. **Applying Polar Codes to 5G Systems**

Polar codes have many advantages that make them breakthrough codes in coding theory in which they have the ability to achieve Shannon capacity limit in case of having large enough code length size. Figure 16 shows the trial block diagram of transmitter and receiver with polar codes [32]. Polar codes have many advantages over Turbo codes that used in 4G include: (1) higher gain in which at the same equivalent level polar codes have lower Signal to Noise Ratio (SNR) than that produced by turbo codes [33]. This means higher efficiency and hence higher spectral efficiency will be improved as well. (2) polar codes do not have error floors, therefore, better reliability than turbo codes in which turbo codes have error floors because the sub-optimal algorithm that is used in turbo codes. (3) decoding in polar codes are handled by SC scheme that enormously reduces the complexity of encoding and decoding which is about) hence power consumption is lower than that is done by turbo codes. Turbo codes, LDPC codes and polar codes are three suggested codes for 5G-NR systems. Each one of them has advantages and disadvantages to be used in next-generation systems. Polar codes indeed are considered the promising technique because of the capacity it produce and the absence of error floor nevertheless they have drawbacks such as the supported blocklength has just only powers of two which later solved by using rate matching method [34]. The rate matching suggests a code (M) that is less than mother code (N) and the data bits between the mother code and the suggested code either punctured or shortened. Although the rate matching method solved the problem of coding rate, it causes degradation in the system’s reliability. 3GPP standardization for 5G-NR has agreed to deploy polar codes for uplink and downlink control channel and LDPC codes for uplink and downlink data channel [22].



**Figure 16.** The framework of polar encoder and decoder in 5G trial system

Figure 17 shows the communication model of 5G systems with polar codes. This system is designed to use OFDM or F-OFDM with subcarriers. Suppose a sequence of bits gathered in is encoded by using polar codes and produce binary sequence with a blocklength of and rate of. The codeword passes through the bit interleaver section in order to enhance the polarization [35].



**Figure 17.** The Communication System Model of 5G with Polar Codes.

Let us suppose we have a signal with two-dimensional constellation which has a size of. The output bits from the interleaver section go to the mapper section with a sequence of in which they are in frequency-domain and . The transmitted energy per symbol is represented by the average of . Hence, the average SNR is equal to , where represents the spectral efficiency and , and represents the average energy in every information bit. The signal enters into Inverse Discerete Fourier Transform (IDFT) in order to obtain the symbols in time-domain. Then, Cyclic Prefix (CP) is used to delete the noise produced from the multipath propagation such as Inter-Symbol Interference (ISI). At the receiver side, the CP is removed and the signal is passed to Discrete Fourier Transform (DFT) to produce the symbols Y in which they are in frequency-domain which , i.e.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (22) |

The parameters in equation 22 are defined as, is the unitary of DFT matrix, is the IDFT matrix of size M, represent the channel matrix of size in case of time-domain and frequency-domain respectively, represents the independent and identically distributed (i.i.d) complex noise vector in which it has zero mean and variance, and represents the noise in frequency-domain where has the same properties as noise in time-domain which . The produced signal from the DFT section passes through the equalizer in which Linear Minimum Mean Square Error (LMMSE) mostly use to eliminate the Inter-Carrier Interference (ICI).

Let us suppose that we use perfect Channel State Information (CSI) at the receiver and CSI is not known at the transmitter side. The output from the equalizer on the i-th subcarrier is produced by,

|  |  |
| --- | --- |
|  | (23) |

Which represents the coefficient of equalizer and it is equal to , and denotes to the i-th row of frequency-domain of matrix . The symbols produced from the equalization section is equivalent to and pass them to de-interleaver section then polar decoder section to decode these symbols and produce the equivalent transmitted data [36].

1. **Results**

Polar codes are considered a promising technique to be used in 5G systems because of the advantages they provide. In this paper, we showed that polar codes are the first codes that have the ability to achieve the system capacity of Shannon limit. Furthermore, they have the lowest system complexity among the competitive codes that might be used in 5G systems which are LDPC and turbo codes. Polar codes are free of error floor compared to LDPC and turbo codes which make them preferred in 5G systems. Although they have many advantages, they suffer from drawbacks such as the equipment for designing decoders are complicated which make them expensive.

Figure 18 shows the BLER calculations of LDPC, turbo, and polar codes. In this figure, LDPC codes used 20 iterations, turbo codes used 2 iterations, and polar codes used L = 4 and CRC = 16. From the figure, it is clear that polar codes achieve better performance than turbo and LDPC codes. Turbo codes achieve better performance than LDPC, however, it is not preferred to be used in 5G-NR because of the high complexity it is performed. Polar codes achieve a better result in case of control channels and LDPC codes achieve a better result in case of data channels, therefore, 3GPP standardization decided to use polar codes in control channels and LDPC in data channels [22].



**Figure 18.** The BLER calculations of different code schemes.

1. **Discussion and Conclusion**

During this study, we discussed the new channel coding scheme, polar codes. Polar codes are the promising technique to be used in the next generations wireless communications systems. Polar codes are proven to be the codes that have the lowest complexity among other codes such as turbo and LDPC codes in case of SC decoder. There are intensive studies on polar codes to use them in 5G systems. We also presented a comparison between turbo, LDPC and polar codes in many aspects such as BLER, error floor, systems complexity. Polar codes achieved the lowest BLER in which we used SCL-CRC16 and turbo codes with 2 iterations and 20 iterations of LDPC codes. Although polar codes perform better than turbo and LDPC codes in many aspects such as the complexity, BLER calculation and the absence of error floor. The drawbacks of polar codes include the code length must be a power of two which cause coding rate problem. The complicated design of polar decoders make them expensive, therefore many studies still searching how to use these codes efficiently.

In this study, we explained clearly the channel polarization that produces polar codes. These codes are considered a breakthrough in coding systems because they are the first provably codes that attain Shannon limit. Polar codes are promising techniques that will be used in 5G systems because they have advantages which outperform turbo codes that used in previous generations of cellular communications systems. These advantages include higher gain than other codes and there are no error floors like turbo and LDPC codes. 5G systems seek more improvements because of the new applications it will offer, therefore the channel coding scheme should have the ability to correct the errors in the received data. Moreover, polar codes have the ability to work better in control channels, hence it is dedicated to control channels in 5G-NR systems. Regarding the complexity of the system, polar codes achieve the lowest complexity over turbo and LDPC codes. SCL decoder achieves better in systems performance however it increases the complexity and latency of the system. Accordingly, there are intensive studies on polar codes to find a decoder that performs better in both complexity and BLER calculations.

**References**

1. Shannon, C.E., 2001. A mathematical theory of communication. ACM SIGMOBILE mobile computing and communications review, 5(1), pp.3-55.
2. Shannon, C.E., 1959. Coding theorems for a discrete source with a fidelity criterion. IRE Nat. Conv. Rec, 4(142-163), p.1.
3. Proakis, J.G., Salehi, M., Zhou, N. and Li, X., 1994. Communication systems engineering (Vol. 2). New Jersey: Prentice Hall.
4. Arikan, E., 2009. Channel polarization: A method for constructing capacity-achieving codes for symmetric binary-input memoryless channels. IEEE Transactions on Information Theory, 55(7), pp.3051-3073.
5. Tal I, Vardy A. 2011 List decoding of polar codes. InInformation Theory Proceedings (ISIT), 2011 IEEE International Symposium on 2011 Jul 31 (pp. 1-5).
6. Süral, A., 2016. An FPGA implementation of successive cancellation list decoding for polar codes, Doctoral dissertation, bilkent university.
7. Shafi, M., Molisch, A.F., Smith, P.J., Haustein, T., Zhu, P., Silva, P.D., Tufvesson, F., Benjebbour, A. and Wunder, G., 2017. 5G: A tutorial overview of standards, trials, challenges, deployment, and practice. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 35(6), pp.1201-1221.
8. R1-164039 “Polar codes - encoding and decoding”, Huawei, HiSilicon, 3GPP TSG RAN WG1 Meeting #xx, Nanjing, China, May 23rd - 27th, 2016.
9. R1-167215, “Channel coding schemes for mMTC scenario”, Huawei, HiSilicon, 3GPP TSG RAN WG1 Meeting #86, Gothenburg, Sweden, August 22nd - 26th , 2016.
10. R1-167212, “Performance of polar and LDPC codes for eMBB scenarios”, Huawei, HiSilicon, 3GPP TSG RAN WG1 Meeting #86, Gothenburg, Sweden, August 22nd - 26th , 2016.
11. Sarkis, G., 2016. Efficient encoders and decoders for polar codes: Algorithms and implementations, Doctoral dissertation, McGill University Libraries.
12. Alsan, M., 2012. Channel polarization and polar codes (No. EPFL-REPORT-176515).
13. Kaur, N. and Kalsi, A.P.S., 2016. Implementation of polar codes over AWGN and binary symmetric channel. Indian Journal of Science and Technology, 9(19).
14. Arikan, E., ISIT 2012 Tutorial, June 27, 2012, Polar Coding.
15. Li, B., Shen, H. and Tse, D., 2012. An adaptive successive cancellation list decoder for polar codes with cyclic redundancy check. IEEE Communications Letters, 16(12), pp.2044-2047.
16. Murata, T. and Ochiai, H., 2017, June. On design of CRC codes for polar codes with successive cancellation list decoding. In Information Theory (ISIT), 2017 IEEE International Symposium on (pp. 1868-1872).
17. Niu, K. and Chen, K., 2012. CRC-aided decoding of polar codes. IEEE Communications Letters, 16(10), pp.1668-1671.
18. Sarkis, G., Giard, P., Vardy, A., Thibeault, C. and Gross, W.J., 2014, October. Increasing the speed of polar list decoders. In Signal Processing Systems (SiPS), 2014 IEEE Workshop on(pp. 1-6).
19. Bioglio, V., Condo, C. and Land, I., 2018. Design of Polar Codes in 5G New Radio. arXiv preprint arXiv:1804.04389.
20. Huawei, 5G: New Air Interface and Radio Access Virtualization, 2015, <http://www.huawei.com/minisite/has2015/img/5g_radio_whitepaper.pdf> (Access date: 20.09.2018).
21. Maunder, R.G., 2016. A vision for 5G channel coding. AccelerComm White Paper.
22. Mhaske, S., and Spasojevic, S. 2016 On Forward Error Correction, IEEE 5G Roadmap Workshop, WINLAB, Rutgers University, NJ.
23. Sybis, M., Wesolowski, K., Jayasinghe, K., Venkatasubramanian, V. and Vukadinovic, V., 2016, September. Channel coding for ultra-reliable low-latency communication in 5G systems. In Vehicular Technology Conference (VTC-Fall), 2016 IEEE 84th (pp. 1-5).
24. Parvez, I., Rahmati, A., Guvenc, I., Sarwat, A.I. and Dai, H., 2018. A survey on low latency towards 5G: RAN, core network and caching solutions. IEEE Communications Surveys & Tutorials.
25. Maunder, R.G., 2016. The 5G channel code contenders. ACCELERCOMM white paper, pp.1-13.
26. Robertson, P., Villebrun, E. and Hoeher, P., 1995, June. A comparison of optimal and sub-optimal MAP decoding algorithms operating in the log domain. In Communications, 1995. ICC'95 Seattle,'Gateway to Globalization', 1995 IEEE International Conference on (Vol. 2, pp. 1009-1013).
27. Fossorier, M.P., Mihaljevic, M. and Imai, H., 1999. Reduced complexity iterative decoding of low-density parity check codes based on belief propagation. IEEE Transactions on communications, 47(5), pp.673-680.
28. Li, A., Xiang, L., Chen, T., Maunder, R.G., Al-Hashimi, B.M. and Hanzo, L., 2016. VLSI implementation of fully parallel LTE turbo decoders. IEEE Access, 4, pp.323-346.
29. G. D. Forney, The forwards-backwards algorithm, 1996 in Proc. Allerton Conf. on Communications, Control, and Computing, Monticello, IL, USA, pp. 432–446.
30. Berrou, C., Glavieux, A. and Thitimajshima, P., 1993, May. Near Shannon limit error-correcting coding and decoding: Turbo-codes. 1. In Communications, 1993. ICC'93 Geneva. Technical Program, Conference Record, IEEE International Conference on (Vol. 2, pp. 1064-1070). IEEE.
31. Ryan, W.E., 2004. An introduction to LDPC codes. CRC Handbook for Coding and Signal Processing for Recording Systems, pp.1-23.
32. Altera Innovate Asia website, Presentation, 1st 5G Algorithm Innovation Competition-ENV1.0-SCMA, <http://www.innovateasia.com/5g/images/pdf/1st%205G%20Algorithm%20Innovation%20Competition-ENV1.0%20-%20SCMA.pdf> (Access date: 20.09.2018).
33. Z. Dong, "Up in the air with 5G," Oct. 2016. <https://www.huawei.com/en/about-huawei/publications/communicate/80/up-in-the-air-with-5g> (Access date: 20.09.2018).
34. R1-167209 “Polar code design and rate matching” , Huawei, HiSilicon, 3GPP TSG RAN WG1 Meeting #86, Gothenburg, Sweden, August 22 nd - 26 th , 2016.
35. Chen, P., Xu, M., Bai, B. and Ma, X., 2016, September. Design of polar coded 64-QAM. In Turbo Codes and Iterative Information Processing (ISTC), 2016 9th International Symposium on (pp. 251-255).
36. Chen, P., Xu, M., Bai, B. and Wang, J., 2017, June. Design and Performance of Polar Codes for 5G Communication under High Mobility Scenarios. In Vehicular Technology Conference (VTC Spring), 2017 IEEE 85th (pp. 1-5).

Erciyes Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

Cilt 34, Sayı 3, 2018

Erciyes University

Journal of Institue Of Science and Technology

Volume 34, Issue 3, 2018

|  |  |
| --- | --- |
|  | |
| **Sıcaklık ve CO2 Artışlarına Bazı Önemli Yabancı Otların Verdikleri Tepkilerin Araştırılması**  **Nihat TURSUN\*1, İlhan ÜREMİŞ2, Olcay BOZDOĞAN1, Mehmet Nedim DOĞAN**3  1Turgut Özal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Battalgazi/Malatya  2Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Antakya/Hatay  2Aydın Adnan Menderes Üniverstesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Aydın  (Alınış / Received: 31.05.2018, Kabul / Accepted: 05.07.2018, Online Yayınlanma / Published Online: 31.12.2018) | |
|  | |
|  |  |
| **Anahtar Kelimeler**  Yabancı otlar,  sıcaklık,  karbondioksit,  bitki gelişimi | **Öz:** Dünya oluşumundan bu yana sürekli değişim halindedir. İnsan nüfusundaki hızlı artış, dünya ekosistemindeki yıkıcı değişikliklerle sonuçlanan endüstriyel faaliyetleri beraberinde getirdi. Dünyadaki en önemli değişikliklerden biri, karbondioksit (CO2) artışının bir sonucu olan sera etkisinin neden olduğu küresel ısınmadır. Her gün CO2 artışına paralel olarak sıcaklık artışı da gündemdeki yerini korumaktadır. Araştırmalar, İnönü Üniversitesi Ziraat Fakültesi'ndeki tam otomatik dört odalı bir sera içinde, bazı yabancı otların (*Amaranthus retroflexus* L., *Portulaca oleracea* L., *Physalis angulata* L. ve *Sorghum halepense* (L.) Pers.)) farklı CO2 konsantrasyonlarına ve farklı sıcaklıklara reaksiyonlarını belirlemek amacıyla yapılmıştır. Denemeler, farklı sıcaklıklarda (26 0C/ 16 0C, 29 0C/ 19 0C, 32 0C/ 22 0C, 35 0C/ 25 0C) ve farklı CO2 konsantrasyonlarında (400 ppm, 600 ppm, 800 ppm ve 1000 ppm) tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrülü olarak yürütülmüştür Çalışmalar sonucunda, bitki boyu, yaş ağırlığı, kuru ağırlık, kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlıklarında en düşük değerler 400 ppm CO2 ve 26 0C/ 16 0C saptanırken, en yüksek değerler ise 1000 ppm CO2 ve 35 0C/ 25 0C sıcaklıktan elde edilmiştir. Sonuç olarak, CO2'deki artışa paralel olarak, bitkilerde bazı olumlu gelişmeler olsa bile, çevre sıcaklığındaki artışın bitkileri ve tarımı olumsuz etkilemesi tahmin edilmektedir. |
|  |  |
|  |  |
| **Investigation of the Reactions of Some Important Weeds to**  **Temperature and CO2 Increases** | |
|  | |
|  | |
| **Keywords**  Some weeds,  temperature,  carbone dioxide,  plant development. | **Abstract:** The world has been in constant change since its formation. The rapid increase in the human population brought with it industrial activities, which resulted in devastating changes in the earth's ecosystem. One of the most important changes in the world is the global warming caused by the greenhouse effect, which is a result of the increase of carbon dioxide (CO2). Parallel to the increase in CO2 every day, the temperature increase keeps its place on the agenda. Studies was carried out in a fully automated four-roomed greenhouse at Agricultural Faculty of Inonu University, in order to determine the reactions of *some weeds (Amaranthus retroflexus* L., *Portulaca oleracea* L., *Physalis angulata* L. and *Sorghum halepense* (L.) Pers.) to different CO2 concentrations and different temperatures. Experiments were conducted in a randomized parcel replicated 4 at different temperatures (26 0C / 16 0C, 29 0C / 19 0C, 32 0C / 22 0C, 35 0C / 25 0C) and different concentrations of CO2 (400 ppm, 600 ppm, 800 ppm, 1000 ppm). As a result of the studies, while the lowest values ​​for plant height, wet weight, dry weight, root length, root wet weight and root dry weights of weeds were taken from 400 ppm CO2 and 26 0C / 16 0C, the highest values were obtained from 1000 ppm CO2 and 35 0C / 25 0C ​​ from the temperature. As a result, in parallel with the increase in CO2, it is expected that the increase in environmental temperature will negatively affect the plants and agriculture even if there are some positive developments in the plants. |
|  |  |

**1. Giriş**

Dünya oluşumundan bugüne sürekli bir değişim içerisinde olmuştur. Başlangıçta doğal olarak meydana gelen bu değişimlerin insan yaşamını daha uygun hale getirecek nitelikte olduğu düşünülmekle birlikte, özellikle insan aktiviteleri sonucunda meydana gelen bazı değişimler gezegenimizi olumsuz etkilemeye başlamıştır. İnsan nüfusundaki hızlı artış beraberinde endüstriyel faaliyetleri getirmiş ve bunun sonucunda da yeryüzü ekosisteminde yıkıcı değişimler artmıştır. Yeryüzünde oluşan en önemli değişikliklerin başında karbondioksit (CO2) artışının bir sonucu olarak ortaya çıkan sera etkisi nedeniyle oluşan küresel ısınma gelmektedir. Her geçen gün CO2’deki artışa paralel olarak sıcaklık artışı gündemdeki yerini korumaktadır. Artık yeryüzünde global ölçüde iklim değişiklikleri söz konusudur. İklim değişikliği ise en yıkıcı etkisini biyolojik çeşitlilik üzerinde göstermektedir.

Özellikle 1750’li yıllarda buharlı motorun icadı ve takiben gerçekleşen sanayi devrimi ile beraber yeryüzünde insanoğlunun etkisi gözle görülür şekilde ortaya çıkmaya başlamıştır. İnsan eliyle meydana gelen değişimler yeryüzünü daha önce görülmedik hızlı ölçüde olumsuz etkilemeye başlamıştır [1]. Ancak, bu değişimlerin etkileri kısa süre fark edilmeye başlanmıştır. Atmosferdeki karbondioksit (CO2) artışına paralel olarak dünyamızın ısınmasına yönelik ilk iddia 1896 yılında İsveçli Arrhenius tarafından ortaya atılmıştır [2]. Güncel bilgilere göre doğa bir yandan dengesini sağlamaya çalışsa da; insanın giderek artan etkisinin küresel iklim değişikliğinin temel sebeplerinin başında geldiği artık ortadadır [3]. İklim değişikliğinin önemli sebepleri olarak karbondioksit (CO2), ozon (O3), di azot monoksit (N2O), metan (CH4) ve kloroflorokarbonlar (CFC) gibi gazların atmosferde önemli oranda değişim gösterdiği saptanmıştır. Ancak bu gazlar içinde özellikle CO2 artışının doğal ekosistemleri etkileyen en önemli unsurlar içerisinde yer aldığı kabul edilmektedir. Modern endüstriyel yenilikler, petrol, kömür gibi fosil yakıt tüketimi ve doğal gaz kullanımı gibi insan aktiviteleri atmosferdeki hızlı CO2 artışının başlıca sebeplerindendir. Yirminci yüzyıl başlarında bu oran 300 ppm civarında iken günümüzde 400 ppm civarına yükselmiş ve herhangi bir önlem alınmadığı takdirde artışın devam edeceği ve oranın iki katına kadar çıkabileceği tahmin edilmektedir [4]. CO2 oranındaki artış yanında geçmiş birkaç yüzyıla ait sıcaklık verileri dikkate alındığında dünyamızın ısınmaya başladığı da dikkat çekmektedir [5]. Nitekim atmosfere salınan bu gazlarla çevrilen yeryüzü ve troposfer adeta güneş ışınlarıyla ısınan ve ısıyı dışarıya bırakmayan bir serayı andırır hale gelmiştir. Bu sebeple bu olay sera etkisiolarak da anılmaktadır [1]. Nitekim Antartika'da yapılan bir çalışmada sıcaklığın son 50 yıl boyunca her 10 yılda bir 0,1 oC artış gösterdiği tespit edilmiştir [6]. Uluslararası İklim Paneli verilerine göre ise dünyamızda insanoğlunun etkisi bu benzer şekilde devam ettiği sürece küresel sıcaklığın artacağı ve 2035 yılında kadar bu artışın 2-5 °C civarına ulaşacağı tahmin edilmektedir [4]. Böylelikle geriye dönüşün mümkün olamayacağı kritik eşiğe yaklaşılmış olunacaktır.

İklim değişim modelleri gelecekte sıcaklık ve CO2 artışı, kuraklık yada ısı dalgaları gibi ekstrem hava koşullarının dünyamızı tehdit edebileceğini ortaya koymaktadır [7, 4]. İklim değişikliğinin yeryüzünde özellikle biyolojik çeşitliliği etkileyen en önemli unsur olduğu kabul edilmektedir. Ancak küresel ısınmanın bir sonucu olarak artan sıcaklık ve CO2 miktarının genel olarak tarımsal ekosistemlerde kültür bitkilerine etkisinin çift yönlü olabileceği ve bazı kültür bitkilerini olumlu etkileyebileceği düşünülebilir [8]. Ancak tarım alanlarında kültür bitkileri ile sürekli olarak su, besin elementleri, ışık ve yer için rekabet halinde bulunan yabancı otlar sahip olduğu genetik çeşitlilik sayesinde çevrede meydana gelen değişikliklere çok daha kolay bir şekilde uyum sağlayabileceği düşünülmektedir [9]. Dolayısıyla iklim değişimi bir yandan biyolojik çeşitliliği etkilerken, diğer yandan ekstrem koşullara rahatlıkla adapte olan yabancı ot türlerinden kaynaklanan biyolojik istilaları da teşvik etmektedir [10, 9]. Diğer yandan iklim değişikliğinden sonra biyolojik çeşitliliği etkileyen en önemli faktörün yabancı türlerden kaynaklanan biyolojik istilaların [11, 12] olduğu göz önüne alındığında iklim değişikliğine bağlı olarak istilacı yabancı ot türlerinin daha büyük sorun olabileceği düşünülebilir [1].

Bu çalışma ile küresel iklim değişiminin en önemli göstergelerinden olan farklı sıcaklık ve CO2 oranlarının bazı yabancı otların tohumlarının çimlenme ve söz konusu şartların çalışılan yabancı ot türlerinde meydana getirdiği morfolojik farklılıkların ortaya konması amaçlanmıştır.

**2. Materyal ve Metot**

Değişik sıcaklık ve CO2 oranının Ülkemiz için önemli yabancı otlardan olan *Amaranthus retroflexus* L. (horoz ibiği), *Portulaca oleracea* L. (semizotu), *Physalis angulata* L. (fener otu) ve *Sorghum halepense* (L.) Pers. (geliç) yabancı otlarına olan etkisini belirlemek için saksı denemeleri, İnönü Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma Uygulama alanlarında bulunan her biri 25’er m2’lik 4 odalı CO2 takviyeli tam otomasyonlu serada 2016 yılında yürütülmüştür. Denemede kullanılan yabancı otlarla ilgili kısa bilgiler aşağıdadır.

***Amaranthus retroflexus* L. (horoz ibiği):** Tek yıllık, 10-60 cm boylanabilen bir bitkidir. Yapraklar 2-5 X 1-2 cm boyutlarında, uzamış ters biçimli ya da kaşıksı, tepede hafif çentikli uçlu, kırışık kenarlıdır. Çiçekler kısa yalancı başaklarda ve kaşıksı şekillidir, pulsu yaprakları kıl tepelidir. Meyve 1,5 mm çapında, biraz kırışık, ya da siğilli ve açınımlıdır. Üreme tohumladır. Çiçeklenme zamanı, Haziran-Ağustos aylarıdır. Bir bitki 1000-5000 adet tohum oluşturabilir ve bu tohumlar 10-40 yıl toprakta çimlenme canlılığını koruyabilir.

***Portulaca oleracea* L. (semizotu):** Sadece sıcak bölgelerde görülen, kumlu toprakların tipik bitkisi olup, bitki besince zengin topraklarda yaygın olarak görülmektedir. Sebze ekim alanlarında sık rastlanana bir yabancı ottur. Tek yıllıktır, en tipik özelliği yapraklarının etli, kaygan ve parlak olmasıdır. Sap yatık veya yarı yatık görünümlü, 15-30 cm boyunda, alt kısımdan dallanmış ve dallar bazen kırmızımsı olup, boyu 40 mm’ye kadar olabilir. Çiçekler çok küçük, sarı tek tek veya 2-3’lü bir aradadırlar. Tohumlar, yuvarlak, siyah, parlak 0,5-1 mm büyüklüğündedir.

***Physalis angulata* L. (fener otu):** Tek yıllık olup, 10- 80 cm arasında boylanabilmektedir. Yapraklar 3-10 X 3,5-8 cm boyutlarında, yumurtamsı, yumurtamsı-mızraksı, bazen dikdörtgensi gibi değişik formlarda, yaprak kenarları düzensiz dişli ya da düz ve tüysüzdür. Yaprak sapı 1-8 cm uzunluğundadır. Meyve 20-35 mm uzunlukta, şişkinleşmiş, 10 köşeli ve 10 damarlı olup olgunlaştığında çanak yaprakları kalıcıdır. Üremesi tohumladır. Çiçeklenme zamanı Haziran-Ekim aylarıdır.

***Sorghum halepense* (L.) Pers. (geliç):** Dünyanın önemli yabancı otlarından olup, kurak nemli, besin maddesince zengin toprakları sever. Sıcaklık ve ışık isteği fazladır. Bitki çok yıllık olup boyu 2 metreye kadar ulaşabilir, rhizom ve tohumla çoğalır. Tohumlarında dormansi vardır. Sap dik, tüysüz, boğumlar bazen çok kısa tüylüdür. Bol kardeş ve rhizomlardan yeni bitki oluşturur.

Denemelerde kullanılan yabancı ot tohumları Hatay ve Malatya’da tarım alanlarından sağlanmıştır. Yabancı ot tohumları denemeler kuruluncaya kadar kese kâğıtları içerisinde oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir. Daha sonra denemeler 4 farklı sıcaklık ve CO2 şartları altında 4 tekerrürlü olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuştur. 4 farklı odaya sahip CO2 destekli serada yapılan çalışmalara ait sıcaklık ve CO2 değerleri Tablo 2. 1’de verilmiştir.

**Tablo 2.1.** Sera çalışmalarında kullanılan CO2 miktarları (ppm) ve sıcaklık değerleri (0C)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Uygulamalar | Sıcaklık değerleri (0C) | | CO2 miktarı (ppm) |
| Gündüz (14 saat) | Gece (10 saat) |
| 1. uygulama | 26±1 | 16±1 | 400 ±50 |
| 2. uygulama | 29±1 | 19±1 | 600 ±50 |
| 3. uygulama | 32±1 | 22±1 | 800 ±50 |
| 4. uygulama | 35±1 | 25±1 | 1000 ±50 |

Çalışmalarda sıcaklık değerleri 14 saat gündüz, 10 saat gece olacak şekilde ayarlanmıştır. CO2 miktarları ise 24 saat boyunca Tablo 2.1’de verilen farklı dozlardaki CO2 seviyesinde bırakılmıştır. Seranın bulunduğu dış ortamdaki CO2 değeri 370-430 ppm arasında değiştiği için deneme konularından 400 ppm dozundaki CO2 miktarı kontrol olarak alınmıştır.

Her bitki için 10'ar adet tohum, her bir saksıya (74x24x20) eşit oranda konulan toprak/kum/torf/perlit karışımları içerisine ekilmiştir. Bitkilerin çıkış süreleri takip edilerek çimlenme verileri elde edilmiş ve sonunda da her saksıda 1'er adet bitki kalacak şekilde bırakılmıştır. Çalışmada tohumların çimlenmesi ve morfolojik özellikleri ile ilgili değerler alınmıştır.

*Değişik sıcaklık ve CO2 uygulamalarının bitkilerin çimlenmesine etkileri*: Her bir odada değişik sıcaklık ve CO2 oranlarında saksılarda çimlenen bitkiler günlük olarak kaydedilmiş ve çimlenme ile ilgili aşağıdaki hesaplamalar yapılmıştır (Akıncı ve Akıncı, 2010).

Maksimum Çimlenme Oranı: G-max= (G/T)\*100

T50: Çimlenen tohumların % 50'sinin çimlenmesi için geçen süre (Çimlenme Enerjisi)

T90: Çimlenen tohumların % 90'ının çimlenmesi için geçen süre (Çimlenme Enerjisi)

Yukarıdaki formüllerde, G: çimlenen tohum sayısı, T: denemede kullanılan toplam tohum sayısı, Gt: t inci günde çimlenen tohum sayısı,

(a) (b)

Resim 1. Denemelerin kurulduğu sera ve yeni çimlenmekte olana yabancı otlar (a) ve otomasyon sistemi ve CO2 tüpleri (b)

*Değişik sıcaklık ve CO2 uygulamalarının bitkilerin morfolojik özelliklerine olan etkileri*: Denemede çimlenen tohumlardan her saksıda 1'er adet bitki bırakılmış ve bitkiler çimlendikten 60 gün sonra bitkilerin bitki boyu, yaş ağırlık, kuru ağırlık, kök boyu, kök yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlıkları saptanmıştır.

Bitkilerin morfolojik sonuçları ile ilgili verilerin değerlendirilmesinde “SPSS 16.0 for Windows” istatistik paket programı kullanılmıştır. Çoklu karşılaştırma testlerinden ise Duncan testi kullanılarak gruplandırmalar yapılmıştır.

**3. Bulgular**

**3.1.** **Çalışılan Yabancı Otların Çimlenme Oran ve Günleri**

Yapılan çalışmalar sonucunda yabancı otların maksimum çimlenme oranları (G-max) ile çimlenme enerjisi açısından elde edilen sonuçlar Tablo 3.1.’de verilmiştir.

**Tablo 3.1.** Denemede çalışılan yabancı otların otların maksimum çimlenme oranları ile

çimlenme enerjisi (T50 ve T90) değerleri

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Uygulamalar** | **G-max (%)** | **T50 (Gün)** | **T90 (Gün)** |
| ***Physalis angulata*** | **1** | 12,00 | 7,00 | 7,50 |
|  | **2** | 3,50 | 8,00 | 8,50 |
|  | **3** | 8,00 | 6,75 | 7,25 |
|  | **4** | 13,50 | 5,25 | 7,75 |
| **Ortalama** |  | **9,25** |  |  |
| ***Sorghum halepense*** | **1** | 2,00 | 3,25 | 3,25 |
|  | **2** | 2,50 | 8,00 | 8,00 |
|  | **3** | 3,00 | 5,00 | 5,00 |
|  | **4** | 4,50 | 2,25 | 2,25 |
| **Ortalama** |  | **3** |  |  |
| ***Amaranthus retroflexus*** | **1** | 47,00 | 3,25 | 3,25 |
|  | **2** | 13,50 | 1,25 | 1,25 |
|  | **3** | 78,00 | 4,00 | 4,00 |
|  | **4** | 90,00 | 1,00 | 1,00 |
| **Ortalama** |  | **57,125** |  |  |
| ***Portulaca oleracea*** | **1** | 37,50 | 1,00 | 1,00 |
|  | **2** | 76,50 | 8,00 | 8,00 |
|  | **3** | 77,00 | 2,75 | 2,75 |
|  | **4** | 42,00 | 1,00 | 1,00 |
| **Ortalama** |  | **58,25** |  |  |

Yabancı otlar içerinde bütün uygulamaların ortalamasına bakıldığında en yüksek çimlenme oranlarına sahip yabancı otun semizotu olduğu tespit edilirken (% 58,25) bunu horozibiği (% 57,125) takip etmiştir. En düşük çimlenme oranı ise geliç yabancı otundan (% 3) elde edilmiştir. Uygulamalara göre yabancı otların çimlenme oranlarında ise uygulamalar arasında farklılıklar belirlenmiştir. Fener otu, geliç ve horoz ibiği otu tohumlarında en yüksek çimlenme 4. uygulamadan (35/25 0C ve 1000 ppm CO2) elde edilirken, semiz otu tohumlarında ise 3. uygulamadan (32/22 0C ve 800 ppm CO2) sağlanmıştır.

Tohumların yüzde % 50’sinin çimlenmesi için geçen sürelerde ise 4. uygulamada (35/25 0C ve 1000 ppm CO2) çimlenme sürelerinin çok daha kısa olduğu saptanmıştır. % 90 tohumların çimlenme oranında da genel olarak benzer durum elde edilmiştir.

**3.2. Denemede Kullanılan Yabancı Otların Farklı Sıcaklık ve CO2 Oranlarına Gösterdiği Morfolojik Tepkiler**

Yabancı otların bitki boyu, yaş ağırlık, kuru ağırlık, kök boyu, kök yaş ve kuru ağırlıkları sıcaklık ve CO2 artışı ile beraber bir yükseliş göstermiştir. Bu özellikklerinden dolayı yabancı otları ayrı ayrı olarak değerlendirmiştir.

***Physalis angulata* L. (Fener otu)**

Fener otunun morfolojisine değişik uygulamaların etkisine ait değerler Tablo 3.2.’de verilmiştir.

Tablo 3.2. Fener otunun bitki gelişim değerleri

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Uygulamalar | Bitki Boyu (cm) | Yaş Ağırlık (g) | Kuru Ağırlık (g) | Kök Boyu (cm) | Kök Yaş Ağırlığı (g) | Kök Kuru Ağırlığı (g) |
| 1 | 19,17 c | 3,37 c | 0,24 c | 5,88 b | 11,78 b | 1,25 c |
| 2 | 21,38 c | 5,64 c | 1,16 c | 16,62 a | 12,56 b | 2,05 c |
| 3 | 27,25 b | 9,28 b | 5,50 b | 20,50 a | 20,32 a | 3,64 b |
| 4 | 35,88 a | 14,73 a | 7,63 a | 20,69 a | 23,20 a | 8,05 a |

Denemede bitki boyu açısından 2. 3. ve 4 uygulamaları arasında istatistiki açıdan fark önemli bulunurken, 1. ve 2. uygulamalarda ise istatistiki fark önemli bulunmamıştır. En yüksek bitki boyu 35,88 cm ile 4. uygulamadan elde edilirken, en düşük bitki boyları ise sırasıyla 19,17 ve 21,38 cm ile 1. ve 2. uygulamalardan sağlanmıştır.

CO2 ve sıcaklık artışının yaş ağırlık ve kuru ağırlık üzerine etkisi de yine bitki boyundaki gibi önemli bulunmuştur. En yüksek yaş ve kuru ağırlık 4. uygulamada (14,73 g - 7,63 g), en düşük yaş ağırlık ve kuru ağırlık ise 1. uygulamadan (3,37 g-0,24 g) elde edilmiştir.

En düşük kök boyu 5,88 cm ile 1. uygulamadan elde edilirken, en yüksek bitki boyu 20,69 ile 4. uygulamadan sağlanmıştır. CO2 ve sıcaklık artışı bitkinin kök boyunu yaklaşık olarak 4 kat arttırmıştır. Kök yaş ve kuru ağırlıklarında da benzer sonuçlar elde edilmiştir.



Resim 2. Farklı sıcaklık ve CO2’de *Physalis angulata*’nın gelişimi (soldan sağa: 400 ppm CO2 + 26/16 0C; 600 ppm CO2 + 29/19 0C; 800 ppm CO2 + 32/22 0C; 1000 ppm CO2 +35/25 0C)

***-Sorghum halepense* (L.) Pers. (Geliç)**

Geliç’in morfolojisine değişik uygulamaların etkisine ait değerler Tablo 3.3.’de verilmiştir.

Tablo 3.3. Geliç’in bitki gelişim değerleri

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Uygulamalar | Bitki Boyu (cm) | Yaş Ağırlık (g) | Kuru Ağırlık (g) | Kök Boyu (g) | Kök Yaş Ağırlığı (g) | Kök Kuru Ağırlığı (g) |
| 1 | 61,00 b | 14,74 d | 6,18 d | 25,25 b | 6,18 d | 0,50 c |
| 2 | 98,62 a | 38,97 c | 9,12 c | 44,25 a | 15,31 c | 3,38 b |
| 3 | 101,75 a | 47,20 b | 15,50 b | 49,25 a | 27,82 b | 4,91 a |
| 4 | 115,25 a | 53,82 a | 18,93 a | 55,00 a | 35,78 a | 5,35 a |

Geliç’in en düşük bitki boyu 61,00 cm ile 1. uygulamadan elde edilirken, diğer uygulamalar arasındaki fark önemli bulunmamıştır. CO2 ve sıcaklık artışına bağlı olarak bitki boyunda artış gözlenmiştir. En yüksek bitki boyu 115,25 cm ile 4. uygulamada saptanırken, bunu 101,75 cm ile 3. ve 98,62 cm ile de 2. uygulama takip etmiştir. Benzer durumlar bitki yaş, kuru ağırlığı ile kök boy, yaş ve kuru ağırlıklarında da tespit edilmiştir. Bitki yaş ağırlığı ve kuru ağırlığı bakımından istatistiksel olarak fark önemli bulunmuş. En düşük yaş ve kuru ağırlık (14,74 g - 6,18 g) 1. uygulamadan alınırken, en yüksek yaş ve kuru ağırlık (53,82 g - 18,93 g) ise 4. uygulamadan elde edilmiştir. CO2 miktarı ve sıcaklık artışı bitki gelişimi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olmuş ve yaş ağırlığın yaklaşık 4 kat artmasına sebep olmuştur.

Bitki kökünde ise en düşük kök boyu 25,25 cm ile 1. uygulamadan alınırken, diğer uygulamalar arasındaki fark istatisitiki olarak önemli olmamıştır. CO2 ve sıcaklık artıkça kök uzunluğunu da artmıştır. CO2 ve sıcaklık artışı kök yaş ağırlık değerleri üzerine etkisi önemli bulunmuştur. En yüksek kök yaş ağırlığı 35,78 g ile 4. uygulamadan sağlanmıştır. Benzer durum kök yaş ağırlıklarında da görülmüştür.



Resim 3. Farklı sıcaklık ve CO2’de *Sorghum halepense*’nin gelişimi (soldan sağa: 400 ppm CO2 + 26/16 0C; 600 ppm CO2 + 29/19 0C; 800 ppm CO2 + 32/22 0C; 1000 ppm CO2 +35/25 0C)

***-Amaranthus retroflexus* L. (Horoz ibiği)**

Horoz ibiği yabancı otunun morfolojisine değişik uygulamaların etkisine ait değerler Tablo 3.4.’de verilmiştir.

Tablo 3. 4. Horoz ibiği’nin bitki gelişim değerleri

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Uygulamalar | Bitki Boyu  (cm) | Yaş Ağırlık  (g) | Kuru Ağırlık  (g) | Kök Boyu  (cm) | Kök Yaş Ağırlığı (g) | Kök Kuru Ağırlığı (g) |
| 1 | 30,81 c | 4,96 c | 1,07 c | 18,12 b | 5,28 d | 0,26 c |
| 2 | 37,75 bc | 7,59 b | 1,86 c | 26,88 a | 6,40 c | 0,98 b |
| 3 | 43,62 b | 9,87 b | 4,80 b | 31,38 a | 7,82 b | 1,65 a |
| 4 | 57,62 a | 21,63 a | 8,47 a | 29,88 a | 10,08 a | 1,97 a |

Horoz ibiğinde de sıcaklık ve CO2 artışı bitki boyunu etkilemiştir. En yüksek bitki boyu 57,62 cm ile 4. uygulamadan alınırken, en düşük bitki boyu 30,81 cm ile 1. uygulamadan sağlanmıştır. Yaş ağırlık bakımından en yüksek değer 21,63 g ile 4. uygulamadan alınmıştır. CO2 artışı ve sıcaklık artışının bitkinin vejetatif aksamının gelişmesine ve yaş ağırlığının artmasına sebep olmuştur. En düşük yaş ağırlık ise 400 ppm/ 26-16 0C uygulamasından alınmıştır. CO2 ve sıcaklık artışı yabancı otun gelimimin artırmıştır. Kuru ağırlık değerlerinde de benzer durumlar saptanmıştır.

Horoz ibiğinin kök uzunluğuna etkilerine bakıldığında en düşük değer 18,12 cm ile 1. uygulamadan elde edilmiş ve diğer uygulamalarda ise bu değer artmış ve 2., 3. ve 4. uygulamalarda ölçülen kök uzunluğu aynı grupta yer almıştır. En yüksek kök uzunluğu 31,38 cm ile 3. uygulamadan elde edilmiştir. Kök uzunluğu 26,88 cm ile 31,38 cm arasında değişmektedir. Yaş kök ağırlığında uygulamalar arasında fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Yine diğer özelliklere benzer şekilde en düşük yaş kök ağırlığı 5,28 g ile 1. uygulamadan alınırken en yüksek yaş kök ağırlığı 10,28 g ile 4. uygulamadan elde edilmiştir. Kök kuru ağırlığında 1., 2. ve 3. uygulamalar arasında istatistiksel olarak fark belirlenmiş, 3 ve 4. uygulamalar ayını grup içerisinde yer almıştır. En düşük kök kuru ağırlığı 0,26 g ile 1. uygulamadan alınırken, en yüksek kök ağırlığı en fazla 4. uygulamadan alınmıştır.



Resim 4. Farklı sıcaklık ve CO2’de *Amaranthus retroflexus*’un gelişimi (soldan sağa: 400 ppm CO2 + 26/16 0C; 600 ppm CO2 + 29/19 0C; 800 ppm CO2 + 32/22 0C; 1000 ppm CO2 +35/25 0C)

***Portulaca oleracea* L. (Semizotu)**

Semizotunun morfolojisine değişik uygulamaların etkisine ait değerler Tablo 3.5’de verilmiştir.

Tablo 3.5. Semizotu’nun bitki gelişim değerleri

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Uygulamalar | Bitki Boyu (cm) | Yaş Ağırlık (g) | Kuru Ağırlık (g) | Kök Boyu (cm) | Kök Yaş Ağırlığı (g) | Kök Kuru Ağırlığı (g) |
| 1 | 23,69 | 23,69 b | 1,36 c | 10,25 b | 6,22 c | 0,52 c |
| 2 | 24,38 | 24,38 b | 2,92 c | 11,80 b | 7,97 b | 0,74 c |
| 3 | 24,00 | 24,00 b | 6,55 b | 10,92 b | 10,22 a | 1,65 b |
| 4 | 25,75 | 25,75 a | 10,52 a | 14,75 a | 9,80 a | 2,48 a |

Semizotu’nda CO2 ve sıcaklık artışının bitki boyu üzerine herhangi bir etkisine bakıldığında elde edilen değerler farklı olmasına rağmen aralarında istatisitiki olark fark bulunmamaştır. Semizotu’nda bitki boyu 23,69 cm ile 25,75 cm arasında değişmiştir. Bitki en yüksek yaş ağırlığı ise 25.75 g ile 4. uygulamadan alınmış ve diğer uygulamalar arasında fark önemli bulunmamıştır. Kuru ağırlık bakımından uygulamalar arasında fark önemli bulunmuşken, 1. ve 2. uygulamalar aynı grup içerisinde yer almaktadır. En düşük kuru ağırlık 1. uygulamadan alınırken en yüksek kuru ağırlık 10,52 gr ile 4. uygulamadan sağlanmıştır. CO2 ve sıcaklık artıkça bitkinin kuru ağırlık miktarının yaklaşık 9 kat kadar arttığı saptanmıştır.

Kök uzunluğu 1. 2. ve 3. uygulamalarda fark istatistiki açıdan önemli bulunmmamışken, en yüksek kök uzunluğu 14,75 cm ile 4. uygulamada bulunmuştur. Kök yaş ağırlığı en yüksek (10,22) 3. uygulamadan elde edilmiş ve bunu 9,80 gr ile 4. uygulama takip etmiştir. En düşük kök kuru ağırlığı 1. uygulamadan elde edilmiştir. Kök kuru ağırlığı ise en yüksek 4. uygulamadan hesaplanmıştır.



Resim 5. Farklı sıcaklık ve CO2’de *Portulaca oleracea*’nın gelişimi (soldan sağa: 400 ppm CO2 + 26/16 0C; 600 ppm CO2 + 29/19 0C; 800 ppm CO2 + 32/22 0C; 1000 ppm CO2 +35/25 0C)

**4. Tartışma ve Sonuç**

Dünyada mevcut sera etkisinin yaklaşık % 50-60’ı CO2’ten kaynaklanmakta olup bunun sebebinin genellikle insan kaynaklı olduğu, bunun da küresel ısınmada çok önemli olduğu bilinmektedir. Endüstriyel gelişimin başlangıcında atmosferde 200-300 ppm yoğunlukta olan CO2 yoğunluğunun günümüzde 380 ppm’e ulaştığı bilinmektedir. Artış hızının yıllık % 0.5’e ulaştığı, tedbir alınıp uygulanmaması durumunda da atmosferik CO2 değerinin 21. yüzyıl sonunda 500 ppm’e ulaşması beklenmektedir [13, 14]. Atmosferik CO2 artışı iklim değişikliği üzerinde önemli rol oynamaktadır. İklim değişikliğine bağlı olarak dünyada; su kaynakları, ormanlar ve biyo-çeşitlilik azalmakta, yoksulluk, çölleşme, su savaşları, hava kirliliği, çevre ve sağlık sorunları artmaktadır. Tüm bunların sonucunda da sosyal ve ekonomik sorunlar ortaya çıkarak çok ciddi toplumsal hareketlenmeler beklenmektedir [15]. Küresel iklim değişikliği bahsedilen sorunlara yol açması sonucunda ekonomik ve sosyal çalkantılara yol açarken bunun asıl sebebinin ve korkulan sonucunun tam olarak dile getirilmese bile öngörüler dünyayı bekleyen açlıktır. Bunun sebebi de kuşkusuz tarım sektörünün bu olaylardan olağanüstü derecede etkilenmesidir. Bu bağlamda gelecekte beklenen sonun geciktirilmesi, önlenmesi, yönetilmesi veya tamamen ortadan kaldırılması insanoğlunun elindedir. Bunun için farklı iklim modellerinin geliştirilmesi ve bu iklim modellerinin önemli parametrelerinden olan CO2 faktörünün etkilerinin belirlenmesi gerekmektedir. 19. Yüzyıl sonunda dünya ikliminin doğal yollarla veya insan tarafından değiştirilebileceği öngörülmesine rağmen bilim dünyası bunu önemsememiştir. Ancak 1960’larda ABD iklimin değişmekte olduğuna dair önemli bulgular elde etmiş ve bunu diğer ülkelerle paylaşmıştır. Bu paylaşımlarda iklim değişikliğinin sadece doğal bir süreç olmadığını, yeşil alanların azalması, fosil yakıt kullanımının artması gibi insan faaliyetlerinin başta CO2 olmak üzere metan, ozon, kloroflorokarbon (CFC) benzeri sera gazı salınımının çok önemli rol oynadığı anlaşılmıştır [16, 17]. İklim bilimciler, iklim değişikliğinin çevreye ve canlılara yapacağı yıkıcı etkilerin özellikle 21. Yüzyılın ikinci yarısında görüleceği üzerinde durmaktadırlar ve son çıkışa yaklaşıldığını hatta bazı bilim adamları ise bunun neredeyse geçildiğine dikkat çekmektedirler [18].

Çalışmalarda CO2 artışına bağlı olarak verimin artmasının normal olduğu ancak sıcaklıktaki artışa bağlı olarak bitkilerde su kullanımının arttığı, topraktaki besin maddelerinin kullanılabilirlik-yararlılık düzeylerinin düştüğü, bitkilerin topraktan besin maddesi alım düzeninin bozulduğu, sekonder metobolit üretiminin arttığı, suyun toprağa sıkı bağlandığını dolayısıyla bitkinin hem suyu hem de besin maddesi alınımı için daha fazla enerji harcamasının gerekti, bitkilerde boğum aralarının kısalması, yaprak küçülmesi ve aşırı tüylenme vb morfolojik değişimlerin olduğunu dolayısıyla verimin % 70-80 oranında düştüğü bildirilmektedir. Sonuç olarak CO2 artışı atmosferik sıcaklık artışına, sıcaklık artışı da verimin azaltmasına yol açmaktadır. Yani CO2 artışına paralel olarak bitkilerde bazı pozitif gelişmeler olsa bile çevresel sıcaklık artışının bitkileri ve tarımı olumsuz etkilemesi beklenmektedir.

Yaptığımız çalışma sonucunda, yabancı otların sıcaklık ve CO2 artışına paralel olarak, morfolojik yapısının da arttığı ortaya çıkmaktadır. Bunun sonucunda ise eğer küresel ısınma ve CO2 artışı yükselmeye devam ederse, ileriki yıllarda yabancı otları kontrol altına almak için daha fazla herbisit kullanımının kaçınılmaz olduğunu ve diğer mücadele şekilleri için ise daha fazla çaba sarf edeceğimizi söyleyebiliriz. Ayrıca artan sıcaklık ve CO2 yabancı otları çok hızlı geliştireceğinden kültür bitkilerinde ki verim kayıpları daha da yükselecektir. Bu yüzden ileriki yıllarda yabancı ot sorunları ile karşılaşmamak için sera etkisi yapan ve küresel ısınmaya sebep olan uygulamalardan sakınmak gerektedir.

**Teşekkür**

Bu çalışma İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince Desteklenmiştir. Proje Numarası: FCD-2017-930.

**Kaynakça**

1. Jabran, K., Doğan M.N. Eren, Ö. 2015. Effect of ambient and simulated CO2 on the growth of invasive weed *Potentilla recta* L. Agriculture and Forestry.
2. Arrhenius, S. (1896). On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground. *Philos. Mag*., *41*, 237–276.
3. Crutzen P.J. ve Stoermer E.F. 2002. The Anthropocene. IGBP Newsletter 41:17–18
4. IPCC, 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. A contribution of working groups I, II and III to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
5. Dixon G.R. 2012. Climate change – impact on crop growth and food production, and plant pathogens, Can J Plant Pathol, 34(3), 362-379.
6. Steig, G., Schneider D.P., Rutherford S.D., Mann M.E., Comiso J.C., Shindell D.T. 2009. Warming of the Antarctic ice-sheet surface since the 1957 International Geophysical Year. *Nature*, *457* (7228), 459–462.
7. Jaggard K.W., Qı A., Ober E.S. 2010. Possible changes to arable crop yields by 2050. Phiols Trans R Soc Biol Sci., 365, 2835–2851.
8. Ziska L.H., Bunce J.A. 1997. Influence of increasing carbon dioxide concentration on the photosynthetic and growth stimulation of selected C4 crops and weeds. Photosynth Res., 54, 199–208
9. Önen H. ve Özcan S. 2010. İklim değişikliğine bağlı olarak yabancı ot mücadelesi. Ed. SAYILI M. 2010. İklim Değişikliğinin Tarıma Etkileri ve Alınabilecek Önlemler. T.C. Kayseri Valiliği İl Tarım Müdürlüğü Yayın No:2, S:336-357, Fidan Ofset, Kayseri
10. Hobbs R.J. ve Mooney H.A. 2005. Invasive species in a changing world: the interactions between global change and invasives. In Invasive alien species. A new synthesis (eds Mooney H.J., Mack R.N., Mcneely J.A., Nevılle L.E., Scheı P.J., Waage J.K.) Washington, DC: Island Press.pp. 310–331.
11. Ward N.L., Masters G.J. 2007. Linking climate change and species invasion: an illustration using insect herbivores. Global Change Biol., 13, 1605–1615.
12. Uludag A., Yazlık A., Jabran K., Türkseven S., Starfinger U. 2014. NEOBIOTA—8th Proceedings of International Conference on Biological Invasions—from understanding to action. 03-08 November 2014. Antalya-Turkey.
13. IPCC**.,** 1996. Climate Change 1995, The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Houghton J, T., et al., eds., WMO/UNEP. Cambridge University Press, New York.
14. Aksay, C., S., Ketenoğlu, O., Kurt, L.,2005. Küresel ısınma ve iklim değişikliği, *Selcuk Üniversitesi Fen Edebiyat Fak. Fen Dergisi*, 25, 29-41 s., Konya.
15. Swart, R., Robinson, J., Cohen, S.,2003. Climate change and sustainable development: expanding the options. *Climate Policy*, Volume 3
16. Kadıoğlu, M., 2001, “Bildiğimiz Havaların Sonu. Küresel İklim Değişimi ve Türkiye”, Güncel Yayıncılık Ltd. Şti. No: 110, İstanbul, 271 s
17. TİKDEK, 2007, Türkiye İklim Değişikliği Kongresi “Bildiri Kitabı” , İTÜ, İstanbul, 11 s.
18. AÇA, 2004, “Avrupa’nın Değişen İklimin Etkileri” Avrupa Çevre Ajansı, Avrupa Toplulukları Resmi Yayınlar Dairesi, Kopenhag, Danimarka, 109 s.

Erciyes Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

Cilt 34, Sayı 3, 2018

Erciyes University

Journal of Institue Of Science and Technology

Volume 34, Issue 3, 2018

|  |  |
| --- | --- |
|  | |
| **Tedarik Zincirinde Yatay Paylaşım Yaklaşımının Çok Amaçlı Modellenmesi**  **Betül Ayman\*1, İbrahim Doğan2,**  \***1,2** Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği, KAYSERİ  (Alınış / Received: 15.10.2018, Kabul / Accepted: 22.11.2018, Online Yayınlanma / Published Online: 31.12.2018) | |
|  | |
|  |  |
| **Anahtar Kelimeler**  Tedarik Zinciri,  Yatay Paylaşım,  Çok Amaçlı Optimizasyon | **Öz:** Tedarik zincirinin aynı aşamasındaki elemanları arasında ürün değişimine izin verilen yatay paylaşım yaklaşımlarının esnek mekanizması, yüksek hizmet seviyelerini düşük stok seviyeleri ile sağlamaya olanak tanımaktadır. Bu çalışmada tedarik zinciri stok yönetiminde yatay paylaşım politikası maliyet ve müşteri hizmet düzeyi gibi birbiriyle çelişen farklı amaçlar üzerindeki etkisini incelemek için çok amaçlı olarak modellenmiştir. Literatürde önerilen bir yatay paylaşım politikası esas alınarak bir tedarikçi ve birden fazla bayi içeren bir tedarik zinciri modelinde maliyet ve müşteri hizmet düzeyi amaçları farklı maliyet parametreleriyle çözümlenmiş ve bu amaçların değişimleri incelenmiştir. Periyodik gözden geçirilen sisteme sahip bayiler arasında ne zaman ve hangi miktarlarda paylaşım yapılması gerektiğine ve en iyi baz stok değerlerine eş zamanlı olarak karar vermek üzere çok amaçlı genetik algoritma kullanılarak pareto optimum çözümler bulunarak analiz edilmiştir. |
|  |  |
|  |  |
| **Multi-Objective Modeling of Lateral Transshipment in Supply Chain** | |
|  | |
|  | |
| **Keywords**  Supply Chain,  Lateral Transshipment,  Multi-Objective Optimization | **Abstract:** The flexible mechanism of lateral transshipment approaches provide high service levels with low inventory levels by sharing stock among the inventory points at the same stage of supply chain. In this study, lateral transshipment in supply chain inventory management has been modeled as multi-objective problem to examine the effect on different conflicting goals such as cost and customer service level. These objectives were analyzed with different cost parameters in a supply chain model containing a supplier and n retailers by performing a lateral transshipment policy proposed in the literatüre by modifying it. Pareto optimum solutions were analyzed by using multi-objective genetic algorithm to decide when and how much quantity should be shared and the best base stock values simultaneously. |
|  |  |

**1. Giriş**

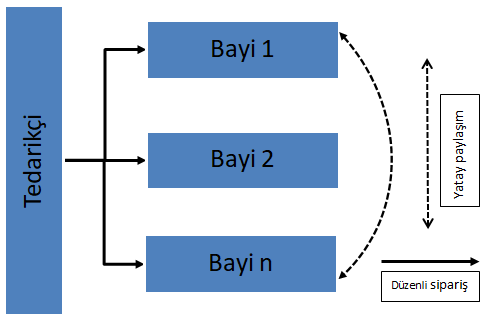
Firmalar geleneksel olarak müşteri ihtiyaçlarına hızlı cevap verebilme veya maliyet odaklı olma gibi farklı stratejilere göre tedarik zinciri yapılarını düzenlemekte ve stok politikalarına karar vermektedir [[1](#_ENREF_1)]. Günümüz dünyasında firmalar rekabetlerini sürdürebilmesi, tüketicilerin ürünlerde çeşitlilik, kalite ve maliyete yönelik beklentilerini karşılamak için tedarik zincirinde farklı stok politikaları ve uygulamaları geliştirilerek hem müşteri ihtiyaçlarına karşılık verebilirlikte hem de maliyette iyileştirme amaçlamaktadır [[2](#_ENREF_2)]. Bu çalışmamızda tedarik zinciri elemanlarının sipariş karşılamak için ürün temin etmesinde alternatif bir yaklaşım olan yatay paylaşım yapısı göz önüne alınarak birbirleriyle çelişen müşteri hizmet düzeyi ve maliyet amaçları birlikte modellenerek incelenmiştir.

Değişen müşteri isteklerine dalgalanan taleplere cevap verebilmek tedarik zincirindeki her bir firmayı yüksek seviyede envanter tutmaya zorlamakta bu da verimlilik kaybına sebep olmaktadır. Firmalar için alternatif olarak düşünebilecek kapasite artırımı, müşteri taleplerini karşılamak için uzun vadede fayda sağlayacak bir yatırım kararıdır [[3](#_ENREF_3)]. Ancak sadece belli dönemlerde artış gösteren talepler için bu yatırımın yapılması atıl kapasite oluşturacağından ekonomik bir karar olmayacaktır. Bu çalışmada göz önüne alınan yatay paylaşımda tedarik zincirinde aynı seviyedeki elemanlarının birbirleri arasında ürün paylaşımına izin verilmektedir. Literatürdeki çalışmalar bu yöntemin envanter yönetiminde esnek ve güçlü bir mekanizma olduğunu göstermiştir [[4](#_ENREF_4)].

Bu çalışmamızda bir tedarikçi ve yatay paylaşımın izin verildiği çoklu perakendeciden oluşan tedarik zinciri yapısı göz önüne alınmıştır. Elde bulundurma, yok satma, sipariş ve yatay paylaşımdan kaynaklanan maliyetlerin toplamı ile müşteri hizmet düzeyi beraberce incelenmek üzere çok amaçlı olarak modellenmiştir. Çok amaçlı problemlerin çözümüne yönelik geliştirilen evrimsel çok amaçlı metasezgiseller, pareto-optimal çözümlere kısa zamanda iyi yaklaşım sağlayan çözümler üretir. Yatay paylaşım politikası için hedeflenen düşük maliyet ile yüksek hizmet seviyesi sağlayacak çözümler çok amaçlı genetik algoritma ile elde edilmiştir. Çok amaçlı modelin çözümü ile elde edilecek pareto optimum sonuçlarla firmalara tercih yapabilecekleri farklı müşteri hizmet düzeyi ve bu hizmet düzeylerinde oluşacak maliyetlerin analizi gerçekleştirilebilecektir. Ayrıca farklı müşteri hizmet düzeylerinin maliyet üzerinde duyarlılıkları incelenecektir.

**2. Yatay Paylaşım Literatürüne Bakış**

Yatay paylaşım, tedarik zincirinde aynı aşamada bulunan zincir elemanlarının stok kıtlığı durumuna karşı birbirleri arasındaki ürün paylaşımıdır. Bu yaklaşım, özellikle tedarikçiden ürün teminine göre daha hızlı ve ucuz olduğunda belirsiz talepleri karşılamada ikincil bir tedarik kaynağıdır [[5](#_ENREF_5)]. Bir tedarikçi ve birden fazla satış noktası olan iki aşamalı bir zincirde yatay paylaşım Şekil 1’de gösterilmiştir.



**Şekil 1.** İki aşamalı tedarik zincirinde yatay paylaşım

Yatay paylaşım yaklaşımı, literatürde çoğunlukla bitmiş ürün ve yedek parça [[6](#_ENREF_6)] ürünler için mevcutken, onarılabilir ürün [[7](#_ENREF_7)] ve bozulabilir ürün [[8](#_ENREF_8)] tedarik zincirleri için de çalışmalar mevcuttur. Ayrıca son yıllarda hastanelerde ilaç envanter yönetiminde [[9](#_ENREF_9)], kütüphane [[10](#_ENREF_10)], afet yardım sistemleri [[11](#_ENREF_11)], [[12](#_ENREF_12)], [[13](#_ENREF_13)] gibi hizmet sektörlerinde de yapılan çalışmalar bulunmaktadır.

Envanter yönetiminde yatay paylaşım konusu literatürde farklı tedarik zinciri modelleri için ele alınmıştır. Bu konuda kapsamlı bir literatür inceleme çalışması [[4](#_ENREF_4)] tarafından yapılmıştır. Yapılan çalışmalar Tablo 1’de verilen karakteristiklere göre sınıflandırılmaktadır.

**Tablo 1.** Yatay paylaşım modellerinin sınıflandırılması

|  |  |
| --- | --- |
| **Yatay paylaşımın tipi** | Proaktif |
| Reaktif |
| Proaktif ve reaktif kombinasyonu |
| **Stok yenilemenin zamanı** | Sürekli gözden geçirme |
| Periyodik gözden geçirme |
| **Stok yenileme politikası** | (s, Q) ve (s, S) politikaları (sürekli gözden geçirme politikaları) |
| (R, S) ve (R, s, S) politikaları (periyodik gözden geçirme politikaları) |
| **Stok paylaşımı** | Kısmi |
| Tam |
| **Karşılanamayan talep** | Ertelenebilir |
| Kayıp satış |
| **Üyeler özdeş mi?** | Özdeş olabilir |
| Özdeş olmayabilir |
| **Temin süresi** | Stok yenileme ve yatay paylaşım için tedarik süreleri ihmal edilebilir |
| Edilmeyebilir |

Yatay paylaşım için genel bir sınıflandırma paylaşım tipine göre yapılmaktadır. Reaktif ve proaktif olarak isimlendirilen bu yaklaşımların ilkinde stoksuzluk yaşanan herhangi bir anda yani talep gözlendikten sonra paylaşım gerçekleştirilirken, ikinci yaklaşım, önceden belirlenmiş bir zamanda talep gözlemlenmeden önce stokların stok noktaları arasında paylaşılması fikrine dayanır.

Banerjee ve arkadaşları [[14](#_ENREF_14)] biri proaktif diğeri reaktif olmak üzere iki politika önermişlerdir. Bu politikalar kullanılabilir stok durumuna göre yatay paylaşım (TBA-transhipment policy based on availability) ve stok dengeleme için yatay paylaşım (TIE-transshipment policy based on inventory equalization) politikalarıdır. TBA politikasında yatay paylaşım için belirlenen stok seviyesinin altına düşen bayilere, beklenen stok seviyesinden fazla stoğu olan bayiler tarafından gönderim yapılır. Sadece stok yenileme döneminde değil, stoksuzluk yaşanan her hangi bir zamanda yatay paylaşım gerçekleştirilir. TIE politikasında bir stok yenileme periyodunda yatay paylaşım ihtiyacı doğduğunda tüm bayiler eşit stoğa sahip olacak şekilde yatay paylaşım yapılır. TBA’dan farklı olarak her bir stok yenileme döneminde birden fazla yatay paylaşım yapılmaz. Banerjee ve arkadaşları bu çalışmalarında tek tedarikçi ve çoklu bayi içeren sistemde belirlenen bazı kriterlere göre bu iki politikanın etkilerini incelemektedir. İstatistiksel yönden TBA politikasının TIE politikasına göre daha etkili olduğu görülmüştür. Burton ve Banerjee [[15](#_ENREF_15)]’deki çalışmalarında bu politikaların maliyet açısından analiz etmişlerdir. Lee ve arkadaşları [[16](#_ENREF_16)] bu iki politikayı entegre eden hizmet düzeyi düzenleme isimli (SLA-Service Level Adjustment) yeni bir yatay paylaşım politikası önermiştir. Bu politika yatay paylaşım miktarlarına karar vermek için hizmet düzeyini de dikkate almaktadır. Simülasyon çalışması sonucunda önerilen politikanın diğer iki politikaya göre daha etkin olduğu görülmüştür.

En iyi stok yenileme ve yatay paylaşım politikasının belirlenmesinde analitik yaklaşımlar etkin bir yöntem olmamaktadır. Çok bayili, çok periyotlu tedarik zincirlerinde en iyi yatay paylaşım politikasına karar vermek karmaşık bir problem olmaktadır. Bu durumda sezgisel yöntemler kullanılmaktadır. Lau [[17](#_ENREF_17)] tedarikçi seçimi, yatay paylaşım politikası ve araç rotalama kararlarının birlikte yapıldığı entegre bir karar modeli oluşturmuşlardır. Bulanık mantık içeren genetik algoritma geliştirmişlerdir. Algoritma diğer arama yöntemlerine göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Tiacci ve Saetta [[18](#_ENREF_18)] reaktif yatay paylaşımın uygun olmadığı durumlar için ne zaman ve ne kadar paylaşım yapılacağının kararını verecek sezgisel bir yöntem önermiştir. Zumbul Atan [[19](#_ENREF_19)] iki müşteri sınıfı içeren çoklu bayi sisteminde kritik seviye planlaması ve yatay paylaşımı birlikte uygulanmasını ele almışlar ve iteratif sezgisel bir algoritma önermişlerdir. Alvarez ve arkadaşları [[20](#_ENREF_20)] bir merkezi depo, çoklu bayi ve iki müşteri sınıfı içeren bir sistemde tek ürün durumunda sadece öncelikli müşterilerin seçmeli yatay paylaşımı kullanabildiği model için sezgisel bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Glazebrook ve arkadaşları [[21](#_ENREF_21)] periyodik gözden geçirilen bir sistemde reaktif yatay paylaşım politikalarından farklı olarak ölçek ekonomisini dikkate alan hibrit politika önermişlerdir. Hibrit politikanın nasıl olacağını belirlemek için yarı-miyop sezgisel yaklaşım önermişlerdir.

Yatay paylaşımla ilgili birçok çalışma bulunmasına rağmen sipariş politikası ve yatay paylaşım politikasının birlikte analiz edildiği az miktarda çalışma bulunmaktadır. Hachicha [[22](#_ENREF_22)] bir tedarikçi ve iki bayiden oluşan ve (R,s,S) periyodik gözden geçirilen bir sistemde simülasyon yöntemiyle s ve S’in en iyi değerleri bulunmuştur. Daha sonra en iyi yatay paylaşım politikasını belirlemek için simülasyon deneyleri yapılmıştır. Li ve arkadaşları [[23](#_ENREF_23)] Optimum sipariş ve paylaşım miktarlarına karar vermek için oyun teorisi yaklaşımı önermişlerdir. Elde bulundurmama maliyetinin elde bulundurma maliyetinden daha fazla olduğu bir ortamda gelir paylaşımı kontratı analiz edilmiştir. Mehrizi ve arkadaşları [[24](#_ENREF_24)] Optimum ortak sipariş politikası ve yatay paylaşım politikasına karar vermek için stokastik kontrol modeli oluşturmuşlardır.

**3. Materyal ve Metot**

Bir tedarikçi ve birden fazla bayi içeren periyodik gözden geçirme modeline sahip iki aşamalı bir tedarik zinciri ele alınmıştır. Envanter yönetiminde iki önemli amaç olan yüksek hizmet düzeyi ve düşük maliyeti ödünleştirmek üzere problem çok amaçlı olarak modellenmiştir.

Yatay paylaşım politikası olarak literatürde [[16](#_ENREF_16)] tarafından önerilen SLA politikasının mantığını kullanan simülasyon temelli bir yaklaşım geliştirilmiştir. SLA politikasının adımları Şekil 2’de verilmiştir. Bu yaklaşımda Lee ve arkadaşları [[16](#_ENREF_16)] çalışmasından farklı olarak SLA politikasında sabit alınan hizmet düzeyi parametrelerinin genetik algoritma ile en iyi değerleri bulunmaya çalışılmıştır.

|  |
| --- |
| **Adım 0.** Her bir bayi talepleri gözler ve envanter seviyesi ve yok satma miktarlarını güncelle.  **Adım 1.** Envanter seviyesi α hizmet seviyesinin üstünde olan bayileri stok fazlası olan bayi, γ hizmet seviyesinin altında olan bayileri stok kıtlığı olan bayi olarak belirle.  Stok fazlası ve stok kıtlığı olan bayiler varsa Adım 2’ye git. Yoksa Adım 0’a git.  **Adım 2.** Bayilerin β hedef hizmet düzeyi seviyesine ulaşması için gerekli yatay paylaşım miktarını hesapla  **Adım 3.** Eğer stok fazlası miktar ihtiyaç duyulan miktardan az ize stok fazlası miktarı ihtiyaca göre oransal olarak paylaştır.  **Adım 4.** Stok fazlası miktarı en fazla olan bayi en çok ihtiyaç duyan bayi ile stok paylaşımı yapar.   * Stok fazlası miktar ve ihtiyaç miktarını güncelle. * Bayilerin envanter seviyesi ve yok satma miktarını güncelle.   **Adım 5.** Eğer stoğa ihtiyacı olan bayi kalmadıysa Adım 6’ya git. Diğer durumda Adım 4’e git  **Adım 6.** Düzenli sipariş için zaman gelmişse tedarikçiye sipariş ver. Sonra Adım 0’a git.  **Adım 7.** Verilen siparişi kabul etme zamanı gelmişse, kabul et ve envanter seviyesini güncelle. Sonra Adım 0’a git. |

**Şekil 2.** SLA politikasının adımları

Ele alınan tedarik zinciri modeli, Lee ve arkadaşlarının [[16](#_ENREF_16)] çalışmasındaki model ile benzerdir:

* Bir tedarikçi ve üç bayiden oluşmaktadır.
* Düzenli sipariş için temin süresi temin süreleri (L) sabit kabul edilmiştir ve 2 gündür.
* Bayiler tarafından karşılanamayan talepler ertelenecektir.
* Envanteri gözden geçirme periyodu (R) 20 gündür.
* Talep dağılımı normal dağılıma sahiptir.
* Stok yenileme politikası baz stok politikasıdır.
* Baz stok seviyesi aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmaktadır.

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( 1) |

(zϴ: baz stok seviyesini belirleyecek olan ϴ parametresinin normal dağılım eğrisindeki z değeri)

* Başlangıç envanteri bayilerin baz stok seviyesine eşitlenmiştir.

SLA politikasının parametreleri olan α, β, γ ve baz stok seviyesini belirleyecek ϴ parametresinin en iyi değerleri için MATLAB ortamında çok amaçlı genetik algoritma fonksiyonu kullanılarak pareto-optimal çözümler aranmıştır. MATLAB global optimizasyon modülündeki çok amaçlı genetik algoritma fonksiyonu, NSGA-II’nin (nondominated sorting genetic algorithm) bir versiyonu olan kontrollü elitist genetik algoritmayı kullanmaktadır. Kontrollü elitist genetik algoritma, düşük uygunluk değeri verse bile çeşitliliği artırmaya yardım edecek bireyleri seçer. Deb ve diğerlerinin [25] çalışmasında literatürden alınmış test problemleri ile çok amaçlı evrimsel algoritmalar karşılaştırılmış ve NSGA II ile daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. MATLAB ortamındaki NSGA II algoritmasının adımları Şekil 3’te verilmiştir.

**Adım 0:** Rastgele popülasyon (P0) üretilir. Popülasyon domine edilememe durumlarına göre sıralanır. Çocuk popülasyonu (Q0) üretmek için ikili turnuva, mutasyon ve çaprazlama operatörleri kullanılır.

**Adım 1:** Yeni popülasyonu (Rt) üretmek için Pt ve Qt birleştirilir. Rt domine edilememe durumlarına göre sıralanır.

**Adım 2:** Kalabalık uzaklığına göre her birey sıralanır.

**Adım 3:** İkili turnuva, mutasyon ve çaprazlama operatörleri ile Pt+1’den Qt+1 üretilir

**Şekil 3.** NSGA II Algoritmasının adımları [25]

**4. Bulgular**

Çok amaçlı olarak modellenen simülasyon temelli yatay paylaşım yaklaşımının performansı yatay paylaşım yapılmayan durumun performansı ile karşılaştırılmıştır. Bunun için farklı maliyetlerden oluşan senaryo seti oluşturulmuştur. Senaryoları oluşturan parametre değerleri Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2**. Senaryoları oluşturan parametre değerleri

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Yoksatma maliyeti | Elde bulundurma maliyeti | Yatay paylaşım maliyeti |
| Senaryo 1 | 1 | 0.1 | 5 |
| Senaryo 2 | 3 | 0.1 | 5 |
| Senaryo 3 | 1 | 0.025 | 5 |
| Senaryo 4 | 3 | 0.025 | 5 |
| Senaryo 5 | 1 | 0.1 | 1 |
| Senaryo 6 | 3 | 0.1 | 1 |
| Senaryo 7 | 1 | 0.025 | 1 |
| Senaryo 8 | 3 | 0.025 | 1 |

Ödünleştirilmeye çalışılan amaçlar aşağıda Amaç 1 ve Amaç 2 olarak verilmiştir.

* Amaç 1: Toplam maliyet = Elde bulundurma maliyeti + Elde bulundurmama maliyeti + Sipariş verme maliyeti + Yatay paylaşım maliyeti olarak hesaplanmıştır.
* Amaç 2: formülü ile hesaplanmıştır.

Çok amaçlı optimizasyon problemlerinde birbiriyle çelişen amaçlar olduğunda alternatif optimum çözümler kümesi söz konusu olmaktadır. Bu küme pareto-optimal küme olarak adlandırılmaktadır [[26](#_ENREF_25)]. Çok amaçlı optimizasyonun, önceden bilinen pareto-optimal cepheye mümkün olduğunca yakınsamak ve bulunan pareto bireylerin pareto cephesinde mümkün olduğunca düzenli yayılması olmak üzere iki temel amacı vardır. Çok amaçlı genetik algoritma yöntemlerinden de pareto-optimal cepheye yakın ve düzgün yayılmış çözümler üretmesi beklenir [[27](#_ENREF_26)]. Önerilen yaklaşımın ve yatay paylaşımın olmadığı durumun çok amaçlı genetik algoritma ile elde edilen pareto çözümleri Şekil 4’teki grafiklerde gösterilmiştir. Grafiklerdeki pareto eğrilerine bakıldığında senaryo 1 ve senaryo 3 dışındaki diğer senaryolarda önerilen yaklaşımın daha düşük maliyetlerde daha yüksek hizmet düzeyleri sağladığı görülmüştür.



**Şekil 4.** Senaryoların ortalama maliyet ve hizmet düzeylerine göre pareto çözümleri

Çok amaçlı genetik algoritma yöntemlerinin yakınsama ve düzgün yayılma değerlerinin ölçülmesi ve karşılaştırılması için literatürde birçok performans ölçütü önerilmiştir. Maksimum pareto cephe hatası, nesilsel mesafe, C-metriği bunlardan bazılarıdır.

Çok amaçlı olarak modellenen yatay paylaşım yaklaşımının performansı ve yatay paylaşım yapılmayan durumun performansının karşılaştırılması için C-metriği kullanılmıştır. C-metriği, çok amaçlı optimizasyonda kullanılan kantitatif performans ölçümlerinden biridir. İki nokta grubunun birbirine göre dağılımını ölçen bir göstergedir ve iki grup birbiriyle göreli olarak karşılaştırılabilir [[28](#_ENREF_27)]. Bu kapsama ölçüsünü, pareto çözümlere yaklaşık çözümler veren yöntemlerin performansını değerlendirmek için kullanmak mümkündür [[29](#_ENREF_28)]. Aşağıdaki Eşitlik 1 ile [0-1] arasında bir değer elde edilir. Bu değeri, kümesi içerisinde, kümesindeki noktalar tarafından domine edilen noktaların oranını göstermektedir.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2) |

Tablo 3’te senaryoların önerilen yatay paylaşım yaklaşımı ve yatay paylaşımın olmadığı durum için C-metrikleri verilmiştir. Şekil 4’teki grafik sonuçlarına paralel olarak önerilen yaklaşımda, senaryo 1 için ve senaryo 3 için C-metriği 0.67, bunun dışındaki senaryolar için ise C-metrikleri 1 değerini almıştır. Bu 1 değeri, yatay paylaşımın olmadığı durumda elde edilen çözümlerin hepsinin, önerilen yaklaşım ile elde edilen çözümler tarafından domine edildiğini göstermektedir.

Önerilen yaklaşımın, senaryo 1’de ve senaryo 3’te 0.67 değeri ile diğerlerine göre düşük C-metriği vermesinin sebebi, senaryo 1 ve senaryo 3’teki yoksatma maliyetinin düşük, yatay paylaşım maliyetinin diğer senaryolara göre yüksek olması gösterilebilir. Çünkü bu durumda bayilerin yatay paylaşıma olan eğilimi azalacaktır. Senaryo 1 ve senaryo 3 için Tablo 4’teki yatay paylaşım maliyetinin elde bulundurma maliyetine olan oranına bakıldığında ise en yüksek iki değer olan 50 ve 200 değerleri görülmektedir. Bu sebeple bu senaryolar için bayiler paylaşım yapmak yerine stoğu elde bulundurmayı tercih edecektir. Diğer senaryolarda yatay paylaşım maliyetinin elde bulundurma maliyetine olan oranı düşük ve yoksatma maliyetine olan oranı da düşük olduğu için bayiler yatay paylaşıma yönelmiş ve yatay paylaşımın avantajlarını kullanmışlardır. Bu senaryolar için 1 olan C-metriği değeri önerilen yaklaşımın yatay paylaşıma olan eğilimi artıran senaryolarda yatay paylaşım olmayan duruma göre çok daha iyi performans verdiğini göstermektedir.

**Tablo 3.** Senaryolara göre C-metriği değerleri

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Yoksatma maliyeti | Elde bulundurma maliyeti | Yatay paylaşım maliyeti | C-metriği değerleri | |
|  | Önerilen yatay paylaşım yaklaşımı | Yatay paylaşımın olmadığı durum |
| Senaryo 1 | 1 | 0.1 | 5 | 0.67 | 0.05 |
| Senaryo 2 | 3 | 0.1 | 5 | 1 | 0 |
| Senaryo 3 | 1 | 0.025 | 5 | 0.67 | 0.29 |
| Senaryo 4 | 3 | 0.025 | 5 | 1 | 0 |
| Senaryo 5 | 1 | 0.1 | 1 | 1 | 0 |
| Senaryo 6 | 3 | 0.1 | 1 | 1 | 0 |
| Senaryo 7 | 1 | 0.025 | 1 | 1 | 0 |
| Senaryo 8 | 3 | 0.025 | 1 | 1 | 0 |

**Tablo 4.** Senaryolarda maliyetlerin birbirlerine olan oranları

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | yatay paylaşım maliyeti / yoksatma maliyeti | yatay paylaşım maliyeti / elde bulundurma maliyeti maliyeti | elde bulundurma maliyeti / yoksatma maliyeti |
| Senaryo 1 | 5 | 50 | 0.1 |
| Senaryo 2 | 1.67 | 50 | 0.03 |
| Senaryo 3 | 5 | 200 | 0.025 |
| Senaryo 4 | 1.67 | 200 | 0.01 |
| Senaryo 5 | 1 | 10 | 0.1 |
| Senaryo 6 | 0.33 | 10 | 0.03 |
| Senaryo 7 | 1 | 40 | 0.025 |
| Senaryo 8 | 0.33 | 40 | 0.01 |

**5. Tartışma ve Sonuç**

Günümüzde tedarik zinciri elemanlarının rekabet edebilirliğini sürdürebilmesi müşteri isteklerine hızlı cevap vermesini gerektirmektedir. Bu çalışmada iki aşamalı bir tedarik zincirinde yatay paylaşım yaklaşımı düşük maliyet ve yüksek hizmet düzeyi amaçlarını ödünleştirecek çok amaçlı optimizasyon problemi olarak modellenmiştir. Çok amaçlı genetik algoritma ile en iyi baz stok seviyelerine ve literatürde önerilen bir yatay paylaşım politikasının parametrelerinin en iyi değerlerine eş zamanlı olarak çözümler aranmıştır. Elde edilen pareto çözümler yatay paylaşımın olmadığı durum ile karşılaştırıldığında daha iyi performans elde edilmiştir.

Bu çalışma aynı zamanda yatay paylaşım stratejini uygulayacak stok yöneticilerine farklı müşteri hizmet düzeyleri için maliyetlerde nasıl bir değişim olacağını gözlemleme imkanı sağlayacağından, firmalarının müşteri hizmet düzeylerini belirleme noktasında da yardımcı olacaktır. Tercih edecekleri müşteri hizmet düzeylerinin maliyet açısından duyarlılıkları konusunda da bilgilendireceğinden firma müşteri, rekabetçi ve tedarik zinciri stratejilerine uygun bir müşteri hizmet düzeyi ve maliyet bileşenini seçebilecektir.

**Kaynakça**

[1] Meindl, S.C.P. 2007. Supply Chain Management. Strategy, Planning & Operation. Das Summa Summarum des Management.

[2] Wisner, J.D. 2003. A Structural Equation Model Of Supply Chain Management Strategies And Firm Performance. Journal Of Business Logistics, 24(1).

[3] Feng, X.H., Moon I., Ryu K. 2017. Warehouse capacity sharing via transshipment for an integrated two-echelon supply chain. Transportation Research Part E-Logistics and Transportation Review, 104: p. 17-35.

[4] Paterson, C. 2011. Inventory models with lateral transshipments: A review. European Journal of Operational Research, 210(2): p. 125-136.

[5] Heragu, B.Y.E.S.S. 2008. Simulation based Optimization of Multi-Location Transshipment Problem with Capacitated Transportation in Winter Simulation Conference. ABD.

[6] Tiacci, L., S. Saetta. 2011. Reducing the mean supply delay of spare parts using lateral transshipments policies. International Journal of Production Economics, 133(1): p. 182-191.

[7] Jung, B.R. 2003. Modeling lateral transshipments in multiechelon repairable-item inventory systems with finite repair channels. Computers & Operations Research, 30(9): p. 1401-1417.

[8] Nakandala, D., Lau H., Shum P.K.C. 2017. A lateral transshipment model for perishable inventory management. International Journal of Production Research, 55(18): p. 5341-5354.

[9] Wu, D.F., Rossetti M.D., Tepper J.E. 2015. Possibility of Inventory Pooling in China's public hospital and appraisal about its performance. Applied Mathematical Modelling, 39(23-24): p. 7277-7290.

[10] Van der Heide, G., Roodbergen K.J., Van Foreest N.D. 2017. Redistributing stock in library systems with a depot. Computers & Operations Research, 83: p. 66-77.

[11] Reyes P., Patrick Jaska J.M. 2013. A Disaster Relief Inventory Model Based on Transshipment. Independent Journal of Management&Production, 4(2).

[12] Lei, Q.S., Wang Y.Y., Zhou X.G. 2016. A trans-shipment model for emergency relief distribution in unexpected disasters. Civil Engineering and Urban Planning, p. 903-908.

[13] Mulyono, N.B., Ishida Y. 2014. Clustering inventory locations to improve the performance of disaster relief operations. Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems 18th Annual Conference, 35: p. 1388-1397.

[14] Banerjee, A., J. Burton J., Banerjee S. 2003. A simulation study of lateral shipments in single supplier, multiple buyers supply chain networks. International Journal of Production Economics, 81-2: p. 103-114.

[15] Burton, J., Banerjee A. 2005. Cost-parametric analysis of lateral transshipment policies in two-echelon supply chains. International Journal of Production Economics, 93-4: p. 169-178.

[16] Lee, Y.H., Jung J.W., Jeon Y.S. 2007. An effective lateral transshipment policy to improve service level in the supply chain. International Journal of Production Economics106(1): p. 115-126.

[17] Lau H. C. W., Tsui W. T., Ho G. T. S. 2009. Cost Optimization of the Supply Chain Network Using Genetic Algorithms Knowledge and Data Engineering, IEEE Transactions (99): p. 1.

[18] Tiacci, L., Saetta S. 2011. A heuristic for balancing the inventory level of different locations through lateral shipments. International Journal of Production Economics, 131(1): p. 87-95.

[19] Atan Z. 2013. George Wilsony, Lateral Transshipment and Rationing Policies for Multi-Retailer Systems. SSRN Electronic Journal

[20] Alvarez, E.M. 2014. Service differentiation through selective lateral transshipments. European Journal of Operational Research, 237(3): p. 824-835.

[21] Glazebrook, K., Paterson C., Rauscher S. 2015. Benefits of Hybrid Lateral Transshipments in Multi-Item Inventory Systems under Periodic Replenishment. Production and Operations Management, 24(2): p. 311-324.

[22] Hachicha, W.A., Elleuch. 2013. Evaluating emergency lateral transshipment policies using simulation-based approaches in Advanced Logistics and Transport (ICALT), 2013 International Conference, IEEE: Sousse. p. 470 - 475.

[23] Li, X.H., Sun L.Y., Gao J. 2013. Coordinating preventive lateral transshipment between two locations. Computers & Industrial Engineering, 66(4): p. 933-943.

[24] Abouee-Mehrizi, H., Berman O., Sharma S. 2015. Optimal Joint Replenishment and Transshipment Policies in a Multi-Period Inventory System with Lost Sales. Operations Research, 63(2): p. 342-350.

[25] Kalyanmoy D., Pratap A., Agarwal S., Meyarivan T. 2002. A Fast and Elitist Multiobjective Genetic Algorithm:

NSGA-II. IEEE Transactıons On Evolutıonary Computatıon 6(2)

[26] Kaya S., N.F. 2016. Çok Amaçlı Optimizasyon Problemlerinde Pareto Optimal Kullanımı. Social Sciences Research Journal, 5(2): p. 9-18.

[27] Ergül, E.U. 2015. Çok Amaçlı Genetik Algoritma Yöntemlerinin Başarımının Belirlenmesi İçin İki Yeni Ölçüt Önerisi. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 4(1): p. 1-13.

[28] Zitzler, E., Thiele L. 1999. Multiobjective evolutionary algorithms: A comparative case study and the Strength Pareto approach. Ieee Transactions on Evolutionary Computation, 3(4): p. 257-271.

[29] Lokman, B. 2017. Çok Amaçli Tamsayi Programlama Problemlerİ İçİn Temsİlİ Çözüm Üreten Yaklaşimlarin Ve Kalİte Ölçülerinin İncelenmesİ. Endüstri Mühendisliği Dergisi, 28(1): p. 19-39.

Erciyes Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

Cilt 34, Sayı 3, 2018

Erciyes University

Journal of Institue Of Science and Technology

Volume 34, Issue 3, 2018

|  |  |
| --- | --- |
|  | |
| **Çok Kriterli Karar Vermede AHP ve TOPSIS Yöntemleriyle Uçuş Noktası Seçimi**  **Burcu Özcan1 , Gülşen Akman\*2 , Hale Başlı3 , Elif Berfin Gündüz4**  **1,2,3,4** Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği, KOCAELİ  (Alınış / Received: 18.10.2018, Kabul / Accepted: 23.12.2018, Online Yayınlanma / Published Online: 31.12.2018) | |
|  | |
|  |  |
| **Anahtar Kelimeler**  AHP,  TOPSIS,  Çok Kriterli Karar Verme,  Uçuş Noktası Seçimi,  Havacılık. | **Öz:** Günümüzdeki artan rekabet, uluslarası lojistik, global ekonomik gelişmeler ile havayolu sektörü önem kazanmıştır. Bu gelişmelerle birlikte sürekli artan yolcu sayısı bu sektörü daha canlı ve çekici hale getirmektedir. Ekonomik anlaşmaların, ülkeler arası siyasi ilişkilerin, turizmin vb. artması, bu bölgelere olan ilginin ve dolayısıyla yolcu taşıma potansiyelinin orantılı olarak artmasını sağlamaktadır. Bu yüzden havayolu şirketleri, yeni bir uçuş noktası seçimine karar verme konusunda en uygun ve en doğru yeri seçmek durumundadır. Çalışmada, bir havayolu şirketinde çalışan uzman görüşleri alınarak uçuş noktası seçimine etki eden kriterler belirlenmiş ve bir karar modeli oluşturulmuştur. Yeni uçuş noktası seçimini etkileyen kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi kullanılmıştır. Buna göre; uçuş noktası seçiminde etkili olan en önemli üç kriter; maliyet, ülkenin siyasal ve ekonomik durumu ve havalimanı ağ potansiyeli olurken, yeni bir uçuş noktasının seçileceği potansiyel ilk beş şehir TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solutions) yöntemi ile sıralanmıştır. |
|  |  |
|  |  |
| **Flight Point Selection with AHP and TOPSIS Methods in Multi-Criteria Decision Making** | |
|  | |
|  | |
| **Keywords**  AHP,  TOPSIS,  Multi criteria decision making,  Selection of flight point,  Aviation. | **Abstract:** With today's increasing competition, international logistics and global economic developments, the airline sector has gained importance. With these improvements, the number of passengers who are constantly increasing makes this sector more lively and attractive. Increasing in economic agreements, political relations between countries, tourism etc provides an increase of the interest to these zones and therefore the passenger carrying potential. Therefore, airline companies have to choose the most appropriate and the right place about deciding whether to choose a new flight point. In this study, criteria for influencing selection of flight point were determined by taking expert opinions from an airline company, and a decision model was established. The Analytical Hierachy Process method was used to determine the weights of the criteria affecting selection of new flight point. According to this, the three most important criteria influencing flight point selection are the cost, the political and economic situation of the country, and the potential of the airport network. The potential five cities to choose a new flight point are ranked by the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solutions method. |
|  |  |

**1.Giriş**

Ülkelerin ekonomik ve sosyal kalkınmasını sağlayan sivil havacılık faaliyetleri çeşitli olumsuzluklara rağmen 1980’li yıllardan sonra büyüme göstermiştir. Türkiye’de ise havayolu taşımacılığı daha hızlı yükselmekte olup, Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı’nca yapılan çalışmalar sonucunda son on yılda yıllık ortalama yüzde onun üzerine çıkmıştır.

Havayolu taşımacılığı, ekonomik faaliyetler, güven endeksi ve satın alma gücü açısından oldukça duyarlı bir sektördür. Havayolu sektöründe büyüme rakamı son 20 yıl ortalaması olarak %5 seviyesinin üstündedir ve IATA tahminlerine göre bu oran hızla büyüyecektir.Boeing Current Market Outlook 2016 raporuna göre 2016-2033 yılları arası dünya ve bölgesel bazda havayolu yolcu ve kargo trafiğinin tahminlenen değerleri aşağıdaki Şekil 1 de verilmiştir [1].

Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı (ICAO)’nın ilk verilerine göre 2013 yılında dünyada 6,2 milyar yolcu taşımacılığı gerçekleşmiştir. Ülkemizdeki aktif havalimanı sayısı 2003 yılında 26 iken 2015 yılında yolcu sayısı ise yaklaşık 5 katına çıkarak 2015 yılı sonunda 181,4 milyona ulaşmıştır [2].

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

55’e, iç hatlardaki yolcu sayısı 9 katına çıkarak 2015’te 97,5 milyona, havayolunu kullanan toplam Ülkemizdeki aktif havalimanı sayısı 2003 yılında 26 iken 2015 yılında 55’e, iç hatlardaki yolcu sayısı 9 katına çıkarak 2015’te 97,5 milyona, havayolunu kullanan toplam yolcu sayısı ise yaklaşık 5 katına çıkarak 2015 yılı sonunda 181,4 milyona ulaşmıştır. 2003 yılında 162 olan toplam uçak sayısı 2015 yılsonu itibarıyla 489’a, koltuk kapasitesi 27.599’dan 90.259’a ve kargo kapasitesi ise 302.737 kilogramdan 1.759.600 kilograma ulaşmıştır [2] Görüldüğü gibi ülkemizde havayolu sektörü havalimanı sayısının uçak ve yolcu sayısının artması ile büyüme göstermektedir. Şekil 2’de Türkiye’de hava yolcu trafiğine ilişkin veriler bulunmaktadır [2].

Dolayısıyla hava yolları dünyada geliştiği gibi ülkemizde de gelişmekte, ülkemizde dünyadaki ortalamanın üstüne çıkarak yüksek ivme ile yükselmektedir. Gelişmekte olan bir ülke olması sebebiyle artan teknoloji ve nüfus artışına bağlı olarak sektör desteklendiği takdirde bu büyüme çok daha fazla olacaktır.

Yapılan yatırımların büyüklükleri ve yoğun rekabetçi ortam dikkate alındığında, doğru kararlar vererek uçuş yeri seçimi süreci havayolu firmalarının uzun dönemde sürdürülebilirliklerini koruyabilmelerinde önemli faktörlerden birisi olarak karşımızda çıkmaktadır.

**Şekil 1.** Bölgelere Göre Havayolu Oransal Trafiği [1]

**Şekil 2.** Türkiye’de uçak trafiği[2]

Ancak doğru noktayı seçmek birçok nicel ve nitel kriterin birlikte değerlendirilmesini gerektiren karmaşık bir görev olarak firmaların önünde durmaktadır. Bundan dolayı uçuş noktası seçimi bir süreç olarak ele alınmalı ve çok kriterli karar verme yöntemlerinden faydalanılmalıdır.

Yapılan çalışmanın amacı; en uygun uçuş noktasını seçmede, işletme yöneticilerinin kolayca uygulayabilecekleri bir modeli ortaya koymaktır. Çalışma, literatür incelemesi ile başlamaktadır. Literatür araştırmasından sonra AHP ve TOPSIS yöntemleri ile ilgili formüller verilmiştir.

Son olarak modelin oluşturulması gerçekleştirilmiştir. Modelin hiyerarşik yapısı üç seviyede oluşturulmuştur. Yapının birinci seviyesinde “en uygun uçuş noktası seçimi”, ikinci seviyede üç adet ana ölçüt, üçüncü seviyede alt ölçütler ve son seviyede ise seçenekler bulunmaktadır. Modelin ölçüt ağırlıkları Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile belirlenmiştir. Son bölümde ise yapılan çalışma TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solutions) yöntemi ile değerlendirilmiş ve bu konuda gelecekte çalışacak olanlara öneriler sunulmuştur.

**2. Materyal ve Metod**

**2.1. Literatür taraması**

Havayolu şirketleri için uçuş emniyeti, hizmet kalitesi, tam zamanında kalkış gibi performans faktörlerinin yanında doluluk oranı da oldukça önemli bir performans kriteridir. Olabilecek en yüksek kapasitede, en az maliyet ve en yüksek performansı sağlamak isteyen şirketler uçuş noktalarını belirlerken doğru kararlar vermek adına sektördeki rakiplerinin yöntemlerini araştırmakla birlikte, çeşitli karar verme yöntemleriyle de optimum sonuca erişebilmektedirler. Günümüz araştırmalarında oldukça çeşitli karar verme yöntemleri bulunmaktadır [3]. Çok kriterli karar verme yöntemi (ÇKKV) oldukça yaygın kullanılan bir karar verme yöntemidir.

Aydoğan’ın çalışmasında Türk Havacılık şirketlerinin rough-AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemleri kullanılarak performans ölçümlemeleri yapılmıştır. Performans ölçümlemenin havayolu şirketleri için organizasyonun verimliliğinde büyük rol oynadığını belirten Aydoğan, finansal ölçütlerin yanında finansal olmayan ölçütlerin de performansı çokça etkilediği görüşünde. Aydoğan’ın belirlediği beş önemli performans kriteri; Risk, Kalite, Yararlılık, Verimlilik ve Mesleki Tatmin. Aydoğan bu çalışmasında rough-AHP ve bulanık TOPSIS yöntemlerinin diğer ikili yöntemlere göre daha nitelikli kararlar verebilme ve daha fazla sezgisel karşılaştırma yapılabildiği sonucuna varmıştır [4] .

Nooramin vd. tarafından yayınlanan Deniz Konteyner Sahası için En Verimli Liman Vinçi Seçimi çalışması çok kriterli karar verme yöntemleriyle değerlendirilmiştir. Bu çalışmada AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılmış ve saha seçimi kararına yarar sağlayacak veriler kullanılarak değerlendirme ve karşılaştırma yapılmıştır. Karar vericilerin ve uzmanların niteliksel ve niceliksel kararlarının dikkate alınmasının öneminden bahsedilirken, elde edilen sonuçların Arena, Flexsim, PORTSIM veya Taylor gibi çeşitli simülasyon teknikleriyle de sonuçlarının karşılaştırılması önerilmiştir [5].

Tyagi vd., e-SCM (electronic supply chain management) performans analizi için hazırladıkları çalışmada AHP ve TOPSIS yöntemlerinden yararlanmışlardır. Amaca ulaşabilmek için belirlenen sekiz kriter ve beş alternatiften oluşan hiyerarşik modelde, AHP yöntemi ile kriterler ağırlıklandırılmış, TOPSIS yöntemi ile de alternatifler içinde pozitif ideal çözüme en yakın olan alternatif seçilmiştir [6].

Jayant vd. telefon endüstrisi’nde ters lojistik servis sağlayıcı seçimi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Tersine Lojistik, ürünlerin tüketim noktasından üretim noktasına doğru, değer kazanımı veya doğru biçimde yok edilmesi amacıyla etkin bir şekilde akışının planlanması, uygulanması ve kontrol edilmesidir. Çevresel sorunların günden güne arttığı dünyamızda (bu çalışma için Hindistan ele alınmıştır) geri dönüşümün önemi oldukça büyüktür. Ayrıca çalışmada kriterlerin ağırlıklarının ihtiyaca göre değiştirebileceği için yöntemin kullanışlı oluşu üzerinde durulmuştur [7].

Delice, havayolu firma seçimi problemi üzerine yaptığı çalışmada Kano Model (KM) ve bulanık çok kriterli karar verme (ÇKKV) metotlarından Bulanık VIKOR ile Bulanık TOPSIS yöntemlerini birlikte kullanarak yeni bir bulanık çok kriterli model hazırlamıştır. Bu problem nitel ve nicel kriterleri içinde bulunduran bir ÇKKV problemidir. Kano model ile müşteri isteklerinin anlaşılması sağlanmış, Bulanık VIKOR ve Bulanık Topsis yöntemleri ilk kez birlikte kullanılarak havayolu firmaları arasından en iyi havayolu firması seçilmiştir [8].

Çırpın ve Kurt, Türkiye’de havacılık sektöründe yer alan firmalardan birinin hizmet kalitesini ölçmek amacıyla çalışmayı hazırlamışlardır. Müşteri beklentileri ile müşteriye sunulan hizmete karşın müşterinin memnuniyetinin araştırıldığı bu çalışmada Parasuraman, Zeithaml ve Berry’nin hizmet kalitesinin ölçümü için ortaya koyduğu SERVQUAL Analizi kullanılmıştır. SERVQUAL Analizi ile müşterinin beklentisi ve bu beklentinin ne oranda karşılanabildiği incelenmiştir [9].

Tutulmaz tarafından, dünya havayolu sektörü içerisinde, Türk havayolu sektörünün durumunu ele almak ve değerlendirmesi çalışması yapılmıştır. Dünyadaki gelişmelerin Türkiye’ye gelmesinde aksaklılar görülmüş ve gelişmelerin gerisinde kalarak havayolu ulaşımında başlangıç seviyede kaldığı görülmüştür [10].

Yaylalı vd. tarafından yapılan bu çalışmanın amacı, Erzurum’da hava ulaşım talebinin belirlenmesi, yolcuların seyahatlerinde havayolu ulaşımını tercih etmelerini sağlayan faktörlerin belirlenmesi ve bu faktörlerin tercih etmeye olan etkisini bulmaktır. SPSS programı ile ki-kare testi yapılarak değişkenler arası ilişkinin anlamlılığı kontrol edilmiştir. Ardından EViews paket programı ile logit bir tahmin model oluşturulmuş ve bu tahmin sonuçlarına göre yolcuların havayolunu tercih etme olasılıkları hesaplanmıştır. Bu çalışma, havayolu şirketlerinin izlemesi gerektikleri politikalar konusunda ciddi bir fayda sağlamıştır [11].

Okumuş vd., tarafından havayolu yolcularının memnuniyetlerini ölçmek , hizmet kalitesi için gerekli faktörleri incelemek ve yeni stratejiler geliştirilmesine yardımcı olmak amacıyla hazırlanan çalışmada Parasuraman vd. tarafından 1988’de geliştirmiş olduğu yönetim ve pazarlama için büyük önemi olan “SERVQUAL” ölçeği, havayolu müşterilerinin hizmet beklentisini belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Hizmet kalitesi ölçeğinde, faktör boyutları için Varimax Rotasyonu ve Temel Bileşenler Analizi kullanılmıştır. Öncelikle belirlenen faktörlerin havayolu yolcularının memnuniyetleri üzerinde etkisi olup olmadığını belirlemek için korelasyon analizi, ardından faktörlerin yolculara memnuniyetlerine anlamlı etkileri olup olmadığını belirlemek için regresyon analizi yapılmıştır. Özellikle hizmet yoğun faaliyetlerde müşteri memnuniyeti oldukça önemlidir. Bu çalışma sonucunda havayolu firmaları için hizmet kalitesinin müşterilerin memnuniyetleri üzerinde önem sırası belirlenerek firmalara önemli düzeyde fayda sağlamıştır [12].

Özer vd., Çalışma tüketicilerin bakış açısı ve havayolu şirketlerinin marka kişiliklerinin araştırılması amacıyla yapılmıştır. Çalışma kapsamında yapılan anket çalışmasında havayolu tercihleri ve havayolu şirketlerinin marka kişiliklerine olan algılar belirlenmeye çalışılmıştır. Araştırmanın değerlendirilmesinde SPSS paket programı kullanılmış, analiz aşamasında ise “Yüzde ve Frekans Dağılımı” ve “Ki-kare Testi” kullanılmıştır. Bu çalışma sayesinde havayolu şirketlerinin marka kişiliğinin tüketiciler tarafından nasıl algılandığını bilmek havayolu şirketleri için önemli derecede fayda sağlamıştır. Bu sayede havayolu şirketlerinin doğru hedef ve stratejiler geliştirmesine yardımcı olmuştur [13].

**2.2. Karar Verme Süreci**

Karar verme, belirli bir amaca ulaşabilmek için belirlenen kriterler ile alternatifler arasından en iyi alternatifin seçilmesi sürecidir. En iyi alternatifin seçilmesi için çok sayıda yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasında en çok uygulama alanı görmüş olanlar AHP ve TOPSİS yöntemleridir.

**2.2.1. Analitik Hiyerarşik Süreci ve Aşamaları [14, 15, 16, 17]**

*Aşama 1 - Problemin Tanımlanması:* AHP’nin ilk aşamasındaki Problemin tanımlanmasıyla karar vericiler ulaşmak istediği amacı belirlemiş olurlar.

*Aşama 2 - Kriterlerin Tanımlanması:* Bu aşamada, konu ile ilgili kişilerin görüşlerinin alınarak ihtiyaçların belirlenmesi gerekir.

*Aşama 3 - Alternatiflerin belirlenmesi:* Amaca ulaşmak için karar verilirken olası tüm alternatif seçenekler saptanır.

*Aşama 4 – Hiyerarşik Yapının Oluşturulması:* Hiyerarşik yapı oluşturulurken sırasıyla hedef, ana kriterler, alt kriterler ve alternatifler vardır.

*Aşama 5 - Görece Önem Ölçeğinin Belirlenmesi:* Bu adımda ikili karşılaştırma matrislerinin 1-9 ölçeği kapsamında değerlendirilir. Tüm kriterler bu ikili karşılaştırmaya göre puanlandırılır. Tablo 2' de yöntemde kullanılan önem dereceleri ve açıklamalar bulunmaktadır.

**Tablo 1.** Önem dereceleri ve Tanımları

|  |  |
| --- | --- |
| Önem Derecesi | Kavramsal Karşılığı |
| 1 | Eşit seviyede önemli |
| 3 | Biraz daha fazla önemli |
| 5 | Kuvvetli derecede önemli |
| 7 | Çok kuvvetli derecede önemli |
| 9 | Kesin önemli |
| 2, 4, 6, 8 | Ara değerler |

*Adım 6- Karar Vericilerin Tercihlerinin Belirlenmesi:* Karar verici/karar vericiler yaptıkları değerlendirmelerin tutarlı olup olmadığı önemlidir. Görüşlerine başvuracak olan kişi ya da kişilerin yeterli derecede bilgi ve deneyime sahip olması gerekmektedir.

*Aşama 7- Kriterlerin İkili Karşılaştırmalarının Yapılması:* Skala olarak;1-9 ölçeğine göre karar vericilerin görece ikili karşılaştırmalar yaparak *n* adet kriter için *n(n+1)/2* karşılaştırma olmaktadır. İkili karşılaştırmalar matrisi de *nxn* boyutlu olmaktadır.

*Aşama 8- Kriterlerin Yüzde Ağırlıklarının Hesaplanması:* Önem derecelerinin oluşması için İkili karşılaştırmalar yapılır. Oluşan matris değerlerinin normalize edilmesi gerekir.

*Aşama 9- Tutarlılık Analizi Yapılması:* Hesaplanan *CR* değerinin 0.10 dan küçük olması karar vericinin yaptığı karşılaştırmaların tutarlı olduğunu gösterir. *CR* değerinin 0.10’ dan büyük olması durumunda ikili karşılaştırma matrisinin farklı değerlerle yeniden düzenlenmesi gerekmektedir.

*Aşama 10 -**Her Bir Faktör İçin, m Karar Noktasındaki Yüzde Önem Dağılımları Bulunması:* Her bir kriterin karar noktalarının yüzde önem dağılımları belirlenir.

*Aşama 11* ***-*** *Karar Noktalarındaki Sonuç Dağılımının Bulunması*:*n* tane *mx1* boyutlu *S* sütun vektöründen meydana gelen ve *mxn* boyutlu *K* karar matrisi oluşturulur

**2.2.2. TOPSIS Yöntemi**

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) Yöntemi, İdeal çözüme en kısa mesafe ve Negatif İdeal çözüme en uzak mesafedeki alternatifi seçmeye yarayan, çok kriterli karar verme tekniğidir. Yöntem, Pozitif alternatifi seçmeye dayanır. Yöntem, ideal çözüme en yakın uzaklıkta ve negatif ideal çözüme en uzak bir çözüm belirler fakat yöntem bu uzaklıkların göreceli önemini dikkate almaz. Yöntem, pozitif-ideal çözüme en kısa mesafe ve negatif-ideal çözüme en uzak mesafedeki seçeneği belirlemeyi amaçlamaktadır. TOPSİS yöntemi rasyonel olması ve hesaplama, değerlendirme kriterlerinin ağırlıklandırılmasına izin vermesi nedeni ile literatürde en çok kullanılan tekniklerden biridir. TOPSIS yöntemi 7 aşamadan oluşan bir çözüm sürecini içerir. Aşağıda TOPSIS yönteminin adımları tanımlanmıştır [18, 19, 20].

*Aşama 1 - Karar Matrisinin (A) Oluşturulması:* Karar matrisinin satırlarında üstünlükleri sıralanmak istenen karar noktaları, sütunlarında ise karar vermede kullanılacak değerlendirme faktörleri yer alır. A matrisi karar verici tarafından oluşturulan başlangıç matrisidir. Karar matrisi aşağıdaki gibi gösterilir:

 (1)

 matrisinde m karar noktası sayısını, n değerlendirme faktörü sayısını verir.

*Aşama 2: Standart Karar Matrisinin (R) Oluşturulması:* Standart Karar Matrisi, A matrisinin kullanılarak, aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır.

 (2)

 (3)

*Aşama 3 - Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (V) Oluşturulması:* Öncelikle değerlendirme faktörlerine ilişkin ağırlık değerleri () belirlenir.



 (4)

*Aşama 4 - İdeal () ve Negatif İdeal () Çözümlerin Oluşturulması :* İdeal çözüm setinin bulunması aşağıdaki formülde gösterilmiştir.

 (5)

 (6)

Hesaplanacak set  şeklinde gösterilebilir.

Hesaplanacak set  şeklinde gösterilebilir.

*Aşama 5 - Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması:* İdeal ayırım () ölçüsünün hesaplanması (6) formülünde, negatif ideal ayırım () ölçüsünün hesaplanması ise (7) formülünde gösterilmiştir.

 (7)

 (8)

Burada hesaplanacak  ve  sayısı doğal olarak karar noktası sayısı kadar olacaktır.

*Aşama 6-İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması:* İdeal çözüme göreli yakınlık değerinin hesaplanması aşağıdaki formülde tanımlanmıştır.

 (9)

Burada  değeri  aralığında değer alır ve  ilgili karar noktasının ideal çözüme,  ilgili karar noktasının negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını gösterir.

*Aşama 7 - Her Bir Alternatifin Göreceli Sıralamasının ve Puanının Bulunması:* Bir önceki aşamadaki değerler, büyüklük sırasına göre dizilerek karar noktalarının, alternatiflerinin önem sıraları belirlenmektedir. Bu önem sırasına göre en ideal alternatif tercih edilmektedir.

**3. Bulgular**

**3.1 Problemin Tanımlanması**

Bu çalışmada havayolu firmalarının yeni uçuş noktası seçimine etki eden maliyet kalemleri, potansiyel ülkenin siyasal/ekonomik durumu ve havalimanı ağ potansiyeli kavramları ele alınmıştır. Belirlenen ana ve alt kriterlerin, her bir havayolundaki yeni uçuş noktası seçimi üzerinde farklı etkileri olabilir. Hiyerarşik bir yapıda düzenlenen kriter ve alt kriterler yardımıyla değerlendirme yaparken, AHP ve TOPSIS yönteminden yararlanılmıştır. Değerlendirmede kullanılan bütünleşik AHP ve TOPSIS metodolojisi Şekil 3’de görülmektedir.

Ana ve alt kriterlerin belirlenmesi

Ağırlıkların belirlenmesi ve tutarlılıkların hesaplanması

Karar matrisinin, standart karar matrisinin ve ağırlıklandırılmış karar matrisinin oluşturulması

Pozitif ideal ve negatif ideal çözümlerin oluşturulması

Ayırım ölçülerinin ve ideal çözüme yakınlığın hesaplanması

**AHP**

**TOPSIS**

**Şekil 3.** Çalışanın Metodolojisi

**3.2 Ana ve Alt Kriterlerin Belirlenmesi**

TOPSIS yöntemi ile, alternatifleri ana ve alt kriterler baz alınarak sıralama yapmak amaçlanır. Problemin ana kriterleri ve bunlara ait alt kriterler aşağıda açıklanmıştır.

**3.2.1 Maliyet**

Maliyet, işletmenin faaliyetini sürdürebilmek amacı ile ihtiyaç duyulan mamul ve hizmetleri elde edebilmesi için harcadığı üretim faktörlerinin para ile ölçülen değeri olarak ifade edilmektedir. Maliyet yönetimi ile maliyetlerin azaltılması, planlanması ve etkin yönetimi sağlanmaktır (Altınbay, 2006).

**Elleçleme Maliyeti (Handling Cost) (A1):** Bir havayolunun, havalimanlarında ihtiyaç duyacağı başlıca yer hizmetler Yolcu Hizmetleri, Ramp Hizmetleri, Kargo ve Posta hizmetleri, Uçuş Operasyonları / Yük Kontrol ve Haberleşme Hizmetleri, Temsil ve Gözetim Hizmetleri’dir. Havayolu şirketleri seyahat edilecek havaalanına hizmet veren bir elleçleme şirketi ile özel anlaşmalar yaparak ihtiyacı duyduğu elleçleme hizmetlerini karşılayabilmektir. Bu hizmetlerin kapsamına giren uygulamaları; Yolcu Hizmetleri; Yolcunun bagaj alım alanına ve terminal çıkışa yönlendirme hizmeti, bagaj işlemlerinde problemleri çözme; kayıp, hasar ve bagaj aktarması işlemi, uçuş ve bagaj kabul, yolcu güvenliği, özel yolcuların, engelli yolculara hizmet verilmesi’dir. Ramp Hizmetleri; Uçak boşaltma yükleme, park işlemi, temizlik ve soğuk havalarda buz arındırma işlemi, ekipman koruma hizmetleridir. Kargo ve Posta Hizmetleri; Kargo postalarının kontrolü ve kabulü, gümrük işlemleri, transfer kargoların ambarlara yüklemesi hizmetleridir. Yük Kontrol ve Haberleşme Hizmetleri; Uçak hizmet koordinasyonu, yük hesabı, doküman oluşturma (gümrük, uçuş planı,…)hizmetleridir. Uçuş Operasyon Hizmetleri; Uçuş permi ve slot başvuruları, yakıt ve ikram işbirliğinin yapılması, Genel Havacılık Terminali Hizmeti, Ramp hizmet araçları, hazır yolcu hizmet personeli hizmeti’dir.

**Uçuş Süresi (A2):** Bir uçağın uçuş mesafesi ile doğru orantılı olan uçuş süresi sadece uçak bazında bakıldığında uzun mesafe uçuşları için bir makineyi tek bir iş için uzun süreli bağlı tutmak ile benzerdir. Uçağın uzun mesafe uçuşlarında gittiği havalimanlarında yatıya kalmak zorunda kalması bu uçağın daha çok atıl bırakılacağı anlamına gelir. Yeni uçuş noktası seçimi için bu kriter her uçuş noktası için hassasiyetle incelenmelidir.

**Yakıt (A3):** Yakıt tüketimi sırasında havayolu şirketlerinin dikkat ettiği hususların başında gelmektedir. Havayolları için son dönemlerde yakıt maliyeti, giderlerin en fazla olanıdır. Petrol fiyatlarındaki artışlar ekonomik krizler, savaşlar, OPEC ülkelerinin uyguladığı politikalar vb. sebeplerden dolayı oluşmaktadır.

**3.2.2 Potansiyel Ülkenin Siyasal/Ekonomik Durumu**

**Turizm (B1):** Turizm genel bir lokasyona turist çekmek için alınan ekonomik, kültürel, teknik önlemlerin, yapılan çalışmaların tümüdür.  Küreselleşen ekonominin getirdiği artan seyahat ihtiyacı nedeniyle turizm potansiyeli yüksek bölgeler havayolu şirketlerini bu bölgeleri karar kriteri olarak ele almaya yöneltmektedir.

**Nüfus (B2):** Havayolu sektörü daha ayrıntılı araştırıldığında trafik ve yolcu sayısında en yüksek artışın özellikle nüfus artışının ve teknolojik gelişmelerin uygulanma kapasitesinin en yüksek olduğu gelişmekte olan ülkelerde beklendiği görülmektedir. Havayolu taşımacılığı sektörünün gelecek dönem beklentilerinden nüfus, sektör performansı açısından kilit öneme sahiptir.

**İkili Anlaşmalar Yapılan Şirket Sayısı (B3):** İş seyahati kapsamında yapılan uçuşlar havacılık sektörünü canlı tutan faktörlerden biridir. Havacılık sektörü için dünya ticaretinin ihtiyaçlarına cevap vermek karlılık açısından kritik bir öneme sahiptir.

**Gayri Safi Millî Hasıla**  **(GSMH) (B4):** Bir ülke vatandaşlarının bir senede ürettikleri tüm mal ve hizmetlerin, belli bir para birimi karşılığındaki değerinin toplamıdır. Seyahat alışkanlıkları ile doğru orantılı olan milli gelir, hava yolu şirketleri açısından göz önünde bulundurulan bir kriterdir.

**Vize Serbestisi (B5):** Seyahat edilen ülkeye olan vize serbestisi tüm dünya vatandaşları için daha fazla kolaylık sağlayabildiği gibi, vizeli olarak seyahat edilmesi gereken noktalara yeterli talep olması durumunda şirketler bu bölgelere de yatırım yapmaya yönelebilirler. Bu açıdan bu kriter karar vermede kullanılan alt kriterlerden biri arasına alınmıştır.

**3.2.3 Havalimanı Ağ Potansiyeli**

**Rekabet Edilen Havayolu Şirketi Sayısı (C1):** İncelediğimiz havayolu şirketi Türkiye merkezli olduğundan, potansiyel uçuş noktasına daha önceden Türkiye’den uçan veya buradan transit yolcu uçuran diğer havayolu şirketlerinin sayısı toplam pazar payına etki eden kriterlerden bir tanesidir. Şirket sayısının fazla oluşu burada rekabetin de fazla olacağına işaret edeceği gibi, yeterli ve etkili düzeyde yapılan satış/pazarlama ve reklam çalışmaları ile havayolu şirketleri bu pazarlara girme olasılıklarını arttırma yoluna gidebilirler.

**Havalimanı Kapasitesi (C2)**: Uçuş yapılacak havalimanının yolcu potansiyeli hava yolu şirketleri için uçuş yeri seçiminde alt kriterlerden biri olabilmektedir. Bir havalimanının kapasitesi ve bununla bağlantılı olarak yıllık veya dönemlik bazda kalkan/inen uçak sayısı o havalimanına olan talebin durumu hakkında bize bilgi verebilmektedir.

**Transit Nokta Potansiyeli (C3):** Bağlantılı uçuşlar ile daha fazla yolcuya seyahat esnekliği sağlayabilmek açısından uçuş noktalarının transit nokta olması önemlidir. Bu sayede maliyet, yakıt gibi kalemleri minimize ederek esnek tarifeler yaratabilmek havayolu şirketleri açısından aranan kriterlerden bir tanesidir.

Karar modeli Şekil 4’de görülmektedir.

**En iyi Uçuş Noktası Seçimi**

Maliyet

Potansiyel Ülkenin

Siyasal/ Ekonomik Durumu

Havalimanı Ağ Potansiyeli

Handling Maliyeti

Uçuş Süresi

Yakıt

Tüketimi

Turizm

Nüfus

Anlaşmalı Şirket Sayısı

GSMH

Vize Serbestisi

Rekabet

Havalimanı Kapasitesi

Anlaşmalı Şirket Sayısı

Addis Ababa

Astana

Aşgabat

Amman

Abu Dhabi

**Şekil 4.** Problem Hiyerarşisi

**3.3 Ağırlıkların Belirlenmesi ve Tutarlılıkların Hesaplanması**

Öncelikle problemimiz için gerekli olan kriterler belirlendikten sonra bu kriterlerin bir uzman tarafından değerlendirme aşamasına geçilmiştir. Bu nedenle **Özel bir havayolu firmasında** çalışan uzmana danışarak ikili karşılaştırmalar yapılıp AHP ile ağırlıklar hesaplanmıştır.

Özel Havayolunda çalışan uzmanlardan ikili karşılaştırmalar yaparak hem ana kriterleri hem de alt kriterleri değerlendirmeleri istenmiş ve elde edilen ikili karşılaştırma matrislerinden yararlanılarak önem ağırlıkları belirlenmiştir. (Tablo 1)

**Tablo 1.** Genel Ağırlıklar

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Ana Ölçütler | Ana Ölçütlerin Ağırlıkları | Alt Ölçütler | Alt Ölçütlerin Ağırlıkları | Faktör  Ağırlıkları |
| Maliyet | 0.5 | A1-Handling Maliyeti | 0.634 | 0.317 |
| A2-Uçuş Süresi | 0.106 | 0.053 |
| A3-Yakıt Tüketimi | 0.257 | 0.129 |
| Potansiyel Ülkenin Siyasal/Ekonomik Durumu | 0.25 | B1-Turizm | 0.202 | 0.05 |
| B2-Nüfus | 0.202 | 0.5 |
| B3-Anlaşmalı Şirket Sayısı | 0.044 | 0.011 |
| B4-GSYİH | 0.464 | 0.116 |
| B5-Vize Durumu | 0.088 | 0.022 |
| Havalimanı Ağ Potansiyeli | 0.25 | C1-Rekabet Şirket Sayısı | 0.634 | 0.16 |
| C2-Havalimanı Kapasitesi | 0.260 | 0.065 |
| C3-Transit Nokta Potansiyeli | 0.106 | 0.026 |

Ardından tutarlılık hesabı yapılmış ve tutarlılıkların oranları tüm kriterler için 0.1’den küçük bulunmuştur. Genel Ağırlıklar tabloda görüldüğü gibi bulunmuştur. Ana kriterler açısından bakacak olursak Maliyet kriteri en yüksek önem ağırlığına sahip olduğu Potansiyel Ülkenin Siyasal/Ekonomik Durumu ve Havalimanı Ağ Potansiyeli kriterlerinin eşit önem ağırlığına sahip olduğu görülmektedir. Alt ölçüt ağırlıkları ile ana ölçüt ağırlıkları çarpılarak faktör ağırlıkları bulunmuştur. Hesaplanan faktör ağırlıkları kullanılarak TOPSIS yöntemi ile çözüme devam edilmiştir.

**3.4 TOPSIS Yönteminin Uygulanması**

Yöntem, aşağıda görüldüğü gibi 7 aşamada gerçekleştirilmiştir.

*Aşama 1 - Karar Matrisinin (A) Oluşturulması*

Karar matrisinin satırlarında üstünlükleri sıralanmak istenen karar noktaları, sütunlarında ise karar vermede kullanılacak değerlendirme faktörleri yer alır. Probleme ait karar matrisi Tablo 2’de görülmektedir.

**Tablo 2.** Karar Matrisi

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **A1** | **A2** | **A3** | **B1** | **B2** | **B3** | **B4** | **B5** | **C1** | **C2** | **C3** |
|  | 0,50 | | | 0,25 | | | | | 0,25 | | |
| W=1 | 0,317 | 0,053 | 0,129 | 0,05 | 0,05 | 0,011 | 0,116 | 0,022 | 0,16 | 0,065 | 0,0265 |
| Addis Ababa | 4 | 325 | 16660 | 770.000 | 92.984.000 | 150 | 170 | 0 | 13 | 48.905 | 315.962 |
| Astana | 3 | 280 | 15424 | 4.560.000 | 17.947.000 | 482 | 4.386 | 1 | 9 | 17.512 | 503.450 |
| Amman | 4 | 135 | 5367 | 3.990.000 | 6.824.000 | 43 | 2.423 | 1 | 20 | 67.959 | 547.026 |
| Aşgabat | 5 | 230 | 11455 | 213.000 | 5.982.000 | 600 | 3.889 | 0 | 12 | 105.335 | 198.986 |
| Abu Dhabi | 6 | 270 | 13643 | 7.126.000 | 9.856.000 | 150 | 30.257 | 0 | 19 | 198.576 | 951.745 |

*Aşama 2: Standart Karar Matrisinin (R) Oluşturulması*

TOPSIS metodu karar matrislerindeki değerlerin normalize edilmesi ile başlar. Normalizasyon işlemi; sütunlardaki her bir değerin ilgili sütundaki değerlerin kareleri toplamının kareköküne bölünüp tek paydaya indirgenmesidir. Probleme ait standart karar matrisi Tablo 3’de görülmektedir.

*Aşama 3 - Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (V) Oluşturulması*

Standart matris kriterleri ağırlık katsayıları (*W*) ile çarpılır. Her bir kriter için Kriterin ağırlıklandırılmış karar matrisi hesaplanır. Kriterlerin ağırlık değerleri karar alıcı tarafından belirlenir. Probleme ait ağırlıklı karar matrisi Tablo 4’de görülmektedir.

**Tablo 3.** Standart Karar Matrisinin (R) Oluşturulması

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **A1** | **A2** | **A3** | **B1** | **B2** | **B3** | **B4** | **B5** | **C1** | **C2** | **C3** |
| Addis Ababa | 0,604 | 0,433 | 0,432 | 0,082 | 0,972 | 0,188 | 0,005 | 0 | 0,38 | 0,20 | 0,25 |
| Astana | 0,703 | 0,511 | 0,475 | 0,486 | 0,188 | 0,603 | 0,142 | 0,71 | 0,26 | 0,07 | 0,40 |
| Amman | 0,604 | 0,764 | 0,817 | 0,425 | 0,071 | 0,054 | 0,078 | 0,71 | 0,59 | 0,28 | 0,43 |
| Aşgabat | 0,505 | 0,598 | 0,610 | 0,023 | 0,063 | 0,750 | 0,126 | 0 | 0,35 | 0,44 | 0,16 |
| Abu Dhabi | 0,406 | 0,529 | 0,535 | 0,759 | 0,103 | 0,188 | 0,979 | 0 | 0,56 | 0,83 | 0,75 |

**Tablo 4.** Karar Matrisinin Ağırlıklandırılması

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **A1** | **A2** | **A3** | **B1** | **B2** | **B3** | **B4** | **B5** | **C1** | **C2** | **C3** |
| Addis Ababa | 0,191 | 0,023 | 0,056 | 0,004 | 0,0486 | 0,002 | 0,001 | 0 | 0,061 | 0,013 | 0,007 |
| Astana | 0,223 | 0,027 | 0,061 | 0,024 | 0,0094 | 0,007 | 0,016 | 0,015 | 0,042 | 0,005 | 0,011 |
| Amman | 0,191 | 0,041 | 0,105 | 0,021 | 0,0036 | 0,001 | 0,009 | 0,015 | 0,094 | 0,018 | 0,011 |
| Aşgabat | 0,160 | 0,032 | 0,079 | 0,001 | 0,0031 | 0,008 | 0,015 | 0 | 0,056 | 0,028 | 0,004 |
| Abu Dhabi | 0,129 | 0,028 | 0,069 | 0,038 | 0,0052 | 0,002 | 0,114 | 0 | 0,089 | 0,054 | 0,020 |

*Aşama 4 – Pozitif İdeal () ve Negatif İdeal () Çözümlerin Oluşturulması*

Ağırlıklı karar matrisinde her sütundan ideal çözüm için ideal ve negatif ideal çözüm için negatif ideal değerler seçilerek ideal ve negatif ideal çözüm setleri (İÇS) oluşturulur. Tablo 5’de pozitif ve negatif ideal çözüm setleri gösterilmektedir

**Tablo 5.** Pozitif ve Negatif İdeal Çözümler

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **A1** | **A2** | **A3** | **B1** | **B2** | **B3** | **B4** | **B5** | **C1** | **C2** | **C3** |
| POZ İÇS | 0,223 | 0,041 | 0,105 | 0,038 | 0,049 | 0,008 | 0,114 | 0,016 | 0,094 | 0,054 | 0,020 |
| NEG İÇS | 0,129 | 0,023 | 0,056 | 0,001 | 0,003 | 0,001 | 0,001 | 0,000 | 0,042 | 0,005 | 0,004 |

*Aşama 5 - Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması*

Her kritere ait olan sütundaki değerlerden pozitif ideal ve negatif ideal değerler çıkarılarak pozitif ve negatif ideal çözüme uzaklık değerleri Tablo 6 ve Tablo 7’de gösterildiği şekilde belirlenir.

**Tablo 6.** Pozitif İdeal Çözüme Uzaklık Değerleri

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **A1** | **A2** | **A3** | **B1** | **B2** | **B3** | **B4** | **B5** | **C1** | **C2** | **C3** |
| Addis Ababa | -0,031 | -0,018 | -0,050 | -0,034 | 0 | -0,006 | -0,113 | -0,0156 | -0,033 | -0,040 | -0,013 |
| Astana | 0 | -0,013 | -0,044 | -0,014 | -0,039 | -0,002 | -0,097 | 0 | -0,052 | -0,049 | -0,009 |
| Amman | -0,031 | 0 | 0 | -0,017 | -0,045 | -0,008 | -0,104 | 0 | 0 | -0,035 | -0,008 |
| Aşgabat | -0,063 | -0,009 | -0,027 | -0,037 | -0,045 | 0 | -0,099 | -0,0156 | -0,038 | -0,025 | -0,016 |
| Abu Dhabi | -0,094 | -0,012 | -0,036 | 0 | -0,043 | -0,006 | 0 | -0,0156 | -0,005 | 0 | 0 |

**Tablo 7.** Negatif İdeal Çözüme Uzaklık Değerleri

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **A1** | **A2** | **A3** | **B1** | **B2** | **B3** | **B4** | **B5** | **C1** | **C2** | **C3** |
| Addis Ababa | 0,063 | 0 | 0 | 0,003 | 0,045 | 0,001 | 0 | 0 | 0,019 | 0,008 | 0,002 |
| Astana | 0,094 | 0,004 | 0,005 | 0,023 | 0,006 | 0,006 | 0,016 | 0,0156 | 0 | 0 | 0,006 |
| Amman | 0,063 | 0,018 | 0,050 | 0,020 | 0,0004 | 0 | 0,008 | 0,0156 | 0,052 | 0,014 | 0,007 |
| Aşgabat | 0,031 | 0,009 | 0,023 | 0 | 0 | 0,008 | 0,014 | 0,0000 | 0,014 | 0,024 | 0 |
| Abu Dhabi | 0 | 0,005 | 0,013 | 0,037 | 0,002 | 0,001 | 0,113 | 0,0000 | 0,047 | 0,049 | 0,016 |

*Aşama 6 - İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması*

Her yıla ait uzaklık değerlerinin kareleri toplamının karekökleri alınarak her yılın pozitif ve negatif ideal çözümlere olan ortalama uzaklıkları belirlenir. En son yakınsaklık oranları C İ\* ilgili yılın negatif ortalama uzaklığının pozitif ve negatif ortalama uzaklıklarına bölünerek bulunur. Tablo 8’de ve Şekil 5’de görülmektedir. Yüksek yakınlık demek; sıralamada öncelik anlamına gelmektedir.

**Tablo 8.** Çözüme Yakınlık Sırası

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Pozitif  İdeal (S\*) | Neg. İdeal (S-) | Yakınlık C İ\* | % | Yakınlık Sırası |
| Addis Ababa | 0,144 | 0,080 | 0,3576 | 64,7 | 4 |
| Astana | 0,136 | 0,100 | 0,4248 | 76,8 | 2 |
| Amman | 0,125 | 0,102 | 0,4491 | 81,2 | 3 |
| Aşgabat | 0,143 | 0,051 | 0,2627 | 47,5 | 5 |
| Abu Dhabi | 0,112 | 0,138 | 0,5529 | 100 | 1 |

**Şekil 5.** Çözüme Yakınlık Grafiği

Böylelikle TOPSIS Yöntemi kullanılarak bir havayolu işletmesinin elde edilen çeşitli veriler kullanılarak gerekli hesaplamalar sonucunda uçuş noktası seçimi değerlendirmesi yapılmıştır. Sonuç çözüme yakınlık adımında da görüldüğü gibi Abu Dhabi en uygun uçuş noktası olarak tespit edilmiştir.

Abu Dhabi uçuş noktası seçimi ile ilgili sonuç ve değerlendirme bir sonraki bölümde bulunmaktadır.

**4. Tartışma ve Sonuç**

Günümüzde havayolu taşımacılık sektörü; hızla büyüyen teknolojik gelişmelerinde sayesinde güveni, etkinliği ve konforu barındırmaktadır. Böylece uzun mesafeler yakınlaşmakta yolculuklar kısa sürede gerçekleşmekte, kültür etkileşimleri artmakta ve ticari açıdan çok sayıda faydayı da beraberinde getirmektedir. Havayolu şirketlerinin uçuş lokasyonlarının sayısını arttırması tüm bu faydaları artırmaktadır. Ancak bu durum çok sayıda alternatif arasından en uygun kararı vermeyi de zorlaştırmaktadır.

Bu karar probleminde, çok sayıda nitelik ve nicelik içeren kriterler bulunmaktadır. Bu nedenle bu tip karar problemleri çok kriterli karar verme metotları ile çözümlenebilmektedir.Bu çalışma kapsamında bir seçim yaklaşımı ortaya koymak ve en iyileme yapmak için karar verme yöntemleri incelenmiştir. Çok kriterli bir karar problemi olduğu için mevcut literatürde bulunan ÇKKV yöntemleri içerisinde en uygun olabilecek ve alternatiflerin birbirine göre baskınlıklarının olmadığı karar verme problemlerinde kullanılan AHP yöntemi seçilmiştir.

Literatürde yaygın kullanım alanı bulan AHP tekniği pek çok alanda uygulanarak çok kriterli karar verme problemlerinde karar vericilere en iyi alternatifi seçme konusunda yardımcıdır. AHP yönteminin halihazırda yönetim, ekonomi, politika, sosyal konular, teknik ve teknolojik konularda uygulamaları bulunmaktadır. AHP’de bir karar hiyerarşisi üzerinde, belirlenmiş tanımlanmış karşılaştırma skalası kullanılır. Kararı etkileyen faktörler ve bu faktörler açısından karar noktalarının önem değerleri açısından, birebir karşılaştırmalara dayanmaktadır. Sonuç olarak ta önem farklılıkları, karar noktaları üzerinde yüzde dağılımına dönüşmektedir.

Uygulama anketinden elde edilen veriler kullanılarak AHP yönteminin uygulaması yapılmıştır. Üç ana ve on bir alt kriter ile 5 farklı alternatif üzerinden analizler gerçekleştirilmiştir. Microsoft Excel programında AHP yöntemi adımları esas alınarak ilgili hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada sonuçlara en doğru şekilde ulaşmak için tüm kriterlerin tutarlılık indeksleri hesaplanmıştır. Uçuş noktası alternatifleri içeresinden Abu Dhabi’nin bu kriterler altında en iyi uçuş noktası olduğu belirlenmiştir.

**Kaynakça**

1. Boeing Current Market Outlook. 2016. <http://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/commercial/about-our-market/assets/>downloads/cmo\_print\_2016\_final\_updated.pdf
2. SHGM (2015), Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü 2015 Faaliyet Raporu. <http://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/pdf/kurumsal/raporlar/2015_faaliyet_raporu_29.02.2016.pdf>
3. Ho, W., Xu, X., & Dey, P. K. 2010. Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. European Journal of Operational Research, 202(1), 16–24. Doi:10.1016/j.ejor.2009.05.009.
4. Aydoğan, E.K. 2011. Performance Measurement Model For Turkish Aviation Firms Using The Rough-AHP And TOPSIS Methods Under Fuzzy Environment*.* Expert Systems with Applications 38, 3992–3998
5. Nooramin, A.S. , Sayareh, J. , Moghadam, M.K., Alizmini, H.R. 2012. TOPSIS and AHP techniques for selecting the most efficient marine container yard gantry Crane. OPSEARCH, 49(2),116–132
6. Tyagi, M., Kumar, P., Kumar, D. 2014. A hybrid approach using AHP-TOPSIS for analyzing e- SCM performance. 12th Global Congress Manufacturıng and Management , Procedia Engineering 97, 2195 – 2203.
7. Jayant, A. , Gupta, P. , Garg, S.K. , Khan, M. 2014. TOPSIS-AHP Based Approach for Selection of Reverse Logistics Service Provider: A Case Study of Mobile Phone Industry . Procedia Engineering, 97, 2147 – 2156
8. Delice, E.K. 2016. Havayolu Firmaları Seçimi İçin Bulanık Çok Kriterli Bir Model. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 31 (2), 263-276.
9. Çırpın, B.K. , Kurt, D. 2016. Havayolu Taşımacılığında Hizmet Kalitesi Ölçümü. Journal of Transportation and Logistics 1 (1), 83-98
10. Tutulmaz, O. 2016. Havayolu Ulaştırması Sektörünün Rekabetçi Yapısı: Türk Havayolu Ulaştırmasının Açılım Dönemi Üzerine Bir Değerlendirme . Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 14 (2), 111-136.
11. Yaylalı, M. , Dilek, Ö. 2009., Erzurum’da Yolcuların Havayolu Ulaşım Tercihlerini Etkileyen Faktörlerin Tespiti . Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari bilimler Dergisi , 26 (1), 1-21.
12. Okumuş, A., Asil, H. 2007. Hizmet Kalitesi Algılamasının Havayolu Yolcularının Genel Memnuniyet Düzeylerine Olan Etkisinin İncelenmesi. İ.Ü. İşletme Fakültesi İşletme Dergisi, 36 (2), 07–29
13. Özer, S.U. , Kayaalp, E.G. 2012. Türkiye’de Faaliyet Gösteren Havayolu Şirketlerinin Marka Kişiliklerini Belirlemeye Yönelik Bir Araştırma. Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi, 23 (2), 173 – 186
14. Albayrak, Y.E. 2005. Banka Performans Değerlendirmede Analitik Hiyerarşi Süreç Yaklaşımı, İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendislik Dergisi, Cilt:4, Sayı;6, ss.47-58.
15. Civir, P. 2015. Otomotiv Sektöründe Tedarikçi Seçiminde Ahp Bulanık AHP Karşılaştırması. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
16. Gürün, A. 2015. Sivil Havacılık Sektöründe İş Jeti Modeli Seçimi: AHP Yöntemi Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi , Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
17. Yılmaz, E. . 1999. Analitik Hiyerarsi Süreci Kullanılarak Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinin Çözümü. Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 5, 95–122.
18. Eleren, A., Ögel S., Yıldız F. 2009. İşletmelerde Finansal Performansın Ölçülmesinde TOPSIS Yöntemin Kullanılması ve Bir Uygulama. 13. Ulusal Finans Sempozyumu, Afkonkarahisar, 383-391.
19. Kaya Y. “Çok Amaçlı Karar Verme Yöntemlerinden TOPSIS ve Electre Yöntemlerinin Karşılaştırılması”, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, (2004)
20. Yurdakul, M., İç, Y.T. 2003. Türk Otomotiv Firmalarının Performans Ölçümü ve Analizine Yönelik TOPSIS Yöntemini Kullanan Bir Örnek Çalışma. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 18 (1), 1-13.

Erciyes Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

Cilt 34, Sayı 3, 2018

Erciyes University

Journal of Institue Of Science and Technology

Volume 34, Issue 3, 2018

|  |  |
| --- | --- |
|  | |
| **Tarihi Çevrelerde Kentsel Peyzaj Tasarımın Kayseri Mimar Sinan Parkı Örneğinde İncelenmesi**  **Aslıhan Tırnakçı1, Meliha Aklıbaşında[[1]](#footnote-1)2**  1, \*2 Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, NEVŞEHİR  (Alınış / Received: 22.03.2018, Kabul / Accepted: 13.07.2018, Online Yayınlanma / Published Online: 31.12.2018) | |
|  | |
|  |  |
| **Anahtar Kelimeler**  Tarihi çevre koruma,  Kentsel peyzaj tasarımı,  Mimar Sinan Kent Parkı,  Kayseri. | **Öz:** Tarihi çevreler, geçmiş ile bugün arasında bağlantı kuran özel alanlardır. Hızlı kentleşme ve nüfus artışı ile birlikte kentler sıradanlaşmış ve birbirine benzeyen yapılar topluluğu halini almıştır. Tarihi çevreler taşıdıkları farklı özellikleriyle kentlerin kimliği üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Buna rağmen alınan yanlış planlama kararları ve yapılan yanlış uygulamalarla her geçen gün tarihi değerlerimizi kaybetmekteyiz. Bu alanların sürdürülebilirliğinin sağlanması için korunması ve mevcut kent dokusu ile uyumlaştırılması gerekmektedir. Dolayısıyla tarihi çevrelerin korunmasında hedef sadece yapının değil aynı zamanda yapı çevresinin de korunması olmalıdır.  Bu araştırmanın amacı; tarihi yapıların çevrelerindeki açık-yeşil alanlarla birlikte korunarak kültürel sürekliliğinin sağlanması, mevcut kent dokusu ile bütünlüğü sağlanarak gelecek kuşaklara aktarılması ve kentsel peyzaj tasarımının öneminin Kayseri-Mimar Sinan Kent Parkı örneğinde ortaya konmasıdır. Bu kapsamda, tarihi çevre koruma, kentsel peyzaj tasarımı, açık-yeşil alan kavramlarına değinilerek, araştırma alanı olan Mimar Sinan Parkı’nda yapılan arazi envanter ve analiz çalışmaları sonucunda elde edilen bulgular doğrultusunda alana yönelik SWOT analizi ve imaj analizi gerçekleştirilmiş, imaj analiz paftası hazırlanmıştır. Ayrıca kent merkezinin önemli açık-yeşil alanlarından biri olan alanda mevcut doku ve sorunlar belirlenmiş, geleneksel dokuya uyumun gerçekleştirilmesine ve sürdürülebilirliğinin sağlanmasına yönelik kentsel peyzaj planlama ve tasarımı önerileri sunulmuştur. |
|  |  |
|  |  |
| **Examination of Urban Landscape Design in Historical Environments in the Case of Kayseri Mimar Sinan Park** | |
|  | |
|  | |
| **Keywords**  The conservation of historical environment,  Urban landscape design, Mimar Sinan Urban Park, Kayseri. | **Abstract:** Historical environments are special areas which contact between past and the today. Cities have become ordinary and similar structures group with the rapid urbanization and population growth. Historical environment plays an important role upon identity of cities with its different features. Also due to faulty planning decisions and misapplication, we are losing our historical values every passing day. To achieve sustainability of these areas, it is necessary that historical environments should be conserved and be adapted to existing urban texture. Thereby the aim of protection is not only historical monument but also environment of monuments. In this sense urban design and urban landscape design has become prominent.  The scope of this research, within the frame of Kayseri Mimar Sinan Urban Park case, is to highlight the importance of urban landscape design in conservation of historical structures with their surrounding open-green spaces in order to assure cultural continuity and their adaptation with existing urban fabric for transfer to future generations. Within this scope, conservation of historical places, urban landscape design, and concept of open-green areas were touched upon. And according to the findings obtained from field inventor and analysis in the research field the SWOT Analysis and image analysis on the area done and image analysis sheet was prepared. Also existing urban fabric and problems have been determined and presented urban landscape planning and design suggestions to realize harmony of traditional fabric and to maintain the sustainability in the region. |
|  |  |

**1. Giriş**

Yaşayan bir varlık olarak kentler sürekli bir yenilenme ve değişim içerisindedir. Toplumlarda görülen sosyal ve ekonomik değişimlerin neden olduğu yeni eylemlere bağlı olarak doğan ihtiyaçlar kente yeni işlevler yüklenmesini ve buna bağlı olarak eski yapıların yeniden kullanımlarını veya yeni yapıların inşa edilmesini gerektirmektedir. Ancak yapılan yanlışlar ve sadece yapı ölçeğinde sorunu çözmeyi hedefleyen çalışmalar ile ortaya çıkan değişim, kentin mimarisinde geri dönülmesi güç bozulmalara neden olmaktadır. Yapılan her hata geçmiş uygarlıklardan günümüze kalan fiziksel izlerin silinmesine, bu nedenle de kimliğini yitirmiş bir fiziksel çevre ve bu çevrede köksüz ve kimliksiz bir sosyal yapının oluşmasına neden olmaktadır [1].

Fiziki mekan kurgusu ile kendine özgü somut ve soyut değerleri yansıtan tarihi çevreler, çeşitli uygarlıkların yaşam felsefesi ve birikimleri sonucu oluşmuştur [2]. Dolayısıyla yaşam koşullarının, geleneklerin, yapım tekniklerinin hızla değiştiği bir dünyada tarihi kent mekanları, geçmişte nasıl bir çevre içinde yaşandığını gösteren açık hava müzeleridir [3].

Kentlerin ayrılmaz bir parçası olan, özgün nitelikler taşıyan ve bulundukları mekanları nitelendiren bu alanların günümüz yaşam koşullarıyla bütünleştirilerek yaşatılması ve gelecek nesillere aktarılması kent kimliğinin devamlılığı bakımından gereklidir. Fakat geleneksel yaşam biçimlerinin, yapı tarzlarının, sanatsal duyarlılıkların ipuçlarını veren tarihi çevreler; küreselleşme, hızlı tüketim ve teknolojik gelişimin hızına ayak uyduramamakta, zamanla yok olmaktadır [4].

Çevre bilincinin gelişimi ile tarihsel kent olgularının kent kültürünün ayrılmaz bir parçası olduğu, kente ait kararların yeni ve eski kent merkezlerinin tümü için geçerli olduğu ve korumada yöntemler geliştirme gerekliliği yaygınlaşmıştır [5]. Tarihi çevrelerin korunması ve yenilenmesindeki temel amaçlar; tarihsel ve kültürel sürekliliğin sağlanması, tarihî çevrenin çağdaş yaşam koşulları doğrultusunda daha sağlıklı fakat kimliğini koruyarak canlandırılması, yapı stoku durumundaki tarihî yapıların değerlendirilmesi, kent peyzajının ve geleneksel yerleşim modelinin korunmasıdır [6].

Kent ölçeğinde tarihsel mirası koruma, yapı ve bahçesi ile başlar. Daha sonra önem durumuna göre yakın çevresi ve diğer yapılarla cadde, sokak, meydan, açık-yeşil alanları da içine alacak şekilde tarihi yapılar çevreleriyle birlikte korundukları zaman geleneksel mimari belirginliğini ve sürekliliğini devam ettirebilir [7, 8]. Kentsel peyzaj planlama ve tasarımı bu anlamda öne çıkmaktadır. Tarihi dokular, bir müze objesi olarak görülmeyip geçmişi tanıtarak günümüzün fiziksel ve sosyo-kültürel ilişkiler düzeninde anlamlı bir yer kazanmalıdır. Bu nedenle kentsel peyzaj tasarımı kentin fiziksel ve sosyal karakterinin oluşumunu sağlarken, tarihi dokuların korunması-yaşatılması ve geliştirilmesi bağlamında etkin bir süreç olarak karşımıza çıkmaktadır [9]. Bu bağlamda tarihi çevrelerde korumaya yönelik geliştirilecek kentsel peyzaj tasarım ölçütlerini şu şekilde sıralayabiliriz [10, 11, 12]:

1. Koruma-kullanma dengesi çerçevesinde sürdürülebilir, kentin okunabilirliğini sağlayıcı ve artırıcı kentsel peyzaj planlama ve tasarımları yapmak
2. Tarihi dokunun özellikleri ve farklı kullanıcı gereksinimleri dikkate alınarak uygun kentsel mekan çözümleri geliştirmek
3. Geçmiş ile bugün arasında köprü oluşturacak şekilde fiziksel ve sosyo-kültürel bütünlüğü sağlamak
4. Tarihi çevrenin sosyo-kültürel işlevinin canlandırılması için fırsatlar sunacak uygun kullanım alanları oluşturmak
5. Tarihi çevrelerde mevcut bakım ve onarım eksikliklerini belirlemek, yapılacak multidisipliner çalışmalar ile eksikliklerin ortadan kaldırılması için tasarım standartları geliştirmek
6. Alanın özellikleri, tarihi kimliği ve bulunduğu bölge dikkate alınarak kullanılacak kentsel peyzaj öğelerinin (bitkisel ve yapısal materyal, donatı elemanları vb.) biçim, renk, doku gibi özellikleri bakımından uyumlu olmasına dikkat etmek
7. Güvenli, ulaşım öncelikli yayalaştırma politikaları ve alternatif ulaşım projeleri geliştirmek
8. Halkı tarihi çevre konusunda bilgilendirmek ve bilinçlendirilmesini sağlamak
9. Yeni yapılacak yapıları kültürel kimliğe uygun gerçekleştirmek için geleneksel bitkisel ve yapısal çözümleri içeren tipolojiler oluşturmak
10. Fiziki ve sosyo-kültürel yapıyı birlikte ele alan bütüncül koruma politikaları geliştirmek
11. Tarihi doku ve çevresindeki trafik akışını ve otopark kullanımını tekrar ele almak, trafiği bu bölgeden uzaklaştırmak ve otopark kullanımını tarihi doku dışında kurgulamak

Bu çalışmanın amacı tarihi yapıların çevrelerindeki açık-yeşil alanlarla birlikte korunarak ve günümüz yaşam şartları ile uyumlaştırılarak sürekliliğin sağlanmasında köprü olan kentsel peyzaj tasarımının önemini sahip olduğu tarihi doku nedeniyle Kayseri Mimar Sinan Parkı örneğinde ortaya koymaktır. Bu doğrultuda Mimar Sinan parkı peyzaj tasarım projesi; tarihi çevrelerde peyzaj tasarımı ilkeleri doğrultusunda irdelenmiş, mevcut durumu ve kullanım amaçları araştırılmış, çevresi ile uyumu ortaya konmuştur. Çalışma sonucunda tarihi çevreye ilişkin sorunlar belirlenmiş, geleneksel dokunun koruma-kullanma dengesi kapsamında sürdürülebilirliğinin sağlanması ve sosyo-kültürel yaşamın geliştirilmesine yönelik kentsel peyzaj tasarımı önerileri getirilmiştir. Elde edilen verilerin ve çalışma sonuçlarının tarihi çevrelerde peyzaj tasarımları oluşturulurken bir rehber olacağı düşünülmektedir.

**2. Materyal ve Metot**

**2.1. Materyal**

Araştırmanın ana materyalini, Kayseri kent merkezinin önemli açık-yeşil alanlarından biri olan ve Selçuklu dönemine ait önemli tarihi yapıların yer aldığı, yaklaşık 15 hektar (ha) alana sahip Mimar Sinan Parkı oluşturmaktadır (Şekil 1).

****

**Şekil 1.** Çalışma alanının coğrafi konumu

Kayseri tarihi kent merkezi Sivas, Erzurum ve Konya gibi özellikle Selçuklu dönemi izlerini taşıyan bir yerleşimdir. Bu tarihi yerleşimde dikkati çeken en önemli unsurlardan biri tarihi yapıların simgesel değer taşımalarıdır [13]. Araştırma alanı sınırları içerisinde Çifte Medrese olarak bilinen ve günümüzde müze olarak kullanılan Gevher Nesibe Medresesi, kitap evi olarak kullanılan Avgunlu Medresesi ve Kalaycıoğlu Mescidi de bu simgesel değerlerdendir.

Bir Selçuklu eseri olan Gevher Nesibe Medresesi, Sultan I. Gıyaseddin Keyhüsrev’in ikinci saltanatında kız kardeşi, Kılıçarslan’ın kızı Melike Gevher Nesibe’nin vasiyeti üzerine Gıyaseddin Keyhüsrev tarafından 1205-1211 yılları arasında yaptırılmıştır. Tıp Medresesi ve Şifahane olarak birbirine bitişik, açık avlulu iki yapıdan oluşmaktadır. Gerek şifahane gerekse medrese bir açık avlu etrafında tertiplenen dört eyvanlı şemaya uygun olarak inşa edilmiştir. Süsleme bakımından sade olan yapı bütünüyle kesme taştan inşa edilmiştir [14] (Şekil 2).

Çifte Medrese, Anadolu Selçuklu Dönemi mimarisi açısından sahip olduğu bazı özellikleri ile dikkatleri üzerine çekmektedir. Öncelikle birbirine bitişik planda inşa edilen iki adet medreseden oluşması bakımından önemlidir. Bu özelliğe, Anadolu Türk Mimarisi’nde az rastlanmaktadır. Çifte Medrese’nin dikkat çekici özelliklerinden bir diğeri Anadolu Selçuklu Dönemi’ne ait günümüze ulaşabilen ilk darüşşifa örneği olan Gevher Nesibe Darüşşifası’nı içinde barındırıyor olmasıdır [15].

Medrese, 1980’li yıllardan itibaren Erciyes Üniversitesi tarafından Tıp Tarihi Müzesi olarak kullanılmıştır. 2012 yılında kullanımının Kayseri Büyükşehir Belediyesi’ne devredilmesiyle Selçuklu Dönemi’ne ait eserlerin sergilendiği Selçuklu Uygarlığı Müzesine dönüştürülmüştür [16].



**Şekil 2.** Gevher Nesibe Medresesi genel görünümü

Avgunlu Medresesi, Gevher Nesibe Medresesinin güney batısında yer alan, Selçuklu özellikleri taşıyan bir yapıdır. Zaman içerisinde yapı kot seviyesinin altında kalmıştır. Plan gelişimi, mimari elemanlarının özellikleri dikkate alındığında ve Kayseri’de bulunan diğer Selçuklu örnekleri ile karşılaştırıldığında 1220-1230 yılları arasında yapılmış olduğu düşünülmektedir. Yapının duvarları moloz taş dolgulu, kesme taş kaplamalıdır [14]. Günümüzde içi kitap evi olarak kullanılan medresenin dış avlusunda çay ocağı hizmeti verilmekte, yiyecek-içecek vb. ürünlerin satışı yapılmaktadır (Şekil 3).



**Şekil 3.** Avgunlu Medresesi genel görünümü

Kalaycıoğlu Mescidi, Gevher Nesibe Medresesinin hemen kuzeyinde yer alan dikdörtgen planlı bir mahalle mescididir. Yapının mimari özellikleri dikkate alınarak XVIII. Yüzyılda yapıldığı kabul edilmektedir. Mescit, tek katlı ocak taşlarından yapılmıştır. Mescit halen ibadete kapalıdır [14] (Şekil 4).



**Şekil 4.** Kalaycıoğlu Mescidi genel görünümü

Bu alanın araştırma alanı olarak seçilme nedenleri;

* Tarihi kimliğinin yanı sıra alanda rekreatif aktivitelerin yoğun olması,
* Kent merkezi içinde ulaşılabilirliği yüksek bir alan olması,
* Tarihi yapıların kullanılıyor durumda olması,
* Kayseri Kenti tarihi kent merkezinde bulunan ve her esere bir fonksiyonun yüklendiği “Kültür Yolu Projesi” nin başlangıç noktası olmasıdır.

Araştırmada yardımcı materyal olarak 1/25.000 ölçekli imar planından, 1/100 ölçekli Gevher Nesibe Medresesi ve çevresi revize peyzaj tasarımı projesinden, uydu görüntülerinden, alan ile ilgili yazılı kaynaklardan, alana ait fotoğraflardan, alanda gerçekleştirilen görsel inceleme ve analizlerden, kentsel tarihi çevre yenileme ve kentsel peyzaj tasarımı ile ilgili literatürlerden yararlanılmıştır.

**2.2. Yöntem**

Çalışma; (1) literatür taraması ve veri toplama, (2) arazi çalışması, (3) araştırma alanı imaj analizi, (4) araştırma alanı GZFT (SWOT) analizi, (5) sonuç ve öneriler olmak üzere 5 aşamada gerçekleştirilmiştir.

Birinci aşamada; yapılan literatür taraması ile araştırma konusuna ve araştırma alanına ilişkin veriler elde edilmiştir.

İkinci aşamada; yerinde yapılan incelemelerle araştırma alanının mevcut durumu, tarihi dokunun ve çevresinin mekansal özellikleri, yakın çevresi ile olan ilişkisi incelenmiş; yapısal peyzaj tasarımı ve bitkilendirme tasarımı tarihi çevrelerde kentsel peyzaj tasarımı ilkeleri çerçevesinde irdelenmiştir.

Üçüncü aşamada; Lynch’in [17] görsel analizde kullandığı bağlantılar, sınırlar, nirengiler, odaklar ve bölgeler gibi ölçütler temel alınarak alanın imaj paftası hazırlanmıştır.

Dördüncü aşamada; alanda yapılan envanter çalışması ile alanın sahip olduğu güçlü ve zayıf yönler ile sağladığı fırsatlar ve alana yönelik tehditler GZFT (SWOT) analizi ile tespit edilmiş, araştırma alanı kentsel tarihi çevre koruma çerçevesinde değerlendirilmiştir.

Beşinci ve son aşamada; tarihi çevrelerde kentsel peyzaj tasarımı ilkeleri doğrultusunda sosyo-kültürel yaşamı geliştirici ve kültürel devamlılığı sağlayıcı öneriler getirilmiştir.

**3. Bulgular**

**3.1. Araştırma Alanının Kentsel Doku İçerisinde Konumu, Mevcut Alan Kullanımları ve Peyzaj Tasarım Özellikleri**

Kayseri tarihi kent merkezi, tarihin farklı dönemlerinde (Roma, Anadolu Selçuklu, Beylikler, Osmanlı ve Cumhuriyet dönemi) farklı uygarlıklara ev sahipliği yapmış, farklı kültürlerin yerleştiği dini, idari, ilmi ve ticari bir merkez olmuş, anıtsal yapıları ve sivil mimari örnekleriyle geçmişin izlerini bugüne taşımıştır. Tarihi kent merkezini Gevher Nesibe, Sahabiye, Hunat, Kiçikapı, Cumhuriyet ve Camii Kebir Mahallesi olmak üzere altı mahalle şekillendirmiştir (Şekil 5) [13].



**Şekil 5.** Kayseri kent merkezi ve tarihi dokusu [13]

Araştırma alanı, tarihi kent merkezini şekillendiren Gevher Nesibe mahallesinde, kentin önemli ulaşım arterleri olan Atatürk Bulvarı, İstasyon Caddesi ve Park Bulvarı arasında yer almaktadır. Tarihi kent merkezinde halen kentsel merkezi aktivitelerin yoğun olarak bulunmasından dolayı Mimar Sinan Parkı, kent içinde ulaşılabilirliği yüksek bir konuma sahip olmakla birlikte kentin tümüne hizmet eden kentsel açık-yeşil alan niteliğindedir.

Tarihi kent merkezinde kat sayılarının artırılması, küçük parsellerde çok katlı yapılaşmaya izin verilmesi, geleneksel tarihi kent merkezinin tarihi kimliğin ötesinde idari ve ticari kimliği kazanmasına neden olmuştur. Alan çevresinde kamu yapıları, oteller, eğitim kurumları, özel sağlık kurumları, iş merkezleri ve mağazalar bulunmaktadır. Bu tür kullanımların bulunduğu İstasyon Caddesi ve Park Bulvarı bu anlamda gelişimini tamamlamış, Atatürk Bulvarı ise gelişmeye devam etmektedir. Dolayısıyla alan geleneksel dokuya uygun olmayan yüksek katlı yapılar ile yapı adaları arasında sıkışmış bir açık-yeşil alan görünümü sergilemektedir. Bu bağlamda alanın “Central Park” gibi yoğun yapı kitlesi ve kent yaşamı ile bir kontrast oluşturduğu görülmektedir.

1997 yılında oluşturulmuş 15 ha büyüklüğündeki açık-yeşil alan içerisinde 1000 kişilik bir amfi, süs havuzu, suni gölet, spor sahaları, 1000 araçlık bir otopark, bir adet helikopter pisti, ağaç altı oturma birimleri ve yürüyüş yolları bulunmaktadır. Kent yaşamının karmaşasından kısa süreli uzaklaşmak isteyen kent insanına çeşitli rekreasyonel imkanlar sunan park, yoğun kent merkezi trafiğinden kısmen uzaklığı ve sakinliği ile dikkati çekmektedir. Ayrıca yıl içerisinde düzenlenen konser, festival, açık hava sineması gibi çeşitli sosyo-kültürel faaliyetlerle bir kültür merkezi haline de gelmiştir (Şekil 6). Farklı kullanıcı ve yaş gruplarına hitap eden park yeşil alanları ve içerisinde bulunan tarihi yapıları ile kentin önemli bir nirengi noktasıdır.

|  |  |
| --- | --- |
| **a**  C:\Users\owner\Desktop\gevher nesibe\gevher foto\20160611_001125.jpg | **b**  C:\Users\owner\Desktop\Suzi_Dilara_20160525_090409_01.jpg |

**Şekil 6.** Çalışma alanında gerçekleştirilen sosyo-kültürel etkinlikler (**a:** Ramazan ayında kurulan ramazan sokağı; **b:** Medrese önünde kurulan konserstandı)

Mimar Sinan Parkı kent merkezinin alansal olarak en büyük açık-yeşil alanıdır. Alanın peyzaj tasarımı incelendiğinde; alan içerisinde bulunan tarihi yapıları ön plana çıkarmaya yönelik bir tasarım yaklaşımının sergilenmediği gözlemlenmiştir. Ancak tarihi kent merkezinde oluşturulan bu açık-yeşil alan tarihi yapıların korunmasında ve günümüze kadar taşınmasında önemli bir işleve sahiptir. Bu bağlamda halkın rekreasyon ihtiyacını karşılayan Mimar Sinan Parkı’nda tarihi doku bozulmamış fakat içerisinde ve yakın çevresinde bulunan tarihi yapılarla tasarım genelinde zayıf bir ilişki kurulmuştur. Bir ana girişi bulunan alana çok sayıda yan girişle erişim sağlanmaktadır. Alanı çevreleyen Mimar Sinan Caddesi ve Tekin Sokak boyunca otoparklar kurgulanmış, bu otoparkların parka gelen ziyaretçilerden çok çevresindeki iş merkezleri, özel hastaneler ve kamu kurumlarına hizmet ettiği belirlenmiştir. Özellikle Mimar Sinan Caddesi üzerinde bulunan otopark alanı parkın ve tarihi dokunun algılanmasında bölünmelere neden olmakta ve beraberinde görüntü kirliliği oluşturmaktadır (Şekil 7). 1/25.000 ölçekli imar planı paftası incelendiğinde bu alanın Mimar Sinan Parkı sınırları içerisinde açık-yeşil alan olarak planlandığı fakat açık otopark olarak düzenlendiği tespit edilmiştir. Ayrıca parkın çevresindeki mevcut alan kullanımından kaynaklı artan otopark ihtiyacını karşılamak amacıyla park içerisindeki suni gölet küçültülerek bu alanda çok katlı bir otopark inşaatı başlatılmıştır. Dolayısıyla alan üzerindeki yapılaşma baskısı her geçen gün artmaktadır.

|  |  |
| --- | --- |
| C:\Users\owner\Desktop\gevher nesibe\gevher foto\20160326_131400.jpg | C:\Users\owner\Desktop\gevher nesibe\gevher foto\20160326_133442.jpg |

**Şekil 7.** Tarihi çevrede görüntü kirliliği oluşturan otopark alanları

Tarihi dokunun da yer aldığı Mimar Sinan Parkı peyzaj tasarımı incelendiğinde;

* Kullanılan canlı ve cansız kentsel donatı elemanları arasında biçimsel, işlevsel ve estetik yönden bütünlük sağlandığı görülmektedir. Cansız donatı elemanlarını oluşturan döşeme elemanları, oturma birimleri, aydınlatma elemanları, çöp kutuları, işaret ve bilgilendirme levhaları alanın genel dokusuyla uyumlu bir görünüm sergilemektedir. Yoğun kullanımın olduğu alanda çoğunlukla ağaç altı oturma birimleri kullanılmış olup girişteki meydanda basamaklı oturma alanı oluşturulmuştur. Ayrıca alandaki kot farklarından doğan duvarlar oturma amaçlı kullanılmaktadır. Parkın Tekin sokakla olan sınırı cep oturma alanları olarak düzenlenmiştir (Şekil 8). Açık oturma birimlerinin dışında kafe ve restoran gibi mekanlar tasarlanarak kullanıcılara kapalı alanlarda da oturma ve dinlenme imkanı sağlanmıştır.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| C:\Users\Admin\Desktop\gevher foto\20160326_133648.jpg | C:\Users\Admin\Desktop\gevher foto\20160326_131803.jpg | C:\Users\Admin\Desktop\gevher foto\DSCN7137.JPG |

**Şekil 8.** Alanda oluşturulan oturma birimlerinden görünümler

* Park içerisinde bulunan ve parka adı verilen Mimar Sinan’a ait heykel kent estetiğini destekleyen ve alana sanatsal değer kazandıran önemli bir obje olarak dikkat çekmektedir (Şekil 9).

|  |  |
| --- | --- |
| C:\Users\owner\Desktop\gevher nesibe\gevher foto\20160326_131631.jpg | C:\Users\Admin\Desktop\gevher nesibe\gevher foto\20160326_131834.jpg |

**Şekil 9.** Mimar Sinan Heykeli’nden görünümler

* Alan içerisinde bulunan ve kitap evi olarak kullanılan Avgunlu Medresesi’nin önünde satışa sunulan ürünlerin stantları, yağmur ve güneşten korunması amacıyla kullanılan şemsiye ve tente sistemleri tarihi yapıyı kapatmakta, alan genelinde görüntü kirliliğine neden olmaktadır (Şekil 10).

|  |  |
| --- | --- |
| C:\Users\Admin\Desktop\gevher nesibe\gevher foto\20160326_132116.jpg | C:\Users\owner\Desktop\gevher nesibe\gevher foto\20160326_132213.jpg |

**Şekil 10.** Avgunlu Medresesi önünde tarihi yapıyı kapatan ve görüntü kirliliği oluşturan birimler

* Gevher Nesibe Medresesi önünde bulunan ve temel kullanım alanına dönüşen havuzlu meydan ile Tekin Sokak arasında 2 m’lik bir kot farkı bulunmaktadır. Bu kot farkı değerlendirilerek hareketli su yüzeyini gören bir adet izleme platformu oluşturulmuştur. Arka planda bulunan Gevher Nesibe Medresesinin mimari ve dokusal özellikleri göz önüne alınarak oluşturulan su yüzeyi tasarımı ile kullanıcıların alanı okuyabilmeleri sağlanmıştır. Parçalı-dikdörtgen formda kurgulanan su yüzeyi köşeli formlu tarihi yapıyla bütünlük sağlamış fakat su yüzeyinin parçalı olması mekanın algılanmasında bölünmelere neden olmuştur (Şekil 11).



**Şekil 11.** Alandaki havuzlu meydanın genel görünümü

* Akşamları silikleşen tarihi doku ışınsal kullanılan yer tipi armatürler ile vurgulanarak odak noktası oluşturulmuştur. Havuzlu meydandan medreseye net bir geçiş sağlanamamış, bu geçiş alandaki mevcut bitki parteri ile kesilmiştir.
* Araştırma alanının Mimar Sinan Caddesi üzerindeki girişi ile alan arasında ise 1,5 m’lik bir kot farkı bulunmaktadır. Bu kot farkı kullanılarak alana giriş, oluşturulan geniş bir seyir terası ile sağlanmıştır (Şekil 12).



**Şekil 12.** Alan girişinde bulunan ahşap seyir terası

* Alanda birbirinden bağımsız dört toplanma ve dağılma merkezi bulunmaktadır. Yönlendirici ana bir aksın oluşturulmadığı alanda tasarlanan ara akslarla insanlara bütün alanı gezme imkanı sunulmuştur. Oluşturulan ara akslarda dokuyla uyumlu açık gri bazalt döşeme elemanı kullanılmıştır.
* Araştırma alanında yapısal ve bitkisel peyzaj elemanları bir bütün oluşturmaktadır. Yapılan bitkilendirme tasarımında bitkilerin gölge ve yönlendirme gibi tasarım özellikleri dikkate alınmışken sınırlama ve vurgu gibi tasarım özellikleri dikkate alınmamıştır. Alan genelinde *Pinus sylvestris* (Sarıçam), *Hibiscus syriacus* (Ağaç Hatmi), *Tilia* sp. (Ihlamur), *Buxus sempervirens ‘*Rotundifolia’(Top Şimşir), *Pinus nigra* (Karaçam)*, Acer negundo* (Dişbudak Yapraklı Akçaağaç), *Morus alba* ‘Pendula’(Sarkık Dut), *Picea pungens* ‘Glauca’(Mavi Ladin), *Prunus cerasifera* ‘Atropurpurea’ (Kırmızı Yapraklı Erik), *Viburnum opulus* (Kartopu), *Robinia pseudoacacia* 'Umbraculifera' (Top Akasya*), Cupressocyparis leylandii* (Melez Servi), *Cotoneaster horizontalis* (Yayılıcı Dağ Muşmulası), *Pyracantha coccinea* (Ateş Dikeni), *Sophora japonica* (Japon Soforası), *Aesculus hippocastanum* (At Kestanesi), *Robinia hispida* (Tüylü Yalancı Akasya), *Picea abies* (Avrupa Ladini)*, Ailanthus altissima* (Kokar Ağaç), *Juniperus sabina* (Sabin Ardıcı), *Platanus orientalis* (Doğu Çınarı) ve *Thuja orientalis ‘*Pyramidalis’ (Piramidal Mazı) gibi bitki türleri kullanılmıştır. Yoğun olarak *Aesculus hippocastanum*’un(At Kestanesi) tercih edildiği araştırma alanında yaprak döken ve dökmeyen türler homojen bir şekilde kullanılmamıştır.Alanda bitkilendirme yapılırken bitkilerin doku, renk ve form özellikleri dikkate alınmasına rağmen bitkilerin yıl boyu sağlayacağı etki, ileride alacakları boy ve çap ile mekanda oluşturacakları kitle-boşluk dengesinin göz ardı edildiği belirlenmiştir. Bu bağlamda araştırma alanında yaprak döken ve dökmeyen türlerin dengeli kullanılmaması özellikle kış aylarında mekan algısını azaltmakta ve mekanlar tanımlanamamaktadır. Bunun yanı sıra kapalı mekan yaklaşımı ile ağaç, ağaççık ve çalılar ile oluşturulan bitkilendirme tasarımı vejetasyon döneminde tarihi çevrenin algılanabilirliğini azaltmaktadır. Özellikle tarihi yapıların yakın çevresinde yüksek boylu ve yoğun bitki kullanılması yapı silüetini kapatmakta, ancak bitkiler yaprağını döktükten sonra tarihi doku ön plana çıkmaktadır.
* Yürüyüş yollarının iki yanında uygun aralıklarla *Aesculus hippocastanum* (At kestanesi) ile oluşturulan alle bitkilendirme ile yollar tanımlanmış ve mekanların algılanmasında bir derinlik oluşturmuştur (Şekil 13). Araştırma alanının ana girişi ise *Berberis thunbergii* (Kadın tuzluğu), *Cupressus arizonica* (Mavi Arizona servisi/tijli), *Thuja orientalis* ‘Pyramidalis Aurea’ (Altuni piramit mazı) ve mevsimlik çiçekler ile yapılan bitkisel kompozisyonla vurgulanmıştır.



**Şekil 13.** Alle bitkilendirmenin yapıldığı yürüyüş yollar

* Genel anlamda araştırma alanında yapılan bitkilendirme çalışması ile alan insan ölçeğine indirgenmiş, yapılan bitkisel kompozisyonlarla alanda mekan algısı oluşturulmuştur. Karasal iklimin hakim olduğu kentte, mikroklimatik etki yarattığı için özellikle yüksek boylu ağaçların altında oluşturulan oturma alanları ve geniş çim yüzeyler yaz aylarında kent insanına oturma ve dinlenme imkanı sunmaktadır.

**3.2. İmaj Analizi Sonucu Elde Edilen Bulgular**

Lynch (1960)’e göre kentli yaşadığı çevreye ait bir zihinsel harita oluşturmakta, bu zihinsel harita içinde, bağlantılar, bölgeler, sınırlar, nirengi noktaları ve odaklar kişinin kent ortamında fiziksel ve psikolojik yönlenmesinde önemli hatırlatıcı öğeleri oluşturmaktadır [13]. Dolayısıyla kent imajında belirleyici rol oynayan bu öğeler kentin algılanabilirliğini ve okunabilirliğini artırmaktadır. Bu bağlamda araştırma alanının imaj yapısının belirlenmesinde bu öğelerden yararlanılmış, elde edilen veriler doğrultusunda araştırma alanına ait imaj analizi paftası oluşturulmuştur (Şekil 14).

**Bağlantılar­**

Bağlantılar, kentin hareket elemanlarıdır. Cumhuriyet Meydanı kentin temel bağlantı noktası olup araştırma alanına ulaşımda da önemli bir geçiş bölgesidir. Atatürk Bulvarı, Park Caddesi ve İstasyon Caddesi meydana bağlanan ana ulaşım arterleridir. Bu arterlerden araştırma alanını çevreleyen Mimar Sinan Caddesi, Tekin Sokak, Gök Sokak ve Gök Geçidi Sokağa çok sayıda bağlantı olup alana araçla veya yaya olarak ulaşım kesintisiz olarak sağlanmaktadır.

**Bölgeler**

Kayseri tarihi kent merkezi mahalle bazında altı farklı bölgeden oluşmaktadır. Kültürel miras niteliğindeki tarihi yapıları ile Mimar Sinan Parkı başlı başına bir bölgeyi oluşturmaktadır. Kurşunlu Camii ve çevresi kendi içinde belirgin özellikler gösteren önemli diğer bir bölgedir. Mimar Sinan Caddesi, Tekin Sokak ve Gür Sokak çevresi yeni yapılaşmaların görüldüğü alanlar olarak tarihi çevreden farklılaşmaktadır.

**Sınırlar**

Mimar Sinan Parkı’nın güneydoğusunda yer alan ve kent meydanının önemli açık-yeşil alanlarından biri olan Meydan Parkı, alanı ayırıcı bir sınır elemanıdır. Araştırma alanı Kocasinan Belediye Binası, İl Çevre ve Orman Müdürlüğü Binası, defterdarlık, beş yıldızlı bir otel, iş merkezleri ve özel hastaneler ile çevrelenmiştir. Tekin Sokak ve Gür Sokak üzerinde yeni yapılan yüksek katlı bina sayısı oldukça fazla olup Mimar Sinan Caddesi üzerinde ise eski 4-5 katlı binalar bulunmaktadır. Dolayısıyla kat yüksekliklerinde homojen bir dağılım söz konusu değildir. Görsel algıda etkili faktörler göz önüne alındığında alan genelinde bitişik nizam yapıların sokaklara dönük cepheleri araştırma alanının düşey sınırını oluşturan elemanlardır. Yapıların kat yükseklikleri ve cadde sokak ilişkileri alanda bulunan tarihi yapıların ve siluetlerinin algılanmasını engellemektedir.

**Nirengiler**

Nirengi noktaları, fiziksel peyzajın kolaylıkla tanımlanabilen ve kentsel alanın tümünde algılanabilen elemanlardır [18]. Araştırma alanı sınırları içerisindeki Gevher Nesibe Medresesi, Gevher Nesibe Türbesi, Kalaycıoğlu Mescidi ve Avgunlu Medresesi Mimar Sinan Parkına dikkati çeken ve alanı tanımlayan önemli nirengi noktalarıdır. Ayrıca araştırma alanının yakın çevresinde yer alan Kurşunlu Camii, Kadı Çeşmesi, Hasbek Kümbeti, Hasbek Çeşmesi, Hacı Kılıç Camii ve Hacı Kılıç Medresesi nirengi noktası sayılabilecek diğer kentsel ve kültürel öğelerdir. Araştırma alanının tarihi kent merkezinde bulunması nedeniyle yakın çevresinde çok sayıda tarihi öneme sahip nirengiler bulunmaktadır. Ancak araştırma alanı içerisindeki tarihi öğeler de dahil olmak üzere kentsel mekan organizasyonunun kopuk olması nedeniyle bazı önemli tarihi nirengi noktaları kentsel dokunun içinde kaybolmakta ve fark edilememektedir.

**Odaklar**

Odak noktaları kamusal kullanımda önemli olan ve yoğun kullanılan toplanma ve dağılma alanlarıdır. Araştırma alanının sınırını oluşturan Mimar Sinan Caddesi ve Tekin Sokak’ın kesişim noktası önemli odak noktasıdır. Ayrıca araştırma alanının güneydoğusunda yer alan Meydan Park ve Almer alış veriş merkezinin önünde bulunan küçük meydancık da araştırma alanı yakın çevresinde önemli bir odak noktasını oluşturmaktadır.

****

**Şekil 14.** Araştırma alanı çevresindeki alan kullanımları ve araştırma alanı imaj analizi

**3.3. GZFT (SWOT) Analizi Sonucu Elde Edilen Bulgular**

SWOT analizi, tarihi çevrenin mevcut potansiyelinin korunması ve geliştirilmesi için korumayı teşvik edici stratejilerinin belirlenmesinde analitik bir araştırma yöntemi olarak kullanılmıştır. Bu analiz, tarihi çevreye yönelik geliştirilecek sürdürülebilir koruma-geliştirme-alan yönetimi stratejilerinin mekânsal ve işlevsel öncelikleri ile mevcut sorunların belirlenmesi ve ileriye dönük çözüm önerilerinin geliştirilmesi kapsamında peyzaj planlama ve peyzaj tasarım önceliklerinin belirlenebilmesi açısından önemlidir [19, 20, 21, 22]. Bu bağlamda çalışma alanının güçlü ve zayıf yönleri, tehdit ve fırsatları incelenmiştir (Tablo 1).

**Tablo 1.** Araştırma alanı için yapılan SWOT Analizi

|  |  |
| --- | --- |
| **GÜÇLÜ YÖNLER** | **ZAYIF YÖNLER** |
| * Araştırma alanının tarihi kent merkezinde yer alması * Kent merkezinde aktif-pasif rekreasyona imkan sağlayan açık-yeşil alan olarak kullanılması * Alan içerisinde ve yakın çevresinde geleneksel kent dokusuna, siluetine ve Kayseri kent kimliğine katkıda bulunan tarihi yapıların olması (Gevher Nesibe Medresesi, Avgunlu Medresesi, Kalaycıoğlu Mescidi, Kurşunlu Camii, Kadı Çeşmesi, Hasbek Kümbeti ve Çesmesi) * Alandaki tarihi yapıların korunarak çeşitli amaçlarla kullanılıyor olması * Tarihi yapıların alan içerisinde yer almasının tarihi çevreyi korumaya katkısının olması * “Kültür yolu projesi” başlangıç noktası olması | * Kültürel mirasa konu olan tarihi yapıların yüksek katlı binaların baskısı altında olması * Yüksek rantlar nedeniyle ortaya çıkan yapı düzeni ve yoğunluğuna bağlı olarak alanın fiziki dokusunun bütünle uyum sağlamaması * Yapılan çevre düzenlemelerinde tarihi yapıları ön plana çıkarmayı hedefleyen bir tasarım anlayışının benimsenmemiş olması * Tarihi yapıların yakın çevresinde kullanılan yüksek boylu bitkilerin yapıların algılanabilirliğini engellemesi * Alanda geceleri güvenlik sorununun olması * Artan ihtiyaçlarla alana yeni fonksiyonlar getirilmesi sonucu alanın organik yapısının giderek bozulması * Tarihi yapıyla uyuşmayan geçici satış ve sergi birimlerinin kullanılmasıyla oluşan görsel kirlilik |
| **FIRSATLAR** | **TEHDİTLER** |
| * Alanın kent meydanında olması nedeniyle kolay erişebilirlik olanağı * Yerel yönetimin tarihi çevreleri korumaya yönelik projeler geliştirmesi * Alandaki tarihi değerler ile tarihi kent merkezi arasında geçiş niteliğine dayalı koridor mekan niteliğinde olması * Ulusal ve uluslar arası öneme sahip kültürel miras değerleri ile şekillenmiş kent dokusunun turizme bağlı hizmet alanları olarak geliştirilmesi | * Alanın çevresinde yüksek katlı imara izin verilmesi * Yüksek rantlar nedeniyle ortaya çıkan yapı düzeni ve yoğunluna bağlı olarak alanın doku ve siluet özelliklerinin bozulma riski * Alan çevresindeki yoğun kullanım sonucu olası yeni yapılaşmaların alan sınırlarını tehdit etmesi * Alan çevresinde artan yapılaşma sonucu alanın kullanımının giderek artması ve taşıma kapasitesinin aşılması * Tarihi çevreleri korumada insanların yeterince bilinçli olmaması * Alanda düzenlenen çeşitli sosyal ve kültürel etkinliklerde yeterli koruma önlemlerinin alınmaması sonucu çevresel bozulma |

**4. Sonuç ve Öneriler**

Tarihi çevreler, kentin fiziksel ve sosyal yapısı içinde birer "düğüm noktası" konumundadırlar. Yapıldıkları devirlerin duygu, düşünce, eğitim, sosyal yaşam, deneyim ve birikimlerini bugüne aktararak kentlerin okunabilirliğine yardımcı olurlar [23, 24].

Tarihi kent merkezleri kentsel alan içerisinde öncelikle korunması ve geliştirilmesi gereken hassas bölgelerdir. Kentin kültürel kimliğinin sürdürülebilmesi sadece yapı bazında bir korumayla mümkün değildir [25, 26]. Dolayısıyla kentlerin kimliklerini korumaları ve geleceğe taşımaları için tarihi çevrelerin, yeni yapılaşmış çevrelerle bütünleştirilmesi ve canlandırılması ile kültürel sürekliliği sağlanacaktır [27]. Bunun yanında ulaşıma, korumaya, yenilemeye ve çevre düzenlenmesine yönelik kentsel tasarımın etkin olarak kullanılacağı politikalar geliştirilmelidir. Bu bağlamda birçok medeniyete ev sahipliği yapmış Kayseri’de Kayseri Büyük Şehir Belediyesi tarafından geliştirilen çeşitli politikalarla, planlamalarla ve uygulamalarla tarihi dokunun ön plana çıkarıldığı gözlemlenmiştir.

Kayseri tarihi kent merkezinde geleneksel dokunun korunarak tarihi kimliğin ortaya çıkarılması ve yaşanabilir kentsel alanların oluşturulmasında yayalaştırma politikaları gerçekleştirilmiş ve yaya sirkülasyonunu destekleyen yaya bölgeleri düzenlenmiştir. Bu sirkülasyonun başlangıç noktası olan Mimar Sinan Parkı hem barındırdığı önemli tarihi yapılarla hem de kent insanına sunduğu rekreatif olanaklarla kent merkezinde bulunan mevcut kentsel açık-yeşil alan sistemleri içinde önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle araştırma alanı mutlak suretle mevcut sınırlarıyla korunması gereken kentsel açık-yeşil alandır.

Tarihi çevrelerin korunması, geliştirilmesi ve yaşatılması yapılacak doğru peyzaj tasarımları ile mümkündür. Bu bağlamda alanın ve Kayseri tarihi kent merkezinin tarihi kimliğinin devamlılığının sağlanmasında imaj analizleri iyi okunmalıdır. Yapılan imaj analizine göre araştırma alanı ve çevresi hem tarihi özellikleri hem de konumu itibariyle kent imajında önemli bir yere sahiptir. Ancak çevresindeki yüksek katlı ve yoğun yapılaşma tarihi dokunun bütünlüğünü, devamlılığını ve mekanın algılanabilirliğini engellemektedir. Bu doğrultuda kentin algılanabilirliğini sağlayıcı ve kent kimliğini belirginleştirici kentsel peyzaj tasarım süreçleri izlenerek tarihi çevrenin korunmasında istenilen düzeye ulaşılabilir.

GZFT (SWOT) Analizi ile tarihi çevre koruma ve geliştirme çalışmaları sırasında alanın sahip olduğu güçlü yönler ve fırsatları korumada, bu alanın sürdürülebilirliğinin sağlanmasında ne gibi avantajlar sunduğu saptanmaktadır [7]. Bu bağlamda çalışma kapsamında gerçekleştirilen GFZT (SWOT) Analizi ile alanın güçlü yönlerinden ve sunduğu fırsatlardan yararlanılarak, zayıf yönlerin güçlü duruma getirilmesi ve tehditlerin ortadan kaldırılması amacıyla plan ve stratejiler geliştirilebilir.

Dünyadaki tarihi mekanlarda çoğunlukla açık ve kısmen kapalı mekan tasarımları tercih edilmektedir. Açık veya kapalı mekan yaklaşımlarında önemli olan mekanda kullanılan bitki türlerinin ölçüsü, formu, dokusu ve adedidir. Kullanılan bitki türleri tarihi yapı ve doku ile orantılı olmalıdır. Geniş ve büyük ölçekli (meydan niteliğinde olan alanlar) alanlarda açık mekan yaklaşımlı tasarımlar yapılmalıdır [28]. Araştırma alanında kapalı mekan yaklaşımı ile yapılan bitkilendirme tasarımı tarihi çevrenin algılanabilirliği ile mevcut yapı ve elemanların etkisini azaltmıştır. Dolayısıyla alanda tarihi dokunun algılanabilirliğini artıran; form, doku ve ölçeğiyle tarihi dokuyu vurgulayan nitelikte yeni bir bitkilendirme tasarımı geliştirilmelidir.

Tarihî yapı çevrelerinde yapılan düzenlemeler tarihî doku ile yarışmamalı, estetik ve fonksiyonel açıdan birbirleriyle uyumlu olmalıdır. Bu bağlamda araştırma alanı çevresinde bulunan ve tarihi dokuyla uyum sağlamayan yüksek katlı binalar görsel bütünlüğü bozmaktadır. Tarihi kent merkezinde uygulanan bina cephe düzenlemeleri bu binalarda da uygulanmalı ve tarihi dokuyla görsel açıdan bütünlük sağlanmalıdır. Ayrıca tarihi kent merkezinde tarihi dokuların karakterini bozan yüksek katlı yapıların yapılmasına izin verilmemeli, çarpık yapılaşmanın önüne geçilerek kimlikli bir kent oluşumu sağlanmalıdır.

İdari birimlerin ve hizmet sektörünün tarihi kent merkezinde yoğunlaşması taşıt trafiğini artırmıştır. Tarihi dokunun trafik yoğunluğundan zarar görmemesi için ya taşıt trafiği tarihi dokudan uzak tutulmalı ya da çift yönlü araç trafiği tek yöne indirilmelidir. Araştırma alanı çevresinde bulunan otopark alanı ve cep otoparkları parkın ve tarihi dokunun algılanmasını engellemekte ve görüntü kirliliği oluşturmaktadır. Araştırma alanının girişinde bulunan açık otopark alanı 1/25.000 ölçekli imar planında kurgulandığı gibi Mimar Sinan Parkı’nın yeşil dokusuna dahil edilerek içerisinde Kurşunlu Camii ve Kadı Çeşmesi gibi önemli tarihi yapıların bulunduğu Meydan Parkıyla bütünlüğün sağlandığı bir peyzaj tasarımı geliştirilmelidir. Bu şekilde alandaki tarihi değerler ile kent merkezinde bulunan diğer tarihi mekanlar arasında net bir bütünlük sağlanacaktır.

Sonuç olarak, tarihi yapıların bulunduğu bölgenin doğru kentsel peyzaj planlama kararıyla geniş açık-yeşil alana dönüştürülmesi tarihi çevrenin korunmasını desteklemiştir. Ancak tasarım özellikleri bakımından değerlendirildiğinde mekanın okunabilirliği ve tarihi yapıların ön plana çıkarılması yönünden eksiklikler belirlenmiştir. Yine de yapılan tasarımlarla alan kent sağlığı, kent estetiği ve kent sosyal yaşamı için önemli bir kilit noktasıdır. Ancak gün geçtikçe gerek alan çevresinde artan yapılaşmalar gerekse alan kullanım yoğunluğunun artması ve bu doğrultuda değişen alan kullanım kararları ile alan sınırına olan müdahaleler hem alan üzerinde hem de tarihi çevre üzerinde ciddi baskı oluşturmaktadır. Dolayısıyla kent için önemli olan bu açık yeşil alanın sınırlarına hiçbir şekilde müdahale yapılmamalı ve buna yönelik yasal önlemler alınmalıdır. Ulusal ve uluslararası öneme sahip kültürel değerlerin korunmasında yerel yönetimlerin izlediği politikaların yanında halkın bu konudaki duyarlılığı da önemli olup halkın tarihi çevrelerle ilgili farkındalığını ve duyarlılığını artıracak çalışmalar yapılmalıdır.

**Kaynakça**

1. Arabacıoğlu, F.P., Aydemir, I. 2007. Tarihi Çevrelerde Yeniden Değerlendirme Kavramı. Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2 (4), 204-212.
2. Norberg-Schulz, C. 1979. Genius Loci. Rizzoli, New York.
3. Ahunbay, Z. 2004. Tarihî Çevre Koruma ve Restorasyon, Yapı Yayın:28, İstanbul.
4. Binan, C. 1999. Mimari Koruma Alanında Venedik Tüzüğü’nden Günümüze Düşünsel Gelişmenin Uluslararası Evrim Süreci. Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Basım-Yayın Merkezi, Yayın No:489, 116 s, İstanbul.
5. Smith, B. 2001. Managent of Historic Cities 2002. Case Studies Council of Europe, pp. 112, Strazburg.
6. Çelik, D. ve M. E. Yazgan. 2007. Kentsel Peyzaj Tasarımı Kapsamında Tarihi Çevre Korumaya Yönelik Yasa ve Yönetmeliklerin İrdelenmesi. ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 9 (11), 1-10.
7. Çelik, D. 2004. Kentsel Peyzaj Tasarımı Kapsamında Tarihi Çevre Yenileme Çalışmalarının Peyzaj Mimarlığı Açısından Araştırılması: Beypazarı Örneği. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
8. Ponting, C. 2000. Dünyanın Yeşil Tarihi, Çevre ve Uygarlıkların Çöküşü. Detay Basım, 351 s., İstanbul.
9. Özdemir, H. 2007. Tarihi Çevrelerde Kentsel Peyzaj Tasarım İlkelerinin Belirlenmesi, İstanbul-Zeyrek Örneğinde Bir İrdeleme. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak.
10. Groat, L.N. 1988. Contextual Compatibility in Architecture: An Issue of Personal Taste?. Cambridge University Pres, 228-253, New York.
11. Yazgan, M.E., Erdoğan, E., 1992. Tarihi Çevrelerde Peyzaj Planlama. Peyzaj Mimarisi Derneği Yayınları, No:2, s. 205, Ankara.
12. Koçan, N., Rüzgar, H., 2016. Kuzguncuk (Üsküdar) Tarihi Doku Koruma ve Yayalaştırma Projesi.International Journal of Cultural and Social Studies, 2, 125-134.
13. Erdoğan, A., Atabeyoğlu, Ö., 2016. The Effect of Historical Buildings on Urban Fabric: The Sample of Kayseri City Center. Türkiye Ormancılık Dergisi, 17 (1), 83-92.
14. Özbek, Y., Arslan, C., 2008. Kayseri Taşınmaz Kültür Varlıkları Envanteri, Cilt I. Kayseri Büyük Şehir Belediyesi Yayını, 1428 s., Kayseri.
15. Kutlu, M., 2017. Kayseri Çifte Medrese’de Gevher Nesibe Darüşşifası’nın Konumu Üzerine Bir Değerlendirme. Sanat Tarihi Dergisi, 16(2), 363-377.
16. Anonim, 2018. Selçuklu Uygarlığı Müzesi, http://www.selcuklumuzesi.com/ustmenu.asp?id=8&euid=1&sid=8 (09.07.2018)
17. Lynch, K., 1960. The Image of The City. MIT Press, Mussachusetts.
18. Türkoğlu, H. D., 2002. Kentsel İmge: İstanbul’dan Bulgular. İTÜ Dergisi, Mimarlık-Planlama-Tasarım, 1(1), 57-64.
19. Skea, R. 1996. The strengths and weaknesses of conservation areas. Journal of Urban Design,1(2), 215-28.
20. Doratlı, N., Hoşkara, Ş.Ö., Faslı, M. 2004. An Analytical Methodology For Revitalization Strategies İn Historic Urban Quarters: A Case Study Of The Walled City Of Nicosia, North Cyprus. Cities, 21(4), 329-348.
21. Güley,K., Abbasoğlu, M.S., 2005. Proposal for Revitalization and Conservation of the Famagusta. WSEAS Int. Conf. on Environment, Ecosystems and Development, pp. 90-95, Italy.
22. Özcan, K., 2009. Sürdürülebilir Kentsel Korumanın Olabilirliği Üzerine Bir Yaklaşım Önerisi: Konya Tarihi Kent Merkezi Örneği. METU JFA, 26 (2), 1-18.
23. Önal, S. 1999. Tarihi Çevrelerde Fiziksel Değişimin Kontrolü ve Geleneksel Kent Dokularının Korunması. Yenidüzen 8, pp. 11, İstanbul.
24. Doratlı, N., Önal, S. 2000. Tarihi Çevrelerde Kentsel Tasarım Stratejileri: Lefkoşe Arab Ahmet Bölgesi Canlandırma Projesinin Stratejik Yaklaşımlar Açısından Değerlendirilmesi. Mimar Sinan Üniversitesi 1. Kentsel Tasarım Haftası, pp. 167, İstanbul.
25. Aksulu, I., Bilsel, G., Bilsel, A., 1995. Kentsel korumada planlamanın üstünlüğü. 3. Kentsel Koruma- Yenileme ve Uygulamalar Kolokyumu, 13-14 Nisan, İstanbul.
26. Yılmaz, A. 2000. Kentsel Koruma Alanlarında  Planlama Ve   Kentsel Tasarım İlişkileri: Ankara, Afyon, Konya, Avanos, Divriği Örnekleri. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şehir ve Bölge Planlama  Bölümü, Yayınlanmamış Y.Lisans Tezi,   Ankara.
27. Ter, Ö.Ü. 2002. Konya Kenti Açık ve Yeşil Alan Varlığı içinde Tarihi Kent Merkezinin Kentsel Tasarımı Üzerine Bir Araştırma. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
28. Yılmaz, Y. 2012. Tarihi Çevrelerdeki Bitkilendirme Tasarımlarında Mekansal Kapalılığın Tercihler Üzerindeki Etkisi; Trabzon-Ortahisar Kentsel Yerleşim Alanı Örneği. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.

1. [↑](#footnote-ref-1)