



BİLGİSAYAR GRAFİKLERİNDE KUMAŞ SİMÜLASYONU ÜZERİNE BİR İNCELEME AN EXAMINATION ON CLOTH SIMULATION IN COMPUTER GRAPHICS

DOI: 10.20854/bujse.1395032

Uğur Güven ADAR^{1,*}, Ediz ŞAYKOL²

Öz

Gerçek dünya nesneleri olan kumaş ve giysi gibi kavramların bilgisayar grafiklerinde gerçekçiliğini sağlayacak şekilde hızlıca modellenerek bir model üzerinde gerçek dünyada olduğu gibi katlanması, kırışması veya yayılması gibi durumların animasyonunun oluşturulması, günümüzde tam olarak çözülememiş bir konudur. Uzun yıllardır devam eden çalışmalar, üç boyutlu ortamdaki kumaş modellemesini hesaplama maliyeti ile gerçekçilik arasında kurulmaya çalışılan denge esasınca yürütülmektedir. Bu çalışmanın amacı, kumaş modelleme çalışmalarını tarihsel bağlamı da dikkate alacak şekilde incelemek ve kumaş modelleme çalışmalarının geleceğine dair bir projeksiyon oluşturmaktır. Bu doğrultuda, kumaşın fiziksel özellikleri ve oluşumu incelenerek tarihsel açıdan fiziksel ortamdan iki boyutlu ortama aktarılan kumaşın bilgisayar grafiklerindeki kullanımı bağlamında değerlendirilmektedir. Ardından, kumaş modellemesine ilişkin geçmişten günümüze kullanılan yaygın yöntemler incelenerek karşılaştırılmış; son olarak iplik düzeyinde kumaş modelleme ile homojen iplik düzeyinde kumaş modelleme ile ilgili çalışmalar incelenmiş ve kumaş modelleme uygulamalarının geleceğine ilişkin bir değerlendirme yapılmıştır.

Abstract

The fast and accurate modeling of concepts like fabric and clothing, which are real-world objects, to achieve realism in computer graphics, allowing for simulations such as folding, wrinkling, or draping on a model as it would occur in the physical world, remains an unresolved issue in today's context. Long-standing research has been conducted in an attempt to strike a balance between the computational cost of modeling fabric in a three-dimensional environment and achieving realism. This study aims to examine fabric modeling endeavors in their historical context and project the future of fabric modeling efforts. In this regard, the physical properties and formation of fabric are investigated, evaluated in the context of its utilization in computer graphics where fabric is translated from the physical environment to the two-dimensional realm. Subsequently, prevalent methods used in fabric modeling from the past to the present are examined and compared. Finally, studies related to fabric modeling at the yarn level and homogeneous yarn-level fabric modeling are reviewed, culminating in an assessment of the prospects of fabric modeling applications.

Anahtar Kelimeler: Kumaş Simülasyonu, Giysi Simülasyonu, İplik Düzeyinde Kumaş Simülasyonu.

Keywords: Cloth Simulation, Garment Simulation, Yarn Based Cloth Simulation.

^{1,*} Corresponding Author: Istanbul Beykent University, Vocational School, Department of Computer Technologies, ugurguvenadar@beykent.edu.tr, orcid.org/0000-0003-3807-2176

² Istanbul Beykent University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Computer Engineering (EN), ediz.saykol@beykent.edu.tr, orcid.org/0000-0002-8950-5114

1. GİRİŞ

Gerçekçilik söz konusu olduğunda günlük hayatın içerisinde bulunan giysi, kumaş gibi nesnelerin bilgisayar ortamında modellenmesi ihtiyacı; film, animasyon, oyun, sanal/arttırılmış/karma gerçeklik ve moda tasarımı gibi alanlarda büyük ilgi görmekte ve önemli bir konu olarak kabul edilmektedir. Bu ilginin temel nedeni, gerek sanatsal faaliyetlerde gerekse moda tasarımında kullanıcılar açısından daha gerçekçi bir izlenim bırakabilmek ve kullanıcıların taleplerine mümkün olduğunca karşılık verebilmektir. Özellikle son dönemde hayatımıza giren Covid-19 pandemisi kaynaklı sağlık endişesi ve kullanıcıların güvenlik kaygıları nedeniyle bir mağazada kıyafet denemeden kıyafetin üzerlerinde nasıl duracağına dair fikir sahibi olabilmek önemli bir pazarlama stratejisine dönüşmüş durumdadır. Nitekim bu ihtiyaçlar doğrultusunda, mağazada kıyafetleri fiziksel olarak denemeye gerek kalmadan bir ekran üzerinde hızlıca denemeye olanak tanıyan TyrOn isimli bir teknoloji geliştirilmiştir (ul Haq ve Farooq, 2019). Bu sebeple bilgisayar grafikleri için bir kumaş modellemesi ele alındığında temelde dikkat edilecek husus kumaşın mühendislik ve teknik özellikleri değil, gerçekçi görünmesini sağlamaktır (Keiran vd., 2005). Ayrıca kumaş modelleme, kumaş yapılmadan önce performansının değerlendirmesine olanak tanınması açısından önemlidir. Özellikle astronomi ve itfaiye gibi kumaş performansının önemli olduğu alanlarda yapılacak modelleme, kumaşların geliştirilip deneyler aracılığıyla test edilmesi gibi zaman kayıplarının önüne geçmesi açısından oldukça önemlidir (Long vd., 2011).

Bilgisayar grafiklerinde kumaş modellemeye ilişkin çalışmalara bakıldığında, bunların genellikle iki grup altında toplandığı görülmektedir. Birinci grupta, tekstil sektörü yer almaktadır. Bu grupta makine mühendisliği bakış açısı kullanılmakta ve burada temel amaç kumaşın durumlarını tahmin etmek için doğru bir model geliştirme çabası bulunmaktadır. İkinci grup ise, ileri düzeyde bir kumaş modellemeye sahip olan bilgisayar grafik endüstrisidir. Bu grupta temel amaç, hesaplama maliyetlerini minimum düzeyde tutarak kumaşın en gerçekçi şekilde gösterilmesini sağlamaktır (Long vd., 2011).

Kumaş modelleme söz konusu olduğunda grafik fizikten önce gelmekte ve paralel programlama mimarisi öne çıkmaktadır. Kumaşın bir model üzerinde olması sürtünme, yer çekimi ve kalıp gibi esaslara bağlıken, modelin hareketi ile kırışıklık, akışkanlık, sönümlenme (damping) gibi hususlar önem arz etmektedir. Bunlar kumaşların birer durumu olarak kabul edilecek olursa, bu kumaş durumlarının bilgisayar ortamına aktarılması ve işlenmesi görece maliyetli olmaktadır. Yapılan çalışmalar genellikle, giysiyi tasarlamak için harcanan zaman ile kırışıklık, akışkanlık ve sönümlenme gibi çarpışma (collision) durumlarının işlenmesi (rendering) dikkate alındığında, giysinin gerçekçi davranışlarının işlenmesinin, zamanın büyük bir kısmını aldığına işaret etmekte ve bu zamanı azaltacak önerilerde bulunmak üzerine yoğunlaşmaktadırlar (Cirio vd. 2014). Bu bağlamda, kumaş modelleme çalışmaları, günümüzde hâlâ pratik bir çözüme kavuşmamış bir konu olarak (phenomenon) kabul edilebilir. Ancak buna rağmen konuya olan ilginin hâlâ canlı olması, çeşitli çalışmalar ile gelişme sağlanmasını mümkün kılmaktadır.

Kumaş modelleme/simülasyon uygulamaları yaklaşımları, 1930'larda giysi geometrisi üzerine yapılan çalışmalarla (Pierce, 1937) başlamıştır. Kumaş modelleme, başlangıçta katı cisim (rigid body) üzerine doku haritalandırma (texture mapping) ile yapılırken günümüze değin çok çeşitli yöntemlerin kullanıldığı görülmektedir. Nitekim bilgisayarların ve grafik kartlarının 1970'lerde yaygınlık kazanması, işlemci saat çevrimleri ve işlem kapasitelerinin artmasıyla grafik alanında yeni ve gerçekçi çalışmalar yapılmasının önünü açmış ve bu gelişmeler, kumaş modelleme

uygulamalarını ve yöntemlerini de geliştirmiştir. Bu yöntemlere ilişkin farklı sınıflandırmalar mevcuttur. Bunlardan biri; kumaş modellemeyi, geometrik temelli ve fizik temelli modeller olmak üzere iki gruba ayırmaktadır. Fizik temelli modeller; elastik temelli, parçacık temelli, kütle yay sönümleyici modeller olarak kendi içerisinde alt gruplara ayrılmaktadır (Kieran vd., 2005). Bir diğer sınıflandırmayı yapan Stuyck (2018) ise, bu yöntemleri uygulamalar bakımından çevrim içi ve çevrim dışı olarak gruplandırılarak alt gruplar özelinde ele almaktadır. Farklı sınıflandırmalar olmakla birlikte kumaş modellemede temel hedef, gerçek dünya görünümüne sahip giysi ve kumaşların zaman maliyetini minimum düzeyde tutacak şekilde optimum grafikler oluşturmaktır.

Son yıllarda, kumaş modellemesindeki gerçekçiliğin sağlanması amacıyla kumaşı doğrudan bir nesne olarak değil, kumaşı oluşturan ipliklerin davranışlarının modellenmesi ile daha gerçekçi ve hızlı simülasyonlar oluşturduklarını gösteren çalışmalar yapılmaktadır. Bu alanda yapılan çalışmalara iplik bazında modelleme denmektedir (Cirio vd. 2017). Çalışmalardaki ana hedef, kumaş modellemede karşılaşılan bükülme ve esneme gibi davranışların her bir iplikte vereceği tepkiyi modelleyerek daha gerçekçi modellemeler yapabilmektedir. Çünkü kumaşın ve kıyafetin fiziksel yapısı, bilgisayar ortamındaki modellemesiyle doğrudan bağlantılı olduğundan, kumaşı oluşturan etmenlerin fiziksel özelliklerinin detaylandırılması daha gerçekçi bir modelleme yapabilmek için önem kazanmaktadır. Ancak üç boyutlu ortamda oluşturan her iplik, bir nesne olarak kabul edilirse iplikler arasındaki davranışların ve kumaşı oluşturan binlerce ipliğin hesaplama maliyeti de her bir nesne için ayrıca ortaya çıkacağından bu tür bir modellemenin maliyeti de fazla olacaktır. Bu bağlamda, kumaşı oluşturan yapının örme veya dokuma kumaş olmasına göre değişmesi iplik düzeyinde modelleme ile doğrudan ilişkilidir (Sperl vd. 2020).

Bu çalışmanın amacı, kumaş modellemede kullanılan yöntemleri tarihsel bağlamını da dikkate alarak incelemek ve kumaş modelleme çalışmalarının geleceğine dair bir projeksiyon oluşturmaktır. Makale, kumaş modelleme çalışmalarına ilişkin gelişmelerin geçmişini ve geleceğini aynı perdede takip edebilmeye olanak tanıması ve kumaş modellemenin geleceğine ilişkin başlattığı tartışma ile bu konuda yapılan çalışmalara katkı niteliğindedir. Bu doğrultuda, öncelikle kumaşın fiziksel yapısı üzerine bir değerlendirme yapılmakta ve bilgisayar grafiklerinde kumaşın modellemesinde kullanılan yöntemler ele alınmaktadır. Bu bağlamda, çalışma beş bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde, konuya ilişkin temel kapsamdan bahsedildikten sonra, ikinci bölümde, kumaşın fiziksel oluşumu genel hatlarıyla değerlendirilmektedir. Üçüncü bölümde, bilgisayar grafiklerindeki kumaş modelleme yöntemleri incelenmektedir. Dördüncü bölümde, kumaş modellemede gelecek vaadeden iplik düzeyinde kumaş modelleme yöntemleri incelenmektedir. Beşinci bölümde ise, bilgisayar grafiklerindeki kumaş modelleme çalışmalarının geleceği incelenmektedir.

2. FİZİKSEL ORTAMDA KUMAŞIN OLUŞUMU

Bilgisayar bilimlerinden farklı bir teknoloji olan tekstil teknolojilerinde bir kumaşın nasıl oluştuğunun bilinmesi, grafiksel ortama geçirilen kumaşın yapısının daha iyi analiz edilebilmesine olanak tanır. Benzer şekilde, fiziksel dünyadaki bir nesnenin bilgisayarlardan önce iki veya üç boyutlu ortama aktarılmasına genel bir bakış da modelleme konusunda fikir verebilir. Dolayısıyla kumaş modelleme çalışmalarına ilişkin incelemeye geçmeden önce kumaşın fiziksel ortamda nasıl oluştuğuna dair bilgi sahibi olmak konuyu daha iyi kavrayabilmek açısından önem kazanmaktadır. Kıyafetlerin üretimi, ipliklerin oluşturulması ile

başlamaktadır. İplikler, doğal lif veya sentetik lif olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır (Mutlu, 2011). En yaygın doğal iplik yapıları; yün, pamuk, ipek ve ketendir. Sentetik liflerde de polyester, poliyamid ve akrilik örnek olarak verilebilir (Çelikkan Aydoğdu ve Yılmaz, 2019). Bunların dışında, doğal lif üzerine sentetik kaplama yöntemiyle su geçirmez iplik yapıları da bulunmaktadır.

İpliği oluşturan yapıya elyaf denmektedir (MEB, 2011). Elyaf, liflerin bükülmesi ile oluşturulmaktadır. Liflerin fiziksel boyutunun yanında elyaf oluşturulurken ne kadar fazla lif bir araya gelirse, esneme katsayıları o oranda artmaktadır. Tekstil teknolojisinde bir ipliğin ne kadar esneyebildiği “Eğilme Dayanımı” (Bending Rate/Strenght) olarak adlandırılmaktadır (Naujokaityté vd. 2007). İplikler bir araya getirilerek kumaş oluşmaktadır. Kumaşın oluşması için dokuma yapısı önem arz etmektedir. Bu dokuma yapısına “iplik bağlantısı” denilmektedir. Dokuma yapıları; Bezayağı, Dimi ve Saten Kumaş olarak üç grupta toplanmaktadır ve örne kumaş yöntemleri bunların dışında ve çok çeşitlidir (Yaşar, 2016).

Bir kumaşın rengi, fiziksel olarak iki şekilde elde edilebilir. Bunlar, ipliği boyamadan kumaş haline getirdikten sonra baskı veya boyama ile yapılan uygulama ve ipliği boyadıktan sonra kumaşın renkli halde olmasıdır. İpliği dokuyarak kumaş yapıldıktan sonra boyanması veya baskı ile renklendirilmesi işlemi, maliyet olarak ucuz olduğu için tercih edilmektedir. Gömlek gibi giysilerin ön yüzlerinin ve arka yüzlerinin bire bir aynı renkte olmamasının sebebi budur. İpliği boyadıktan sonra dokuma teknikleri ile kumaş yapma işleminde, iplik fiziksel rengini doğrudan içerisine batırılmış boya kazanından almakta ve ipliğin tamamı bu renkte olmaktadır. İpliklerin bir araya gelmesiyle kumaş oluşurken bir yandan da kumaşın rengini oluşturması dolayısıyla daha maliyetli bir süreç olduğundan sadece bazı firmalar tarafından tercih edilmektedir (Broadbent, 2001).

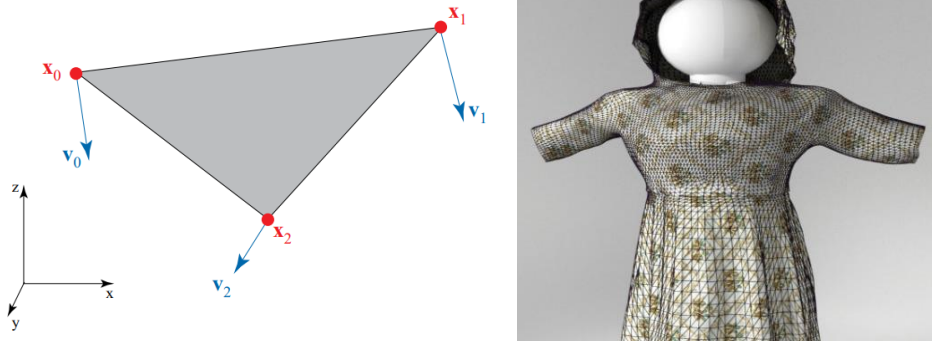
İplik veya kumaşın boyanmasında önemli diğer husus ise, boyanın kimyasal olmasının ipliği veya kumaşı etkilemesidir. Dolayısıyla renklendirme hususu, ipliğin ve dokumanın esnemesi gibi fiziksel özelliklerini doğrudan değiştirmektedir (Broadbent, 2001: 12). Bu duruma en basit örneklerinden biri, eskiden kumaşlara yapılan kolalama işlemidir. İplikler ham halde üretilirken ipliğin geldiği bölge, üretimi gibi hususlar da ipliğin yapısını ve ham rengini değiştirmektedir. Sentetik lifler, daha çok petrol türevi olduğu için benzer renktedirler (Lord, 2003).

Bilgisayar grafikleri açısından incelendiğinde ipliğin kumaş elde edildikten sonra yapılan renklendirmesinin geometrik ve fiziksel modellerin bazılarında kullanıldığı görülmektedir. İpliğin bir nesne olarak boyanarak tasarlanması ise iplik düzeyinde kumaş (yarn level cloth) olarak düşünülebilir. Grafiksellemede, kütle yay sisteminin fiziksel karşılığı olabilecek ipliklerin esneme durumlarına bakıldığında yünün %25-%50 arasında (Hassan, 2018), pamuğun %8'e kadar (Salman ve diğ. 2016), ketenin ise %20'ye esneyebildiği görülmektedir.

Özetle; lifler bir araya gelerek ipliği, iplikler bir araya gelerek dokuma ile kumaşı oluşturmakta, kumaş kalıp tasarımı esasınca giysiyi oluşturmaktadır. Liflerin oranı, bükülme dereceleri ve sayısı ipliğin gerilme oranlarını değiştirmekte, dokuma ise kumaşın fiziksel davranışını değiştirmektedir. Bu bağlamda değerlendirildiğinde bilgisayar ortamında kumaşın bütünsel bir yapı ile ifade edilmesinin, modellemenin gerçekçiliğini azaltabileceği düşünülebilir.

3. KUMAŞ MODELLEMEDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Kumaş modellemede kullanılan yöntemler, geometrik ve fizik temelli modeller olarak ikiye ayrılabilir. Ancak bu yöntemlerin karışımı olan geometrik-fizik temelli modelleme sunan yöntemler de mevcuttur (Rudomin, 1990). Geometrik temelli modeller, kumaşın üç boyutlu düzlemde temsil edilmesi üzerinedir. Kumaşın üç boyutlu ortamda temsil edilmesinde genellikle üçgenlerin bir araya geldiği yapı ile kullanılır (Stucyk, 2022). Üçgen, kenarları oluşturan üç köşe (vertices) veya partikül ile birbirine bağlanarak oluşturulur. Üçgen tabanlı kumaş simülasyonunun gücü, ayrıştırmanın (discretization) hesaplama ihtiyaçlarına adapte edilebilmesi ve bununla birlikte kumaşın genel davranışını koruyabilmesidir (Casafranca ve diğ. 2020). Şekil 1 (a)'da üçgen yapısının özellikleri, (b)'de ise kumaş üzerinde gösterimi sunulmuştur.



Şekil 1: (a) Bir üçgen, konumları kırmızı renkte gösterilen üç partikül veya köşe noktasından oluşur (x_i). Parçacıkların hızları ise mavi renkte gösterilmiştir (v_i). (b) Kumaş üzerinde üçgenlerin yerleşimi (Stucyk, 2022).

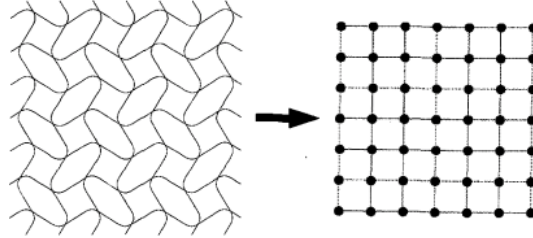
Fizik temelli modeller; elastik temelli modeller, partikül temelli modeller ve kütle yay sistemi üzerine yapılan modeller olmak üzere üç grup altında sıralanabilir. Geometrik temelli modeller, kumaşın fiziksel özelliklerinden bağımsız olarak giysiye benzer kıvrım ve kırışıklıkları geometrik olarak oluşturmayı hedeflemektedir. Fizik temelli modellerin temel yaklaşımı giysiyi ızgaralar, köşeleri (vertices) sonlu kütleyle sahip noktalar ve noktaların kuvvet ve enerjilerinin diğer noktalarla olan ilişkileri üzerinden hesaplanmasına dayanmaktadır. Burada potansiyel enerji germe(stretch), kesme (shear), bükme (bending) gibi deformasyonu göstermektedir (Li ve diğ. 2023).

Elastik temelli model, Weil (1986)'in iki boyutlu düzlemde üç boyutlu noktalar arasında enerji fonksiyonlarını tanımlayan bir modeldir. Bu modelde bulunan enerji; kumaşın çekme gerilimi, bükülmesi ve yer çekim bilgilerini içermektedir. Kumaştaki elastik kuvvetleri hesaplamak için noktalar arası mesafe ve bu mesafenin eğriliğinin ölçüsünü kullanmaktadır. Ancak bu modelde sadece asılı giysiler tasarlanmaktadır. Feynman tarafından yapılan benzer bir çalışmada (Feynman, 1986), giysinin nihai pozisyonu enerji minimizasyonundan türetilmiş olup Denklem (1)'de sunulmuştur.

$$E(P_{i,j}) = k_s E_{elastic(i,j)} + k_b E_{bending(i,j)} + k_g E_{gravitational(i,j)} \quad \text{Denklem(1)}$$

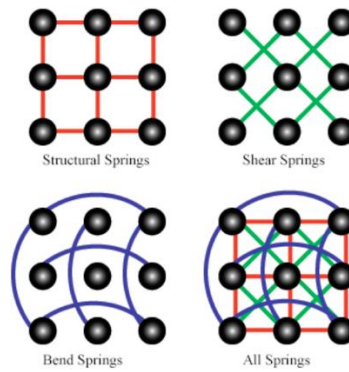
Partikül temelli model, 1992 yılında Breen vd. tarafından ortaya atılmıştır. Bu modelde, kumaşın altında yatan mekanik yapıyı temsil eden etkileşimli bir parçacık sistemi kullanarak

kumaş örtüsü simülasyonu için bir model geliştirmişlerdir. Parçacıklar, enerji fonksiyonlarıyla temsil edilen ilişkili mekanik bağlantıları tanımlayan denklemler kullanarak bitişik parçacıkları ve çevreleyen ortamlarla etkileşime girmekte olup, gevşeme yöntemi için stokastik gradyan iniş tekniği kullanmışlardır (Breen vd., 1992). Kullanılan yöntemdeki giysi yüzeyinin partiküllere dönüştürülmesi işlemi Şekil-2’de verilmiştir. Bu yöntemde daha sonraları Eberhardt vd. (1996) tarafından genel diferansiyel denklemler eklenerek giysinin dinamik davranışının eklenmesi üzerine çalışmalar yapılmıştır.



Şekil 2: Kumaş/Giysiye ait dokumanın fiziksel özellikleri solda verilirken, sağda partiküllere dönüştürülmesi sunulmaktadır (Breen vd., 1992).

Kütle yay sistemi üzerine yapılan modeller ise, 1988-1998 yıllarında Haumann ve Parent (1988) tarafından sunulmuş olup 1995 yılında Provot (1995) tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemde, birbirine bağlı parçacıklardan oluşan giysi modelinin ızgarası birbirine yaylı parçacıklarla bağlanmıştır. Kütle yay sisteminde; yapısal, çapraz, bükümlü yaylar ile bu üçünün karıştırılarak kurulduğu model yapıları, Newton’un ikinci hareket kanunu ile Hooke kanunu (bir yayın uzamasının uygulanan kuvvetle orantılı olması esas) kullanılarak yapılmakta olup Şekil-3’te verilmiştir (Kieran vd. 2005).



Şekil 3: Kütle yay modellemesinde kullanılan yay bağlantı çeşitleri (Kieran vd. 2005).

Kumaş modellemesi sürecinde örtük (implicit) ve açık (explicit) olarak iki temel hesaplama stratejisi bulunmaktadır. Buna integrasyon yöntemi denmektedir (Hayler ve diğ. 2004). Entegrasyon yöntemi, parçacıklardaki kuvvetleri, hızlarını ve konumlarını alır ve parçacığın bir sonraki hareket edeceği yeri ve hızını hesaplar (Baraff ve Witkin, 2023). Bu iki integrasyonun amacı da kumaşın t anından sonraki durumunu hesaplamak için kullanılmaktadır.

Açık integrasyon, hızlı olması sebebiyle geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu integrasyon yönteminde Euler integrasyonu veya Verlet integrasyonları kullanılabilir. Euler integrasyonu, $x^{n+1} = x^n + v^n(\Delta t)$ ve $v^{n+1} = v^n + a^n(\Delta t)$ olarak ifade edilmektedir. x^n , v^n , x^{n+1} , v^{n+1} sırasıyla partikülün mevcut konumu ve hızı ile yeni konumunu ve hızını temsil etmektedir. Δt zaman adımını, a^n ise parçacığın ivmesidir ve Newton’un hareket yasasını ($f^n = ma^n$) kullanarak

hesaplanır. Kumaş modellemede f^n parçacık üzerine etki eden birikmiş kuvvettir (Hayler ve diğ. 2004).

Verlet ise hesaplamasında partikülün hızını kullanmak yerine, yeni konumu hesaplamak için mevcut konum x^n ve önceki konumu x^{n-1} Denklem (2)'de verildiği şekliyle kullanır (Jakobsen, 2001).

$$x^{n+1} = 2x^n - x^{n-1} + a(\Delta t), \quad x^{n-1} = x^n \quad \text{Denklem(2)}$$

Örtük integrasyon ise 1998 yılında Baraff ve Witkin (Baraff ve Witkin, 1998)'de ortaya atılmıştır. Parçacık hakkında mevcut veya geçmiş bilgiyi kullanarak bir sonraki konumu ve hızı hesaplamak yerine, örtük integrasyon, bir sonraki konumu tahmin etmekte ve bu tahminin doğru olup olmadığını kontrol etmek için bir hesaplama yapar. Bu işlem, tahminin doğru olduğuna karar verilene kadar tekrarlanır (Hayler ve diğ., 2004). Choi ve diğerleri (Choi ve diğ. 2002) tarafından tanımlanan ikinci dereceden geri fark formülü (BDF; Bacward Difference Formula), yarı örtük bir integrasyon yöntemidir. BDF'de $\frac{\partial f}{\partial x}$ ve $\frac{\partial f}{\partial v}$ kısmi türevleri ile yaklaşık olarak hesaplanır. Eğer mevcut konum x^n sonuca eklenirse, elde edilen sonuçtan bir sonraki konum olan x^{n+1} elde edilir. Bir sonraki konumu kullanarak takip eden hız olan v^{n+1} hesaplanır. Denklem (3)'te hesaplama formülü gösterilmektedir (Hayler ve diğ. 2004).

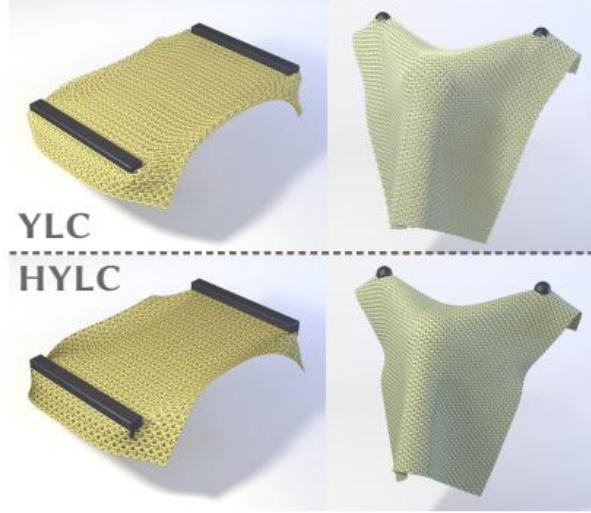
$$v^{n+1} = \frac{1}{\Delta t} \left(\frac{3}{2} x^{n-1} - 2x^n + \frac{1}{2} x^{n+1} \right) \quad \text{Denklem(3)}$$

4. İPLİK DÜZEYİNDE KUMAŞ MODELLEME İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Yukarıdaki bilgiler ışığında iplik düzeyinde giysi modelleme (yarn level cloth) üzerine çalışmalar incelenmiş ve iplik düzeyinde giysi modellemesinin rendering işleminin hesaplama maliyetinin çok yüksek olduğu görülmüştür. İplik seviyesinde kumaş modellemesi, tek tek ipliklerin davranışını modelleyen bir bilgisayar tabanlı simülasyonudur. Bu, ipliklerin gerilme, deformasyon ve birbirleriyle etkileşim gibi özelliklerini simüle etmeyi de içerebilir. Ayrıca kumaşların drapaj ve hareketini giydiğinde nasıl görüneceğini ve nasıl oturacağını da tahmin edebilir. İplik seviyesinde kumaş simülasyonu, moda ve tekstil sektöründe giysileri tasarlamak ve test etmek, ayrıca 3D grafik ve animasyon için gerçekçi kumaş simülasyonları oluşturmak için sıklıkla kullanılır (Kaldor, 2011). Bu tür bir simülasyon, bir giysinin giyildiğinde nasıl görüneceğini ve nasıl oturacağını tahmin etmek ve kumaş ya da tasarımda olası sorunları tespit etmek için yararlı olabilmektedir. Ayrıca, belirli performans özelliklerini elde etmek için kumaş özelliklerini ve tasarım elemanlarını optimize etmek için de kullanılabilir. Bu konuda en son yapılan çalışmalardan biri olan 2020 yılında Sperl vd. yapmış olduğu çalışma dikkat çekicidir. Sperl, bazı grafiksel gösterimlerden feragat ederek homojen bir iplik giysi modellemesi (homogenized yarn level cloth) önermektedir. Çalışmada, homojen olmayan modele göre çok daha hızlı olduğu sunulmuştur (Sperl vd. 2020).

İplik düzeyinde ve homojen iplik düzeyinde yapılan modellemelerin ikisi de kumaşların davranışını modelleyen bilgisayar tabanlı simülasyonlardır. İki tür arasındaki ana fark, simülasyonun hangi ayrıntı seviyesi ve tanecikli (granularity) ile gerçekleştirildiğidir. Homojen iplik seviyesi simülasyonu, kumaşı tek bir homojen varlık olarak modelleyen bir simülasyon türüdür. Bu tür bir simülasyonda, kumaş tek bir sürekli iplik olarak ele alınır ve kumaş içindeki tek tek iplikler açıkça modellenmez. Homojen iplik seviyesi simülasyonu, kumaşın genel davranışını analiz etmek için yararlı olabilir; ancak kumaş içinde meydana gelen ayrıntılı, iplik seviyesi etkileşimleri yakalayamayabilir. İki modelleme arasındaki fark değerlendirildiğinde

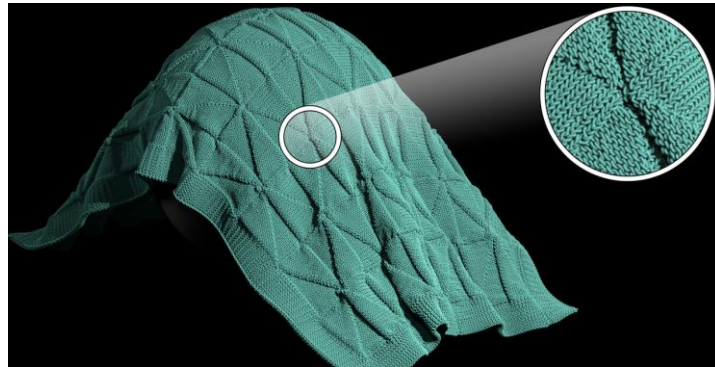
İplik seviyesi modelleme, kumaşın davranışının daha ayrıntılı ve doğru bir temsilini elde etmeyi sağlarken homojen iplik seviyesinde modelleme ise, daha basit ve soyut bir temsil sağlamaktadır. İki tür arasında yapılacak seçim, simülasyonun spesifik amaçlarına ve gereken ayrıntı ve doğruluğun seviyesine göre belirlenecektir. Homojen ve iplik düzeyinde modellemenin karşılaştırılması Şekil-4'te verilmiştir.



Şekil 4: Homojen ve İplik Düzeyinde Modelleme Karşılaştırılması. İplik Düzeyinde Modelleme (Üstte), Homojen İplik Modelleme (Altta) (Sperl vd. 2020).

İplik düzeyinde yapılan ilk çalışmalar, örme kumaşın davranışının ip dizilimini dokuma kumaştan ayırmayı temel almaktadır. Yapılan bir çalışmada (Kaldor vd., 2008) kumaşın bütününden çok, ipliklerin kendi arasındaki sürtünme ve esneme katsayıları hesaplanarak dinamik hareket içeren bir model sunulmuştur. Ancak iplik düzeyinde yapılan çalışmalarda hesaplama maliyetinin çok yüksek olması sebebiyle ardından gelen çalışmalar genellikle bu yöntemin hızlandırılması üzerinedir.

İplik düzeyinde modellemenin hızlandırılması için yapılan bir çalışmada (Kaldor vd. 2010), ipliklerin birbirileri ile olan ilişkisinin hesaplamasının çarpışma ve kırışma gibi durumlarda çok maliyetli olduğu belirtilmektedir. Bunun çözümü için cezaya dayalı (penalty based) bir yöntem önerilerek iplikler arası temaslar hesaplanmış ve deforme bazlı bir doğrusal kuvvetler esasınca değerlendirilmektedir. Yapılan testler sonucunda yedi ile dokuz kat hızlanma tespit edilmektedir. Şekil-5'te ilgili sonuç görüntüsü verilmiştir.



Şekil 5: Cezaya Dayalı İplik Düzeyinde Modelleme (Kaldor vd. 2010).

Bu konuda yapılan çalışmalar, genellikle örme kumaş üzerine yoğunlaşmıştır. Örneğin ipliklerin örme kumaşta ayrıştırılarak geçişlerdeki teması ortadan kaldırarak yapılan bir çalışmada (Cirio vd. 2014), yüz binlerce ipliğin hızlı bir şekilde modellenenebildiği belirtilmektedir.

Homojen iplik düzeyinde modellemenin, iplik düzeyinde modellemeyi hızlandırma kategorisinde olduğu düşünülebilir. Bu bağlamda yapılan bir çalışmada (Sperl vd. 2020), öncelikle ipliklerin kullanılarak kumaşın potansiyel enerji yoğunluğu hesaplanmaktadır. Daha sonrasında bu enerji yoğunluğu, ince kabuk simülasyonu ile kuvvet hesaplanmaktadır. İnce kabuk simülasyonu, kumaş gibi esnek malzemelerin mekanik davranışını incelemek için kullanılmakta ve bu malzemelerin çeşitli uygulamalarda performansını tasarlamak ve optimize etmek için kullanılabilir. İnce kabuk simülasyonu, farklı yükleme koşulları altında kumaşların deformasyon ve stres şekillerini analiz etmek ve olası sorunları ve iyileştirme alanlarını tespit etmek için kullanılabilir. Bu doğrultuda kumaşın sertliği oluşturulmaktadır. Bu yöntemde örme kumaşlarda esnekliği yüksek iplikler kullanılmaktadır. Bu ipliklerin özelliği, "anizotrop" (farklı ölçüm seviyelerinde farklı fiziksel özellikleri olan) olmasıdır. Bu çalışma ile kumaş modellemesi hızlandırılırken, gerçekçilikten ödün verilmiştir (Sperl vd. 2020).

5. KUMAŞ MODELLEMENİN GELECEĞİ

Milyon dolarlık bütçelere sahip animasyon filmlerine ve gerçekçi grafiklere sahip oyunlara günümüzde oldukça yüksek bir talep olması, gelecekte kumaş modellemede gerçekçiliğin sağlanmasındaki çalışmaların da hız kesmeden artacağını göstermektedir. İnsan hayatının günlük bir parçası olan bilgisayarlardaki en hızlı gelişen donanım parçasının ekran kartı olduğu düşünülürse yine günlük hayatın bir parçası olan kumaş ve giysinin modellenmesinin daha gerçekçi ve düşük hesaplama maliyetinde yöntemlere sahip olana kadar geliştirilmeye devam edileceği de öngörülebilir. Diğer yandan, gerçekçi grafikleriyle son günlerde dikkat çeken Unreal Engine 5'te dahi kumaş modellemesinin gerçekçi görünümü konusundaki soru işaretleri [Unreal Engine(a), 2023], kumaş modellemesinde kat edilmesi gereken uzun bir yol olduğunu göstermektedir.

Unreal Engine 5'te kullanılan bir kumaş modelleme aracı olan "*Chaos Cloth*", daha gerçekçi ve detaylı kumaş simülasyonları için olanak tanmaktadır. Bu araç, giysileri çalıştıran partikül modellemesinden sorumlu düşük seviyeli bir giysi çözücüsü olan *Chaos Solver*'i kullanır. Chaos Cloth Panel Düzenleyicisi, kumaş varlıklarını oluşturmak ve düzenlemek için kullanılır ve ardından çalışma zamanı kullanımı için kumaş fiziklerini simüle etmek için kullanılabilir. İş akışı, fizik kategorisinde bulunan yeni bir 'Kumaş Varlığı' oluşturmayı, ağırlık boyamalarını aktarmayı ve ardından kumaş fiziklerini simüle etmeyi içerir. Bununla birlikte, şu anda aracı nasıl kullanacaklarına dair resmî belgelendirme veya eğitici materyal bulunmamaktadır [Unreal Engine(b), 2023].

Özellikle moda tasarımı yazılımı endüstrisindeki gelişmeler dikkat çekmektedir. Gerçek zamanlı uygulamalar olarak adlandırılacak CLO, Blender, Maya nCloth gibi uygulamalar, gerçek zamanlı kıyafet tasarımında kumaş modellemesine olanak sağlamaktadır. Bu tür kumaş modelleme uygulamaları hesaplama maliyeti açısından pahalı örtük integrasyona ihtiyaç duymadan, parçacıkların konumlarını değiştirerek çalışmaktadır. Kumaşın davranışı da her t anında iteratif olarak çözümlenen bir dizi kısıt tarafından tanımlanır (Bender ve diğ. 2014). Bu yazılımların üretim ve tasarım sektöründe kullanılması, kumaş modellemeye ilginin artarak devam edeceğini göstermektedir.

Arttırılmış, sanal ve karmaşık gerçekçiliğin artmasıyla kullanıcıların avatar gibi kendilerini sanal ortamda yansıtmaya ihtiyaç duymasının da kumaş modellemedeki gelişmeleri tetikleyeceği düşünülebilir. Günümüzde emekleme aşamasında olan bu teknolojilerin, gelecekte nasıl bir forma dönüşeceğini öngörmek zor olsa da oluşturulacak sanal ortamların insanların isteyeceği gerçekçi forma dönüşmesinde beklentinin büyük olacağı öngörülebilir. Sanal gerçekçilikle kullanıcıların sanal görünülerinin oluşturulmasında kıyafet ve kumaşların gerçekçi görünülerinin sağlanması ve çeşitlendirilmesi, bu teknolojilerin kullanımlarını da arttırabilir. Örneğin Donglai Xiang'ın bir çalışması (Xiang, 2024), foto gerçekçi avatlardaki kumaş modellemesine odaklanarak bol giysilerdeki deformasyon hesaplamasının zorluklarını aşmak için önceden kaydedilmiş veriler ile sensörlerden alınan fiziksel verileri birleştiren bir çerçeve sunarak etek ve elbiselerin modellenme görünülerini iyileştirmeyi hedeflemiştir.

Yapay zekâ ve makine öğrenmesi tekniklerinin kumaş modelleme alanında yaygınlaşacağı da kaçınılmaz bir gerçektir. Özellikle derin öğrenme ve sinir ağları, kumaş modelleme gibi hesaplama maliyetini azaltma ve gerçekçiliği artırma konusunda çalışmaların sayısı her geçen gün artmaktadır. Örneğin Zhu ve arkadaşlarının çalışması, geri yayılım (backpropagation) sinir ağları regresyon modelini kullanarak daha verimli ve çarpışma hesaplama maliyetinin daha düşük olduğunu belirtmişlerdir (Zhu ve diğ. 2023). Benzer şekilde, Jin ve arkadaşları, sürekli çarpışma tespit algoritmalarını optimize etmek için derin sinir ağlarını kullanarak kumaş simülasyonlarının hızını ve doğruluğunu artırmıştır (Jin ve diğ. 2024). Bu yöntem, geleneksel fizik tabanlı algoritmaların yerini alarak daha düşük maliyetli ve yüksek verimli simülasyonlar sağlamaktadır. Benzer şekilde, Mao ve arkadaşlarının çalışmasında derin öğrenme tabanlı bir yöntem önererek fiziksel tabanlı kumaş modellemesinde düğümlerin geometrik ve fiziksel özelliklerini tahmin etmeye çalışmaktadır (Mao ve diğ. 2023). Yapay zekâ tekniklerinin kumaş modellemede kullanılmasının bir diğer etkisinin de tekstil endüstrisi olduğu düşünülebilir. İlk dönemlerde tekstil sektörü kumaş modellemesine yön verirken, zaman içerisinde kumaş modellemesinin tekstil sektörüne yön vermesi muhtemeldir. Yimiao Wu'ya göre (Wu, 2023) yapay zekâ ve kumaş modellemesinin kalite kontrol, renk eşleştirme, tedarik zinciri yönetimi ve tasarım alanlarında devrim yaratmaktadır.

Gerçekçiliğin bilgisayar grafiklerinde oluşturulmasında, hesaplama maliyetini yazılımsal hız ve yöntemlerle azaltmaya çalışan araştırmacılar, donanımsal gelişmelerin ivme kazandırdığı grafik işleme yöntemlerine belki de geçici çözümler bulmaktadırlar. 1980'li yıllarda kumaş modellemenin ivme kazanmasını sağlayan bu konuda oluşturulan modelleme yöntemleri ise bir diğeri de donanımsal gelişmelerdir. Bu bağlamda, gelecekte kumaş modelleme açısından bakıldığında kuantum bilgisayarlarda bilgisayar grafiklerinin kullanılmasının da bugünden öngörülebilecek çalışmalarla (Lanzagorta ve Uhlmann, 2005) gelişebilecek bir yapıda olduğunu göstermektedir. Kuantum bilgisayarlar gibi DNA bilgisayarlar da kumaş modellemedeki ve bilgisayar grafiklerindeki kısıtlayıcı ve optimizasyon gerektirici hesaplama maliyetlerinden araştırmacıları kurtarabilir.

6. SONUÇ

Bilgisayar grafiklerinin amacının gerçek dünyanın yazılımsal ortamlara aktarılması olduğu düşünüldüğünde kumaşın fiziksel yapısının çeşitlilikleri ve farkları önem arz etmektedir. Bilgisayar grafiklerinde oluşturulan diğeri grafiksel nesnelere farklı olarak kumaş, sahip olduğu özellikler ve bu özelliklerin gösterilmesi bakımından diğeri nesnelere farklı olarak kumaş oluşturulan yapıtaşlarının özellik ve davranışlarının da gerçekçiliğe doğrudan etki

etmektedir. Kumaş yapısının animasyonu deniz, su birikintisi, kum ve bal gibi bir bütün arz eden modellemelere benzer gibi kabul edilse de özünde ciddi farklılıklar bulunmaktadır. İpliği oluşturan lifler, madde yapısı itibarıyla farklı esneme ve germe yapısını oluşturmakta, iplikler boyama tekniğine bağlı olarak yapılarına göre esneme katsayılarına sahip olabilmektedir. İplikler örme teknikleriyle farklı kumaş yapıları oluşturmakta, bu kumaş yapıları da kalıp teknikleriyle kesilerek çeşitli giysi modellerini oluşturmaktadır. Bu bağlamda incelendiğinde kumaş veya kıyafet modellemenin hesaplama maliyetinin günümüz bilgisayar teknolojisinde yüksek olacağı yadsınamaz bir gerçektir.

Renk ve gölgelemenin, kumaşın fiziksel olarak çeşitli yöntemlerle oluşturulmasından sonra kaplama vasıtasıyla yapıldığı düşünüldüğünde kumaş boyamanın, giysinin esneme, kırışma gibi davranışlarına etkisi olacağı öngörülebilir. Bu bağlamda yapılan çalışmaların bu kriteri dikkate almaması, gerçekçi modellemeden taviz vererek hesaplama maliyetini düşürme amacıyla olduğu düşünülebilir. Bu bağlamda; çalışmada elde edilen en önemli sonuçlardan biri, kumaş boyama ile ipliğin fiziksel yapısının ve esneme katsayılarının değişmesinin dikkate alınmasının kumaş modellemede “mükemmel gerçekçilik” kavramına ulaşmada bir basamak olacağı öngörüsüdür. Belki de resim sanatında olduğu gibi, 19. yüzyılda ortaya çıkan gerçekçilik-realizm akımından sonra gelen dışavurumculuk ve sürrealizm akımları gibi, kumaşın mükemmel gerçekçilikte modellenmesinden sonraki aşamaya geçmeden önceki son modelleme yöntemi, kumaş boyamasındaki değişikliklerin bilgisayar grafiklerindeki modele uygulanması olacaktır.

Bilgisayar grafiklerinde kullanılan temel kumaş modelleme yöntemlerinin ipliğin veya kumaşın fiziksel yapısının bir katı cisim olarak üç boyutlu ortamda formülize edilmesi olduğu görülmektedir. Partikül temelli modellemenin örme yapısını esas aldığı görülürken kütle yay sisteminin örme yapısındaki iplik gerilmesinden faydalandığı görülmektedir. Kumaş simülasyonunda istenen gerçekçiliğin sağlanabilmesi için elyaftan başlayan bir üç boyutlu nesne tasarımına ihtiyaç vardır. Ancak elyaflar bükülerek ipliği oluşturduğunda elyafların cinsi, bükülme sayısı ön işleminden tasarımsal geçişe ihtiyaç vardır. İpliklerin boyanması ve cinsi de benzer şekilde ipliğin gerilme katsayısını ve görünümünü etkilemektedir. Geleneksel bilgisayar grafikleri yaklaşımında, geometrik düzlemde (geometric pipeline) doku haritalama işlemi (texture mapping), nesnenin fiziksel yapısı oluşturulduktan sonra yapıldığı düşünülürse, kaplama eklenmesinin sonradan yapılması gerçekçiliği azalttığı düşünülebilmektedir. Özellikle kumaş modellemede sönümleme (damping) söz konusu olduğunda bu durum daha da önem kazanmaktadır. İplik, bağımsız bir nesne olduktan sonraki aşamada çeşitli örme türleri esasınca birbirini arasından geçerek düğümleri oluşturmaktadır. Bu düğüm yapısı esasınca bir ağırlık ve esneme oluşmaktadır. Bu bağlamda, yazılım dünyasının önemli bir elementi olan modülerlik kavramının kumaş modellemede daha titizlikle ele alınması gerçekçiliği arttıracaktır.

Bu çalışmada, öncelikle kumaş modellemesinin temel kavramları incelenmiştir. Ardından ilgili kumaş modellemesine ilişkin gerçek hayatta kumaşın ve giysinin elde edilmesi incelenmiştir. Kumaşın çeşitliliğinin üç boyutlu bilgisayar ortamına aktarılması esasınca yapılan bir teknik değerlendirilerek kumaş modellemesindeki gerçekçiliğin adımlarının neler olabileceği tasarlanmıştır. İplik bazlı çalışmaların gerçekçiliği arttırdığı gözlenmiş, ancak hesaplama maliyeti açısından sorunlar teşkil ettiği sonucu elde edilmiştir. Bu bağlamda, iplik düzeyindeki modelleme çalışmalarının ortaya atılmasından itibaren, gerçekçiliğin belirli bir seviyeye kadar oluşturulabileceği, ancak günümüz bilgisayar mimarilerinde kırışıklık, sönümleme ve gerilme durumlarının hızlı bir şekilde modellenmesinin mümkün olmadığı görülmüştür. Gerçekçilikten feragat ederek iplik düzeyinde modellemenin hızlandırılması bağlamında çeşitli çalışmalar

yapılmış ancak istenen seviyeye ulaşamadığı görülmüştür. Sonuç olarak kumaş modellemesinde iplik düzeyinden gidilmesinin daha doğru bir yaklaşım olacağı düşünülebilmektedir. Ancak hesaplama maliyeti açısından, literatürde yapılan yaklaşımların yetersiz olduğu, ipliklerin fiziksel özelliklerini ve animasyondaki davranışlarına iplik düzeyinde ancak bütünsel yaklaşılabilmesi öngörülmektedir. Dolayısıyla iplik düzeyindeki bir kumaş modellemesi ile kumaşın bütünsel geometrik yapısının bilgisayar grafiklerinde karıştırılarak kullanılmasının teoride hızlı ve gerçekçi olabileceği düşünülebilir.

7. KAYNAKÇA

- Baraff, D. ve Witkin, A. (1998). Large steps in cloth simulation. In Proceedings of the 25th annual conference on Computer graphics and interactive techniques (pp. 43–54). ACM Press. <https://doi.org/10.1145/3596711.3596792>
- Bender, J., Müller, M., Otaduy, M. A., Teschner, M. ve Macklin, M. (2014). A survey on position-based simulation methods in computer graphics. In *Computer graphics forum* (Vol. 33, No. 6, pp. 228-251). <https://doi.org/10.1111/cgf.12346>
- Breen, D. E., House, D. H. ve Getto, P. H. (1992). A physically-based particle model of woven cloth. *The Visual Computer*, 8(5), 264-277.
- Broadbent, A. D. (2001). Basic Principles of Textile Coloration. *Society of Dyers and Colourists Publication*.
- Casafranca, J. J., Cirio, G., Rodríguez, A., Miguel, E. ve Otaduy, M. A. (2020). Mixing yarns and triangles in cloth simulation. In *Computer Graphics Forum* (Vol. 39, No. 2, pp. 101-110). <https://doi.org/10.1111/cgf.13915>
- Choi, K. J., ve Ko, H. S. (2005). Stable but responsive cloth. In ACM SIGGRAPH 2005 Courses (pp. 1-es). <https://doi.org/10.1145/1198555.1198571>
- Cirio, G., Lopez-Moreno, J. ve Otaduy, M. A. (2017). Yarn-level cloth simulation with sliding persistent contacts. *IEEE Transaction on Visualization and Computer Graphics*, 23(2), 1152-1162. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2016.2592908>
- Cirio, G., Lopez-Moreno, J., Miraut, D. ve Otaduy, M. A. (2014). Yarn-level simulation of woven cloth. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 33(6), 1-11. <https://doi.org/10.1145/2661229.2661279>
- Çelikkan Aydoğdu, S. H. ve Yılmaz, Demet (2019). Farklı Kılıf Lif Türü, İplik Numarası ve Öz Filament İnceliği Kullanılarak Üretilen Elastan İçerikli Özlü İpliklerin İplik ve Bazı Kumaş Özelliklerinin İncelenmesi. *Tekstil ve Mühendis*, 26(113), 2-13. <https://doi.org/10.7216/1300759920192611301>

- Eberhardt, B., Weber, A. ve Strasser, W. (1996). A Fast, Flexible Particle System Model for Cloth Draping. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 16(5), 52–59. <https://doi.org/10.1109/38.536275>
- Feynman, C. R. (1986). Modeling the appearance of cloth (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).
- Hassan, M. M. (2018). Wool fabrics coated with an anionic Bunte salt-terminated polyether: Physicomechanical properties, stain resistance, and dyeability. *Acs Omega*, 3(12), 17656-17667. <https://doi.org/10.1021/acsomega.8b02040>
- Haumann, D. R. ve Parent, R. E. (1988). The behavioral test-bed: Obtaining complex behavior from simple rules. *The Visual Computer*, 4(6), 332-347. <https://doi.org/10.1007/BF01908878>
- Hayler, G., Bangay, S. ve Lobb, A. (2004). Implicit and Explicit Integration Methods in Cloth Simulation. Submitted in partial fulfillment of the requirements of the degree Bachelor of Science (Honours) of Rhodes University, 7th November.
- Jakobsen, T. (2001). Advanced character physics. In Proceedings of Game Developer's Conference (San Jose, 2001). San Jose.
- Jin, Y., Shi, Z., Yang, J., Liu, Y., Qiao, X. ve Zhang, L. (2024). Deep Neural Network-Based Cloth Collision Detection Algorithm. *Scientific Programming*, 2024. <https://doi.org/10.1155/2024/7889278>
- Kaldor, J. (2011). Simulating yarn-based cloth (Doctoral thesis). https://www.cs.cornell.edu/projects/YarnCloth/thesis_compressed.pdf
- Kaldor, J. M., James, D. L. ve Marschner, S. (2008). Simulating knitted cloth at the yarn level. In SIGGRAPH '08: Special Interest Group on Computer Graphics and Interactive Techniques Conference 65 (pp. 1-9), Association for Computing Machinery, New York, US. <https://doi.org/10.1145/1399504.1360664>.
- Kaldor, J. M., James, D. L. ve Marschner, S. (2010). Efficient yarn-based cloth with adaptive contact linearization. *ACM Transaction on Graphics*, 29(4), 1-10. <https://doi.org/10.1145/1778765.1778842>.
- Kieran, E., Harrison, G. ve Openshaw, L. (2005). Cloth simulation. MSc Computer Animation, NCCA Bournemouth University, 47-61.
- Lanzagorta, M. ve Uhlmann, J. K. (2005). Hybrid quantum-classical computing with applications to computer graphics. In ACM SIGGRAPH 2005 Courses (pp. 2-es). <https://doi.org/10.1145/1198555.1198723>

- Li, X., Li, X. R., Li, Y. ve Feng, W. (2023). Review of cloth modeling and simulation for virtual fitting. *Textile Research Journal*, 93(7-8), 1699-1711. <https://doi.org/10.1177/00405175221135625>
- Long, J., Burns, K. ve Yang, J. J. (2011, July). Cloth Modeling and Simulation: A Literature Survey, Digital Human Modeling-Third International Conference, ICDHM, Orlando, USA. https://doi.org/10.1007/978-3-642-21799-9_35
- Lord, P. R. (2003). Handbook of Yarn Production: Technology, Science and Economics, Woodhead Publishing. ISBN: 1855738651, 9781855738652
- Mao, M., Va, H., Lee, A. ve Hong, M. (2023). Supervised Video Cloth Simulation: Exploring Softness and Stiffness Variations on Fabric Types Using Deep Learning. *Applied Sciences*, 13(17), 9505. <https://doi.org/10.3390/app13179505>
- MEB (2011). Tekstil Teknolojisi: Filament İplik Üretimi. TC. Milli Eğitim Bakanlığı Yayını, Ankara.
- Mutlu, S. (2011). Jüt Lifi ve Tekstil-Hazır Giyim Sektöründe Kullanım Alanları. *Akdeniz Sanat*, 4(8), 103-105.
- Naujokaitytė, L., Strazdienė, E. ve Fridrichova, L. (2007). Comparative Analysis of Fabrics' Bending Behavior Testing Methods. *Tekstil: Journal of Textile and Clothing Technology*, 56(6), 350-357.
- Pierce F. T. (1937) On the Geometry of Cloth Structure. In Journal of the Textile Institute, 28: T45 – T97. <https://doi.org/10.1080/19447014908664605>
- Provot, X. (1995). Deformation constraints in a mass-spring model to describe rigid cloth behaviour. In Graphics interface (pp. 147-147). Canadian Information Processing Society. https://www.cs.rpi.edu/cutler/classes/advancedgraphics/S14/papers/provot_cloth_simulation_96.pdf
- Rudomin, I. J. (1990). Simulating cloth using a mixed geometric-physical method. University of Pennsylvania. https://www.researchgate.net/publication/35515171_Simulating_cloth_using_a_mixed_geometric-physical_method
- Salman, A. A., Saleh, S. S., Sharkas, M. ve Sakr, E. M. (2016). Bending properties of cotton fabrics produced from different spinning methods. *Journal of Scientific Research in Science*, 33(part1), 337-358. <https://doi.org/10.21608/jsrs.2016.15311>
- Sperl, G., Narain, R. ve Wojtan, C. (2020). Homogenized yarn-level cloth. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 39(4), 48-1. <https://doi.org/10.1145/3386569.3392412>

- Stuyck, T. (2018). Cloth simulation for computer graphics. *Synthesis Lectures on Visual Computing: Computer Graphics, Animation, Computational Photography, and Imaging*, 10(3), 1-121. <https://doi.org/10.2200/S00867ED1V01Y201807VCP032>
- Stuyck, T. (2022). Cloth simulation for computer graphics. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-02597-6>
- Ul Haq, I. ve Farooq, A. M. (2019). TryOn: An Augmented Reality Fitting Room. In *Mobile Devices and Smart Gadgets in Human Rights*, (pp. 98-131), IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-6939-8.ch005>
- Unreal Engine(a). (2023). Clothing Tool. Unreal Engine. <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/clothing-tool-in-unreal-engine/>
- Unreal Engine(b). (2023). Chaos Cloth Tool Overview. Unreal Engine. <https://dev.epicgames.com/community/learning/tutorials/OPM3/unreal-engine-chaos-cloth-tool-overview>
- Weil, J. (1986). The synthesis of cloth objects. *ACM Siggraph Computer Graphics*, 20(4), 49-54. <https://doi.org/10.1145/15886.15891>
- Wu, Y. (2024). How AI is leading the textile industry to a new lease on life. AMT Lab @ CMU. <https://amt-lab.org/blog/2024/1/how-ai-is-leading-the-textile-industry-to-a-new-lease-on-life>
- Xiang, D. (2023). Modeling Dynamic Clothing for Data-Driven Photorealistic Avatars. In *SIGGRAPH Asia 2023 Doctoral Consortium* (pp. 1-5). <https://doi.org/10.1145/3623053.3623373>
- Yaşar, N. (2016). Dokuma Kumaşlarda İplik Özelliklerinin Giysi Form ve Görünümlerine Etkileri. *Yedi*, (15), 173-184. <https://doi.org/10.17484/yedi.85625>
- Zhu, H., Gao, Z. ve Xu, L. (2023, November). Cloth simulation based on neural network regression. In *2023 International Conference on Image Processing, Computer Vision and Machine Learning (ICICML)* (pp. 658-664). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICICML60161.2023.10424751>



KAMUSAL ALAN OLAN PARKLARIN MEKÂNSAL KALİTESİNİN ARTIRILMASINA YÖNELİK BİR İNCELEME

A STUDY TOWARDS IMPROVING THE SPATIAL QUALITY OF PUBLIC SPACE PARKS

DOI: 10.20854/bujse.1432452

Seda Erdoğan¹

Özet

Kamusal alanlar; statü, dil, kültür fark etmeksizin, kentle ilgili söz söyleyebildikleri gündelik rutinlerini sağladıkları, sosyalleştikleri alanlardır. Çalışmada; inceleme alanı olan Sadabad Parkı ve Maçka Demokrasi Parklarının kalite anlamında iyileştirme yaklaşımıyla stratejik bir yöntem olarak kentsel tasarım rehberi oluşturulmuştur. Dünyadan tasarım rehberleri örneklerine bakıldığında kentlerde bulunan kamusal alanlarda sağlanacak olan sistematik ve stratejik yaklaşım, kaliteli ve yaşanabilir bir kamusal alan oluşturulma olanağını artırdığı görülmüştür. Başarılı örnekler ve kalite parametreleri ışığında yeniden üretilen kentsel tasarım rehberi, farklı amaç ve ölçeklerde düzenlenmesi gereken rehberler için de kaynak olarak kullanılabilir. Sadabad ve Maçka Demokrasi Parkı'nın fiziksel ve işlevsel özellikleri araştırılmış, aynı zamanda parkları kullanan kullanıcıların demografi yapısı ile kamusal mekânda ortaya koydukları etkinlikler ve mekânsal kaliteyle olan ilişkileri çözümlenmiştir. Bu bağlamda, Sadabad Parkı'nda 46 katılımcı, Maçka Demokrasi Parkı'nda 50 katılımcı olmak üzere toplam 96 katılımcı ile görüşme gerçekleştirilerek anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Saha çalışması sonrasında toplanan veriler, kamusal alanda gerçekleşen etkinlik sayısı, etkinlik çeşiti ve bununla birlikte sosyal ve teknik anlamda yeterli olması parkta kalite bağlamında olumlu sonuç olarak değerlendirilmiştir. Kamusal alanların kalite bağlamında değerlendirilmesi üzerinde durularak, elde edilen anket bulgularının sağlanmasını ve elde edilen sonuçların karşılaştırılması amacıyla Mann-Whitney U Testi ile çalışılan parklar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık olup olmadığı test edilmiştir.

Abstract

Public spaces; They are areas where they can have a say about the city, maintain their daily routines, and socialize, regardless of status, language, or culture. In the study; An urban design guide was created as a strategic method with the approach of improving the quality of Sadabad Park and Maçka Democracy Parks, which are the study area. Looking at examples of design guides from around the world, it has been seen that the systematic and strategic approach to be provided in public spaces in cities increases the possibility of creating a quality and livable public space. The urban design guide reproduced in the light of successful examples and quality parameters can also be used as a source for guides that should be prepared for different purposes and scales. The physical and functional features of Sadabad and Maçka Democracy Parks were investigated, and the demographic structure of the users of the parks, the activities they performed in public spaces and their relationships with spatial quality were analyzed. In this context, a survey was conducted with a total of 96 participants, 46 participants in Sadabad Park and 50 participants in Maçka Democracy Park. The data collected after the field study showed that the number of activities taking place in the public space, as well as the type of activities, were socially and technically sufficient, which was evaluated as a positive result in the context of quality in the park. Focusing on the evaluation of public spaces in the context of quality, the Mann-Whitney U Test was used to test whether there was a statistically significant difference between the studied parks in order to ensure the satisfaction of the survey findings and to compare the results obtained.

Anahtar Kelime: Kamusal Alan, Kentsel Tasarım Rehberleri, Kamusal Alanda Kalite

Keywords: Public Space, Urban Design Guides, Quality in Public Space

¹ Sorumlu Yazar: Beykent Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, mim.serdogan@gmail.com, orcid.org/0000-0002-9120-1822

1. GİRİŞ

Kamusal alan kavramı en genel ifadeyle, içindeki eylemlerle anlam bulan, toplumun tüm bireylerine açık, toplumda herkes tarafından kullanım hakkına sahip ve herkes tarafından erişilebilen mekânlar olarak ifade edilmektedir. Yani kamusal mekânlar toplumun her kesimindeki insanların, şehrin gürültüsünden ve yorgunluğundan kaçıp nefes aldığı, sosyal etkileşime girdiği alanlardır. Kamusal alanlar, toplumu farklı amaçlarla bir araya getiren etkileşim alanlarıdır. Mekânın toplumsal olma durumu, fiziksel sınırlarının yanında soyut potansiyelini de ifade etmektedir. Açık kent mekânı, toplumsal yaşamın oluşmasına ve tüm etkinliklere zemin hazırlayarak doğal çevrenin topografyasına uyum sağlamalıdır (Erdönmez, 2005). Kamusal açık alan olan parklar, şehirlerin yapılarla oluşturduğu sert kalıbı yumuşatarak şehre organik bir yapı kazandırır. Yapılaşmış kent dokularının bireyi ezen etkisini yumuşatarak kişiyle yapı arasında ölçülü bir denge oluşturulmasına olanak verirler. Kamusal alan olan parklar, sınırlı bir kullanım biçimi sunan esnek form özelliğine sahip, minimum konstrüksiyon ile maksimum doğal öğeleri içeren, eğlenme, meditasyon, serbest oyunlar, dinlenme vb. çeşitli pasif ve aktif ihtiyaçlarını karşılayan yeşil alan türleridir (Akdoğan, 1984).

Bu çalışmanın hedefi doğrultusunda, Sadabad ve Maçka Parklarının kullanımına odaklanıp alanlardaki sosyal ve kültürel farklılıkları ortaya koyarak, kamusal alanların sosyal ve toplumsal içeriğini gözeterik değerlendirilmiştir. Bu bağlamda, parklardaki işlev ve tasarımların kullanıcılar tarafından ne kadar önemsendiği, kent ve toplum yapılanmasındaki rolleri bu çalışma çerçevesinde incelenmiştir. Parklar; kamusal olmaları sebebiyle toplumun farklı sosyal gruptaki kişilerin gereksinimlerine cevap veren, toplumsal değerlere sahip çıkılmasında önemli bir yere sahip olan açık alanlardır (Marcus,1990). Buradan yola çıkarak kamusal alanlarda parklar kentlerde üstlendikleri rekreasyonel, sosyal, ekolojik, estetik, ekonomik işlevler yönünden önemli bir yer tutar. Bu bağlamda, çalışmada oluşturulan model parklar üzerinden ele alınmıştır. Parkları değerlendirirken literatürde belirlenen kriterler ışığında oluşturulan çerçeveyi referans alıp mekânsal kalitenin ölçülmesi hedeflenmiştir. Belirlenen kalite parametreleriyle birlikte, uluslararası uygulanmış olan örnek kentsel tasarım rehberlerin içeriklerini araştırılıp çalışılan alanlara özgü bir rehber model oluşturulması amaçlanmıştır.

2. YÖNTEM

Örneklem

Araştırmada örneklem Sadabad Parkı'nda 46 katılımcı, Maçka Demokrasi Parkı'nda 50 katılımcı olmak üzere toplam 96 katılımcı ile görüşme gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın izni ve katılımcılara erişim yönünden uygun olduğu için bu parklar seçilmiştir.

Uygulama

Bu çalışma, Beykent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu'ndan Etik Kurulu tarafından 25/05/2022 tarih ve 272 numaralı kurul kararı ile onaylanmıştır. Araştırma için katılımcılardan aydınlatılmış rıza metni alınmıştır. Araştırmanın verileri, yüz yüze çalışılan alanlarda gerçekleştirilmiştir.

Veri Toplama Araçları

Veri toplama aracı olarak Google Forms programı üzerinden online soru formu uygulanmıştır. Araştırmada uygulanan soru formu; katılımcıların demografik bilgilerinin yanında, literatür taraması sonucunda elde edilen kalite parametreleri bağlamında parkların etkinlik durumları,

temizliği, güvenli olma durumu, teknik yeterliliği, erişilebilir ve ulaşılabilir olması, canlılık durumu gibi sorular yönelterek kaliteyi ölçen sorular yöneltilmiştir. Saha çalışması sonrasında toplanan veriler, bilgisayar ortamına aktarılmış ve SPSS (Statistical Package for Social Sciences) for Windows 23.0 paket programı aracılığıyla istatistiksel yöntemler kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen verilerin frekans dağılımları, ortalamaları gibi tanımlayıcı istatistiklerin belirlenebilmesi için betimsel analiz kullanılmıştır.

3. KAMUSAL ALAN KAVRAMI

Kamusal alanlar, hangi dinden hangi kültürden ve hangi sosyal statüden olursa olsun her bireye sunulan ve açılan alanlar olarak ifade edilmektedir (Weber, 2000).

Tartışmanın, konuşmanın, etkinliklerin ve eylemlerin meydana geldiği kamusal alan, aynı zamanda siyasetin alanıdır. İnsanı siyasi bir özne yapan bir sözcüktür (Arendt, 2006).

Açık kamusal alan olan parklar; geçmiş ile gelecek arasında bir ilişki kurarak tarihi içinde barındıran, sosyo-kültürel çeşitlilik ile şehir içi hareketliliği sağlayan ve tüm halka hitap eden kamusal alanlardır (Kart, 2002). Açık kamusal alan olan parklar, doğal ve keyifli bir ortam sağlamanın yanında, aynı zamanda toplumu oluşturan bireylerin yaşam kalitesini de yükseltir ve gerekli çevresel işlevleri karşılar (Bolund, 1999).

Kamusal alan, herkese açık bir görüşme ve toplanmanın gerçekleştiği ortak alanlardır (Tekeli, 1999). Özel alanlar ile kamusal alanlar arasındaki en önemli farklılık, özel alanların yalnızca belli bir grup insan tarafından kullanılırken, kamusal alanların ise isteyen herkes tarafından kullanılabilmesidir (Krupa,1993). Bu bağlamda kamusal alan aynı zamanda sosyalleştirmiş, etkileşime girdiğimiz mekânlardır.

Kamusal alanlar, ortak çıkarın ve gerçeğin konuşarak sağlandığı bir alandır (Habermas, 2000). Alanların özelliğini yapılar, yollar, ağaçlar ve arazi formu gibi algılanabilir elemanlar arasındaki ilişkiler belirlemektedir (Aydemir, 2004). Bu alanlar, bireylerin yaşadığı yerden zevk almasını, dinlenmesini, dolaşmasını, eğlenmesini, spor yapmasına imkân veren ve kendine has bir kimliği olan açık hava odaları niteliği taşımaktadır (Thompson, 2002).

4. KALİTE KAVRAMI

Greene (1992) "Cityshape: Communicating and Evaluating Community Design" konulu çalışmasında, mekânsal kalite için dört ölçüt belirlemiştir. Bunlar; işlev, düzen, kimlik ve cazibedir. Whyte (2000)'a göre, kaliteli bir kamusal alan; ulaşılabilir olmalı, içinde insanlar aktivite gerçekleştirmeli, mekânın iyi bir konforu ve imajı olmalı, sosyal etkinlikleri destekleyen, insanları birbiriyle buluşturarak çok sayıda sosyal etkileşim potansiyeli taşımalıdır. Jan Gehl (1971), kamusal açık mekânda bireylerin gerçekleştirdiği etkinlikleri üç ana başlıkta ele almaktadır. Bunlar; gerekli etkinlikler, isteğe bağlı etkinlikler ve sosyal etkinliklerdir. Birçok teorisyen, araştırmacı ve kuruluş, mekânın kalitesi üzerine çalışmalar yapmışlardır. Yapılan bu çalışmalar sonucunda çeşitli ölçütler ortaya konmuştur.

Kamusal alanda kalite kavramı, mekânın sadece işlevsel ya da fiziksel özelliklerinden oluşmayıp çok daha geniş bir perspektif ve ölçütler barındırır. Diğer parklardan farklı olan, kaliteli parkları, eşsiz ve özel yapan faktörlerden birisi; parkta yer alan arazi kullanımları veya etkinlik çeşitleridir (PPS, 2000).

Modernizmle birlikte, kamusal mekân anlayışındaki kabuk değiştirme süreci ile kamusal açık alanlar belirsizleşerek, tanımsız bir hale gelmiştir (Carmona, 2003). Bu değişim sürecinde, kamusal mekânda birtakım evrilme meydana gelirken bununla birlikte toplumsal yapıda da, bireylerin kamusal alana ve kente bakış açısında değişimler yaşanmıştır. Örneğin, kamusal

alandaki meydana gelen etkinlik ve aktivitelerin sayısı düşerek kamusal alanların kalitesini etkilemiştir. Bu değişim ve dönüşüm, kamusal alanlarda kalite kavramını, kamusal alanlarda gerçekleşen etkinlik, aktivite gibi parametrelerin üzerinden değerlendirmeye itmiştir.

5. ÇALIŞMA ALANLARININ KULLANICI ANKETİ İLE ANALİZİ

Çalışmada, Sadabad Parkı ve Maçka Demokrasi Parkı kamusal alanları kalite ölçütlerine göre analiz edilmiştir ve bir diğer yöntem olan anket tekniği uygulanmıştır. Bu doğrultuda, kamusal alan algılarını ortaya çıkarmak için toplumun ortak zihinsel kent imgelerini, eylem örüntülerini ve beğenilerini ortaya koymak amacı ile alanın kullanıcılarına yönelik, nicel araştırma yöntemlerinden olan yüz yüze anket tekniği kullanılarak görüşmeler yapılmıştır.

Mann-Whitney U Testi, bağımsız iki ortalama arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık olup olmadığını analiz etmek amacıyla yapılan parametrik olmayan bir testtir (İslamoğlu ve Alnıaçık, 2019).

Kalite parametreleri ölçeğinde yer alan ifadelerin ortalamalarının Kağıthane Sadabad Parkı ve Maçka Demokrasi Parkı'na göre anlamlı bir şekilde farklılaşıp farklılaşmadığını tespit etmek amacıyla Mann-Whitney U Testi yapılmıştır.

Veriler toplandıktan sonra SPSS programı aracılığı ile istatistiksel yöntemler kullanılarak analiz edilmiştir. Saha çalışması sonrasında toplanan veriler bilgisayar ortamına aktarılmış ve SPSS (Statistical Package for Social Sciences) for Windows 23.0 paket programı aracılığıyla istatistiksel yöntemler kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen verilerin frekans dağılımları, ortalamaları gibi tanımlayıcı istatistiklerin belirlenebilmesi için betimsel analiz kullanılmıştır.

Maçka Demokrasi Parkı'nı ziyaret eden 50 katılımcı ile yapılan anket çalışmasında katılımcıların demografik bilgileri sorulduğunda. Tablo 8'e göre Maçka Demokrasi Parkı'nı ziyaret eden 50 katılımcılardan, %54'ü kadinken, %46'sı erkektir. Maçka'yı tercih eden katılımcılardan 18-44 yaş aralığı (%46,0) çoğunluktadır. Katılımcıların eğitim düzeyinde ise ön lisans mezunu öne çıkmaktadır (%42,0). Katılımcıların mesleklerinde en yüksek orana öğrenciler (%32,0) sahiptir. Bu cevabı, %20 oranıyla özel sektör cevabı takip etmiştir. Maçka Parkı'nı tercih eden katılımcılar en çok (%20) Şişli ilçesinden katılım sağlandığı cevabı verilmiştir. Bu cevabı, %12 oranıyla Şişli ve Kağıthane ilçeleri takip etmiştir.

Tablo 1: Maçka Demokrasi Parkı Demografik Sonuçları.

		Sıklık	Yüzde
Cinsiyet	Kadın	27	%54,0
	Erkek	23	%46,0
Yaş	18-24	23	%46,0
	25-34	16	%32,0
	35-44	8	%16,0
	45-54	1	%2,0
	55-64	2	%4,0
Eğitim Düzeyi	Ortaokul	1	%2,0
	Lise	5	%10,0
	Ön Lisans	21	%42,0
	Lisans	13	%26,0
	Lisansüstü	10	%20,0
Meslek	Öğrenci	16	%32,0
	Yönetici olmayan özel sektör çalışanı	10	%20,0
	Uzmanlık gerektiren meslek (mimar, avukat, diş hekimi vs.)	9	%18,0
	Akademisyen	5	%10,0
	İşçi/hizmetli	4	%8,0
	Esnaf	3	%6,0
	Özel sektörde yönetici	1	%2,0
	Ev Hanımı	1	%2,0
İlçe	Emekli	1	%2,0
	Şişli	10	%20,0
	Kağıthane	6	%12,0
	Sarıyer	6	%12,0
	Bahçelievler	5	%10,0
	Beşiktaş	4	%8,0
	Kadıköy	4	%8,0
	Bağcılar	3	%6,0
	Eyüpsultan	2	%4,0
	Üsküdar	2	%4,0
	Gaziosmanpaşa	2	%4,0
	Sultangazi	1	%2,0
	Pendik	1	%2,0
	Bakırköy	1	%2,0
	Avcılar	1	%2,0
	Güngören	1	%2,0
	Beyoğlu	1	%2,0
Toplam	50	%100	

Tablo 2: Kalite Değerlendirmede Parkların Karşılaştırılması.

	Sadabad Parkı Ortalama	Maçka Demokrasi Parkı Ortalama
Farklı eylem potansiyellerine açık bir park.	3,15	3,6
Bireysel ve grup aktivitelerine uygun bir park.	3,54	3,88
Kullanıcılar arasında çatışma yoktur.	3,07	3,44
Parkta farklı etkinlikler yapılmaktadır.	3,41	3,68
Bu parkta kendimi özgür hissediyorum.	3,17	3,92
Parka kolay ulaşıyorum.	3,61	3,38
Parkın önemli bağlantı noktaları var.	3,09	3,6
Parka erişim kolay.	3,15	3,58
Park, yaya hareketlerine elverişli.	3,91	3,66
Parkın aydınlatma ve yönlendirmeleri yeterli.	3,11	3,34
Parkta, kirlilik ve kötü koku yok.	2,87	3,66
Buraya kendimi ait hissediyorum.	3,13	3,62
Burada kendimi güvende hissediyorum.	3,22	3,54
Burası cazip bir yer.	3,43	3,78
Burası her saat canlı bir yer.	3,11	3,74
Park kalitelidir.	3,09	3,76
Park konforludur.	3,26	3,66
Park estetikdir.	3,09	3,62

Sadabad Parkı'nı ziyaret eden 46 katılımcı, Maçka Demokrasi Parkı'nı ziyaret eden 50 katılımcı ile yapılan anket çalışmasında, katılımcılara ziyaret ettikleri parklara yönelik kalite parametrelerinden oluşturulan ölçekte "tamamen katılıyorum" ile "kesinlikle katılmıyorum" arasında değişen beşli likert ölçeği kullanılmıştır. Sonuçlar, 5 üzerinden ortalama alınarak yazılmıştır. Tablo 1'e göre Sadabad Parkı'nı ziyaret eden 46 katılımcı daha çok "park yaya hareketlerine elverişli (%3,91)", "parka kolay ulaşıyorum (3,61)", ve "bireysel ve grup aktivitelerine uygun bir park" cevapları en yüksek oranlı cevaplardır. Sadabad Parkı'nda verilen cevaplarda, "parkta kirlilik ve kötü koku yok (2,87)" ve "kullanıcılar arasında çatışma yoktur (3,09)" cevapları en düşük oranlı cevaplardır. Maçka Demokrasi Parkı'nı ziyaret eden 50 katılımcının çoğunluğu (3,92), "Bu parkta kendimi özgür hissediyorum." demiştir. Bu cevapları, "bireysel ve grup aktivitelerine uygun bir park (3,88)", "burası cazip bir yer (3,78)" cevapları takip etmiştir. Maçka Demokrasi Parkı'nda verilen cevaplarda, "parkın aydınlatma ve yönlendirmeleri yeterli (3,34)" ve "kullanıcılar arasında çatışma yoktur (3,44)" cevapları en düşük oranlı cevaplardır.

Tüm ölçekteki ifadelerle verilen puanların ortalaması alınarak elde edilen veri ile Mann-Whitney U analizi yapılmıştır. Daha sonra her bir ifade için, Mann-Whitney U Testi yapılmış ve tabloların altında analiz sonuçları yorumlanmıştır.

Tablo 3: Farklı Eylem Potansiyellerine Açık Bir Park İfadesi İçin Yapılan Mann-Whitney U Testi Sonuçları.

Parklar	N	Sıralamalar Ortalaması	Sıralamalar Toplamı	X	p
Kağıthane Sadabad Parkı	46	43,00	1978,00	3,15	0,047
Maçka Demokrasi Parkı	50	53,56	2678,00	3,60	

Tabloda yer alan anlamlılık değeri 0,05'ten küçük olduğu ($p=0,047<0,05$) için parklar arasında anlamlı bir farklılık vardır. Buna göre; "farklı eylem potansiyellerine açık bir park" ifadesinin aldığı ortalama, Sadabad Parkı ve Maçka Demokrasi Parkı'nda anlamlı bir şekilde farklılaşmaktadır.

Tabloda yer alan sıralamalar ortalamalarında ve ortalama (X) görüldüğü üzere; Maçka Demokrasi Parkı, Sadabad Parkı'na göre "farklı eylem potansiyellerine açık bir park" ifadesinden daha yüksek puan almıştır.

Tablo 4: Bu Parkta Kendimi Özgür Hissediyorum İfadesi İçin Yapılan Mann-Whitney U Testi Sonuçları.

Parklar	N	Sıralamalar Ortalaması	Sıralamalar Toplamı	X	p
Kağıthane Sadabad Parkı	46	39,85	1833,00	3,17	0,002
Maçka Demokrasi Parkı	50	56,46	2823,00	3,92	

Tabloda yer alan anlamlılık değeri 0,05'ten küçük olduğu ($p=0,002<0,05$) için parklar arasında anlamlı bir farklılık vardır. Buna göre; "Bu parkta kendimi özgür hissediyorum." ifadesinin aldığı ortalama, Sadabad Parkı ve Maçka Demokrasi Parkı'nda anlamlı bir şekilde farklılaşmaktadır.

Tabloda yer alan sıralamalar ortalamalarında ve ortalama (X) görüldüğü üzere; Maçka Demokrasi Parkı, Sadabad Parkı'na göre "Bu parkta kendimi özgür hissediyorum." ifadesinden daha yüksek puan almıştır.

Tablo 5: Parkın Önemli Bağlantı Noktaları Var İfadesi İçin Yapılan Mann-Whitney U Testi Sonuçları.

Parklar	N	Sıralamalar Ortalaması	Sıralamalar Toplamı	X	p
Kağıthane Sadabad Parkı	46	42,17	1940,00	3,09	0,28
Maçka Demokrasi Parkı	50	54,32	2716,00	3,60	

Tabloda yer alan anlamlılık değeri 0,05'ten küçük olduğu ($p=0,028<0,05$) için parklar arasında anlamlı bir farklılık vardır. Buna göre; "Parkın önemli bağlantı noktaları var." ifadesinin aldığı ortalama, Sadabad Parkı ve Maçka Demokrasi Parkı'nda anlamlı bir şekilde farklılaşmaktadır. Tabloda yer alan sıralamalar ortalamalarında ve ortalama (X) görüldüğü üzere; Maçka Demokrasi Parkı, Sadabad Parkı'na göre, "Parkın önemli bağlantı noktaları var." ifadesinden daha yüksek puan almıştır.

Tablo 6: Parkta, Kirlilik ve Kötü Koku Yok" İfadesi İçin Yapılan Mann-Whitney U Testi Sonuçları.

Parklar	N	Sıralamalar Ortalaması	Sıralamalar Toplamı	X	p
Kağıthane Sadabad Parkı	46	39,68	1825,50	2,87	
Maçka Demokrasi Parkı	50	56,61	2830,50	3,66	0,002

Tabloda yer alan anlamlılık değeri 0,05'ten küçük olduğu ($p=0,002<0,05$) için parklar arasında anlamlı bir farklılık vardır. Buna göre; "Parkta, kirlilik ve kötü koku yok." ifadesinin aldığı ortalama, Sadabad Parkı ve Maçka Demokrasi Parkı'nda anlamlı bir şekilde farklılaşmaktadır.

Tablo 7: Buraya Kendimi Ait Hissediyorum İfadesi İçin Yapılan Mann-Whitney U Testi Sonuçları.

Parklar	N	Sıralamalar Ortalaması	Sıralamalar Toplamı	X	p
Kağıthane Sadabad Parkı	46	42,91	1974,00	3,13	
Maçka Demokrasi Parkı	50	53,64	2682,00	3,62	0,0496

Tabloda yer alan anlamlılık değeri 0,05'ten küçük olduğu ($p=0,0496<0,05$) için parklar arasında anlamlı bir farklılık vardır. Buna göre; "Buraya kendimi ait hissediyorum." ifadesinin aldığı ortalama, Sadabad Parkı ve Maçka Demokrasi Parkı'nda anlamlı bir şekilde farklılaşmaktadır. Tabloda yer alan sıralamalar ortalamalarında ve ortalama (X) görüldüğü üzere; Maçka Demokrasi Parkı, Sadabad Parkı'na göre "Buraya kendimi ait hissediyorum." ifadesinden daha yüksek puan almıştır.

Tablo 8: Burası Her Saat Canlı Bir Yer İfadesi İçin Yapılan Mann-Whitney U Testi Sonuçları.

Parklar	N	Sıralamalar Ortalaması	Sıralamalar Toplamı	X	p
Kağıthane Sadabad Parkı	46	40,87	1880,00	3,11	

Maçka Demokrasi Parkı	50	55,52	2776,00	3,74	0,008
------------------------------	----	-------	---------	------	-------

Tabloda yer alan anlamlılık değeri 0,05'ten küçük olduğu ($p=0,008<0,05$) için parklar arasında anlamlı bir farklılık vardır. Buna göre; "Burası her saat canlı bir yer." ifadesinin aldığı ortalama, Sadabad Parkı ve Maçka Demokrasi Parkı'nda anlamlı bir şekilde farklılaşmaktadır.

Tabloda yer alan sıralamalar ortalamalarında ve ortalama (X) görüldüğü üzere; Maçka Demokrasi Parkı, Sadabad Parkı'na göre, "Burası her saat canlı bir yer." ifadesinden daha yüksek puan almıştır.

Tablo 9: Park Kalitelidir İfadesi İçin Yapılan Mann-Whitney U Testi Sonuçları.

Parklar	N	Sıralamalar Ortalaması	Sıralamalar Toplamı	X	p
Kağıthane Sadabad Parkı	46	40,22	1850,00	3,09	0,003
Maçka Demokrasi Parkı	50	56,12	2806,00	3,76	

Tabloda yer alan anlamlılık değeri 0,05'ten küçük olduğu ($p=0,003<0,05$) için parklar arasında anlamlı bir farklılık vardır. Buna göre; "Park kalitelidir." ifadesinin aldığı ortalama, Sadabad Parkı ve Maçka Demokrasi Parkı'nda anlamlı bir şekilde farklılaşmaktadır.

Tablo 10: Park Estetiktir İfadesi İçin Yapılan Mann-Whitney U Testi Sonuçları.

Parklar	N	Sıralamalar Ortalaması	Sıralamalar Toplamı	X	p
Kağıthane Sadabad Parkı	46	42,22	1942,00	3,09	0,027
Maçka Demokrasi Parkı	50	54,28	2714,00	3,62	

Tabloda yer alan anlamlılık değeri 0,05'ten küçük olduğu ($p=0,027<0,05$) için parklar arasında anlamlı bir farklılık vardır. Buna göre; "Park estetikdir." ifadesinin aldığı ortalama, Sadabad Parkı ve Maçka Demokrasi Parkı'nda anlamlı bir şekilde farklılaşmaktadır.

Tabloda yer alan sıralamalar ortalamalarında ve ortalama (X) görüldüğü üzere; Maçka Demokrasi Parkı, Sadabad Parkı'na göre, "Park estetikdir." ifadesinden daha yüksek puan almıştır.

Kamusal alanların kalite değerlendirmesi amacıyla elde edilen anket bulgularını doğrulamak ve sonuçları karşılaştırmak için, belirlenen ölçütler çerçevesinde bir test yapılması planlanmaktadır. Bu test, ölçütlerin doğruluğunu ve önem derecesini ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Mann-Whitney U Testi ile, çalışılan parklar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık olup olmadığını test etmek amaçlanmıştır. Bu doğrultuda; kalite parametreleri ölçüğünde parklar arasında anlamlı fark bulunanlar; "Farklı eylem potansiyellere açık bir park.", "Bu parkta

kendimi özgür hissediyorum.”, “Parkın önemli bağlantı noktaları var.”, “Parkta kirlilik ve kötü koku yoktur.”, “Buraya kendimi ait hissediyorum.”, “Burası her saat canlı bir yerdir.”, “Park kalitelidir.” ve “Park estetikdir.” ifadeleridir. Bu ifadelerde Maçka Demokrasi Parkı, Sadabad Parkı’na göre kullanıcıları tarafından anlamlı bir farklılıkla daha yüksek puan almıştır. Maçka Demokrasi Parkı kullanıcıları, Sadabad Parkı kullanıcılarına göre daha yüksek oranda; Maçka Demokrasi Parkı’nı farklı eylem potansiyellerine açık bir park olarak görmektedir, parkta kendilerini özgür hissetmektedir, parkın önemli bağlantıları olduğunu ve parkta kirlilik ve kötü koku bulunmadığını düşünmektedir, kendilerini parka ait hissetmektedir; parkı, her saat canlı, kaliteli ve estetik bulmaktadır.

Tablo 11: İki Parkın Karşılaştırmalı Kalite Parametreleri Ölçeğinde Ortalamaları.

Parklar	N	Sıralamalar Ortalaması	Sıralamalar Toplamı	X	p
Kağıthane Sadabad Parkı	46	41,36	1902,50	3,25	0,016
Maçka Demokrasi Parkı	50	55,07	2753,50	3,64	

Tabloda yer alan anlamlılık değeri 0,05’ten küçük olduğu ($p=0,016<0,05$) için parklar arasında anlamlı bir farklılık vardır. Buna göre, parkaların tüm ifadelerden aldığı ortalama anlamlı bir şekilde farklılaşmaktadır.

Tabloda yer alan sıralamalar ortalamalarında ve ortalama (X) görüldüğü üzere; Maçka Demokrasi Parkı’nın tüm ifadelerden aldığı puanın ortalaması Sadabad Parkı’ndan daha yüksektir.

Sonuç olarak kalite ölçeğinde yapılan karşılaştırmalarda, her iki parkta kalite bağlamında birçok özelliği karşılamaktadır. Ancak, Maçka Demokrasi Parkı’nın, Sadabad Parkı’na göre, temiz, canlı, kaliteli ve estetik özelliklere sahip olması açısından kullanıcılar tarafından olumlu yorumlar aldığı görülmüştür. Bununla birlikte, kullanıcılar Maçka Demokrasi Parkı’nda eylem potansiyellerinin fazla olduğunu ve parka daha ait hissettiklerini ifade etmişlerdir. Verilen cevaplar, daha sonra yapılan Mann Whitney U testiyle kullanıcıların olumlu olarak değerlendirdiği ifadelerde anlamlı bir fark olduğu kanıtlanmıştır. Sonuç olarak, iki park kalite ölçeğinde eş değer değildir.

6. KENTSEL TASARIM REHBERLERİ

Kentsel tasarım rehberleri; kuramsal tasarım hedeflerini sağlama amacı güden, kent kimliğinin kaybolmasını engelleyen yönlendirici kılavuzlardır. Kentsel tasarım araçları; kamusal mekân kalitesini artırmak amacıyla, tasarımcıya kılavuzluk eden, tasarımı şekillendiren, kaliteyi denetlebilen kılan ve sürdüren altlıklardır (Yener, 2020). Kamusal alanlarda kalitesizliğe yol açan sorunların çözümüne yönelik çeşitli tasarım araçları ve evrensel ölçekte ortak dili sağlayacak tasarım rehberleri kullanılmaktadır. Rehberler, projenin amaçlarının anlaşılmasını yerine getirmesinin yanında uygulama boyunca kolaylıklar sağlar, tasarım bittiğinde ortaya çıkan ürünün kalite kontrolüne olanak verir (Karaman, 2008). Bu rehberlerin hedefi, kentsel sorun alanlarına yönelik, projelerin sosyal ve fiziksel programlarını sistemli bir şekilde yapmaktır (Karaman, 1992).

Tasarım rehberleri; güvenlik, yaya, iklime göre yönlenme, engelliler için tasarım gibi belli bir konuya yönelik ya da kent merkezi, konut alanı, koruma alanı gibi dar veya geniş bir çalışma konusuna yönelik olabildiği gibi; meydanlar, parklar, sokaklar, aydınlatma elemanları gibi şehrin sadece belli bir özelliğine ya da alanına yönelik de olabilir (Koç, 1999).

6.1. San Francisco, ABD Örneği

Rehber; yapıların kütle olarak boyutları, planlama ve görünüm, ticari servisler, rekreasyon ve açık mekânlar, konutlar, sirkülasyon ve ulaşım, önemli yapılar ileleyen ve sanayinin korunması gibi alt kriterleri de geliştirmiştir (Jacobs, 1980).

Rehber kapsamında, kentsel tasarım amaçlarını için zemin oluşturan, işlevden estetiğe doğru ilerleyen kriterler şunlardır: konfor, uyum, özgünlük, görsel ilgi, eylem, çeşitlilik, temizlik ve kolaylık, manzara noktaları, tutarlılık, ölçek ve kimlik (Özaydın, 1993).

7. KAMUSAL ALANLARIN TASARIM REHBERİ ÖNERİSİYLE ANALİZLERİ

Maçka Demokrasi Parkı; İstanbul'un şehir merkezindeki üç önemli ilçeden biri olan Şişli ilçesine bağlı olup Harbiye Mahallesi içerisinde, Beşiktaş ve Beyoğlu ilçelerine de çok yakın konumda yer almaktadır. İstanbul Sadabad Parkı, İstanbul ili, Avrupa yakasında, Kağıthane ilçesinde, Haliç'e doğru uzanan bir mesire alanıdır.

Kaliteli kamusal alanların oluşturulmasında, kentsel tasarım rehberlerinin uygulanması kamusal alanların sürekliliği ve kalitesi açısından önemi vurgulanmıştır. Bu bağlamda; bu çalışmada, yüzölçümü ve içinde barındırdığı birden fazla farklı hacmi barındırması gibi birbirine benzer özellikleri olduğu gibi farklılıkları da olan Sadabad Parkı ve Maçka Demokrasi Parkları karşılaştırılmıştır. Aynı zamanda, bu parkların seçilmesindeki bir diğer sebep, iki alanın da sadece yeşil alanları barındıran alanlar değil, aynı zamanda çeşitli bahçe kültürlerini de yansıtan, spor ve kültür etkinlikleri gibi potansiyelleri barındırıyor olmasıdır.

Sadabad Parkı ve Maçka Demokrasi Parkı Tasarım Rehberinin amacı, dünyada başarılı olmuş kentsel tasarım rehberlerinden ve literatürde bulunan kalite parametrelerinden derlenerek oluşturulan sosyal kaynaşma, konfor ve erişilebilirlik kalitesi ana çerçevesinde bir park oluşturma amacını taşıyan kılavuzun oluşturulmasıdır. Bu ilkeler şu şekilde özetlenebilir: Yaya geçişlerine öncelik vererek, bağlantı ve geçişleri artırmak; birey odaklı etkinlik alanlarını çoğaltmak; kamusal alanlarda yaşadığımız ait olmama, yabancılaşma duygusunun eksikliğine çözüm bulmak; kamusal alanların herkese hitap etmeme anlayışını kırarak her renge, her kesime hitabetini sağlamak; kamusal alanların okunabilirliğini artırmak, alanlarda gerçekleşen aktivite sıklığını ve çeşidini artırmak, alanlarda müşterekleşmeyi artırmaktır. Bu hedef ve ilkeler doğrultusunda, hem kalite parametreleri hem de kentsel tasarım rehberindeki parametreler çakıştırılmış çalışılan alanlara uyarlanan özgün bir tablo oluşturularak Sadabad Parkı ve Maçka Demokrasi Parkı rehberi altı başlık altında toplanmıştır. Bunlar; Morfolojik, Sosyal Kaynaşma, Estetik, Algılanabilirlik, Konfor ve Teknik Özelliklerdir.

Tablo 12: Sadabad Parkı ve Maçka Demokrasi Parkı için Kentsel Tasarım Rehber Önerisi.

Morfolojik	Sosyal Kaynaşma	Estetik	Algılanabilirlik	Konfor	Teknik
Düzen/Doku	Etkinlik	Uyum/Renk/Denge	Erişilebilirlik	Yaya Yolları	Güvenlik
Sınırlar/Süreklilik	Aidiyet	Cazibe Noktaları	Karakter/Okunabilirlik	Oturma Alanları	Temizlik-Malzeme
Bağlantı Noktaları	Canlılık	Heykel/Sanat	Ulaşılabilirlik	Ortak Pratiklere İmkan	Işıklandırma
Biçim/Oranlar	Farklı Aktörler/Aktiviteler	Peyzaj Alanları	Ölçek	İşlevsellik	Yönlendirme
Topografya	Eşitlik	Manzara Noktaları	Giriş-Çıkış	Kentle İlişkisi	Gürültü/Koku Kontrolü

Kentsel Rehberde Parklara Uygun Olmayan Kavramlar

Bina oranları; tarihi çevrenin korunumu, çatı saçak oranları, tarihi mirastan yararlanma, çıkmaz sokaklardan kaçınma, parsel boyutları, kentsel altyapı, kentsel enerji, meydan bağlantıları, sokak oranları, eğimli alanlar, yeni ve eskinin entegrasyonu, yükseklik ve kütle, yapı cephe uyumları, çatı hizalarının korunması, sokakta komşuculuk.

8. SONUÇLAR

Maçka Parkı, kullanıcılar tarafından bireysel ve grup aktivitelerine uygun bulunmuştur. Bu durum, kullanıcıların farklı aktivite çeşitlerine olan ihtiyaçlarını göstermektedir. Anket sonuçlarına bakıldığında, oran farkının fazla olduğu bir diğer yanıt ise, "Parkta kendimi özgür hissediyorum." yanıtıdır. Maçka Parkı'nda (3,92) oran düzeyine karşılık, Sadabad Parkı (3,17) oranıyla oldukça düşük bir orana sahip olmuştur. Bu da Sadabad Parkı'nın potansiyeli olmasına karşın parkta gerçekleşen aktivite çeşitliliğinin az olmasından kaynaklanmaktadır. Bu cevapları destekleyen bir diğer cevap ise parkların kaliteli bulunma oranıdır. Sadabad Parkı'nı kaliteli bulma oranı (3,09), Maçka Demokrasi Parkı'na (3,76) kıyasla düşük bir orana sahiptir. Yani, kalitesiz bulunmuştur.

Kamusal alanların kalite bağlamında değerlendirilmesi üzerinde durularak, elde edilen anket bulgularının sağlamlarını ve elde edilen sonuçların karşılaştırılması amacıyla bu kısımdan elde edilen ölçütler çerçevesinde bir test yapılarak ölçütlerin doğruluğu ve önem derecesi ortaya konmak istenmektedir. Bu bağlamda, Mann-Whitney U Testi ile çalışılan parklar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık olup olmadığını analiz edilmiştir. Bu doğrultuda; kalite parametreleri ölçeğinde parklar arasında anlamlı fark bulunanlar; "Farklı eylem potansiyellere açık bir park.", "Bu parkta kendimi özgür hissediyorum.", "Parkın önemli bağlantı noktaları

var.”, “Parkta kirlilik ve kötü koku yoktur.”, “Buraya kendimi ait hissediyorum.”, “Burası her saat canlı bir yerdir.”, “Park kalitelidir.” ve “Park estetikdir.” ifadeleridir. Çıkan sonuçlara göre, Maçka Demokrasi Parkı, Sadabad Parkı’na göre kullanıcıları tarafından anlamlı bir farklılıkla daha yüksek puan almıştır. Maçka Demokrasi Parkı kullanıcıları, Sadabad Parkı kullanıcılarına göre daha yüksek oranda; Maçka Demokrasi Parkı’nı farklı eylem potansiyellerine açık bir park olarak görmektedir; parkta kendilerini özgür hissetmektedir; parkın önemli bağlantıları olduğunu ve parkta kirlilik ve kötü koku bulunmadığını düşünmektedir; kendilerini parka ait hissetmektedir; parkı, her saat canlı, kaliteli ve estetik bulmaktadır.

Kentsel tasarım rehberleri, kamusal alan tasarımını stratejik ve bütünsel yenilikçi bir araç niteliği taşır. Aynı zamanda, bu rehberler esnekler, her yere uyarlanabilir. Yani, kentsel kimliği geliştirerek yere özgü standartlarla bir kılavuz oluşturur. Kaliteli bir kamusal alan tasarlanması, kentsel tasarım rehberlerinin ilgilendiği konular arasındadır. Kamusal alanlarda kalite, kentin yapısını gözetenek hazırlanmış kentsel tasarım rehber ile mümkün olabilmektedir. Bununla birlikte, kalite kavramına çok boyutlu bakılarak, kamusal alanları sadece salt fiziksel boyutu ile ele almak yerine sosyal ve toplumsal içeriğini yok saymadan ele almak önemli ve gerekli olduğunun sonucu çıkarılmıştır.

Mekân kalitesi yükseldikçe, mekânlarda meydana gelen kamusal alan etkinliklerinin çeşitliliğinde, geçirilen zamanda ve niteliğinde de pozitif anlamda bir gelişmenin olduğu çalışmada ortaya çıkan bir başka sonuç olmuştur. Bir kamusal alan her daim, toplumun her kesimine hitap edebilecek, birbirinden çeşitli kentsel etkinlik, aktivite ve sosyal etkileşime zemin hazırlayabilecek, bireylere farklı yaşam yerleri oluşturabilecek derinlikte tasarlanmalıdır. Ancak bu şekilde insan yaşadığı şehirde mutlu olur, o kente ait hisseder ve ait hissettiği alanı sahiplenerek onu da kendi istekleri ve ihtiyaçları doğrultusunda özgürce şekillendirir. Bundan dolayı, toplumu hem ekonomik hem sosyal hem de kültürel yönden doğru ifade eden, özgün, birleştirici, özgürleştirici ve sosyal hayatın kalitesini artıran kamusal mekânlar ortaya çıkar. Çalışma kapsamında araştırılan farklı ülkelerden referans olarak oluşturulan kentsel tasarım rehberleri kavramları ışığında, çalışılan kamusal alanların yapısındaki fonksiyonel ve tasarımsal bozukluklar, kimliğin yok oluşu ve kentsel bütünlüğün kamusal kalitenin yok olma durumu mevcut çevrenin düzenlenmesinde, gelişim ve değişimin yönlendirilmesinde meydana gelen sorunlar değerlendirildiğinde, kentsel tasarım uygulama araçlarının kullanımının önemli hale geldiği saptanmıştır.

Belirlenen kalite parametreleriyle birlikte, uluslararası uygulanmış olan örnek kentsel tasarım rehberlerin içeriklerini derinlemesine araştırılıp çalışılan alanlara özgü bir rehber model oluşturulmuştur. Bu bağlamda, oluşturulan çerçeve model örnek teşkil etmesi açısından farklı kamusal alanlara da referans oluşturulması beklenmektedir. Yani çalışmanın, ileride yapılacak kamusal mekân tasarımlarında teorik ve pratik altlık özelliği taşıması amaçlanmıştır.

Kavramsal anlamı olarak benzerlik gösteren ancak farklı kamusal alanlar için birbirini tekrarlamayan, yerel özellikler göz önünde bulundurularak tasarlanacak olan rehberler, genel olarak topluma etki eden her alanda ihtiyaç olan tasarım parametrelerini ortaya koyabilmektedir. Tasarım sürecinde bir stratejik denetim olarak kentsel rehberler teşvik edilmelidir. Kentsel tasarım rehberlerinin uygulanabilir ve gerekli olabilmesi için kural ve yönetmeliklere dayanması şarttır. Böylece kentlerde bulunan kamusal alanlarda sağlanacak olan sistematik ve stratejik yaklaşım, kaliteli ve yaşanabilir bir kamusal alan oluşturulma olanağını artırır.

9. KAYNAKÇA

Arendt, H. (2006). İnsanlık Durumu, 3. Baskı, İstanbul: İletişim Yayınları

Akdoğan, G. (1984). Doğa Düzenleme Ders Notları [Yüksek lisans tezi]. Yıldız Teknik Üniversitesi.

Aydemir, S.E. (2004). Kentsel Açık ve Yeşil Alanlar “Rekreasyon”: Kentsel Alanların Planlanması ve Tasarımı. Akademi Yayınevi.

Bolund, P. and Hunhammar, S. (1999) “Ecosystem Services in Urban Areas”, Ecological Economics, Sayı 29, s. 293-301.

Carmona, M. Heath, T. Oc, T. and Tiesdell, S. (2003) Public Place, Urban Spaces: The Dimension of Urban Design, Elsevier Publishing, Oxford, UK.

Erdönmez, E. ve Akı, A. (2005). Açık Kamusal Kent Mekânlarının Toplum İlişkilerindeki Etkileri. *Megaron*, 1(1), 67-87. <https://www.journalagent.com/megaron/pdfs/MEGARON-21939-ARTICLE-ERDONMEZ.pdf>

Gehl, J. (1971). Life between buildings. Washington. Island Press.

Greene, S. (1992). Cityshape communicating and evaluating community design.

İslamoğlu, A.H. ve Alnıaçık, Ü. (2019). Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri. Beta Yayınevi: İstanbul.

Habermas, J. (2000) Kamusal Alanın Yapısal Dönüşümü, Çev. T. Bora ve M. Mithat, İstanbul, İletişim Yayınları.

Jacobs, J. (1961). The death and life of great american cities. new york. Random House.

Karaman, A. (1992, 24 Mayıs). Kentsel Tasarımda Çevresel Bütünlük Ve Süreklilik. 1. Kentsel Tasarım ve Uygulamalar Sempozyumu. MSÜ Mimarlık Fakültesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, İstanbul.

Karaman, A. (2008). Kentsel Tasarım: Kuramlar, İlkeler, Roller. Mimarist Dergisi, 1(29).

Kart, N. (2002). Emirgan Parkında Kullanıcıların Memnuniyet Derecelerinin Değerlendirilmesi (Doktora tezi), İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

Koç, H. (1999). Kentsel Tasarım Rehberleri – Olanaklar/Sınırlamalar. 1. Ulusal Kentsel Tasarım Kongresi. Mimar Sinan Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Ankara.

Krupa, F., 1993. The Privatization of Public Space, The State of the Public Realm, Battery Park City; Los Angeles Gated Communities and the Mall of America, Los Angeles.

Marcus. C.C. Francis. C. (1990). People place: design guidelines for urban space. new york. Van Nostrand Reinhol.

Özaydın, G. (1993). Kentsel Tasarım Kapsamında Tarihi Kentsel Mekânlarda Arayüzlerin Düzenlenmesine Sistemli Bir Yaklaşım [Doktora Tezi]. Mimar Sinan Üniversitesi

PPS, (2000). How to turn a place around. A handbook for creating succesful public spaces. Project for Public Spaces, Inc.

Tekeli, İ. (1999) Önsöz, Katılımcı Demokrasi, Kamusal Alan ve Yerel Yönetim, Ed.: A.Y. Sarıbay, H.B. Kahraman, E. F. Keyman, İstanbul, Demokrasi Kitaplığı.

Thompson, C.W. (2002). Urban open space in the 21st century. *Landscape and Urban Planning*, 2(60), 59–72. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(02\)00059-2](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00059-2)

Yener Metin, S. N. (2020). Kamusal Mekân Kalitesinin Sağlanması Kentsel Tasarım Araçlarının Rolü. [Yüksek lisans Tezi]. Uludağ Üniversitesi.

Whyte, W. H. (2000) “The social life of small urban spaces”, common ground? readings and reflections on public space, A.M. Orum (Ed.) (s.32-39). Neal New York, Routledge.



DEMATEL İLE ÖRGÜTSEL BAĞLILIĞIN AZALMA NEDENLERİNİN ANALİZİ: BİR BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ ÖRNEĞİ

ANALYSIS OF REASONS FOR DECREASING ORGANIZATIONAL COMMITMENT WITH DEMATEL: A CASE OF A METROPOLITAN MUNICIPALITY

DOI:10.20854/bujse.1428243

Savaş BIÇAK¹

Öz

Örgütlerin varlığının devamı, başarılı olmaları ve vizyonlarına ulaşmada çalışanlar büyük önem taşımaktadır. İnsan kaynağının etkin yönetimi ile örgütte; amaçlara ulaşmada aşama kaydedilmekte, çalışmada iş tatmini sağlanmakta, müşterilerde ise hizmetlerden duyulan memnuniyet artmaktadır. İnsan kaynakları iyi yönetilemediğinde ise örgütün başarı olasılığı azalmakta ve varlıklarının devamı zorlaşmaktadır. Bu durum çalışmada performans düşüklüğü, işten ayrılma, iş doyumu ve örgüte bağlılıkta azalma etkilerini yaratmaktadır. Müşteri de ise örgüte olan bakış olumsuz anlamda etkilenmektedir. Bu çalışmada bir büyükşehir belediyesinden 2019 -2023 yılları arasında diğer kamu kurumlarına tayin talepleri, çalışan istifası ve emekliliğe ayrılma hususlarında yaşanan artışla ilgili büyükşehir belediyesinde örgüte olan bağlılığın azalma nedenleri araştırılmış, literatür araştırması sonucu belirlenen 15 kriter kurumda çalışan uzman grup tarafından çalışmaya özgü soru formu ile değerlendirilmiştir. DEMATEL yöntemi ile analiz edilen sonuçlar neticesinde; belediye başkanının şahsi amaçlarını kurumun amaçlarına dönüştürmesi, belediye başkanının sergilemiş olduğu liderlik tarzı, performansa dayalı ödüllendirme sisteminin bulunmaması, insan kaynaklarının keyfi uygulamaları kriterleri örgütsel bağlılığın azalmasında kök nedenler olarak belirlenmiş ve kök nedenler doğrultusunda değerlendirmelerde bulunularak sorunun çözümüne katkıda bulunmak amaçlanmıştır.

Abstract

Employees are of great importance in ensuring the continued existence of organizations, their success and achieving their vision. With the effective management of human resources in the organization; Progress is made in achieving the goals, job satisfaction is achieved in employees, and customer satisfaction with the services increases. When human resources are not managed well, the organization's probability of success decreases and its continued existence becomes difficult. This situation creates the effects of decreased employee performance, turnover, job satisfaction and commitment to the organization. The customer's perception of the organization is negatively affected. In this study, the reasons for the decrease in commitment to the organization in a metropolitan municipality regarding the increase in appointment requests to other public institutions, employee resignations and retirements between 2019 and 2023 were investigated, and 15 criteria determined as a result of the literature research were prepared by a study-specific questionnaire by an expert group working in the institution. evaluated. As a result of the results analyzed with the DEMATEL method; The criteria of the mayor's transformation of his personal goals into the goals of the institution, the leadership style exhibited by the mayor, the absence of a performance-based reward system, and arbitrary practices of human resources were determined as the root causes of the decrease in organizational commitment, and it was aimed to contribute to the solution of the problem by making evaluations in line with the root causes.

Anahtar Kelime: DEMATEL, Yerel Yönetimler, Çok Kriterli Karar Verme, Örgütsel Bağlılık

Keywords: DEMATEL, Local Governments, Multi-Criteria Decision-Making, Organizational commitment,

¹ İstanbul Üniversitesi, İletişim Fakültesi, Halkla İlişkiler ve Tanıtım Bölümü Lisans Öğrencisi; savاسبicak34@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6529-9806.

1. GİRİŞ

Günümüz örgütlerinin varlığının devamı, başarılı olmaları ve vizyonlarına ulaşmada ekonomik gelişmelerin, teknolojik yeniliklerin, inovatif buluşların ve yeni yatırımların yanı sıra “çalışan” faktörü de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. (Boz vd.,2021) Örgütlerin rekabet ortamında varlığını sürdürülebilmeleri konusunda maddi kaynaklarının yanı sıra beşerî sermayeleri yani insan kaynağı da oldukça önemlidir. (Alay vd.,2023) Örgütlerde rakiplerle rekabet edilirken ve amaçlar gerçekleştirilmeye çalışılırken örgüt bütünlüğünün sağlanması adına oluşturulan hiyerarşik yapı içerisinde çalışanlar arasında astın astla, astın üstle ilişkileri yatay ve dikey doğrultuda gerçekleştirilmektedir. Bu ilişkilerin devamlılığı ve sürekliliği için örgütü oluşturan bireylere verilen görevlerin yerine getirilmesinde çeşitli kurallar konulmaktadır. Örgütte rolü ne olursa olsun örgütü oluşturan üyelerden bu kurallara uyması beklenmektedir. Örgütün amaçlarını gerçekleştirmek ve ideal bir çalışma ortamı oluşturmak için koyulan kurallar, örgüt üyelerine verilen görevler, görevler yerine getirilirken kurulan ilişkiler, liderin sergilemiş olduğu liderlik tarzı ile bir örgüt iklimi oluşturulmaktadır. Bu örgüt ikliminde çalışanların, çalışma arkadaşları ve üstleri ile iyi ilişkiler kurması, örgütsel destekleyici faaliyetlerin yeteri düzeyde gerçekleştirilmesi, çalışanların sorumlulukları kapsamındaki görevleri yerine getirirken iş doyumunu sağlaması, yöneticilerin olumlu liderlik tarzı sergilemesi, çalışanın örgütsel adaletin varlığını hissetmesi, çalışanın yaptığı iş karşılığında tatmin edici ücret alması vb. birçok etken çalışanın içinde bulunduğu örgütün bir parçası olduğu hissiyle örgüte karşı bir aidiyet duygusu oluşturmaktadır. Bu aidiyet duygusuna örgütsel bağlılık denilmektedir. Bir örgütte örgütsel bağlılığı yüksek olan çalışanlar diğer çalışanlardan daha yüksek performans göstermekte, sadakat ve sorumluluk taşıma konusunda daha duyarlı davranmakta ve örgüte olan maliyetleri de daha düşük olmaktadır. (Bıçak ve Gündüz, 2023). Örgütsel bağlılığı artıran faktörlerin başında gelen örgütsel destek faaliyetlerini etkilediği belirtilen başlıca dört faktör; örgütsel adaletin varlığı, yöneticilerin çalışana desteklemesi, örgütsel ödül mekanizması, çalışma koşullarının iyileştirilmesi ve çalışan özelliklerinin geliştirilmesidir. (Tamer ve Bozaykut Bük, 2020). Çalışanların, örgüte sağladığı katkıya değer verildiğini hissetmesini sağlayan örgütsel destekleyici faaliyetler algısının çalışanlarda oluşabilmesi için;

- Örgüt çalışanlarının çeşitli kararlar alınırken fikirlerine başvurulması,
- İş güvenliklerinin sağlanması,
- Çalışan ilişkilerinin pozitif yönde tutulması,
- Kayırmacılık davranışlarının sergilenmemesi,
- Çalışanların önemsendiğinin hissettirilmesi gerekmektedir. Bu sayede çalışanlar örgütsel destek verildiğini algılayabilirler (Solmaz, 2023).

Örgütsel bağlılığı etkileyen bir diğer önemli faktör ise kayırmacılıktır. Kayırmacılık, liderin veya yöneticinin çeşitli nedenlerle yakınlık duyduğu kişi ya da grupları diğerlerine göre önde tutma ve ayrıcalık tanınması durumudur. Örgütlerde kayırmacılık çeşitli şekillerde görülebilmektedir. Bunlar;

- Nepotizm (Akrabalarını, yakınlarını kayırma)
- Kronizm (Eş ve dost, çevresini kayırma)
- Partizanlık (Siyasi, politik kayırmacılık)
- Patron Kayırmacılığı
- Cinsiyet Kayırmacılığıdır (Özdemir ve Gündüz, 2022).

Çalışanların örgütsel bağlılıklarını etkileyen önemli faktörlerden biri olan liderin astlarına karşı sergilemiş olduğu liderlik tarzı ve becerileri de örgütsel başarıyı etkilemektedir. Örgütün başarıya ulaşabilmesi için örgüt liderinin, çalışanı örgüte bağlayan faktörleri doğru bir şekilde belirlemesi, yorumlaması ve bu faktörleri aynı seviyede tutma becerisini gösterebilmesi gerekmektedir. Örgütlerde liderin beceri eksikliğinin üç farklı alanda sorunlara yol açacağını belirten Conger (1990), bu alanlardan ilkinin “Stratejik vizyondaki başarısızlık” olduğunu belirtmiştir. Stratejik vizyondaki başarısızlıkta lider doğru bir vizyon belirleyememekte, belirlenen yanlış hedefler nedeniyle çevresindeki sorunları fark edememekte ve önüne gelen fırsatları değerlendirememektedir. İkinci beceri eksikliği alanı “iletişim ve izlenim yönetimi becerileri” olarak belirtilmiştir. Bu beceri alanında lider örgüt üyelerinden gerçek bilgiyi gizleyerek veya değiştirerek takipçilerini vizyonunun doğruluğuna inandırabilmekte, takipçilerinden gelen sürekli olumlu dönüşler sayesinde bu durumu benimseyerek hatalarını göremez duruma gelebilmektedir. Liderin üçüncü beceri eksikliği alanı ise “Genel Yönetim Uygulamaları” alanında kendini göstermektedir. Çalışanların sürekli denetim altında tutulması ve astın üstle ve üstün üst ile ilişkilerinde gösterilen kötü yönetim ve yıkıcı rekabet koşullarının teşvik edilmesi örgütün başarılı olma ihtimalini azaltmaktadır (Özten ve Çiçek Sağlam ,2023). Örgütlerin başarılı olmaları ve amaçlara ulaşmalarını sağlama açısından etki edebilecekleri en önemli kaynak; çalışanları yani insan kaynaklarıdır (Bıçak ve Gül, 2023). Bu nedenle örgütte var olan insan kaynağının iyi yönetilmesi, çalışanların örgüte bağlılıklarının artırarak yüksek performans göstermesine engel olabilecek faktörlerin ortadan kaldırılması örgütün amaçlarına ulaşabilmesi adına büyük önem taşımaktadır (Uğurlu, 2023).

Bir kamu kurumu olan ve devlet tüzel kişiliği ile devletin bütünlüğü ilkesinin idari vesayet yoluyla sağlandığı büyükşehir belediye örgüt teşkilatı; genel sekreterlik, daire başkanlığı ve daire başkanlığına bağlı müdürlüklerden oluşmaktadır. Büyükşehir belediyesi genel sekreteri, 5216 sayılı Büyükşehir Belediye Kanunu’nun “Personel İstihdamı” başlıklı 22. Maddesine göre, belediye başkanının teklifi üzerine İçişleri bakanı tarafından atanmaktadır. Müdürlük ve üstü makamlara atanmış ilk büyükşehir belediye meclis toplantısında duyurulmaktadır. Diğer büyükşehir belediye personeli ise büyükşehir belediye başkanı tarafından atanmaktadır. Müdürlüklerin kurulması, kaldırılması veya birleştirme kararları büyükşehir belediye meclisi tarafından alınmaktadır. Büyükşehir belediyelerinde; belediye başkan yardımcısı bulunmamakta fakat büyükşehir belediye başkanları nüfusu iki milyonu geçen büyükşehir belediyelerinde on, diğer büyükşehir belediyelerinde beşi geçmemek üzere başkan danışmanı atayabilmektedir. Büyükşehir belediye kanununda en az dört yıllık üniversite mezunu olma şartı taşıyan belediye başkan danışmanlarının, görev süreleri sözleşme süresi ile sınırlı olup maksimum çalışma süreleri belediye başkanının görev süresi kadardır. Bu danışmanlara, genel sekreterin brüt aylık miktarının %75’ ini geçmemek koşulu ile belediye meclisinin belirlediği miktarda brüt ücret ödenmektedir. Resmi olarak hiçbir karar verme yetkisi bulunmayan büyükşehir belediye başkan danışmanları, fiiliyatta büyükşehir belediyesi birimlerinin alması gereken son derece önemli kararlarında söz sahibi olabilmekte, riskli konularda hiçbir yasal sorumluluk taşımamaları nedeniyle menfaatleri doğrultusunda rahat kararlar alabilmektedir. Başkan danışmanlarının aldığı bu tür kararları, yasal sorumluluk taşıyan genel sekreter yardımcısı, daire başkanı ve müdür vb. makamlarda oturan makam sahipleri statülerini korumak adına uygulamak zorunda kalmakta, uygulamakta tereddüt eden ya da uygulamayan makam sahiplerinin görev süreleri çok uzun sürmeyebilmektedir. Büyükşehir belediye örgütlerinde, personel rejiminde devlet memuru, sözleşmeli memur ve kadrolu işçi olmak üzere farklı statüde personel çalıştırılabilmektedir. Bu kadroların yanı sıra büyükşehir belediye

kanununun 26. Maddesine istinaden kurulan ve %50 sermayesinden fazlasının büyükşehir belediyesine ait olduğu “belediye iktisadi teşebbüsleri” kadrosunda bulunan çalışanlar büyükşehir belediyesi müdürlüklerinde görev alabilmektedir. İmza yetkisi bulunmayan ve büyükşehir belediyesi müdürlüklerinde görev alması Sayıştay raporlarında sakıncalı olduğu belirtilen bu statüdeki personellere devlet memurlarının yapması gereken işler yaptırılmaktadır. Yönetimin yapılmasını istediği hukuki açıdan sorun teşkil edebilecek işler iş güvencesi olmayan iştirak şirket personellerine daha kolay yaptırılabilen, bu durumun farkında olan üst yönetimlerde rantın büyük olduğu müdürlüklerde bu statüdeki personelleri çalıştırma eğilimi gösterebilmektedir. Devlet memurları, beş yılda bir yerel halkın tercihi ile seçilen belediye başkanı ve başkanla birlikte göreve başlayan üst yönetimin hukuki açıdan sorun teşkil edebileceğini düşündüğü işlere genellikle imza atmaktan kaçınmaktadır. Bu sebepten ötürü nitelikli devlet memurlarına önem seviyesi düşük işlerde görev verilirken, iştirak şirket üzerinden çalıştırılan personellere önem düzeyi yüksek riskli işler üst yönetimin istediği doğrultuda yaptırılabilir. Bu ve benzer durumlarla karşılaşabilen kamu rejiminde çalışan çeşitli kadrolardaki personeller, astın ast ile ve astın üstle ilişkilerinde sorunlar yaşayabilmekte, belediye başkanı ve üst yönetim tarafından dışlanmakta, iş verilmemekte, mobbinge maruz kalabilmekte, görev yeri değiştirilmekte ve hatta belediye üst yönetimince tehdit edilebilmektedir. Bu tür durumlara maruz kalan çalışanlar ise örgütsel sessizlik davranışları sergilemekte ve örgüte olan bağlılıklarında azalma oluşabilmektedir.

Bu çalışmada 2019 -2023 yılları arasında bir büyükşehir belediyesinde yaşanan örgütsel bağlılığın azalma nedenleri araştırılmış ve buna ilişkin 15 etkin faktör belirlenmiştir. Gelecekteki kararların analiz edilmesinde de kullanılmak üzere, bu 15 faktör kabul edilerek Endüstri Mühendisliğinin önemli alanlarından biri olan ÇÖKV çalışması yapılarak faktörler arasındaki ilişkiler DEMATEL yöntemi ile ortaya çıkarılmıştır. Uzman görüşlerine dayalı öznel bir yaklaşım sunan ve kriterler arası etki düzeyini ölçebilen başlıca yöntem olan DEMATEL’ e veri sağlamak amacıyla bir soru formu hazırlanmış ve belediyecilik alanında 5 yıl ve üzeri deneyimi olan, işletme ve insan kaynakları bölümlerinde lisans ve yüksek lisans eğitimi almış büyükşehir belediyesinde çalışan uzman grubu tarafından değerlendirilmiştir.

Çalışma akışı şu şekildedir. Bölüm 2’de örgütsel bağlılık üzerinde durulmakta ve örgütsel bağlılığın boyutlarından bahsedilmektedir. DEMATEL’ in matematiksel algoritmasından Bölüm 3’te bahsedilmektedir. Bölüm 4, DEMATEL’ in konu özelindeki uygulaması ve elde edilen bulgular özetlenmektedir. Bölüm 5 ile de çalışmanın sonuçları değerlendirilmekte ve çeşitli öneriler getirilmektedir.

2. ÖRGÜTSEL BAĞLILIK

Örgütsel bağlılık; çalışanların kendilerini bir parçası olarak gördüğü örgütün vizyonunu özümsemesini, amaçlarına ulaşabilmesi için yapılması gerekenlere duyulan ilgiyi ve gösterilen çabayı, örgütün değerlerine olan yüksek sadakati ve çalışma azmini ifade eden bir olgudur (Nisan vd., 2023). Kişinin performansını etkileyen örgütsel bağlılık, kendiliğinden oluşan ve çalışanın kurumuna bağlanmasını ve kurumun amaçları ile kendi amaçlarını özdeşleştirmesini kurumun değerlerine ve amaçlarına ulaşmada çaba göstermesini ifade eden organik bir süreçtir. Örgütsel bağlılık; çalışanın örgütün amaçlarını gerçekleştirebilmesi için özveri ile çalışması, örgütün amaçlarını sahiplenmesi ve örgütün değerlerini benimsemesi olarak ifade edilmektedir (Dönük ve Bindak, 2022). Çalışanla örgüt arasındaki ilişkinin düzeyi ve yönünü belirleyen örgütsel bağlılık çalışanın örgütün daimî bir üyesi olmasını sağlamakla birlikte aynı

zamanda örgütle çalışan arasında bir nevi psikolojik sözleşme olarak tanımlanabilmektedir. Çalışanların örgütlerine bağlılık düzeyi iş performansını ve verimini etkileyen en önemli unsurdur (Solmaz, 2023).

2.1. Örgütsel Bağlılığın Boyutları

Allen ve Meyer'in 1990 yılında geliştirdikleri yaygın olarak akademik çalışmalarda kullanılan örgütsel bağlılığın üç alt boyutu bulunmaktadır. Bunlar; duygusal bağlılık, devam bağlılığı ve normatif bağlılıktır (Uğurlu, 2023).

2.1.1. Duygusal bağlılık

Çalışanın örgüt amaçlarını özümsemesi ve benimsemesini kendi değerleri ile örgütün amaçlarını bütünleştirmesini ifade eder. Bu bütünleşme gerçekleştiğinde çalışan örgüte duygusal olarak bağlılık hissederek. Duygusal bağlılığı yüksek çalışanlar örgütte kendi istekleri ile gönüllü olarak çalışmaya devam ederler. Örgütün değerlerine ve amaçlarına sadakat gösterirler ve örgütün bir parçası olmaktan memnuniyet duyarlar. Bu nedenle örgüt yönetimleri tarafından en çok var olması istenen bağlılık türüdür (Esengin ve Şantaş, 2023). Bu bağlılık türünde çalışan örgütte kalmak istemektedir (Sökmen ve Işık Yavanoğlu, 2023).

2.1.2. Devam bağlılığı

Bir örgütte belli bir süre çalışmış bir konum ve konfor alanı elde eden çalışanlar mevcut durumu sürdürme eğilimi göstermektedir. Çünkü yeni bir başlangıç, yeni bir iş, yeni bir çalışma ortamı fikri zor gelebilmektedir. Bunun sonucunda çalışanda devam bağlılığı oluşmaktadır. Devam bağlılığı çalışanın zamanla örgütte oluşturduğu konumunu ve konfor alanını kaybetmemek için, içinde bulunduğu örgüte duyduğu bağlılığı ifade etmektedir. Diğer bir deyişle çalışanın örgütten ayrılması durumunda oluşacak maliyetleri göze alamaması düşüncesi ile örgüt üyeliğini devam ettirmesidir (Döngelci vd.,2023). Çalışanın kurumu ile bağlarını kopardığında katlanmak zorunda kalacağı vazgeçme maliyetinden kaçınmaları sonucu oluşan bağlılık türüdür (Taşlıyan vd.,2022). Bu bağlılık türünde çalışan örgütte kalması gerektiğini düşünmektedir.

2.1.3. Normatif bağlılık

Çalışanın ahlaki, etik ve kültürel nedenlerden kaynaklanan, kendini sorumlu ve yükümlülük altında hissetme durumu olarak ifade edilmektedir. Normatif bağlılıkta çalışan kurumda kalmak zorunda olduğunu hissetmektedir (Çankaya, 2023). Sadakatin ve vefanın ön planda olduğu bu bağlılık boyutunda, çalışan kutlu bir vazifeyi yerine getirdiği düşüncesi ile örgütten ayrılmaması gerektiğine dair hissiyat taşımaktadır (Altundere ve Karagöz,2022). Bu bağlılık türünde çalışan örgütüne borçlu olduğu düşüncesi ile örgütten ayrılma durumunu ahlaki bulmamaktadır (Kekül ve Genç, 2023).

Allan ve Mayer'in bu sınıflandırmasının dışında örgütsel bağlılığın farklı sınıflandırmaları da bulunmaktadır. O'Reilly ve Chatman (1986) örgütsel bağlılığı aşağıdaki gibi üç farklı alt boyutta sınıflandırmıştır:

- **Uyumlu olma boyutu:** Bu boyutta çalışan görevlerini ve sorumluluklarını yerine getirirken yatay ve dikey doğrultuda gerçekleştirdiği ilişkilerinde örgütün cezalandırma ve ödüllendirme mekanizmalarını gözeterak hareket etmektedir. Ödüllendirme sisteminden fayda sağlamak bu alt boyutun temel amacıdır ve örgütsel bağlılığın bu alt boyutunda bağlılık yüzeyseldir (Uyanık,2022).

- **Özdeş olma boyutu:** Diğer örgüt çalışanları ile yakın ilişki kurmak isteyen çalışan, sergilediği tavır ve davranışları örgütün amaç ve değerleri ile ilişkilendirmektedir.
- **İçselleşme boyutu:** Çalışanın amaç ve değerleriyle, örgütün amaç ve değerlerinin tam olarak örtüşmesi durumunu ifade etmektedir (Özdemir ve Gündüz, 2022).

3. DEMATEL YÖNTEMİ

Kriterler arasındaki etki düzeyini ve kriterlerin önem seviyesini belirleme amacıyla kullanılan DEMATEL yöntemi 1974 yılında Gabus ve Fontela tarafından ileri sürülmüş ve Cenevre Battle Memorial Enstitüsü tarafından geliştirilmiştir (Okumuş ve Dineri, 2023). DEMATEL yönteminin diğer ÇÖKV yöntemlerinden en önemli farkı da kriterler arasındaki etki düzeyini uzman görüşlerine dayanarak ortaya çıkarabilmesi ile kriterleri neden ve etki şeklinde gruplara ayırabilmesidir. (Bıçak ve Gül, 2023) DEMATEL' in matematiksel algoritması şu şekildedir.

- Aşama 1: Doğrudan ilişki matrisinin (Z) oluşturulması

DEMATEL yöntemi konusunda uzman olan kişilerin öznel değerlendirmelerini sayısallaştırarak analize dahil eden bir yaklaşımdır. Uzmanlardan veri toplanması aşamasında ise Tablo 2'de verilen ölçek kullanılmaktadır. Beş seviyeden oluşan ölçek, ikili karşılaştırmalarda kullanılmakta olup her bir sayı ölçütler arası ilişkinin varlığını ve derecesini belirtmektedir.

Tablo 1: DEMATEL değerlendirme ölçeği.

Ölçek	Tanım
0	Etki yok
1	Düşük etki
2	Orta etki
3	Yüksek etki
4	Çok yüksek etki

Her uzman kendi değerlendirmesini ayrı ayrı yapabilir. Bu durumda uzmanların seçtikleri puanlar z_{ij}^k ile gösterilir: k uzmanının i ölçütünün j ölçütünü etkilemesine biçtiği değer ($k=1, \dots, l$; $i, j=1, \dots, n$). Uzman görüşlerinin Eşitlik Denklem (1)'de verilen şekilde ortalaması alındığında $Z = [z_{ij}]$ doğrudan ilişki matrisi kurulmuş olur. Köşegen elemanları 0'dır.

$$z_{ij} = \frac{1}{l} \sum_{k=1}^l z_{ij}^k, \quad i, j = 1, 2, \dots, n. \quad \text{Denklem (1)}$$

• Aşama 2: Normalleştirilmiş doğrudan ilişki matrisinin (X) belirlenmesi
Doğrudan ilişki matrisi (Z)'ye Eşitlik Denklem (2) ve Denklem(3) uygulanarak normalleştirilmiş doğrudan ilişki matrisi ($X = [x_{ij}]$) oluşturulur.

$$X = \frac{Z}{s} \quad \text{Denklem (2)}$$

$$s = \max(\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n z_{ij}, \max_{1 \leq j \leq n} \sum_{i=1}^n z_{ij}) \quad \text{Denklem (3)}$$

- Aşama 3: Toplam ilişki matrisinin (T) elde edilmesi

Normalleştirilmiş doğrudan ilişki matrisi elde edildikten sonra Eşitlik (Denklem(4)) yardımıyla tüm doğrudan ve dolaylı ilişkiler toplanarak toplam ilişki matrisi ($T = [t_{ij}]$) ortaya çıkarılır. Formüldeki ilk X , normalleştirilmiş doğrudan ilişki matrisi iken üstlü kısımlar dolaylı ilişkileri göstermektedir. Limit işlemlerinden hareketli denklemi Eşitlik Denklem (4)'ün son kısmındaki hale indirmek olanaklıdır. Eşitlikte birim matris, I ile gösterilmektedir.

$$T = X + X^2 + X^3 + \dots + X^h = X(I - X)^{-1} \quad ; \quad h \rightarrow \infty \quad \text{Denklem (4)}$$

- Aşama 4: Neden ve etki gruplarının belirlenmesi

Eşitlik Denklem (5) ve Eşitlik Denklem (6), sırasıyla T matrisindeki sütunlar toplamı (C) ve satırlar toplamı (R)'nı bulmak için kullanılır. Satırlar toplamı ilgili satırdaki ölçütün diğerlerini ne kadar etkilediğinin genel bir göstergesi iken sütunlar toplamı o ölçütün diğer ölçütlerden genel olarak ne kadar etkilendiğini gösterir. R ve C değerlerinin hesaplanması ile $R - C$ ve $R + C$ değerleri bulunur.

$$R = [r_i]_{n \times 1} = [\sum_{j=1}^n t_{ij}]_{n \times 1} \quad \text{Denklem (5)}$$

$$C = [c_j]_{1 \times n} = [\sum_{i=1}^n t_{ij}]_{1 \times n}^T \quad \text{Denklem (6)}$$

$R - C$ değerleri net etkiyi göstermekte olup kriterlerin gruplandırılmasında kullanılmaktadır. Pozitif $R - C$ değerine sahip ölçütler, diğer ölçütler üzerinde daha yüksek net etkiye sahip olduklarından dolayı "neden" grubunda sınıflandırılmaktadır. $R - C$ değeri negatif olan ölçütler ise diğer ölçütlerden daha fazla etkilenenler olup negatif yönlü net etki değerine sahiptirler demektir ve bunlar "etki" grubunda sınıflandırılır. Böylelikle kriterler arasındaki ilişkilerin anlamlandırılmasında bir ek açıklamaya ulaşılmış olur. Burada, neden grubundaki ölçütler etki grubundaki ölçütler üzerinde daha fazla net etkiye sahip olduklarından dolayı neden ölçütlerindeki iyileştirmeler doğrudan ya da dolaylı olarak etki grubundaki ölçütler üzerinde bir iyileştirme sağlayacaklardır sonucuna ulaşırlar.

$R + C$ değerleri ise ilgili ölçütün sistem içerisindeki merkezi rolünü tanımlamaktadır. $R + C$ değerlerinin normalleştirilmesi ile de ölçütlerin ağırlıkları hesaplanabilir. Ağırlıklandırma, hem $R + C$ hem de $R - C$ değerlerinin göz önüne alındığı yaklaşımlar mevcuttur.

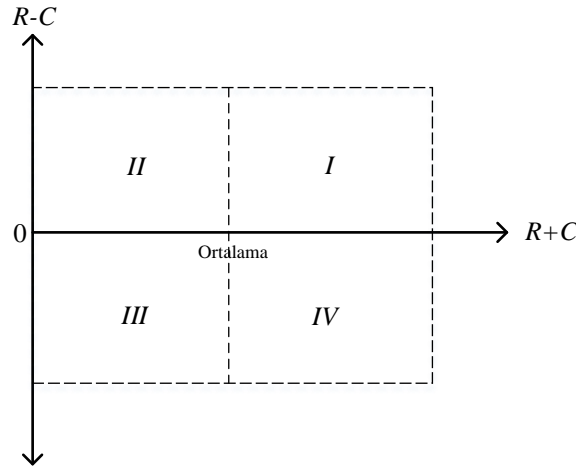
- Aşama 5: Etkileşim Haritasını (Influence Relation Map – IRM) çizilmesi

Etkileşim Haritası (IRM), ölçütler arasındaki ilişkiyi görselleştirmek amacıyla T matrisindeki değerlerden anlamlı şekilde büyük olanların seçilerek çizilir. Böylelikle kriterlerin birbirleri üzerinde ne derece anlamlı etki sahibi olduğunun anlaşılması sağlanır. Tüm ilişkilerin gösterilmesi karmaşıklık yaratacağından t_{ij} değerleri filtrelenerek sadece anlamlı şekilde büyük olanlar IRM üzerinde gösterilir. Burada etki seviyesi düşük olanların göz ardı edilebilmesi için bir eşik değeri belirlenir. Böylelikle, T matrisindeki karşılıklı etkilerden yalnızca eşik değerin üstündekiler IRM'de gösterilir ve bu şekilde etki seviyesi yüksek ilişkiler daha net anlaşılır. Si vd (2018) eşik değerin belirlenmesindeki yaklaşımları şöyle özetlemişlerdir:

- Uzman görüşlerine başvurma,
- Literatür incelemesi sonucunda,
- Beyin Fırtınası ile,
- Maksimum ortalama deentropy ile,

- T matrisindeki tüm elemanların ortalaması alınarak,
 - T matrisinin köşegenindeki elemanların maksimumu seçilerek.
- Aşama 6: Etkileşim Haritasını bölgelere ayırma

Etkileşim Haritasını yorumlama zenginliği açısından dört parçaya ayırmak olanaklıdır (Şekil 2). I numaralı bölgede yer alan ölçütler sistem içerisindeki etkisi çok yüksek olan ve sistemin ana gövdesini oluşturan “Öz” ölçütler olup bunlarda yapılacak olan iyileştirmeler sistemi fazlasıyla etkilemektedir. II numaralı bölgede yer alan ölçütler, sistemde etkili olup “Bağımsız” olarak isimlendirilir ve “Öz” grubunda yer alan ölçütleri potansiyel olarak etkileyebilirler. III numaralı bölgede yer alan ölçütler, sistemde etkisi olan ve diğer ölçütlerden fazlaca etkilenenlerdir. IV numaralı bölgede yer alan ölçütler ise sistemi tek başına etkileyemeyen ve sadece bu ölçütlerde iyileştirme yapıldığında sistemde herhangi bir etki yaratılmayan ölçütlerdir.



Şekil 1: Bölgelere Ayrılmış IRM [1].

- Aşama 7: Ağırlıkların hesaplanması
 $R + C$ değerlerinin normalleştirilmesi ile ağırlıklar hesaplanabilir (Bıçak, 2022).

$$W_i = \frac{r_i + c_i}{\sum_{i=1}^n r_i + c_i} \quad \text{Denklem (7)}$$

4. ARAŞTIRMANIN METODOLOJİSİ

Çalışmanın bu kısmında çalışmanın amacı, yöntemi, veri toplam süreci ve kısıtlar hakkında bilgi verilmekte ve DEMATEL analizi uygulanmaktadır (Bıçak ve Gül, 2023).

4.1. Çalışmanın Amacı

Bir büyükşehir belediyesinde 2019 – 2023 yılları arasında gerçekleşen tayin talepleri, istifa ve emekli olma isteklerinde yaşanan artış dolayısıyla örgütsel bağlılığın azalma nedenleri araştırılmıştır. Araştırma sonucunda belirlenen kriterler uzman görüşleri doğrultusunda değerlendirilmiş ve kök nedenler belirlenerek sorunun çözümüne katkıda bulunmak

amaçlanmıştır. Ayrıca araştırma bir büyükşehir belediyesine dair durum tespiti niteliği taşımakta ve karmaşık problemlerin çözümlenmesi açısından öncül bir nitelik taşımaktadır.

4.2. Çalışmanın Uzman Grubu ve Veri Toplama Süreci

Bir büyükşehir belediyesinde 5 yıl ve üzeri çalışan tamamı üniversite mezunu 29 uzmanın değerlendirmelerini içermektedir. Veri toplama süreci 2023 yılı Temmuz ve Ağustos aylarında yüz yüze gerçekleştirilmiştir. Çalışmada DEMATEL yönteminin ilkelerine ve ölçeğine uygun şekilde hazırlanan bu çalışmaya özgü bir soru formu kullanılmıştır.

4.3. Kısıtlılıklar

Bir büyükşehir belediyesinde 5 yıl ve üzeri çalışma süresine sahip 29 uzmanın değerlendirmelerini içeren araştırmanın 29 kişi ile sınırlı tutulmuş olması çalışmanın kısıtlılığını oluşturmaktadır. Bu tür sınırlılıklar ÇÖKV teknikleri kullanılan çalışmaların genel bir dezavantajıdır.

4.4. DEMATEL ile Analiz

Literatür araştırması neticesinde belirlenen 15 kriterin aralarındaki karşılıklı etkinin düzeyini anlamaya ilişkin olarak oluşturulan soru formu 29 uzmanın değerlendirilmesi ile toplanan öznel veriler, DEMATEL yaklaşımı ile analiz edilmiştir. Matematiksel işlemlerin gerçekleştirilmesinde Ms Excel yazılımından yararlanılmıştır.

4.4.1. Kriterlerin belirlenmesi

Literatür araştırması ile ortaya konulan 15 ölçüt ve bunlara ilişkin açıklamalar aşağıdaki şekildedir:

K1: Belediye başkanının kendi şahsi amaçlarını örgüt amaçlarına dönüştürmesi.

Belediye başkanının kendi kariyeriyle ilgili gelecekte elde etmek istediği makama ulaşabilmek amacıyla kurumun tüm kaynaklarını seferber etmesi durumunu ifade etmektedir (Özten ve Çiçek Sağlam, 2023).

K2: Çalışanların kurumda örgütsel adaletin olmadığına dair düşüncesi.

Adil ve tarafsız bir yönetim sergilenmemesi ve yöneticilerin kibirli ve çıkarıcı davranışlarını ifade etmektedir. Ayrıca görev ve sorumluluklar ile ödüllerin dağıtımı, çalışanları etkileyen kararlar alınırken gerçekleştirilen süreçlerin şeffaf olmaması ve bir çatışma yaşandığında haklı olanın hakkını korumak yerine statüsü yüksek olanı, siyaseten kendilerine yakın olanı ya da hemşeri durumunu gözetmeleri durumlarını da ifade etmektedir (İşler ve Avcı, 2023).

K3: Çalışanların, atanan yöneticilerin liyakat ile göreve gelmediğine dair düşünceleri.

Eğitim, iş ve kurum tecrübesi gibi liyakat unsurlarından ziyade, siyasi referans, hemşericilik, biat, yakın bir cemaate mensubiyet gibi unsurların atamalarda göz önünde bulundurulması durumunu ifade etmektedir (Bıçak ve Gül, 2023).

K4: Yöneticilerin makamlarını ve ayrıcalıklarını korumaya yönelik davranışları.

Yöneticilerin itibar kırıcı davranışları ve herhangi bir hata ya da eksiklik olduğu durumda suçlu astlarına yöneltmesi vb. durumlar ile kendi makamını ve ayrıcalıklarını koruyabilmek için sergiledikleri benzer davranışları ifade etmektedir (Alga, 2016).

K5: Yöneticilerin kurum kaynaklarını kendi şahsi çıkarları için kullanmaları.

Kurumun lojman, araç, bina ve lojistik vb. kurum kaynaklarını buldukları konumun bir fırsat olduğunu düşünerek kendilerinin, aile yakınlarının, hemşerilerinin kullanımına sunmaları durumunu ifade etmektedir (Özten ve Çiçek Sağlam, 2023).

K6: Belediye başkanının sergilemiş olduğu liderlik tarzı.

Liderin astlarına sergilemiş olduğu tutum ve davranışları, seçim vaadi olarak liyakat ve israf konularında daha özenli olacağını vaat etmiş fakat seçildikten sonra yerine geldiği önceki yönetimlerin davranışlarını aratacak davranışlar sergilemesi durumunu yani söyledikleri ile yaptıkları arasında tutarlı olmaması sebebiyle astlarının belediye başkanına olan inancını ve güvenini kaybetmesi durumunu ifade etmektedir (Aleyashi ve İraz, 2023).

K7: İnsan Kaynakları biriminin keyfi uygulamaları

İnsan Kaynaklarının biriminin “Yetkim var, yaparım” anlayışını ifade etmektedir. Çalışanların görev yerlerinin, çalıştıkları birimlerin keyfi değiştirilmesi ve ilgili müdürlüklerde çalışan personellerin kadroları, ücretleri vb. özlük haklarını kısıtlayıcı faaliyetlerini ya kadrolarını ya da çalıştıkları birimi değiştirme konusunda yaptıkları zorlamaları da ifade etmektedir (Karakoç ve Aykan, 2023).

K8: Yöneticilerin stratejik yönetim sergileyememeleri.

Yöneticilerin aldığı kararların, astlarına karşı tutumları vb. durumların etkilerinin hangi noktalara varacağını idrak edememe durumunu ifade etmektedir (Yaltagil ve Öztürk, 2023).

K9: Örgütsel destek faaliyetlerinin yeterince gerçekleştirilememesi

Çalışanların kurumun hedeflerine kendi değerlerini katmasını sağlayan ve çalışan ile örgüt arasındaki etkileşimi ve karşılıklı değer değişimini ifade eden, örgütle ilişkisinin yönünü belirleyen özdeşleşme süreci olan örgütsel destek faaliyetlerinin yeterince gerçekleştirilememesi durumunu ifade etmektedir (Nalçacıgil, 2023).

K10: Meslek ile yapılan işin ilgili olmaması sebebiyle iş doyumunun sağlanamaması.

Çalışanların aldıkları eğitim düzeyinin ve bireysel kapasitelerinin çok altında işlerde çalıştırılmaları sebebiyle gerçek potansiyellerini ortaya koyamamaları durumunu ifade etmektedir (Anuk İşlek ve Bakioğlu, 2023).

K11: Çalışanların örgüt yönetiminin örgütsel sinizm özellikleri taşıdığına dair anlayışı.

Çalışanların kurumun yönetimine karşı olumsuz ve eleştirel düşünceye sahip olması, amaçlarının kurumu yönetmekten ve halka hizmet etmekten ziyade farklı niyette oldukları düşüncesini ifade etmektedir (Aslan ve Terzi, 2023).

K12: Verilen emek ve alınan ücret arasındaki orantısızlık.

Yapılan işlerin zorluğu ve riskleri karşılığında alınan maaşların yeterli olmadığını ifade etmektedir (Çiçeklioğlu ve Taşlıyan, 2019).

K13: Çalışanların yönetimin tepkisi vb. nedenlerle örgütsel sessizlik davranışları.

Çalışanların yönetimin kural tanımaz faaliyetlerine, yönetimin tepkisinden ve çalışanlar tarafından dışlanma korkusu nedeniyle sessiz kalması ve yapılanları görmezden gelmesi durumunu ifade etmektedir (Alhas, 2023).

K14: Çalışma arkadaşları ile uyum sağlanamaması ve birbirlerine destekte bulunulmaması.

Çalışma arkadaşları ile olumlu bir çalışma ortamı yakalanamaması ya da işleri yaparken birbirlerini destekleyen davranışların sergilenememesini ifade etmektedir (Nisan vd., 2023).

K15: Performansa dayalı ödüllendirme sisteminin bulunmaması.

Çalışan ve yüksek performans gösteren, kapasitesi yüksek eğitilmiş personelle, çalışmayan eğitim seviyesi düşük personel arasında ayırımın yapılmaması ve ödüllendirmenin olmaması durumunu ifade etmektedir (Şarkaya ve Tanrıoğen, 2019).

4.4.2. Veri toplama

Literatür araştırması sonucu belirlenen kriterler kullanılarak oluşturulan soru formu tamamı üniversite mezunu, kurumda 5 yıl ve üzeri çalışma tecrübesi bulunan 29 kişiden oluşan uzman gruptan Tablo 1’de verilen ölçeği kullanmaları suretiyle değerlendirmeleri istenmiş olup tüm işlemler 2023 Temmuz ve Ağustos aylarında yüz yüze gerçekleştirilmiştir.

4.4.3. Verilerin DEMATEL yöntemi ile analiz

Sorunun ana kaynağının ve kriterler arasındaki karmaşık etkilerin ortaya çıkarılmasında DEMATEL yönteminden yararlanılarak uzman grubun değerlendirmeleri ile elde edilen veriler analiz edilmiştir. Yöntemin, matematiksel süreci şu şekildedir:

İlk adımda uzman gruptan soru formu yardımıyla alınan 29 değerlendirme Eşitlik Denklem (1) ile birleştirilmiş ve Tablo 2’de gösterilen Doğrudan ilişki matrisi (Z) oluşturulmuştur. Z matrisi Eşitlik (Denklem (2) ve Denklem (3) kullanılarak normalleştirilmiş ve normalleştirilmiş doğrudan ilişki matrisi (X) Tablo 3’teki şekilde belirlenmiştir.

Tablo 2: Doğrudan ilişki matrisi (Z).

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	
K1	0,00	2,55	3,86	4,00	3,86	4,00	3,97	3,55	3,10	2,66	3,97	2,03	3,69	3,21	3,83	48,3
K2	2,86	0,00	1,14	1,52	0,52	1,17	0,55	3,00	2,69	0,24	0,17	0,41	3,10	3,03	0,24	20,7
K3	3,28	2,24	0,00	0,10	0,10	0,97	0,03	2,24	2,10	0,10	2,93	0,45	1,07	0,97	0,28	16,9
K4	1,34	3,66	3,93	0,00	3,03	0,93	2,03	3,14	3,07	2,07	3,90	0,48	3,03	2,03	2,03	34,7
K5	1,76	3,48	3,59	3,62	0,00	1,21	0,10	1,38	2,17	1,21	3,59	1,90	1,86	0,07	1,07	27,0
K6	2,86	3,76	3,93	3,97	3,90	0,00	3,97	3,24	2,48	1,03	3,97	2,41	3,38	2,14	3,66	44,7
K7	2,24	3,72	3,17	1,45	1,24	1,69	0,00	3,14	3,10	3,97	3,17	2,76	3,93	1,45	3,66	38,7
K8	2,00	2,52	1,72	1,10	0,38	2,62	1,55	0,00	3,07	3,97	1,31	0,38	1,10	2,93	0,59	25,2
K9	1,97	2,93	0,28	0,14	0,03	2,62	1,55	3,07	0,00	2,07	2,07	2,14	1,72	2,93	2,24	25,8
K10	2,62	3,69	2,14	0,14	0,03	2,62	1,55	1,66	1,59	0,00	1,03	0,41	0,03	1,97	1,66	21,1
K11	2,45	3,07	3,97	0,14	0,10	2,62	1,59	1,66	1,59	0,07	0,00	0,41	3,90	1,97	1,66	25,2
K12	2,24	3,66	0,41	2,21	1,21	2,79	1,41	1,83	0,86	1,28	1,28	0,00	2,24	2,97	1,76	26,1
K13	2,41	3,45	0,14	0,14	0,03	2,76	2,38	2,48	2,45	0,03	0,03	0,03	0,00	1,07	1,93	19,3
K14	2,31	2,24	1,10	0,14	0,03	2,72	1,69	2,48	2,45	1,03	1,03	0,10	1,17	0,00	1,86	20,4
K15	1,79	3,72	3,97	3,07	1,28	2,07	3,72	3,03	3,48	3,93	2,38	3,34	2,00	2,90	0,00	40,7
	32,1	44,7	33,3	21,7	15,8	30,8	26,1	35,9	34,2	23,7	30,8	17,3	32,2	29,6	26,4	S=48,3

Tablo 3: Normalleştirilmiş doğrudan ilişki matrisi (X).

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15
K1	0,000	0,053	0,080	0,083	0,080	0,083	0,082	0,074	0,064	0,055	0,082	0,042	0,076	0,066	0,079
K2	0,059	0,000	0,024	0,031	0,011	0,024	0,011	0,062	0,056	0,005	0,004	0,009	0,064	0,063	0,005
K3	0,068	0,046	0,000	0,002	0,002	0,020	0,001	0,046	0,044	0,002	0,061	0,009	0,022	0,020	0,006
K4	0,028	0,076	0,081	0,000	0,063	0,019	0,042	0,065	0,064	0,043	0,081	0,010	0,063	0,042	0,042
K5	0,036	0,072	0,074	0,075	0,000	0,025	0,002	0,029	0,045	0,025	0,074	0,039	0,039	0,001	0,022
K6	0,059	0,078	0,081	0,082	0,081	0,000	0,082	0,067	0,051	0,021	0,082	0,050	0,070	0,044	0,076
K7	0,046	0,077	0,066	0,030	0,026	0,035	0,000	0,065	0,064	0,082	0,066	0,057	0,081	0,030	0,076
K8	0,041	0,052	0,036	0,023	0,008	0,054	0,032	0,000	0,064	0,082	0,027	0,008	0,023	0,061	0,012
K9	0,041	0,061	0,006	0,003	0,001	0,054	0,032	0,064	0,000	0,043	0,043	0,044	0,036	0,061	0,046
K10	0,054	0,076	0,044	0,003	0,001	0,054	0,032	0,034	0,033	0,000	0,021	0,009	0,001	0,041	0,034
K11	0,051	0,064	0,082	0,003	0,002	0,054	0,033	0,034	0,033	0,001	0,000	0,009	0,081	0,041	0,034
K12	0,046	0,076	0,009	0,046	0,025	0,058	0,029	0,038	0,018	0,026	0,026	0,000	0,046	0,061	0,036
K13	0,050	0,071	0,003	0,003	0,001	0,057	0,049	0,051	0,051	0,001	0,001	0,001	0,000	0,022	0,040
K14	0,048	0,046	0,023	0,003	0,001	0,056	0,035	0,051	0,051	0,021	0,021	0,002	0,024	0,000	0,039
K15	0,037	0,077	0,082	0,064	0,026	0,043	0,077	0,063	0,072	0,081	0,049	0,069	0,041	0,060	0,000

Daha sonra sırasıyla X matrisi birim matristen çıkarılmış ve tersi alınmış sonrasında X matrisi ile çarpım işlemleri Eşitlik 4 kullanılarak gerçekleştirilmiş ve böylece Toplam ilişki matrisi (T) Tablo 4' deki şekilde hesaplanmıştır. Bu matrisin satır toplamları alınarak kriterlerin R değerleri, sütun toplamları alınarak C değerleri elde edilmiştir. Sonrasında ise neden ve etki gruplarının belirlenmesi amacıyla R ve C değerlerinin toplanmasıyla R+C değerleri, R değerlerinden C değerlerinin çıkarılmasıyla R-C değerleri elde edilmiş ve R-C değerlerinin işaretine göre kriterler neden ve etki gruplarına ayrılmıştır. Neden grubunda yer alan kriterler R-C değeri pozitif, Etki grubunda yer alan kriterler ise R-C değeri negatif olan kriterlerdir. Tablo 5'te kriterlerin yer aldığı gruplar gösterilmektedir. R-C değeri en yüksek (net etki değeri) kriter "0,771" değeri ile K1 "Belediye başkanının kendi şahsi amaçlarını örgüt amaçlarına dönüştürmesi" kriteri olmuştur. Bu kriteri ikinci sırada K6 "Belediye başkanının sergilemiş olduğu liderlik tarzı" takip etmiştir. Üçüncü sırada ise K5 "Performansa dayalı ödüllendirme sisteminin bulunmaması" kriteri gelmektedir. Bu durumdan çıkarılması gereken sonuç öncelikli olarak bu kriterlerde iyileştirme yapılması gerektiğidir. Bu kriterlerde yapılacak olan iyileştirmelerin doğrudan sistemin genelini etkileyecek ve sistemin toplam etkinlik düzeyinin artmasına katkı sağlayacaktır.

Tablo 4: Toplam İlişki Matrisi (T).

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15
K1	0,112	0,199	0,189	0,150	0,129	0,183	0,168	0,194	0,181	0,134	0,182	0,100	0,184	0,166	0,165
K2	0,105	0,063	0,068	0,061	0,034	0,073	0,053	0,115	0,107	0,042	0,047	0,033	0,109	0,107	0,046
K3	0,106	0,096	0,040	0,029	0,022	0,061	0,036	0,091	0,085	0,031	0,094	0,030	0,064	0,060	0,039
K4	0,105	0,172	0,152	0,045	0,092	0,092	0,099	0,147	0,142	0,094	0,144	0,048	0,135	0,111	0,099
K5	0,097	0,149	0,132	0,109	0,029	0,081	0,050	0,096	0,108	0,064	0,127	0,067	0,100	0,060	0,068
K6	0,160	0,210	0,182	0,145	0,126	0,097	0,160	0,179	0,160	0,096	0,174	0,102	0,172	0,138	0,154
K7	0,133	0,189	0,146	0,083	0,064	0,119	0,071	0,159	0,154	0,141	0,138	0,100	0,162	0,113	0,141
K8	0,100	0,127	0,091	0,058	0,035	0,109	0,080	0,067	0,123	0,120	0,079	0,038	0,079	0,114	0,061
K9	0,101	0,138	0,066	0,044	0,030	0,113	0,084	0,130	0,066	0,087	0,094	0,075	0,096	0,118	0,095
K10	0,105	0,139	0,094	0,038	0,027	0,101	0,074	0,093	0,088	0,038	0,068	0,037	0,054	0,090	0,075
K11	0,109	0,136	0,134	0,040	0,030	0,108	0,081	0,101	0,096	0,042	0,052	0,039	0,136	0,094	0,080
K12	0,107	0,154	0,071	0,087	0,057	0,115	0,081	0,108	0,086	0,071	0,082	0,032	0,109	0,119	0,087
K13	0,097	0,132	0,052	0,038	0,027	0,102	0,091	0,107	0,104	0,041	0,046	0,030	0,051	0,071	0,080
K14	0,097	0,111	0,073	0,037	0,027	0,103	0,078	0,108	0,104	0,060	0,067	0,031	0,075	0,050	0,080
K15	0,129	0,195	0,166	0,116	0,067	0,129	0,146	0,163	0,165	0,144	0,130	0,113	0,130	0,144	0,073

Tablo 5: R + C ve R – C değerleri ile ölçüt sınıfları.

	R	C	R+C	R-C	Grup
K1	2,436	1,664	4,100	0,771	NEDEN
K2	1,061	2,211	3,272	-1,150	ETKİ
K3	0,884	1,654	2,539	-0,770	ETKİ
K4	1,679	1,081	2,760	0,597	NEDEN
K5	1,337	0,797	2,135	0,540	NEDEN
K6	2,256	1,586	3,842	0,670	NEDEN
K7	1,914	1,352	3,266	0,562	NEDEN
K8	1,282	1,856	3,138	-0,575	ETKİ
K9	1,335	1,767	3,102	-0,432	ETKİ
K10	1,121	1,205	2,326	-0,083	ETKİ
K11	1,279	1,525	2,804	-0,246	ETKİ
K12	1,365	0,875	2,240	0,491	NEDEN
K13	1,071	1,657	2,728	-0,586	ETKİ
K14	1,100	1,556	2,656	-0,456	ETKİ
K15	2,010	1,342	3,353	0,668	NEDEN

Etkileşim haritasının oluşturulabilmesi için toplam ilişki matrisi olan T matrisinin Şekil 2’de görüldüğü üzere renkli şekilde gösterilen köşegen değerlerinin maksimumu alınarak “0,112” eşik değeri belirlenmiş ve bu eşik değer altında kalan değerler göz ardı edilerek Tablo 6’ da ki filtrelendirilmiş toplam ilişki matrisi elde edilmiştir.

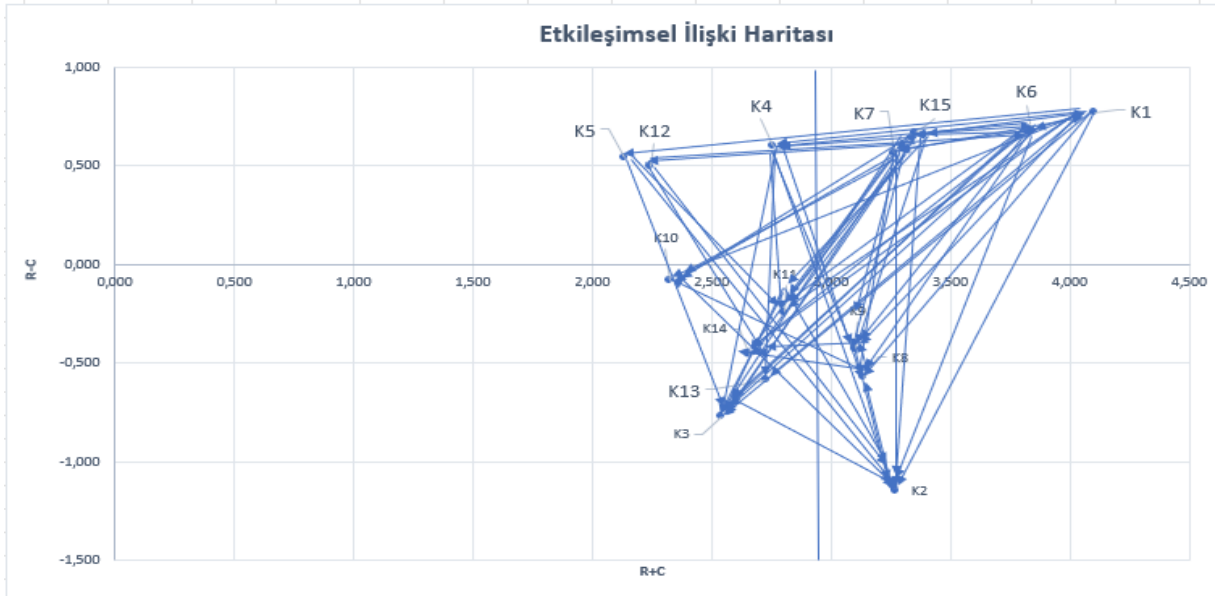
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15
K1	0,112	0,199	0,189	0,150	0,129	0,183	0,168	0,194	0,181	0,134	0,182	0,100	0,184	0,166	0,165
K2	0,105	0,063	0,068	0,061	0,034	0,073	0,053	0,115	0,107	0,042	0,047	0,033	0,109	0,107	0,046
K3	0,106	0,096	0,040	0,029	0,022	0,061	0,036	0,091	0,085	0,031	0,094	0,030	0,064	0,060	0,039
K4	0,105	0,172	0,152	0,045	0,092	0,092	0,099	0,147	0,142	0,094	0,144	0,048	0,135	0,111	0,099
K5	0,097	0,149	0,132	0,109	0,029	0,081	0,050	0,096	0,108	0,064	0,127	0,067	0,100	0,060	0,068
K6	0,160	0,210	0,182	0,145	0,126	0,097	0,160	0,179	0,160	0,096	0,174	0,102	0,172	0,138	0,154
K7	0,133	0,189	0,146	0,083	0,064	0,119	0,071	0,159	0,154	0,141	0,138	0,100	0,162	0,113	0,141
K8	0,100	0,127	0,091	0,058	0,035	0,109	0,080	0,067	0,123	0,120	0,079	0,038	0,079	0,114	0,061
K9	0,101	0,138	0,066	0,044	0,030	0,113	0,084	0,130	0,066	0,087	0,094	0,075	0,096	0,118	0,095
K10	0,105	0,139	0,094	0,038	0,027	0,101	0,074	0,093	0,088	0,038	0,068	0,037	0,054	0,090	0,075
K11	0,109	0,136	0,134	0,040	0,030	0,108	0,081	0,101	0,096	0,042	0,052	0,039	0,136	0,094	0,080
K12	0,107	0,154	0,071	0,087	0,057	0,115	0,081	0,108	0,086	0,071	0,082	0,032	0,109	0,119	0,087
K13	0,097	0,132	0,052	0,038	0,027	0,102	0,091	0,107	0,104	0,041	0,046	0,030	0,051	0,071	0,080
K14	0,097	0,111	0,073	0,037	0,027	0,103	0,078	0,108	0,104	0,060	0,067	0,031	0,075	0,050	0,080
K15	0,129	0,195	0,166	0,116	0,067	0,129	0,146	0,163	0,165	0,144	0,130	0,113	0,130	0,144	0,073

Şekil 2: Eşik değeri belirlenmiş T matrisi [2].

Tablo 6: Filtrelendirilmiş toplam ilişki matrisi (filt. T).

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15
K1		0,199	0,189	0,150	0,129	0,183	0,168	0,194	0,181	0,134	0,182		0,184	0,166	0,165
K2								0,115							
K3															
K4		0,172	0,152					0,147	0,142		0,144		0,135		
K5		0,149	0,132								0,127				
K6	0,160	0,210	0,182	0,145	0,126		0,160	0,179	0,160		0,174		0,172	0,138	0,154
K7	0,133	0,189	0,146			0,119		0,159	0,154	0,141	0,138		0,162	0,113	0,141
K8		0,127							0,123	0,120				0,114	
K9		0,138				0,113		0,130						0,118	
K10		0,139													
K11		0,136	0,134										0,136		
K12		0,154				0,115								0,119	
K13		0,132													
K14															
K15	0,129	0,195	0,166	0,116		0,129	0,146	0,163	0,165	0,144	0,130	0,113	0,130	0,144	

TETA= 0,112



Şekil 3: Etkileşimsel İlişki Haritası [3].

Tablo 6 ve Şekil 3 dikkate alındığında net etki düzeyi en yüksek üç kriterin etkiledikleri kriterler şu şekilde özetlenmektedir.

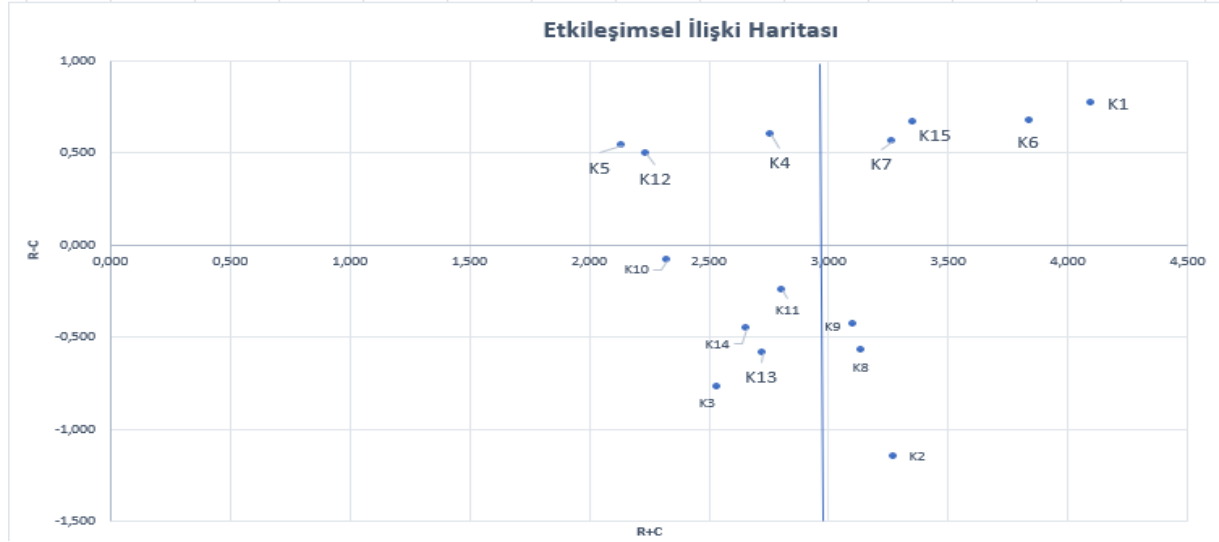
- K1: “Belediye başkanının şahsi amaçlarını örgüt amaçlarına dönüştürmesi.”
 - “Verilen emek ile alınan ücret arasındaki orantısızlık” kriteri dışında tüm kriterleri önemli düzeyde etkilemektedir.
- K6: “Belediye başkanının sergilemiş olduğu liderlik tarzı.”
 - “Meslek ile yapılan işin ilgili olmaması sebebiyle iş doyumunun sağlanamaması”
 - “Verilen emek ile alınan ücret arasındaki orantısızlık” kriterleri dışında tüm kriterleri önemli düzeyde etkilemektedir.
- K15: Performansa dayalı ödüllendirme sisteminin bulunmaması.
 - “Yöneticilerin kurum kaynaklarını kendi şahsi çıkarları için kullanmaları.” kriteri dışında tüm kriterleri önemli düzeyde etkilemektedir.

Görüldüğü üzere yüksek etki derecesine sahip üç kriterde yapılacak iyileştirmeler tüm diğer kriterlere anlamlı derecede etki edecek ve böylelikle sistemin etkinliği yüksek oranda artırılacaktır.

R+C değerlerinin ortalaması (2,950) alınması suretiyle etkileşimsel ilişki haritası dört bölgeye ayrılarak oluşturulan bölgelere ayrılmış etkileşimsel ilişki haritası Şekil 3’ te gösterilmektedir. Bu haritaya bakıldığında;

- Sağ üst bölgede yer alan K1, K6, K7 ve K15 kriterleri etkileşimleri yüksek kriterler olarak sistemin temelini oluşturan ölçütlerdir. Bu nedenle öncelik verilmesi gereken kriterlerdir.
- Sol üst bölgede yer alan kriterler ise sağ üst bölgedeki kriterleri etkileyebilecek yapıda ve sağ üst bölgedeki kriterlere göre daha az etkileşime sahip olan kriterler olarak görülmektedir. Bu kriterler K4, K5 ve K12 kriterleridir.

- Sol alt bölgede yer alan kriterler ise üst kısımda yer alan kriterlerden etkilenen etki dereceleri nispeten düşük kalan kriterler olarak görülmektedir. Bu bölgede yer alan kriterler K3, K10, K11, K13, K14 yer almaktadır.
- Sağ alt bölgede yer alan kriterler ise sadece kendi kriterinde iyileştirme yapıldığında sistemin tamamında önemli düzeyde bir değişikliğe neden olmayacak K2, K8 ve K9 kriterleridir.



Şekil 4: Bölgelere Ayrılmış Etkileşimsel İlişki Haritası [4].

DEMATEL yönteminin asıl versiyonunda bulunmayan son aşamada ise R+C değerlerinin normalize edilmesi ile sistem içerisinde kriterlerin önem seviyesi belirlenmiştir. Eşitlik Denklem (7)' nin kullanıldığı bu aşamada Tablo 7' de etkileşime ilişkin ağırlıkları belirlenmiş kriterlerin sistem içerisindeki önem düzeyleri verilmektedir.

Sistem içerisinde kriterlerin etkileşim toplamını ifade eden R+C değerlerinin normalize edilmesi ile belirlenen sonuçlara göre şu üç ölçüt ön plana çıkmaktadır.

- K1 “Belediye başkanının şahsi amaçlarını örgütün amaçlarına dönüştürmesi”
- K6 “Belediye başkanının sergilemiş olduğu liderlik tarzı”
- K15 “Performansa dayalı ödüllendirme sisteminin bulunmaması”

Tablo 7: Ağırlıkları belirlenmiş kriter önem seviyeleri.

	R+C	w	Önem Sıralaması
K1	4,100	0,0926	1
K2	3,272	0,0739	4
K3	2,539	0,0574	12
K4	2,760	0,0624	9
K5	2,135	0,0482	15
K6	3,842	0,0868	2
K7	3,266	0,0738	5
K8	3,138	0,0709	6
K9	3,102	0,0701	7
K10	2,326	0,0526	13
K11	2,804	0,0634	8
K12	2,240	0,0506	14
K13	2,728	0,0616	10
K14	2,656	0,0600	11
K15	3,353	0,0757	3
Toplam	44,261		

Etkileşime ilişkin belirlenen bu sonuçlara göre, belediye başkanının başında bulunduğu kurum ile ilgilenmeyip kurumu ve tüm kaynaklarını, kendi şahsi hedefleri için kullanıyor olması, sergilemiş olduğu liderlik tarzının çalışanlarca algılanışı ve çalışanların sergilemiş olduğu performanslarının maddi ya da kariyer anlamında hiçbir katkısı olmamasının sistemi olumsuz anlamda etkilemesi açısından sistemin en önemli bileşenleri olarak ortaya çıkmaktadır.

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Büyükşehir belediyeleri, tüzel kişilikleri ve özerk yapıları itibari ile sadece kanunlarda açıkça belirtilen hususlarda devlet tüzel kişiliğince ve devlet tüzel kişiliğine bağlı Sayıştay vb. yardımcı kuruluşlarca denetlenebilmektedir. Bağımsız ve birçok bakanlıktan büyük bütçeye sahip olan bu yerel yönetim kuruluşlarının bütçeleri yürütme organı olan belediye başkanınca hazırlanmakta ve büyükşehir belediye meclisince onaylanmaktadır. Büyükşehir belediye başkanı yürütme organı olması sebebiyle istediği gibi belediye bütçesi üzerinde tasarrufta bulunabilme imkânı nedeniyle birçok milletvekili, bakan vb. siyasetçi, bu makamı basamak olarak görmekte ve yerel yönetim kuruluşunun tüzel kişiliğinin başına geçerek bu büyük bütçeleri yönetmek istemektedir. Fakat bir yerel yönetim kuruluşu olarak büyükşehir belediyeleri halkın devlet ile ilk temas ettiği kurumsal yapı olmaları sebebiyle gerek belediye başkanı gerekse de belediye başkanı ile göreve gelen yönetimin büyükşehir belediye tecrübesi

bulunması zaruriyet arz etmektedir. Çünkü büyükşehir belediyeleri, özel statüde yerel yönetim kuruluşları olmaları sebebiyle bir diğer yerel yönetim kuruluşu olan ilçe belediyelerinden ve diğer kamu kurum ve kuruluşlarından gerek hiyerarşik yapıları gerek personel sayısı ve gerekse de bütçe büyüklükleri ile farklılık arz etmektedirler. Bu nedenle büyükşehir belediyelerini yönetmek küçümsenebilecek ve basamak olarak görülebilecek bir husus olmamalıdır. Büyükşehir belediye yönetimlerinin başarılı olarak halkın hizmetlerden memnuniyet düzeyini yükseltebilmeleri için çalışanların özverili olmalarını sağlamalı ve örgütlerine olan bağlılıklarını yüksek seviyede tutmaları gerekmektedir. Çünkü örgütsel bağlılığı yüksek çalışanların performansı da yüksek olmakta ve örgütsel vatandaşlık davranışları daha fazla sergilenmektedir. Bu yüzden bu çalışmada bir büyükşehir belediyesinde çalışanların örgütlerine olan bağlılıklarının azalma nedenleri araştırılmış ve literatürden belirlenen ölçütler uzman grup değerlendirmeleri ile elde edilen veriler DEMATEL yöntemi ile analiz edilmiştir. Bu analiz neticesinde örgütsel bağlılığı azaltan kök nedenler;

- Belediye başkanının şahsi amaçlarını kurumun amaçlarına dönüştürmesi,
- Belediye başkanının sergilemiş olduğu liderlik tarzı,
- Performansa dayalı ödüllendirme sisteminin bulunmaması,
- İnsan kaynakları biriminin keyfi uygulamaları,

kriterleri olmuştur. “Belediye başkanının şahsi amaçlarını kurumun amaçlarına dönüştürmesi” kriterinde iyileştirme yapılması çıkan sonuçlar itibariyle ilk olarak önem verilmesi gereken kriter olmuştur. Bu kriterde iyileştirme yapılabilmesi ancak kanun koyucunun ilgili kanundaki belediye başkanının bazı yetkilerinin büyükşehir belediye meclisine devredilerek ortak akıl ile karar alınması ile sağlanabilecektir. Belediye başkanının sergilemiş olduğu liderlik tarzı kriterinde belediye başkanı, liderlik konusunda destek alması ve çalışanları ile bir bağ kurarak onları ortak bir vizyonda buluşturabilme adına dönüşümsel liderlik tarzını sergilemesi bu kriterde iyileştirme yapılmasına katkı sağlayacaktır. Performansa dayalı ödüllendirme sisteminin bulunmaması da örgütsel bağlılığı azaltan bir diğer kök neden olarak belirlenmiştir. Performansa dayalı ödüllendirme sisteminin kurulması ve yüksek performans sergileyen çalışanların maddi ve idari anlamda kazanımlar elde etmesi çalışanlarda atamaların liyakat ve başarıya göre yapıldığı ve kurumda örgütsel adaletin olduğuna dair düşünceleri etkileyerek daha yüksek performans göstermelerini sağlayacaktır. İnsan kaynakları biriminin keyfi uygulamaları kriterinde iyileştirme yapılabilmesi için, insan kaynakları biriminin adil ve herkese eşit muamele uygulama konusunda daha özen göstermesi ve üst yönetimin insan kaynakları biriminin yaptığı idari işlemleri denetlemesi, çalışanlarda örgütsel bağlılığın artmasını sağlayacaktır. Bu iyileştirmelerin yanı sıra örgütsel adaletin sağlanması da örgütsel bağlılığı artıracaktır. Örgütsel adaletin alt boyutları olan;

- Dağıtım adaleti: Kurum kaynaklarının görev ve sorumluluklar ile orantılı bir şekilde paylaşılması,
- Süreç adaleti; çalışanlar ile ilgili kararlar alınırken sürecin ilerleyişi hakkında çalışanlara bilgi verilerek şeffaf bir yönetim sergilenmesi,
- Etkileşim adaletinin ise çatışmalar yaşandığında makam, hemşeri olup olmama ya da siyasi referans durumuna göre karar vermek yerine haklı olanın hakkının korunması ile çalışanların örgütte adil bir yönetim sergilendiğine dair inanca sahip olması sağlanarak örgütsel bağlılık artırılabilir. (Unterhitzenberger ve Bryde, 2019)

Kriterlerin sistem içerisindeki önem düzeyinin ölçümü yapılarak da elde edilen sonuçlar ile çalışmanın güvenilirliği test edilmiştir. Bu aşamada öne çıkan üç ölçütün de “Belediye başkanının şahsi amaçlarını kurum amaçlarına dönüştürmesi”, “Belediye başkanının sergilemiş olduğu liderlik tarzı” ve “Performansa dayalı ödüllendirme sisteminin bulunmaması” kriterlerinin çıkması etki düzeyinin belirlenmesi amacıyla ortaya çıkan sonuçlarla birebir örtüşerek çıkan sonuçları desteklediği görülmüştür.

Bu çalışmanın bir büyükşehir belediye özelinde yaşanan örgütsel bağlılık sorununu çözüme kavuşturma konusunda öncü bir nitelik taşıdığı düşünülmektedir. Daha büyük ölçeklerde ve farklı zamanlarda tekrar yapılabileceği ve diğer yerel yönetim kuruluşlarında yapılan çalışmalar ile karşılaştırılması sonraki çalışmalarda tercih edilebilir.

6. KAYNAKÇA

- Aleyashi W.S.J., İraz, R. (2023). Örgütsel değişimin gerçekleştirilmesinde transformasyonel liderliğin rolü: Sağlık sektöründe bir araştırma. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 23 (1), 12-24. <https://doi.org/10.30976/susead.1190043>
- Alga, E., (2016). Örgütlerde Yöneticilerin Liderlik Tarzlarının Algılanması ve Tükenmişlik Sendromu İlişkisi. *Pamukkale Üniversitesi*. Denizli
- Alhas, F. (2023). Örgütsel Bağlılık ve Örgütsel Sessizlik Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. *Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (13), 121-146. Retrieved From <https://Dergipark.Org.TR/En/Pub/Aksos/Issue/78945/1117522>
- Allen, N. J. & Meyer, J. P. (1990). The measurement and antecedents of affective, continuance, and normative commitment to the organization. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 63 (1), 1-18.
- Altundere, M. B. & Karagöz, S. (2022). Örgütsel Adalet Algısının Örgütsel Bağlılık ve Tükenmişliğe Etkisi. *Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 8 (2), 157 – 179. <https://doi.org/10.29391/Uuibd.1210526>
- Anuk İşlek, S. & Bakioğlu, F. (2023). Okul Öncesi Öğretmenlerinin Örgütsel Bağlılıkları ile İş Doyumları İlişkisinde Örgütsel Sessizliğin Aracılık Rolü. *Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Dergisi*, 5 (1), 170 – 193. <https://doi.org/10.38151/akef.2023.49>
- Aslan, Ö. Ş. & Terzi, R. (2023). Örgütsel Bağlılık ve Örgütsel Sinizm İlişkisi: Bir Meta-Analiz Çalışması. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 23 (1), 79-98. <https://doi.org/10.18037/ausbd.1272553>
- Bıçak, H. & Gündüz, Y. (2023). Okul Yöneticilerinin Kullandıkları Motivasyonel Dil ile Öğretmenlerin Örgütsel Bağlılık Düzeyleri Arasındaki İlişki. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 22 (86), 391-424. <https://doi.org/10.17755/Esosder.1123216>

- Bıçak, S. & Gül, S. (2023). DEMATEL İle Yönetici Değişim Nedenlerinin Analizi: Bir Büyükşehir Belediyesi Örneği. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 24 (2), 513-537. <https://doi.org/10.31671/Doujournal.1259802>
- Boz, D., Duran, C. & Uğurlu, E. (2021). Örgütsel Bağlılığın İş Performansına Etkisi. *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10 (1), 345-355. <https://doi.org/10.33206/mjss.726618>
- Çankaya, M. (2023). Dönüştürücü Liderlik Ve Örgütsel Bağlılık Arasındaki İlişkinin İncelenmesi: Sağlık Sektöründe Bir Uygulama. *Ekev Akademi Dergisi*, (94), 206-217. <https://doi.org/10.17753/Sosekev.1257344>
- Çiçeklioğlu, H. ve Taşlıyan, M. (2019). Eğitim kurumu çalışanlarının presenteeism (işte var Olamama) algılarının performanslarına olan etkisi ve sosyo – demografik özellikler Açısından incelenmesi, *OPUS – Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 14 (20),22-53
- Conger, J. A. (1990). The dark side of leadership. *Organizational Dynamics*, 19(2), 44-55.
- Döngelci, C. S., Bayrak Kök, S. & Sarıkaya, M. (2023). Örgütsel Bağlılığın Demografik Değişkenler Açısından İncelenmesi: Özel Sektör Çalışanları Üzerine Bir Uygulama. *Pamukkale Üniversitesi İşletme Araştırmaları Dergisi*, 10 (1-Prof. Dr. Feyzullah EROĞLU Armağan Sayısı), 171-190. <https://doi.org/10.47097/piar.1284397>
- Esengin, B. O. & Şantaş, G. (2023). Sağlık Çalışanlarında Pozitif Psikolojik Sermaye, İş Performansı ve Örgütsel Bağlılık Arasındaki İlişkilerin İncelenmesine Yönelik Bir Araştırma. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 26 (1), 62-82. <https://doi.org/10.20249/selcuksbmyd.1209976>
- İşler, M., & Avcı, A. (2023). The Effect of Servant Leadership on Organizational Commitment And The Mediating Role of Organizational Justice. *Toplum, Eğitim ve Kültür Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 34-48. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7881783>
- Karakoç, H. & Aykan, E. (2023). Üniversitelerin Sürdürülebilirliklerinin Sağlanmasında Rekabet Stratejileri ve İnsan Kaynakları Yönetimi Uygulamaları İlişkisi: Türkiye Örneği. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 24(2), 365-389. <https://doi.org/10.31671/Doujournal.1233732>
- Kekül, O. & Genç, K.Y. (2023). Kurumsallaşma ile Örgütsel Bağlılık, Örgütsel Performans ve İş Tatmine Yönelik İçerik Analizi: Lisanüstü Tezlerine Yönelik Bir Araştırma. *Asya Studies*, 7 (23), 173-194. <https://doi.org/10.31455/Asya.1188102>
- Nalçaçığıl, E. (2023). Algılanan Örgütsel Destek ile Duygusal Emek İlişkisi: Sivil Havacılık Kabin Memurları Örneği. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 24 (2), 391 410. <https://doi.org/10.31671/Doujournal.1269425>
- Nisan, H., Turan, M. R., Demir, Z., İnan, İ., Demirci, E. E. (2023). Psikolojik Esenlik, İş Performansı, İş Stresi ve Örgütsel Bağlılık Arasındaki İlişki. *Journal of European*

Education. Vol 13 No: 1 p. 147 – 182.

- Okumuş, N. & Dineri, E. (2023). Geri Dönüşüm Çalışmalarında Kriterlerin Birbirlerine Olan Etkisini Belirlemede DEMATEL Metodu. *Gaziantep University Journal of Social Sciences* 22 (3), 881-893. <https://doi.org/10.21547/jss.1307594>
- O'reilly III, C.A., & Chatman, J. (1986). Organizational commitment and psychological Attachment: The effects of compliance, identification, and internalization on prosocial Behavior. *Journal of Applied Psychology*, 71 (3), 492 – 499.
- Özdemir, İ. H. & Gündüz, Y. (2022). Okul Yönetimindeki Kayırmacılığın Örgütsel Güven ve Örgütsel Bağlılık ile Olan İlişkinin Öğretmen Algılarına Göre İncelenmesi. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 11 (2), 800-826. <https://doi.org/10.15869/itobiad.927248>
- Özten, İ. & Çiçek Sağlam, A. (2023). Karanlık Liderlik Ölçeği Geçerlik ve Güvenirlik Çalışması. *İBAD Sosyal Bilimler Dergisi*, 15 (15), 31-53. <https://doi.org/10.21733/ibad.1275037>
- Si, S.L., You, X.Y., Liu, H.C., Zhang, P. (2018). DEMATEL technique: A systematic review of the state – of- the -art literatüre on methodologies and applications. *Mathematical Problems in Engineering*, 2018, Article ID 3696457. <https://doi.org/10.1155/2018/3696457>.
- Solmaz, U. (2023). Covid-19 Döneminde Bireylerin Algıladıkları Stres İle Örgütsel Destek Ve Örgütsel Bağlılık Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (55), 329-345. <https://doi.org/10.30794/Pausbed.1088440>
- Sökmen, A., Işık Yavanoğlu, Ş., (2023). Vizyoner Liderlik, Örgütsel Bağlılık ve İş Performansı İlişkisi: Otel Çalışanları Üzerine Bir Araştırma. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 11 (2) 1561 – 1580.
- Şarkaya, S. S. ve Tanrıöğen, Z. M. (2019). Eğitim kurumlarında işte var olamama (presenteeism) azaltılmasında ödüllendirmenin rolü. *Akdeniz Araştırmaları Dergisi*, 13(28), 234-254.
- Tamer, İ. & Bozaykut Bük, T. (2020). Algılanan Örgütsel Destek ve Örgütsel Bağlılık Üzerine Kavramsal Bir İnceleme. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 7 (2), 139-147. Retrieved From <https://Dergipark.Org.Tr/En/Pub/Asead/İssue/52903/682165>
- Taşlıyan, M., Ozyasar, K. & Gökyar, A. (2022). Pandemi (Covid-19) Döneminde, Kariyer Tatmini, Kariyer Platosu, Örgütsel Bağlılık ve İşe Yabancılaşma Değişkenlerinin Etkileşimi: Akademisyenler Üzerine Bir Alan Araştırması. *İktisadi İdari ve Siyasal Araştırmalar Dergisi*, 7 (17), 141-158. <https://doi.org/10.25204/iktisad.1028111>

Uğurlu, F. (2023). Denizcilik İşletmelerinde Duygusal Zekanın Örgütsel Bağlılık Üzerindeki Etkisinde Psikolojik Dayanıklılığın Aracı Rolü. *Uluslararası Ekonomi Siyaset İnsan Ve Toplum Bilimleri Dergisi*, 6 (3), 169 – 186. <https://doi.org/10.59445/ijephss.1279820>

Unterhitzenberger, C., ve Bryde, D.J (2019). Organizational Justice, Project Performance, and The Mediating Effects of Key Success Factors. *Project Management Journal* (50) 1; 57 – 70.

Uyanık, S. (2022). Stres ve Örgütsel Bağlılık İlişkisi: Gemiadamları Üzerine Bir Araştırma. *Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi*, 11 (1), 105-120. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/ssrj/issue/68794/1054895>

Yaltagil, E. & Öztürk, Z. (2023). İdari Görevi Olan Akademisyenlerin Stratejik Düşünme Yeteneklerinin Belirlenmesi: Devlet Üniversitesi Örneği. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 24 (2), 255-269. <https://doi.org/10.31671/Doujournal.1203336>



YAPAY ZEKA DESTEKLİ ROBOT HEMŞİRE

ARTIFICIAL INTELLIGENCE SUPPORTED ROBOT NURSE

DOI:10.20854/bujse.1493763

Nazlı Özdemir¹, Hamiyet Kızıl², Atınç Yılmaz³

Öz

Bireylerin yaşam kalitesinin ve süresinin artırılması ile ekonomik ve sosyal olarak hayata bilinçli, aktif, başarılı ve sağlıklı olarak katılmaları mümkün olmaktadır. Bu amaç doğrultusunda toplumda yer alan bireylerin hak ettiği şekilde erişilebilir, nitelikli, maliyet etkin ve sürdürülebilir bir sağlık hizmeti sağlamak önem arz etmektedir. Geliştirilen yapay zekaya sahip yoğun bakım robot hemşire hastanelerde öncelikle yoğun bakımlarda hemşirelere destek olacak şekilde kullanılmaktadır. Geliştirilen robot, yatan hastalara ilaç dağıtım hizmeti sunabilme, hastaların rutin yaşam bulgularının (tansiyon ölçümü, nabız, oksijen, ateş vb) ölçümlerini gerçekleştirme, anormal değerler için bilgilendirme yapabilme ve yatan hastaların uzaktan robot aracılığıyla hemşire ile görüntülü konuşma gerçekleştirme görevlerini yerine getirmektedir. Bu çalışmada hastane çalışanlarının yoğunluklarının azaltılması ve iş temposu sebebiyle meydana gelebilecek aksaklıkların minimize edilmesi amacıyla sağlık çalışanlarının rutin görevlerini destekleyici bir robot hemşire geliştirilmiştir.

Abstract

By increasing the quality and duration of individuals' lives, it is possible for them to participate in life economically and socially in a conscious, active, successful and healthy way. For this purpose, it is important to provide accessible, qualified, cost-effective and sustainable health services that individuals in society deserve. The developed artificial intelligence intensive care robot nurse is used in hospitals to support nurses, primarily in intensive care units. The developed mobile robot fulfills the duties of providing medication distribution services to inpatients, measuring patients' routine vital signs (blood pressure, pulse, oxygen, fever, etc.) and informing them of abnormal values, and performing video chat with nurses remotely via the robot. In this study, a robot nurse was developed to support the routine tasks of healthcare professionals in order to reduce the intensity of hospital employees and minimize disruptions that may occur due to work tempo.

Anahtar Kelime: Yapay Zeka, Robot Hemşire, Bulanık Mantık, Mobil Robot

Keywords: Artificial Intelligence, Robot Nurse, Fuzzy Logic, Mobile Robot

¹, *Sorumlu Yazar: İstanbul Beykent Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, nazliozdemir@beykent.edu.tr, orcid.org/0000-0001-5907-4037

² İstanbul Beykent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Bölümü, hamiyetkizil@beykent.edu.tr, orcid.org/0000-0002-0722-589X

³ İstanbul Beykent Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, atinciyilmaz@beykent.edu.tr, orcid.org/0000-0003-0038-7519

1. GİRİŞ

Bireylerin beden ve ruh olarak tam bir pozitif uyum halinde olması için koruyucu sağlık hizmetleri, tüm dinamikleriyle ele alınarak geliştirilebilmektedir. Sağlık hizmetlerine erişimi kolaylaştırmak sağlıklı bir toplum inşa etmenin en temel adımı olmaktadır. Sağlık hizmetine gereksinim duyan bireylerin ilk karşılaştıkları sağlık çalışanı hemşireler olmaktadır. Acil durumlarda, muayenelerde, kontrollerde ve birçok sağlık hizmetlerinde hemşireler hastalar ile yakından ve doğrudan iletişim kurmaktadır. Bu durum hemşireleri sağlık hizmetlerinin en kritik rolüne sahip sağlık çalışanı yapmaktadır. Hemşireler hastalar ile olan ilk temaslarının yanı sıra gerekli durumlarda hasta ve hasta yakınlarına bilgilendirici eğitim verme, sağlık alanında araştırmalar yaparak iyileştirme süreçlerinde yer almak, idari görevleri üstlenmek gibi ek görevleri de yerine getirmektedirler. Bu durum sonucunda sağlık çalışanları arasında en fazla hasta bakım oranına sahip olmaktadır (Oulton, 2006). Sağlık hizmetlerinde çok geniş bir yelpazede görev alan hemşirelerin destek sistemler ile iş yüklerinin azaltılması ve profesyonelliğin yükseltilmesi hem hemşireler için hem de hastalar için bir gereklilik hali olarak kabul edilmektedir (Cao ve ark., 2023).

Yapay zeka, insan beyni düşünme süreçlerinin makineler tarafından simüle edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Yapay zeka, bir makineye anlama, tahmin etme, öğrenme, sorun çözme ve çevreyle etkileşime geçme gibi insan zihniyle ilişkilendirdiğimiz bilişsel işlevleri benzetim yeteneği katmaktadır. Tüm bu işlevleri gerçekleştirirken süreçleri daha hızlı ve sonuçları daha doğru olarak sonuçlandırabilmektedir. Yapay zekaya sahip sistemlerin başarılı performans sağlamaları için en önemli etken ise doğru ve güvenilir verilerle eğitilmiş olma gerekliliğidir.

Teknolojide birçok alanda sıkça kullanılan yapay zekaya sahip sistemler tıp alanında da oldukça sık kullanılmaktadır. Hastalık teşhisi, ilaç geliştirme, hasta bakımı ve takibi gibi birçok tıbbi alanda yapay zekadan faydalanılmaktadır. Bununla birlikte tıp alanında iş yükü en fazla olan sağlık çalışanlarından hemşirelerin yapay zekaya sahip yardımcı sistemler ile ilgili literatürde çeşitli çalışmalar yer almaktadır. Sağlık bakım sürecinde bakım, sezgisel değil analitik ve sistematik bir yapı içerisinde sergilenirken; bu yapı hemşirelerin bakımda yenilikleri takip etmesi ve teknolojiden faydalanması ile oluşmaktadır. Teknoloji çağı olarak adlandırılan günümüzde birçok alanda olduğu gibi hemşirelikte de bilişim teknolojilerinin ve yapay zekanın kullanımı kaçınılmaz olmuştur (Ferris ve ark., 2019; Bader ve ark., 2019; Gefen ve ark., 2020; Zingarelli ve ark., 2020). Yapay zeka tanımı, John McCarthy tarafından, “zeki makineler ve zeki bilgisayar programları yapma bilimi” olarak yapılmıştır (McCarthy, 2004). Yapay zeka, makinelerin kıyaslama becerisi, plan yapma, geçmiş deneyimlerden faydalanma, iletişim sağlama, öğrenme, algılama yeteneklerini benzetim ile elde edebilmesini hedefleyen; farklı disiplinleri içerisinde barındıran bilim dalıdır. Sağlık alanında modellenen uzman sistemlerin amacı, dünyada en hassas konular arasında yer alan sağlık ve tıbbi alandaki soruları uzman bilgisi ile yanıtlamaktır. Uzman hekimler ve sağlık personellerden elde edilen uzman bilgileri ve tavsiyeler ile bu alanda uzman sistem geliştirilebilmektedir. Bu şekilde konu ile ilgili uzmanlık bilgisi ile en uygun sorular ve cevaplar elde edilmiş olmaktadır. Sağlık alanında modellenen sistemler, hastalıkla ilgili öntanı yapabilmesi; tedavi süreci için uygun öneriler ile hekim ve sağlık personellere destek ve yardımcı olmayı amaçlamaktadır (Kaya ve ark., 2019; Ng ve ark., 2019).

Bu çalışmada yapay zekaya sahip yoğun bakım robot hemşiresinin pandemi sürecinde sağlık çalışanlarının iş gücünü azaltarak ilaç uygulama hatalarının önlenmesi, yaşam bulgularının doğru değerlendirilmesi, yoğun bakımda kullanılan hasta değerlendirme skalalarının doğru

zamanda hatasız olarak değerlendirilmesi, sağlık bakım ekibi ve hasta iletişimini arttırması sağlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Veri Seti

Modelleme için kullanılan veri seti İstanbul Beykent Üniversitesi hastanesinden elde edilmiştir. Veri setinde İstanbul Beykent Üniversitesi Hastanesi'nde çeşitli servislerinde yatan toplam 500 hasta ve tanı koyulmamış kişilerin bilgileri yer almaktadır.

Robot hemşirenin yapay zeka modülünde noninvazif monitorizasyon (yaşam bulguları, endtidal karbondioksit, ekg ritmi), invazif monitorizasyon kan gazları (oksijen, karbondioksit, bikarbonat), asidoz, alkaloz tespiti, santral venöz basınç, kafa içi basınç(intracranial basınç) ve hastaların yoğun bakımda süreç ve durumlarını belirlemek için kullanılan glaskow koma skalası, braden basınç yaralanması risk ölçeği, itaki düşme riski formu, nütrisyon, hemşire izlem takip parametreleri bulunmaktadır.

2.2. Robot Hemşire Teknik Özellikleri

Çalışmada yapay zeka modellemesi yapılan robot hemşire İstanbul Beykent Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP)'nden destek almış; robotun donanımsal kısmı hizmet alımı ile elde edilmiştir Çalışmada uygulanan robot hemşirenin teknik özellikleri aşağıdaki gibidir:

- İç Mekan Haritalaması
- Otonom Şarj
- Taşıma Sandığı
- Türkçe Dil Desteği
- Kullanıcı Arayüzü
- Arayüz Tasarım Yazılımı
- Mobil Uygulama

Robot hemşire iç mekan haritalaması ile belirlenen alanlarda, üzerinde yer alan sensörler yardımıyla engellere takılmadan ve hareketli nesnelere de algılayarak herhangi bir çarpma, çarpışma yaşamadan hareket edebilmektedir. Şarj durumunu, verilen görev ve sahip olduğu enerji hesaplamalarını yaparak kendisi gerektiğinde şarj ünitesinde şarj olarak ayarlamaktadır. Sahip olduğu taşıma sandığı ile hastalar için gerekli olan ilaç, tıbbi cihaz, evrak, doküman gibi araç gereçleri birimler arasında taşıyabilmektedir. Türkçe dil desteği ile belirlenmiş merhaba, Hoş Geldiniz, Geçmiş olsun gibi cümleleri sesli olarak konuşabilmektedir. Kullanıcı arayüzü robot ile iletişim sağlandığı, robotun eğitilebildiği alandır. Verilerin tutulması, anlık durumları iletebilmesi, davranışlarının düzenlenmesi gibi işlemler kullanıcı arayüzünde gerçekleştirilmektedir. Arayüz tasarım yazılımı kullanıcıların robot ile iletişim kuracağı kullanıcı arayüzünün hazırlanmasını sağlamaktadır. Robot hemşire geliştirilen mobil uygulama ile kontrol edilmektedir.

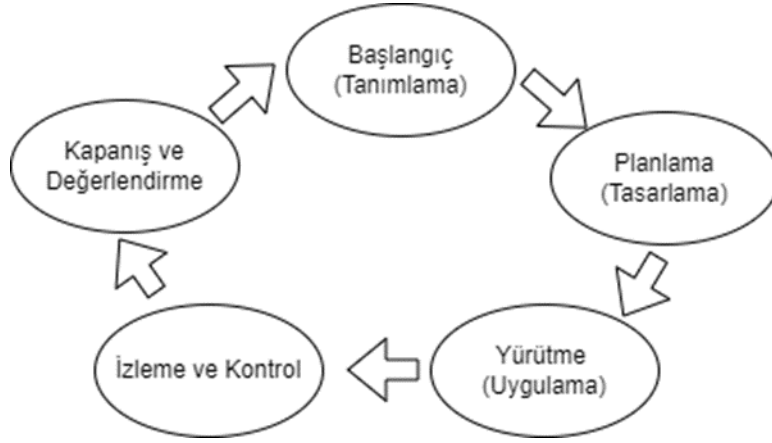
2.3. Yöntem

Çalışmanın ilk aşamasında robot hemşire donanımsal olarak çalışma içerisinde yer alan görevlerini yerine getirebilecek şekilde tasarlanmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında yapay

zeka yöntemlerinin biri olan bulanık mantık yaklaşımı ile modelleme yapılarak, robot hemşirenin ateş varlığı tespiti, hastanın değerlerinin anormallik tespiti gibi hasta sağlık durumu kontrolü için yapay zeka modülleri geliştirilmiştir. Çalışmanın son aşamasında araştırmacılar tarafından sağlık bilgileri ışığında geliştirilen yapay zeka yazılımları donanımsal olarak hazır alınan robota entegre edilmiştir.

Bu bölümde çalışma kapsamında gerçekleştirilecek faaliyetler için kullanılan yöntemler ve bu yöntemlerin seçilme nedenleri açıklanmıştır.

Proje döngüsü yönetimi, geliştirilen uygulamalarda her aşamanın adım adım belirlenerek ilerlemek için yerine getirilmesi gereken çeşitli görevleri özetlemektedir. Böylece çalışmaya eklenen yeni özellikler ve çalışma esnasında karşılaşılan hatalara anlık olarak etki edilebilmektedir. Çalışma için ilk aşamadan son aşamaya kadar bir çalışma planı oluşturulmaktadır. Bu çalışmada planlama için başlangıç (tanımlama), planlama (tasarlama), yürütme (uygulama), izleme ve kontrol, kapanış/değerlendirme aşamalarından faydalanılmıştır.



Şekil 1: Proje Geliştirme Yaşam Döngüsü.

Başlangıç (Tanımlama): Çalışmanın temelini oluşturan başlangıç adımında ‘Ne isteniyor?’ sorusu ile çalışmanın gerçekleşmesi için yazılımsal ve donanımsal gereksinimler belirlenmiştir.

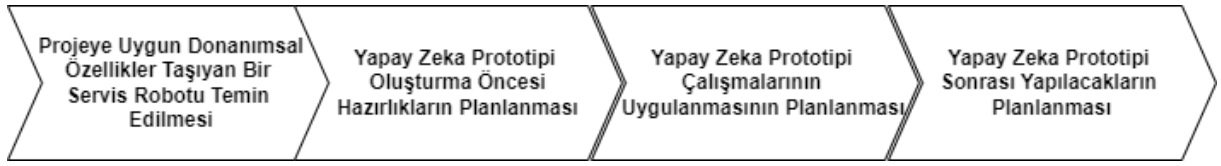
Planlama (Tasarlama): Çalışma için robot hemşirenin yazılımsal olarak hangi görevleri yerine getireceği belirlenerek, bu görevler için gerekli donanımsal özelliklerine, robot hemşirede bulunacak yapay zeka sistemlerinin yer alacağı modüllere ve gerçekleştirilecek entegrelere karar verilmiştir. Ortaya çıkan ve özellikleri belirlenen çalışmanın fikri için kullanılabilirlik ve uyarlanabilirlik analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar ile çalışma ana taslağı oluşturulmuştur.

Yürütme (Uygulama): Çalışmada tasarlanan robot hemşire planlama aşamasında oluşturulan ana taslağa uygun şekilde kodlanmıştır. Gerekli olan eklemeler, düzeltmeler gerçekleştirilerek elde edilen son hali üzerinden gereksinimler belirlenmiştir.

İzleme ve Kontrol: Geliştirilen yapay zekaya sahip robot hemşire geliştirici ekip eşliğinde aktive edilmiştir. Gerçekleştirilmesi beklenen görevleri küçük denemeler şeklinde gerçekleştirmesi komutları verilerek herhangi bir aksaklık olup olmadığının kontrolü sağlanmıştır.

Kapanış ve Değerlendirme: Yapay zekaya sahip robot hemşire çalışma kapsamında planlanan şekilde tamamlanmıştır ve kullanıma sunulmuştur.

Geçtiğimiz yıllarda yaşanan ve hala etkileri devam eden pandemi sürecinde hastanelerde hastalarla yakın temasta olmak hem sağlık çalışanı hem de hastanelere staja çıkan öğrenciler için büyük risk olmuştur ve bu sebeple birçok kayıp yaşanmıştır. Geliştirilen program ile hastaya temas etmeden sosyal mesafeye uyarak geliştirilen robot sayesinde sağlık çalışanı ve öğrenci hangi bakımı vermesi gerektiğinin eğitimini almaktadır. Bu sayede bakım ihtiyaçlarına teknoloji ile bütünleşmiş tedavi ve bakım içerikleri eklenerek hızlı bir şekilde hasta ile sağlık çalışanı buluşmaktadır. Geliştirilen yapay zekaya sahip yoğun bakım robot hemşiresinin pandemi sürecinde sağlık ekibinin iş gücünü azaltarak ilaç uygulama hatalarının önlenmesi, yaşam bulgularının doğru değerlendirilmesi, yoğun bakımda kullanılan hasta değerlendirme skalalarının doğru zamanda hatasız olarak değerlendirilmesi, sağlık bakım ekibi ve hasta iletişimini arttırması sağlanmıştır. Bu sayede bakım ihtiyaçlarına teknoloji ile bütünleşmiş tedavi ve bakım içerikleri eklenerek hızlı bir şekilde hasta ile sağlık çalışanı buluşabilmektedir.



Şekil 2: Yapay Zekaya Sahip Robot Hemşire Geliştirme Adımları.

2.3.1. Bulanık mantık

Bulanık Mantık, insan muhakemesiyle benzerlik gösteren bir akıl yürütme yöntemidir (Dernoncourt, 2011; Dernoncourt, 2011). Bulanık mantık yöntemi, insanların karar verme sürecindeki süreçlerin benzetimini kullanarak değerler bir durum ile ilgili aitlik derecelendirmesini yapmaktadır. Klasik mantık yaklaşımında kesin girdiler ile hesaplama yapılarak; insanın evet veya hayır cevabına eşit olan doğru veya yanlış şeklinde kesin bir çıktı üretmektedir (Dumitrescu ve ark., 2021). Bulanık mantık yöntemini ortaya koyan Lotfi Zadeh, bilgisayarlardan ayrı olarak insanın karar verme sürecinin evet ile hayır arasında bir kısım olabilirlik içerdiğini gözlemlemiştir, bunlar:

- Mutlak evet
- Evet denilebilir
- Her iki durumu da yansıtır
- Hayır denilebilir
- Mutlak hayır

Bulanık mantık, kesin çıktıya ulaşmak için girdi değerlerinin olabilirlik seviyeleri üzerinde işlem yapmaktadır. Bulanık mantık yöntemi, karar verme ile ilgili konuların yer aldığı görüntü işleme, savunma sanayii, ulaşım, sağlık, kontrol sistemleri gibi farklı uygulama alanlarında kullanılmaktadır. Bulanık mantık ile doğru ve yanlış arasında elde edilen ara değerler kademeli olarak hesaplanabilmektedir (Özşahin ve ark., 2020). Singhala ve ark., 2014), bulanık mantık algoritması kullanarak sıcaklık kontrol sistemi geliştirmişlerdir. Sıcaklık ölçümü gibi hassas ölçüm gerektiren değerlerle yapılan ölçüm çalışmalarında Bulanık Mantık Denetleyicisi'nin en iyi yöntem olduğunu belirtmişlerdir. (Li ve ark., 2017), bitkilerin nem, ısı ve ışık ihtiyaçlarını miktarlarını ayarlayarak bitkilere sağlayan Bulanık Mantık Denetleyicisi temelli akıllı sera yönetimi sistemi geliştirmişlerdir. (Baig ve ark., 2011), bulanık mantık tasarımı kullanarak insan

beyin hastalığı teşhisi için tıbbi tanı kontrol sistemi geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri sistem tıbbi tanı için ; normal, hemoralji ve beyin tümörü olacak şekilde üç çıktı vermektedir. Geliştirilen tıbbi tanı kontrol sistemi bulanıklık kuralları MATLAB ile simüle edilmiştir ve geliştirilen sistemin hastalık teşhisinde verimliliği arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. (Oshita ve ark., 1993), anestezi alan hastaların hipertansiyonunu kontrol etmek ve kontrol altında tutmak için bulanık mantık kontrol kurallarına dayanarak tansiyonu 130 mmHg'de sabit tutmak için bir durum-eylem diyagramı geliştirmişlerdir. Anestezi sırasında hipertansiyon kontrolü için geliştirdikleri yöntemin yararlı olduğu sonucuna ulaşmışlardır. (Rahman ve ark., 2023), Covid-19 döneminde kalp ritim bozukluğu hastalarını izlemek ve teşhis etmek için bulanık mantık tabanlı akıllı sağlık sistemi tasarlamışlardır. Bulanık mantık tabanlı geliştirilen algoritma EKG verileri ile çalışmaktadır. Geliştirilen akıllı sağlık sisteminin gerçek zamanlı denemelerinde yaklaşık %100 doğruluk ile çalıştığı bildirilmiştir. (Singh ve ark., 2023), Hepatit B virüsünü tespit etmek için bulanık mantık tabanlı çok katmanlı bulanık çıkarım tıbbi tanı sistemi geliştirmişlerdir. Geliştirilen tıbbi tanı sisteminin %94 doğruluk, %91,2 Duyarlılık, %96,29 özgülük, %95,45 hassasiyetle çalıştığını bildirmişlerdir.

Bir giriş değerinin belirli bir kümeye veya kategoriye üyelik derecesini tanımlayan üyelik fonksiyonları bulanık mantığın temel kavramıdır. Üyelik fonksiyonu, bir giriş değerinden 0 ile 1 arasındaki bir üyelik derecesine eşitlenmesidir. 0, üyelik olmamasını, 1 ise tam üyeliği temsil etmektedir. Bulanık Mantık, girdi değişkenleri ile çıktı değişkenleri arasındaki ilişkiyi bulanık bir şekilde ifade eden 'Eğer-İse' ifadeleri olan bulanık kurallar kullanılarak uygulanmaktadır. Bulanık Mantık sisteminin çıkışı, her olası çıkış değeri için üyelik derecelerinin bir kümesi olan bulanık bir kümelerden oluşmaktadır (Dumitrescu ve ark., 2021).

Bulanık mantık mimarisi dört ana bölümden oluşmaktadır:

- Bulanıklaştırma Modülü: Kesin hatları olan sistem girişlerini bulanık değerlere dönüştürmektedir.
- Bilgi Tabanı: Uzmanlar tarafından sağlanan 'eğer-ise' kurallarını saklamaktadır.
- Karar Verme ve Çıkarım Motoru: Girdiler ve 'eğer-ise' kuralları üzerinde bulanık çıkarımlar yaparak insan beyni çalışmasını simüle etmektedir.
- Durulaştırma Modülü: Çıkarım motoru tarafından elde edilen bulanık kümeyi net bir değere dönüştürmektedir.

Üyelik fonksiyonları girdi olan sayısal değeri bulanıklaştırmak için bulanık kümeler üzerinde çalışmaktadırlar. Birden çok üyelik fonksiyonu bulunmaktadır ve probleme göre kullanılacak üyelik fonksiyonuna karar verilmektedir. Üçgen, yamuk, çan ve Gauss gibi çeşitli üyelik fonksiyonları en yaygın olarak kullanılanlardır.

1) BULANIK KÜMELER

Klasik kümeleri sınırları keskindir. Klasik kümeler evet-hayır keskin cevaplarını içeren kümelerdir. Örneğin 1'den büyük sayılardan oluşan klasik X kümesi

$$X = \{ x \mid x > 1 \} \quad \text{Denklem (1)}$$

şeklinde Denklem (1)'de gösterilmektedir. Burada tanım x eğer 1'den büyük ise X kümesine aittir şeklinde yapılmaktadır. Klasik kümelerde üyelik, üye olanlar ve üye olmayanlar olarak iki gruba ayrılık, kısmi üyelik, yakınlık gibi kavramlar yoktur.

Klasik kümenin aksine bulanık kümelerde keskin sınırlar bulunmamaktadır. Bulanık kümelerde kısmi üyelik, yakınlık kavramları bulunmaktadır ve bu kavramlar bir bulanık kümenin üyesinin aynı evrendeki diğer bulanık kümelerin de parçası olabildiği durumlarda ortaya çıkmaktadır.

2) ÜYELİK FONKSİYONLARI

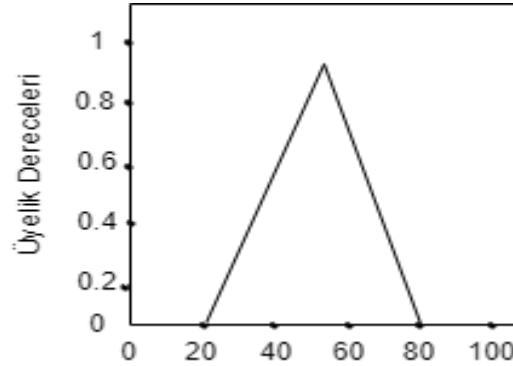
Üyelik fonksiyonları, dilsel terimi ölçerek bulanık bir kümeyi grafiksel olarak temsil edilmesine olanak tanımaktadırlar. Bulanık kümeler ait oldukları üyelik fonksiyonları ile nitelendirilmektedirler. X söylem evrenindeki bir A bulanık kümesi için üyelik fonksiyonu

$$\mu_A : X \rightarrow [0,1] \quad \text{Denklem (2)}$$

şeklinde Denklem (2)'de gösterilmektedir.

Burada X'in her bir elemanı 0 ile 1 arasında bir değere eşlenmektedir ve buna üyelik değeri veya üyelik derecesi denmektedir. Üyelik fonksiyonu ile X söylem evreninde ki elemanın A bulanık kümesine üyelik derecesini ölçülmektedir (Ng ve ark., 2019). Üyelik fonksiyonlarının hesaplama kolaylığı açısından en çok kullanılanları üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonudur. Gauss ve genelleştirilmiş çan üyelik fonksiyonu da problemin gerekliliğine göre tercih edilen diğer üyelik fonksiyonlarıdır.

Üçgen Üyelik Fonksiyonu: Girişi bulanıklaştıran üçgen a, b ve c olmak üzere üç parametre ile tanımlanmaktadır (Şekil3).



Şekil 3. Üçgen Üyelik Fonksiyonu.

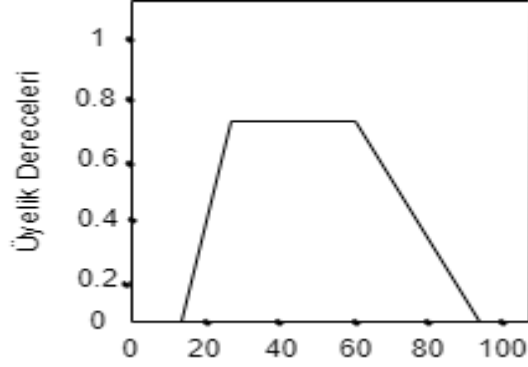
Üçgen üyelik fonksiyonu matematiksel denklemi

$$\mu_{\text{triangle}}(x; a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases} \quad \text{Denklem (3)}$$

$$= \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}\right), 0\right)$$

şeklinde Denklem (3)'de gösterilmektedir.

Yamuk Üyelik Fonksiyonu: Yamuk üyelik fonksiyonu a,b,c ve d olarak dört parametreyle tanımlanmaktadır(Şekil 4).



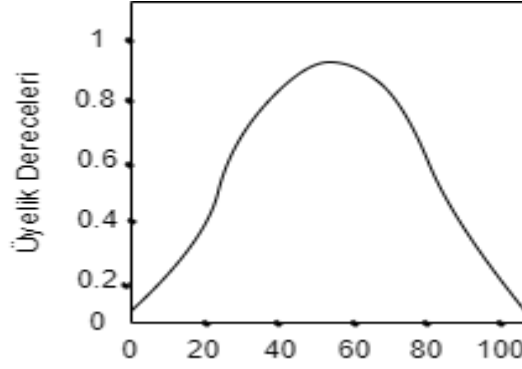
Şekil 4. Yamuk Üyelik Fonksiyonu.

Yamuk üyelik fonksiyonu matematiksel denklemi

$$\begin{aligned} \mu_{\text{trapezoida}}(x; a, b, c, d) &= \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}\right), 0\right) \\ &= \max\left(\min\left(\frac{x-2}{4-2}, 1, \frac{10-x}{10-8}\right), 0\right) \quad \text{Denklem (4)} \\ &= \max\left(\min\left(\frac{x-2}{2}, 1, \frac{10-x}{2}\right), 0\right) \end{aligned}$$

şeklinde Denklem (4)'te gösterilmektedir.

Gauss Üyelik Fonksiyonu: Gauss üyelik fonksiyonu iki parametreyle $\{m, \sigma\}$ tanımlanmaktadır (Şekil5). Veri dağılımını temsil etmenin daha doğal bir yoludur ancak matematiksel karmaşıklık nedeniyle bulanıklaştırma için pek kullanılmamaktadır.



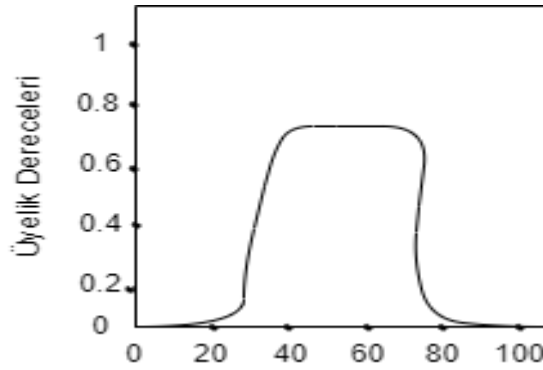
Şekil 5. Gauss Üyelik Fonksiyonu.

Gauss üyelik fonksiyonu matematiksel denklemi

$$\mu_{\text{gaussian}}(x; m, \sigma) = e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x-m}{\sigma} \right)^2} \quad \text{Denklem (5)}$$

şeklinde Denklem (5)'te gösterilmektedir.

Genelleştirilmiş Çan Üyelik Fonksiyonu: Genelleştirilmiş çan üyelik fonksiyonu, üç parametre {a, b, c} ile tanımlanmaktadır (Şekil6).



Şekil 6. Genelleştirilmiş Çan Üyelik Fonksiyonu.

Genelleştirilmiş Çan üyelik fonksiyonu matematiksel denklemi

$$\mu_{\text{bell}}(x; a, b, c) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x-c}{a} \right|^{2b}} \quad \text{Denklem (6)}$$

şeklinde Denklem (6)'da gösterilmektedir.

Bu çalışmada hastanın monitorizasyon bulguları takip modülü bulanık mantık yöntemi ile modellenerek robot hemşireye entegre edilmiştir. Normal değerler uzman kişilerden alınan bilgiler ile belirlenerek, bu değerlerin dışında kalan değerler anomali olarak kabul edilmiştir. Normal değerlerin varlığı robot hemşirenin bilgi aktarma modülünün aktifleşmesini sağlamaktadır. Yetişkin bir hastada beklenen normal vücut sıcaklığı aralığı 36.1 derece ile 37.2 derece olarak kabul edildiğinde ölçüm sonucu değerler 36 derece veya 37.2 derece çıktığında robot hemşire bu anomali değerleri normal dışı olarak tanımlamaktadır. Robot hemşire hastada gerçekleşen anormal değer artış ve düşüşleri anlık olarak tespit ederek gerekli durumlarda sağlık çalışanlarına uyarı iletmektedir.

3.UYGULAMA

Geliştirilen yapay zekaya sahip robot hemşire otonom olarak geliştirilmiştir. Haritalama özelliği sayesinde sağlık çalışanları ve hasta odalarının yerleri kendisine öğretilmektedir. Ayrıca robotun üzerinde var olan sensörler bir nesneye yaklaştığında uyarmakta ve çarpma olasılığı gibi durumlarda farklı yöne hareket etmekte veya durmaktadır. Öncelikle doktorun her hastaya yönelik belirlediği tedavi için kullanılması gereken ilaçlar, belirlenen zaman ve ölçüleri robotun bilgi sistemine yüklenmiştir. Aynı zamanda robot hemşire ilgilendiği hastaların gerekli ölçümlerini de periyodik zamanlarda veya acil durumları öngörerek kendisi yapabilmektedir. Hemşirenin yönlendirmesiyle hasta başına gelen robot, donanımında yer alan karekod okuyucu aracılığıyla hastaya yatış esnasında tanımlanan karekodu okuyarak hasta ile ilgili tüm bilgileri hemşireye bir arayüz vasıtasıyla bildirmektedir. Hasta için sistemde önceden tanımlanmış ilaçlar, robotun servis ve arayüz ile haberleşebildiği ilaç deposundan otomatik olarak çekilmektedir. Buna göre hemşirenin yanlış ilacı ya da yanlış zamanda ilaç verme durumu minimize edilmiştir. Ayrıca robot hasta başında hastaya yapılması gereken ölçümler ve zamanları da hemşirelere ait ekranda durum kontrolünün sağlanması için gösterilmektedir. Ölçüm yapıldığı sırada sonuçlar, robotun kendi ekranında oluşturulmasının yanı sıra ilgili sonuçlar veri olarak elde edilerek kayıt edilmektedir. Bu sayede hekimler de veritabanından bu bilgileri görüntüleyebilmeleri mümkün hale gelmektedir. Sağlık çalışanları tarafından yatan hastaların gerçekleştirilen rutin ölçüm sonuçları robot veri tabanında yer alan yapay zeka yazılımlarına göre değerlendirilerek değerlerin normal yada anomali oldukları bilgisi ekranda verilmektedir. Hemşire robota entegre edilen bulanık mantık modellemesi Python programlama dili ile uygulanmıştır. Hastalar için alınan tüm ölçüm ve diğer bilgiler, veritabanından eş zamanlı ve çevrimiçi olarak sağlık çalışanlarına (hemşire ve doktorların bilgi ekranlarına) sunulmaktadır. Bulunduğu yoğun bakım servisinde rota seçimi üzerinde etkili olan uygun hasta ve yol durumu parametreleri kullanılarak bulanık mantık yöntemiyle oluşturulan haritalama sistemiyle hareket etmesi gereken alanları günlük olarak hemşireler tarafından belirlenip güncellenebilmektedir. Uygun hasta parametresi robot hemşirenin gerçekleştirdiği görevlere ihtiyacı olan hastaları ifade etmektedir. Yol durumu parametresi ise robot hemşirenin sorunsuzca ilerleyebileceği, önündekalıcı engel olmayan ve tek bir katı içeren ilerleme yolunu ifade etmektedir. Yatağından kalkmadan hastalar robot ile sağlık çalışanları arasında kurduğu mekanik bağlantı ile görüntülü konuşmaya izin vererek sağlık iletişimini arttırmaktadır. Robotun üzerinde bulunan kamera ve biyosensörler ile geliştirilen yazılım sayesinde hastaların yaşam bulgularını ölçülmekte ve olası hastalıkların teşhisine yardımcı olması planlanmıştır. Yoğun bakım ünitelerinde kullanılan hasta değerlendirme skalaları (Braden, Glaskow, İtaki) robota dijital olarak entegre edilip hemşirenin verileri girerek otomatik puanlama yapabilmesini sağlamıştır.

4.SONUÇ

Çalışmada geliştirilen robot hemşire ile çeşitli nedenler ile hemşirelerin günlük rutin sağlık görevlerinde meydana gelebilecek aksaklıkların ve aksaklıklar ile hastaya verilecek zararlar minimize edilmiştir. Bunun dışında yoğun hasta bakımı ve iş tempolarına sahip olan hemşirelerin iş yükü hafifletilmiştir. Yapay zeka destekli robot hemşire, hastalara zaman kaybetmeden müdahale edilmesi, rutin sağlık kontrol ve bakımlarının eksiksiz, aksamasız, sürekli yapılmasını sağlamaktadır. Ayrıca geliştirilen yapay zeka destekli robot hemşire, ilaçların hastalara zamanında dağıtılmamasından kaynaklanan sorunları azaltmaya katkı sağlamaktadır. Hasta tedavilerinde ve acil durumlarda kullanılacak olan mutlak gerekli ekipmanların robot üzerinde olması ile hastaya anında ve doğru müdahale ile tedavinin yapılması sağlanmaktadır. Hemşirenin görevlerini hafifleterek eksiksiz ve doğru sağlık hizmeti verilmesine destek olmakta ve böylece hemşirelerin performansına olumlu olarak katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte robot hemşirenin sahip olduğu sensörler ve kullandığı yapay zeka destekli modelleme ile acil durumlarda ölçüm yapabilme, anomali tespiti ve hekimlere doğru sendromları anlık iletme görevlerini yapabilmektedir. Hastane içi hasta nakillerinde ve bazı durumlarda rotalama yeteneği ile hasta taşınmasına yardımcı olarak hastane çalışanlarının işlerini hafifletmektedir. Bu çalışma ile sağlık çalışanlarından en fazla hasta ile iletişimde ve müdahalede bulunan hemşirelerin yükleri hafifleterek daha sağlıklı bir çalışma ortamı oluşturulması ve hastaların da yoğunluk kaynaklı hatalardan etkilenmemesi sağlanmıştır. Günlük olarak belirlenen hastalar için rutin görevleri robot hemşirenin yerine getirmesi hemşireler üzerinden iş yoğunluğunu azaltarak motivasyonu arttırmaktadır. Robot hemşirenin çağrı ile hastaların yanına gitmesi, topladığı bilgileri işleyerek hastanın durumu hakkında tahminleme gerçekleştirebilmesi özellikleri için ilerleyen süreçlerde üzerinde çalışılması planlanmaktadır. Bu çalışma ile hastalardan edinilen bilgiler veri tabanında toplanarak anlamlı veri setleri halinde hastalık teşhis-tanı sistemlerinde kullanılması amaçlanmaktadır.

EK AÇIKLAMA

Bu çalışma, İstanbul Beykent Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

5. KAYNAKÇA

Akın Robotics. Servis Robotu. <https://www.akinrobotics.com/hizmet-robotu-servis-robotu-2-1>

Bader, D., Worsley, P. Ve Gefen, A. (2019). Bioengineering considerations in the prevention of medical device-related pressure ulcers. *Clinical Biomechanics*, 67, 70-7. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2019.04.018>

Baig, F., Khan, D., Noor, Y. Ve Imran, M. (2011). Design Model Of Fuzzy Logic Medical Diagnosis Control System. *International Journal on Computer Science and Engineering*,3(5), 2093-2108.

- Cao, H., Song, Y., Wu, Y., Du, Y., He, X., Chen, Y., Wang Q. ve Yang, H. (2023). What is nursing professionalism?: A concept analysis. *BMC Nurs*, 22, 34. <https://doi.org/10.1186/s12912-022-01161-0>
- Dernoncourt, F. (2011). Fuzzy Logic: Introducing Human Reasoning within Decision-Making Systems?, Conservatoire National des Arts et Métiers, Paris, Fransa.
- Dernoncourt, F. (2011). Fuzzy logic : Between human reasoning and artificial intelligence Supervisor : Jean Baratgin,"Report, Ecole Normale Supérieure, Paris, Fransa.
- Dumitrescu, C., Ciotirnae, P. ve Vizitiu C. (2021). Fuzzy Logic for Intelligent Control System Using Soft Computing Applications. *Sensors*, 21(8), 2617. <https://doi.org/10.3390/s21082617>
- Ferris, A., Price, A. ve Harding, K. (2019). Pressure ulcers in patients receiving palliative care: a systematic review. *Palliative medicine*, 33(7), 770-82. <https://doi.org/10.1177/0269216319846023>
- Gefen, A., Alves, P., Ciprandi, G., Coyer, F., Milne, C.T. ve Ousey, K., Ohura, N., Waters, N. ve Worsley, P. (2020). Device-related pressure ulcers: SECURE prevention. *Journal of wound care*, 29(Sup2a), 1-52. <https://doi.org/10.12968/jowc.2020.29.Sup2a.S1>
- Kaya, U., Yılmaz, A. ve Dikmen, Y. (2019). Sağlık Alanında Kullanılan Derin Öğrenme Yöntemleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 16, 792-808. <https://doi.org/10.31590/ejosat.573248>
- Li, L., Cheng, K.W.E. ve Pan, J.F. (2017, Aralık). Design and Application of Intelligent Control System for Greenhouse Environment, *Power Electronics Systems and Applications - Smart Mobility, Power Transfer & Security (PESA)*, Hong Kong, China. Erişim Adresi: <https://doi.org/10.1109/PESA.2017.8277762>
- McCarthy, J. (2004). What is artificial intelligence?. Erişim adresi: <http://www.formal.stanford.edu/jmc/whatisai/>
- Ng, Y.S., Xue, W., Wang, W. ve Qi, P. (2019). Convolutional Neural Networks for Food Image Recognition: An Experimental Study. *Proceedings of the 5th International Workshop on Multimedia Assisted Dietary Management*.
- Oshita, S., Nakakimura, K., Kaieda, R., Murakawa, T., Tamura, H. ve Hiraoka, I. (1993). Application of the concept of fuzzy logistic controller for treatment of hypertension during anesthesia. *Masui. The Japanese Journal of Anesthesiology*, 42(2), 185-189.
- Oulton, J.A. (2006). The global nursing shortage: an overview of issues and actions. *Policy Polit Nurs Pract*, 7(3 Suppl), 34-39. doi: <https://doi.org/10.1177/1527154406293968>
- Özşahin Uzun D., Uzun B., Özşahin, İ., Mustapha, M.T. ve Musa, M.S. (2020). Fuzzy logic in medicine. In W. Zgallai (Eds.), *In Developments in Biomedical Engineering and Bioelectronics* (pp. 153-182). *Biomedical Signal Processing and Artificial Intelligence in Healthcare*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818946-7.00006-8>
- Rahman M.Z., Akbar, M.A., Leiva, V., Tahir, A., Riaz, M.T. ve Martin-Barreiro, C. (2023). An intelligent health monitoring and diagnosis system based on the internet of things and fuzzy logic for cardiac arrhythmia COVID-19 patients, *Computers in Biology and Medicine*, 154. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2023.106583>

- Singh, D., Rakhra, M., Aledaily, A.N., Kariri, E., Viriyasitavat, W., Yadav, K., Dhiman, G. Ve KAur, A. (2023). Fuzzy logic based medical diagnostic system for hepatitis B using machine learning. *Soft Computing*.<https://doi.org/10.1007/s00500-023-08894-3>
- Singhala, P., Shah, D. N. Ve Patel, B. (2014). Temperature Control using Fuzzy Logic. *International Journal of Instrumentation and Control Systems (IJICS)*,4(1).
<https://doi.org/10.5121/ijics.2014.4101>
- Todinca, D., Fuzzy sets. Operations with fuzzy sets. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://staff.cs.upt.ro/~todinca/cad/Lectures/cad_fuzzysets.pdf.
- Zingarelli, E.M., Ghiglione, M., Pesce, M., Orejuela, I., Scarrone, S. ve Panizza, R.(2020). Facial pressure ulcers in a COVID-19 50-year-old female intubated patient. *Indian journal of plastic surgery: official publication of the Association of Plastic Surgeons of India*, 53(1), 144. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1710403>



MONOLİTİK VE MİKRO HİZMET MİMARİSİNİN PERFORMANS AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI

COMPARISON OF MONOLITHIC AND MICRO SERVICES ARCHITECTURE IN TERMS OF PERFORMANCE

DOI: 10.20854/bujse.1426301

Süleyman ŞANVER¹, Talat FİRLAR^{2*}

Öz

Çalışmanın temel amacı yazılım dünyasında kullanılan mimari yöntemlerden monolitik ve mikrohizmet mimarilerini teorik ve uygulamalı olarak karşılaştırmaktır. Günümüz yazılım uygulamalarında monolitik mimariden, mikrohizmet mimariye geçiş süreçlerini görölme birlikte, mikrohizmet mimariden monolitik mimariye geri dönüşlerde olmaktadır. Monolitik ve mikrohizmet mimariyi performans açısından test edilmiştir. Bu çalışmada, monolitik ve mikrohizmet mimarilerin mantığına uygun iki farklı uygulama yapıp, ölçümleri gerçekleştirilmiş, bu iki mimarinin çeşitli avantajları yanında, farklı dezavantajlarıda bulunmaktadır. Bu çalışmadan her iki mimarinin olumlu ve olumsuz yanları değerlendirilmiştir.

Abstract

The main purpose of the study is to theoretically and practically compare monolithic and microservice architectures, which are architectural methods used in the software world. In today's software applications, there is a transition from monolithic architecture to microservice architecture, and there is also a return from microservice architecture to monolithic architecture. Monolithic and microservice architectures have been tested for performance. In this study, two different applications were made and measured in accordance with the logic of monolithic and microservice architectures. These two architectures have various advantages as well as different disadvantages. In this study, the positive and negative aspects of both architectures were evaluated.

Anahtar Kelimeler: Mikro Hizmet, Monolitik Mimari, Yazılım Mimarileri, Performans Geliştirme, Jmeter.

Keywords: Microservice, Monolithic Architecture, Software Architectures , Performance Improvement, Jmeter.

¹ İstanbul Beykent Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Mezunu, suleymansanver@gmail.com, orcid.org/0009-0009-8689-4116

² *Sorumlu Yazar: İstanbul Beykent Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, talatfirlar@beykent.edu.tr, orcid.org /0000-0002-0399-3955

1. GİRİŞ

Yazılım dünyası, günümüz projelerinin büyümesi, bakım ve yeni taleplerin kolayca eklenebilmesi veya bir modülün kolayca eklenip çıkarılabilmesi, uygulamayı ürün yapma süreçleri gibi taleplerin sonucunda dağıtık mimarilere yönelmiştir. Kurumsal projelerin yönetilmesi, ihtiyaçların belirlenmesi zorlu süreçlerdir. Bu yüzden yazılım projeleri geliştirilirken geniş yelpazeden bakılmalı, proje sonu görülmelidir ve seçilecek mimariye önceden karar vermek daha doğru olacaktır. Mikro hizmet mimarileri programlama dili açısından, bağımsız uygulamalar geliştirmeye fırsat tanımlamaktadır. Bu mimaride her servis/program kendi içinde bir uygulamadır ve bu servisleri birbirinden bağımsız yönetir. Mikro hizmet mimarileri, geleneksel yöntemlerle geliştirilen yazılımlardaki birçok problemi çözmeye odaklanır. Amazon, Google, Netflix gibi dünya çapında firmalar monolitik mimarilerini, mikro hizmet mimarilerine çevirdiler. Bu çalışmada; mikro hizmetlerin monolitik ve hizmet odaklı mimariler karşısındaki avantajları ve dezavantajları incelenmiştir. Her mimari türünün avantajları ve dezavantajları vardır ve doğru seçim projenin başarısını etkileyebilir.

Yazılım mimarileri bölümünde, yazılım mimarilerinin temel yapı taşlarını ve bileşenlerini, bu bileşenler arasındaki ilişkileri belirleyen, sistemin işlevselliğini, performansını, güvenilirliğini, ölçeklenebilirliği ve bileşenleri incelenmiştir. Yine bu bölümde tasarım desenleri hakkında bilgi verilmiştir. Monolitik mimari bölümünde monolitik mimari incelenmiş, avantaj ve dezavantajlarından bahsedilmiştir. Bu mimarinin katmanları ve katmanların özelliklerinden bahsedilmiş, uygulamalardaki güçlü ve zayıf yanları incelenmiştir. Daha sonraki bölümde, mikro hizmet mimarisinin özellikleri anlatılmış ve en son kısımda seçilen iki mimariye göre hız ve performanslarına göre karşılaştırmalı olarak uygulama yapılmıştır.

2. YAZILIM MİMARİLERİ

Mikro hizmetler terimi ilk defa 2005 yılında Dr. Peter Rodgers tarafından bulut bilişim üzerine bir sunum sırasında “Mikro İnternet Hizmetleri” olarak kullanıldı. Rodger’ın çalışması 1999 yılında, kodu daha az kırılğan hale getirmek ve büyük ölçekli, karmaşık yazılım sistemlerini değişime dayanıklı hale getirmek olan Hewlett Packard Labs’daki Dexter araştırma projesi ile başladı (Russell ve ark., 2004).

2007 yılında Juval Löwy, her sınıfın bir hizmet olduğu sistemler inşa edilmesi çağrısında bulundu. Löwy hizmetlerin bu kadar parçalı kullanımını destekleyecek bir teknolojinin kullanılması gerektiğini fark etti ve WCF(Windows Communication Foundation)’i bunu yapacak şekilde genişletti.

2011 yılında Venedik’te Yazılım Mimarları etkinliğinde yazılımcılarının çoğunun ortak bir mimari yaklaşım olarak gördükleri bu stile Mikro Hizmet adını verdiler (Dragoni vd., 2017). 2012’nin Mayıs ayında aynı grup Mikro Hizmetler olarak adını değiştirdiler. James Lewis Mart 2012 de Krakow’da, Fred George’da bir vaka çalışması olarak ayrı ayrı sunumlar yaptılar. Netflix’te bulut sistemlerinin eski yöneticisi Adrian Cockcroft kendisiyle yapılan bir görüşmede bu yaklaşımı “ayrıntılı hizmet odaklı mimari” olarak isimlendirdi (Farrow, 2012).

Dünya çapında büyük şirketler eski mimari yaklaşımlardan bu mimariye doğru geçmişlerdir. Bunların arasında Netflix, Amazon ve Uber sayılabilir.

Yazılım mimarisi, bir yazılım sisteminin temel yapı taşlarını ve bileşenlerini tanımlayan, bu bileşenler arasındaki ilişkileri belirleyen, sistemin işlevselliğini, performansını, güvenilirliğini,

ölçeklenebilirliğini ve diğer önemli nitelikleri tasarlayan disiplindir. Bu mimari , bir projenin geliştirilmesi sürecinde tüm ekip üyeleri arasında bir rehberlik sağlar. "Yazılım mimarisi , yazılım bileşenlerini, ilişkileri ve özellikleri kavramak için kullanılan yapılandırılmış bir çerçeveyi temsil eder. Bu kavramlaştırma , sistem tasarım sürecini basitleştirir ve farklı projeler için tasarım bileşenleri ve deseni, tekrar kullanımı ile ilgilenen bir soyutlamaya olanak tanır" (Bass ve ark., 2012).

Yazılım mimarileri genellikle , karmaşık sistemlerin tasarımları ve sistem içerisindeki parçaların birbirleriyle olan iletişimleriyle ilgilidir. Ayrıca bu parçaları daha sonra başka uygulamalara hizmet vermeleri için kullanılır. Bu çalışmada görüldüğü gibi mikrohizmet mimarisinin temel amaçlarından biri de budur. "Yazılım mimarilerini belgelemek , paydaş iletişimini kolaylaştırır, tasarım ve tasarım bileşenleri ile ilgili , erken ve önemli kararları belgeleyerek ve farklı projeler için yeniden kullanılabilir bir bilgi tabanı olarak işlev görmesi önemli bir süreçtir" (Clements ve ark., 2010).

Tasarım desenleri uygulanması tekrarlayan işlerin engellenmesi ve buna göre süreçleri yönetme prensibini kavramaktır. Süreçlerinizde tekrarlayan işlemler varsa süreçlerinizi gözden geçirmeniz gerekebilir. "Bir tasarım deseni , nesne yönelimli sistemlerde tekrarlanan bir tasarım problemine çözüm sunan genel bir tasarımı adlandırır , gerekçelendirir ve açıklar" (Buschmann ve ark. , 1996).

Uygulamalarımızı mimari üzerine inşa ettiğimizde aynı zamanda böldüğümüz parçalar anlam ve görev kazanırlar. Her parçanın kendine ait sorumluluğu vardır. Bu yaklaşım parçaya anlam kazandırır. "Yazılım mimarisi tasarımı , yazılım gereksinimlerini yazılımın yapısını ve davranışını açıklayan bir mimariye dönüştürme sürecidir" (Albin ve Pautasso, 2008).

Yazılım Mimarileri, yazılım dünyasında birçok farklı yazılım mimarisi yaklaşımı bulunmaktadır. Bu yaklaşımlar, projenin gereksinimlerine, boyutuna, özelliklerine ve hedeflere göre seçilir. Temel yazılım mimarisi türleri olarak; Katmanlı (Layered Architecture) , Mikrohizmet (Microservices Architecture), MVC (Model-View-Controller), MVVM (Model-View-ViewModel), Monolitik, Dağıtık, Olay Odaklı (Event-Driven Architecture), N-Tier (Çok Katmanlı) Mimariler olarak söylenebilir. Projenin gereksinimlerine ve hedeflere bağlı olarak, bu yaklaşımlardan biri veya birkaçının birleşimi tercih edilebilir. Her mimari türünün avantajları ve dezavantajları vardır ve doğru seçim projenin başarısını etkileyebilir.

3. MONOLİTİK MİMARİ

Monolitik mimariler tek veya birden fazla katmandan oluşan mimarilerdir. Birden fazla katmandan oluşsa bile gün sonunda tek parça haline gelen yapılardır. Uygulamaların tüm parçalarının tek bir çatı altında geliştirilmesi ve yönetilmesini sağlayan bir yazılım stildir. Uygulama tek bir çatı altından sunuculara dağıtılır. Yatay ölçeklendirme yapılamaz eğer yapılmak istenirse uygulama bütünüyle sunuculara kopyalanmalıdır.

Monolitik uygulamaların avantajları basitlik, performans ve başlangıçta düşük karmaşıklık olarak öne çıkar. Ancak, büyüdükçe ve karmaşıklık arttıkça ölçeklenebilirlik , bakım zorlukları ve teknoloji çeşitliliği gibi dezavantajlar ortaya çıkabilir.

Monolitik mimari , yazılım geliştirme alanında sıkça kullanılan bir tasarım yaklaşımıdır. Bu yaklaşımda , bir uygulama tüm bileşenleriyle tek bir büyük ve bütünlük yapı içerisinde

bulunur. Kullanıcı arayüzü , iş mantığı ve veritabanı gibi farklı işlevler, genellikle aynı kod tabanı içerisinde yer alır ve tek bir çalıştırılabilir dosya olarak sunulabilir.

Monolitik mimari , yazılım geliştirme sürecini basit ve hızlı hale getirebilir. Başlangıçta, tüm ekip aynı kod tabanı üzerinde çalışarak işbirliği yapabilir ve geliştirmeyi kolaylaştırabilir. Ayrıca, monolitik uygulamalar genellikle hızlı bir şekilde dağıtılabilir, çünkü tüm bileşenler bir arada olduğu için dağıtım süreci daha az karmaşıktır.

Ancak, monolitik mimarinin bazı dezavantajları da vardır. Uygulama büyüdükçe, ölçeklenebilirlik sorunları ortaya çıkabilir. Bir bileşeni ölçeklendirmek, tüm uygulamayı etkileyebilir. Çünkü tüm bileşenler aynı kod tabanında yer alır. Aynı şekilde, farklı ekiplerin farklı teknolojiler kullanma esnekliği sınırlı olabilir. Bir bileşende yapılan değişiklikler diğer bileşenleri de etkileyebilir, bu da bakım süreçlerini karmaşıktırabilir.

Monolitik uygulama birden fazla modül içeren tek bir kod tabanına sahiptir. Tüm uygulamayı derleyen tek bir yapısı vardır ve 3 katmandan oluşur.

- Sunum Katmanı
- İş Katmanı
- Veri Erişim Katmanı

Çalışma yapısı, istemci sunucuya hangi veriyi görmek istediğine dair istek iletir, sunucuda ilgili isteği kontrol eder, güvenlik, doğrulama, yetkilendirme vb. kontroller yapılır ve istek doğruysa veri tabanında sorgulama yapar ve aynı hiyerarşide veri tabanından cevap alınır ve sunucuya bu cevabı istemciye veri olarak döner.

Monolitik mimariyi daha yakından inceleyebilmek için sunum katmanı incelenerek fikir sahibi olunabilir. İlk olarak sunum katmanının istemci ve veri tabanı arasında köprü olduğu görülür. Sunum katmanı makalenin kendisidir.

- Sunum Katmanı: İstemciden gelen “get”, “post” isteklerinin yönlendirildiği katmandır. Örnek: ‘User/1’ veya ‘UserSave/sare’ olarak istekler yapılır.
- İş Katmanı: Sunum katmanından gelen isteklere ait doğrulamalar, yetkilendirmeler, iş kuralları gibi kontrollerin yapıldığı yerdir.
- Veri Erişim Katmanı: İş katmanından gelen isteklerin veri tabanına işlendiği ya da gönderildiği yerdir

Büyük projelerde çalışırken veya yoğun trafikli projelerde, uygulamaların yükünü hafifletmek veya yönetmek için ‘Yük Dengeleyici’ kullanılması gerekir. Ürün sayfasında yoğunluk var ve diğer sayfalar çok yoğun değildir. Ürün servisinde bir iyileştirme yapılmak isteniyor ancak yük dengeleyici üzerinde sadece ürün servisi için ayar yapılamıyor bütün projenin kopyalanması ve bu şekilde yönetilmesi gerekiyor.

Gerçek bir monolitik uygulamada ‘eShopOnWeb’ uygulaması ve uygulamaya ait “ApplicationCore” katmanı, yani makalenin iş katmanına denk geliyor. “Infrastructure” katmanı veri tabanı erişim katmanına karşılık geliyor. Web projesi de uygulamanın sunum katmanıdır.

- Web projesi “ApplicationCore” katmanını çağırır.
- “ApplicationCore” katmanı “Infrastructure” katmanını çağırır.

- Gün sonunda Web projesi oluşur ve diğer bütün katmanlar Web projesinin içerisinde derlenmiş olarak bulunur.

Yukarıdaki bilgiler ışığında iplik düzeyinde giysi modelleme (yarn level cloth) üzerine çalışmalar incelenmiş ve iplik düzeyinde giysi modellemesinin rendering işleminin hesaplama maliyetinin çok yüksek olduğu görülmüştür. İplik seviyesinde kumaş modellemesi, tek tek ipliklerin davranışını modelleyen bir bilgisayar tabanlı simülasyonudur. Bu, ipliklerin gerilme, deformasyon ve birbirleriyle etkileşim gibi özelliklerini simüle etmeyi de içerebilir. Ayrıca kumaşların drapaj ve

Monolitik Mimarinin Güçlü Yanları;

Kolay Dağıtım: Monolitik uygulamaların tek parça oluşu dağıtım için avantaj sağlar. Bütün projeyi tek bir seferde ilgili sunucuya dağıtabiliriz. Tek parçayı dağıtmak onlarca servisi dağıtmaktan çok daha kolaydır.

Hata Ayıklama: Tek bir proje olduğundan tek bir çalıştırma ile hataları kolayca yakalanabilir.

Test Kolaylığı: Bütün işlemler tek bir projede olduğundan test etmek kolaydır.

- Geliştirmesi basittir.
- Yatay ölçeklendirme daha kolay yapılıyor. Yük dengeleyicisi üzerinde projenin kopyalarını çalıştırmak yeterli oluyor.

Monolitik Mimarinin Zayıf Yanları;

- Proje büyüdükçe karmaşıklık ve geliştirme zorluğu ortaya çıkar.
- Uygulama karmaşık olduğunda herhangi bir değişiklik yapmak zorlaşır.
- Uygulamanın boyutu projenin sunucuda başlama süresini uzatabilir.
- En küçük bir değişiklikte uygulamanın bütün çalıştırılıp dağıtımı yapılmalıdır.
- Uygulama modülleri arasında farklı ölçeklendirme , kaynak artırımı yapılmak istenirse zordur.
- Herhangi bir modüldeki bir hata uygulamanın çalışmasını bozabilir. Ayrıca ölçeklendirme yapılmışsa bile aynı hata hepsinde bulunacağından tüm uygulamayı etkileyebilir.
- Yeni bir teknolojiye entegre etmek için uygulama bütünüyle değiştirmek gerekebilir.

Monolitik Mimari Performans Artırımı için; Kod Optimizasyonu, Veritabanı İyileştirmeleri, Önbellekleme, Paralleştirme, Donanım İyileştirmeleri, Gereksiz Bağımlılıkları Azaltma, Gereksiz Kaynak Kullanımını Azaltma , Caching (Önbellekleme) Kullanımı, Monitörleme ve Analiz, Kod Profillemesi, Veritabanı Normalizasyonu, HTTP Caching gibi yöntemler bulunur. Unutulmamalıdır ki performans artırma stratejileri uygulamanın türüne, kullanım senaryolarına ve altyapıya bağlı olarak farklılık gösterebilir. Performansı artırmak için birçok farklı yaklaşımı deneyebilir ve gerektiğinde ölçümler yaparak en etkili çözümler belirlenebilir.

4. MİKRO HİZMET MİMARİSİ

Mikro Hizmet Mimari bağımsız çalışabilen servisler topluluğudur. Bu mimaride servisler gevşek bağlıdır ve Tek Görev/Cevap prensibine uygun olarak çalışmaktadırlar.

Mikro hizmetler SOA'nın yorumudur. SOA tabanlıdır. Her servis kendine ait bir dünyada çalışır. Her bir servis kendine ait sunucuda çalışır ve kendine ait veritabanı olabilir (Yerelbt, 2022).

Mikro hizmet küçük API üzerinden iletişim kurabilen ve bağımsız hizmetlerden oluşan servislerdir. Büyük uygulamanın küçük kısımlara ayrılarak yönetilmesidir. Kullanıcının tek bir talebinde birden fazla Mikro hizmet çağırılabilir.

Mikro Hizmet, kendi içinde tek sorumluluğu olan veya tek iş yapan bağımsız projelerdir. Farklı programlama dillerinde geliştirilme imkanı ve farklı veritabanı teknolojileri kullanılabilir. Kısacası, mikro hizmet mimari stili, her biri kendi sürecinde çalışan ve genellikle bir HTTP kaynak API'si olan, hafif mekanizmalarla iletişim kuran, küçük hizmetler paketleri olarak uygulama geliştirmemizi sağlayan bir yaklaşımdır.

Yazılım geliştirme aşamasında da çok kolaylıklar sağlamaktadır. Her bir hizmet farklı yazılım takımlarına, ekiplerine bölünerek yönetilebilir. Bu yazılımı geliştiren kişi sadece ilgili kısmı bilir ve oraya odaklanır. Bu şekilde ki yazılım geliştirme ve bakım daha kolaydır.

Genel olarak API Gateway olarak bilinen ortak giriş noktaları vardır. İstemci yani web uygulaması ya da mobil uygulama buraya istek atar ve buradan ilgili mikro hizmete yönlendirilir. Gateway deki yönlendirme yazılım geliştirme esnasında gateway'e öğretilir. Örnek olarak kullanıcının yorumları için yorum mikro hizmetine gideceği bu tanımlamalarla öğretilir. Kullanıcı da ekrandan yorumlara bastığında ya da incelediğinde buradaki yorum mikro hizmetine yönlendiriliyor. Ayrıca yetkilendirme işlemleri burada yapılır. Yani kullanıcının ilgili hizmeti çağırma izni var mı yok mu soruları bu kısımda kontrol edilir. Burada birden fazla mikro hizmete istek gidebilir. Yorum mikro hizmetinden cevap alınır ve gateway'e gelir ve aynı şekilde istemciye yani aslında kullanıcıya sonuç gösterilir.

Mikro Hizmet Mimarisinin Faydaları;

Teknoloji Çeşitliliği; Mikro Hizmet mimarisinde hizmetler ayrı olduğu gibi dil bağımsızdır. Projelerde Net, PHP, Go, Ruby vb. istenilen bir programlama dilinde geliştirilebilir. Ekiplere yeni personel alınırken çok daha geniş teknoloji alanından insanlar seçebilme fırsatı sunuyor. Örnek olarak yeni alınan personel PHP biliyorsa farklı bir hizmeti, PHP ile geliştirmesi istenilebilir veya hangi dil o hizmete uygunsuzsa bu şekilde de seçim yapılabilir. Mikro Hizmet ile teknoloji değişim kararları daha kolay verilebilir. Çünkü geliştirilen yer bütün projeye göre çok daha küçük olduğundan teknoloji denemeleri yapılabilir.

Bağımsız; Uygulamadaki bütün hizmetler birbirinden bağımsızdır. Geliştiriciler ve ekipler birbirinden bağımsızdır, böylelikle geliştirme ve test süreçleri ayrı ayrı yürütülebilir. Birbirlerini beklemeye gerek yoktur.

Çeviklik; Mikro Hizmetler ekiplerin çevik olmasına da katkıda bulunur. Büyük bir hizmetin küçük bir parçasını değiştirmeye çalıştığımızda avantajını görmüş oluruz. Yeni bir istek hızlıca geliştirilip projeye eklenebilir.

Anlaşılabilirlik; Proje küçük parçalara ayrıldığından anlaşılması kolaydır. Kod okuması çok daha kolay yapılabilir veya ekibe katılan bir kişi ilgili hizmeti çok daha kısa sürede öğrenebilir.

Bağımsız Dil; Standart bir teknolojiye veya bir programlama diline bağlı değiliz. İlgili hizmet için en iyi teknoloji hangisiyse o kullanılabilir.

Ölçekleme; Monolitik yapıda ölçeklendirme komple bütün projeye yapılır. Ancak mikro hizmetler küçük parçalara ayrıldıklarından sadece ilgili hizmete ölçeklendirme yapılabilir. Her bir servis bağımsız ölçeklendirilebilir. Yoğun bir şekilde kullanılan hizmeti ölçekleyip sadece o hizmetin sunucusuna iyileştirme yapmak bize zaman/bütçe maliyetini minimum düzeyde tutulmasını sağlar. Örnek olarak Twitter uygulamasının en yoğun kısmı yorumlar bölümüdür. Bu yorumlar kısmı mikro hizmet olarak geliştirilirse ve sadece bu hizmete ait kaynak artırımını yapabileme fırsatı bulunur.

Dağıtım; Mikro hizmet mimarisinde sadece geliştirme yapılan hizmetin canlıya alınması yeterlidir. Projenin sadece %5 in de geliştirme yaptıysak sadece yüzde %5 ini dağıtım yapıyoruz. Hizmetin hızlı bir şekilde dağıtımının yapılması yazılımcılar açısından da çok önemlidir. Eğer bir problem meydana gelirse sadece problemin olduğu hizmette geliştirme yapılır ve dağıtımı gerçekleştirilir.

Yeniden Kullanılabilirlik; Bağımsız geliştirilen bir hizmet de çok küçük değişiklikler yapılarak ya da hiç geliştirme yapılmadan ihtiyaç olan başka bir projeye hizmet olarak sunulabilir. Örnek olarak kullanıcı bilgileri için bir mikro hizmet olsun , bu hizmeti tüm uygulamalarda kullanabilir düzeye getirilir. Böylece yeni bir servis geliştirmek için oluşacak zaman ve para maliyetinden kurtula bilinir.

Test Kolaylığı; Hizmetlere ayrıldığından bütün uygulamanın bitmesini beklemeden hizmetler bağımsız olarak testleri gerçekleştirilebilirler.

Hata İzolasyonu; Herhangi bir hizmette hata alındığında bu bütün sistemi etkilemez.

Mikro Hizmet Mimarisinin Zayıf Yanları;

Karmaşıklık; Hizmetlerin sayısı arttıkça karmaşıklık artar. Hizmetler ayrı ayrı olduğundan hepsi için ayrı optimizasyonlar ve veritabanı oluyor. Hepsinin ayrı ayrı yapılandırılması gerekmektedir.

Test Etme Zorluğu; Hizmetler birbirinden bağımsız olduğu için uygulamaların test edilmesi için hepsinin ayağa kaldırılması gerekmektedir. Bu yazılımcı için zaman maliyetidir.

İzleme Zorluğu; Proje içerisinde kullanılan her hizmet bağımsız olacağından kendisine ait izleme ortamına ihtiyaç duyacaktır. İzleme işi içinde ek kaynak ayırmak gerekebilir.

Maliyet; Genellikle hizmetler monolitik mimariye göre daha maliyetlidir.

Güvenlik; Hizmetler arasında iletişim, veri alışverişi çok sık gerçekleştiğinden uygulama güvenliğini sağlamak için ayrıca bu konuya odaklanmak lazım. Bu hizmet başka bir uygulamaya veya dışarıya açıldığında bu hizmete ait yetki tanım ve kontrolleri yapılmalıdır. Mikro hizmetler birbirlerine çağırdıklarında ilgili hizmetin diğer hizmeti çağırabilmek için yetkisinin olması ve kimlik doğrulama işlemlerinden geçmesi gerekmektedir.

Dağıtık Sistem Zorlukları; Mikroservisler, farklı sunucularda veya konteynerlerde çalışabilir. Bu durum ağ hataları, veri bütünlüğü sorunları ve hata ayıklama zorlukları gibi dağıtık sistem zorluklarını beraberinde getirebilir.

Veri Bütünlüğü; Mikroservislerin ayrı ayrı veritabanlarını kullanması, veri bütünlüğü ve tutarlılığı sağlamayı zorlaştırabilir. Bu servisler arasında veri senkronizasyonu gerektirebilir.

Yüksek İletişim Trafik; Servisler arası yoğun iletişim, ağ trafiğini artırabilir. Bu, servisler arasındaki performansı olumsuz etkileyebilir.

Dağıtık Veritabanları; Mikroservislerin farklı veritabanları kullanması, veri yönetimini zorlaştırabilir. Dağıtık veritabanlarını yönetmek ve senkronizasyon sağlamak zor olabilir.

Servis Bağımlılıkları; Mikroservis mimarisi, servisler arası bağımlılıkların artmasına neden olabilir. Bir servisin aksaması, diğerlerini de etkileyebilir.

Geliştirme ve Dağıtım Süreci; Mikroservislerin ayrı ayrı geliştirilip dağıtılması, koordinasyon gerektiren bir süreçtir. Yeni özelliklerin tüm servislere entegrasyonu zor olabilir.

Maliyet Artışı; Birden çok servis ve altyapının yönetimi, maliyeti artırabilir. Altyapı, işletim ve güvenlik için ekstra kaynaklar gerekebilir.

Mikroservis mimarisinde performansı artırmak için aşağıdaki stratejileri ve yaklaşımları göz önünde bulundurulur. Mikroservisleri Ölçeklendirme, Servisler Arası İletişimi Optimize Etme, Hafif Konteynerler Kullanma, Düşük Gecikme Süreleri, Caching (Önbellekleme) Kullanımı, Performans Testleri, Optimize Edilmiş Veritabanı Kullanımı, Servis Bağımlılıklarını Azaltma, Monitörleme ve Analiz, Uygulama Optimizasyonu, Dağıtım ve Dağıtım Araçları, Hızlı Hata Tespiti ve Düzeltme gibi yöntemler bulunur. Unutulmamalı ki mikroservis mimarisinin karmaşıklığı ve dinamikliği, performansı artırma sürecini bazen zorlaştırabilir. Her bir stratejiyi ve yaklaşımı dikkatlice değerlendirilerek, belirli ihtiyaçlara ait en uygun çözümler seçilmelidir.

5. MİKROSERVİS İLE MONOLİTİK MİMARİLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Mikroservis mimarisi ve monolitik mimari, yazılım uygulamalarının farklı şekillerde yapılandırılmasını temsil eder. İşte mikroservis ve monolitik mimarilerin bazı temel karşılaştırmaları:

Bağımsızlık;

- **Monolitik Mimarisi:** Tek bir monolitik yapı olduğundan, herhangi bir bileşenin güncellenmesi veya değiştirilmesi tüm uygulamayı etkileyebilir.
- **Mikroservis Mimarisi:** Mikroservisler bağımsız olarak geliştirilir, dağıtılır ve ölçeklendirilir. Bu, bir mikroservisin güncellenmesinin diğerlerini etkilemediği anlamına gelir.

Ölçeklendirme;

- **Monolitik Mimarisi:** Monolitik uygulamaların tüm bileşenleri birlikte ölçeklenir. Yani tüm uygulama aynı oranda ölçeklenir.
- **Mikroservis Mimarisi:** Tekil servisler, ihtiyaca göre bağımsız olarak ölçeklenebilir. Sadece yoğun kullanılan servisler ölçeklenir.

Bakım ve Dağıtım;

- **Monolitik Mimarisi:** Yeniden dağıtım genellikle tek bir birimde yapılır. Tüm uygulama birlikte güncellenir.
- **Mikroservis Mimarisi:** Servislerin bağımsız olması, daha hızlı dağıtım ve güncelleme süreçlerini sağlar. Yalnızca değişiklik yapılan servisler güncellenir.

Teknoloji Çeşitliliği;

- **Monolitik Mimarisi:** Monolitik uygulamalarda tüm bileşenler aynı teknoloji yığını üzerine kurulur.
- **Mikroservis Mimarisi:** Her mikroservis kendi teknoloji yığınına sahip olabilir. Farklı diller ve teknolojiler kullanmak mümkündür.

Hata Yayılması;

- **Monolitik Mimarisi:** Bir bileşende meydana gelen hatalar tüm monoliti etkileyebilir.
- **Mikroservis Mimarisi:** Tek bir servisteki hata , diğer servisleri etkilemez. Ancak hataların yönetimi daha karmaşık olabilir.

İletişim ve Performans;

- **Monolitik Mimarisi:** İç içe geçmiş işlevselliğe sahip olduğundan iletişim daha kolaydır. Ancak ölçeklendirme ve performans yönetimi zor olabilir.
- **Mikroservis Mimarisi:** Servisler arası iletişim ağ üzerinden yapılır ve bazen daha karmaşık hale gelebilir. Ancak performansı belirli işlevselliğe özgü optimize etmek daha kolaydır.

Hangi mimarinin tercih edilmesi gerektiği, proje ihtiyaçlarına, ekibin yeteneklerine ve projenin özelliklerine bağlıdır. Her iki yaklaşımın da avantajları ve zayıf yönleri vardır ve seçim yaparken iyi bir değerlendirme yapmak önemlidir.

6. UYGULAMA

Bu çalışmada monolitik ve mikrohizmet mimarisinden oluşan 2 uygulama vardır. Uygulamalar kendi içerisinde servis methodları bulundurmaktadır. Monolitik ve mikrohizmet mimarisi içerisinde bulunan servis methodlarına birden fazla istekte bulunarak performans değerlendirmesi hedeflenmektedir. Testler Jmeter uygulaması ile yapıldı. Uygulama rapor kısmında Jmeter uygulamasına ait sonuç raporları bulunacaktır.

6.1. Monolitik Uygulama Örneği

Uygulama Monolitik mimari üzerine kurulmuştur. Uygulama tek katmandan oluşur. Bu katmanın adı API katmanıdır. Uygulama içerisinde “Dto”, “Servis”, “Controller” nesnelere bulunmaktadır. Bu nesnelere ait detayı proje yapısını incelenirken değinildi. Uygulama ile sql server’ın iletişim kurabilmesi için “entityframework” kullanılmıştır. “Entityframework” bir “ORM(Object Relational Mapping)” aracıdır. “ORM” araçları veritabanlarını nesnelere halinde oluşturarak projeye dahil edebilebilmesini sağlarlar.

Uygulamada veri tabanı olarak Microsoft SQL server kullanılmıştır. Veritabanında kullanılmak üzere Microsoft tarafından geliştirilen “Adventureworks” veritabanı kullanılmıştır.

Projede “Aspnet Core Web Api” kütüphanesi kullanılmıştır. Projede “Controllers” klasörü bulunmaktadır. Onunda altındada “Salesordercontroller” bulunuyor. Monolitik uygulama için testler bu “controller” üzerinden yapıldı. Bu “controller” içerisindeki Get methodu çağırıldı. Get methodu “Adventurework db” sine gidip satış bilgileri, satış detayı ve bunlara bağlı ürün bilgilerini tablolardan okunarak getirecektir.

Projede “Dto” klasörü bulunmaktadır. Bu klasör içerisinde “SalesOrderListDto” dosyası bulunuyor. Bu “Dto” nesnesi veritabanından gelen “entity” modelin istemciye gönderilirken belirlenen kullanıcıların bilmesi gereken özellikleri filtreleyip istemciye dönülecektir.

Projede Models klasöründe veritabanı nesnelere bulunmaktadır. Bu nesnelere “Adventurework” veritabanına aittir. Biz bu projemizde “SalesOrderHeader”, “SalesOrderDetail”, “Product” tabloları kullanıldı. Bu tablolardan en çok sipariş edilen 50 ürünü istemciye dönüldü. Veritabanını projeye ekleyebilmek için “Entityframework” e ait aşağıdaki kodun konsolda çalıştırılması gerekir.

Çalıştırılacak Kod Bloğu: dotnet ef dbcontext scaffold "Server=.;Database=AdventureWorks2019;Trusted_Connection=True;" Microsoft.EntityFrameworkCore.SqlServer -o Models

Kod bloğu çalıştırılırken daha sonra “Models” klasörü aşağıdaki gibi oluyor. Artık veritabanı ve nesnelere proje tarafından iletişim kurulabilir hale getirildi.

Servis klasörü altında bulunan “SalesOrderService” dosyasından veritabanında bulunan “SalesOrderHeader”, “SalesOrderDetail”, “Product” tablolarındaki kayıtları ilişkilendirerek en çok satılan ilk 50 ürün bilgisi çekilir. Aşağıdaki resimde görüldüğü üzere “GetMaxSalesOrders” metodu en çok satılan 50 ürün bilgisini getirdi. Veritabanından dönen modelin tamamını değil sadece “ProductName”, “ProductID” ve “SalesOrderCount” alanlarını oluşturulan “SalesOrderListDto” ya çevirip geri dönüldü. Veritabanı “AdventureWorks2019Context” nesnesi üzerinden iletişim kuruldu.

“SalesOrderController” sınıfında oluşturulan servisi çağırıp istemciye cevap dönüldü. “SalesOrderController” veritabanını bilmiyor. Tek görevi servis nesnesini çağırarak oluyor. N-Katmanlı mimarilerde bu klasörler az bağımlı olarak tasarlanır. Ancak bu projede bu şekilde yapıldı.

Proje IIS üzerinde ayağa kaldırıldı. Kaldırıldıktan sonra browser üzerinden http istekleri atılıp veriler görüldü. “SalesOrderController” içerisindeki “GetMaxSalesOrders” methodu <http://localhost:3801/salesorder/GetMaxSalesOrders> olarak çağırıldı. Ekranda veritabanında bulunan en çok satılan 50 ürün bilgisi listelendi.

6.2. Monolitik Uygulama Jmeter ile Yük Testi

Monolitik uygulamanın yük testi Jmeter ile yapılmıştır. Bu bölümde yük testi yapıldı. Geliştirilen uygulamalar canlı ortama alınmadan önce yük testi yapılması büyük önem arz etmektedir. Uygulamaların farklı istekler üzerinde nasıl tepki verdiğinin görülmesi önemlidir. Geliştirmeler bu sonuçlara göre iyileştirebilir, farklı yöntemler düşünebilir, farklı çözümler üretilebilir. Yük testleri, uygulamaların kalitesini ve kullanılabilirliğini artırmada yardımcı olurlar.

Yük testi yaparken 3 saniye içerisinde 1000 kullanıcıya çıkıldı ve 1000 kullanıcı istekte bulunduğunda monolitik uygulamanın nasıl tepki verdiği görüldü. 1000 kullanıcı isteği yerel bilgisayarda Jmeter uygulaması üzerinde gerçekleştirildi.

Monolitik uygulamada jmeter gerekli konfigürasyon ayarları yapıldı.

Http Bilgisi, Sunucu İsmi, Port Numarası, Http İstek Türü, Yol bilgileri girilip test ayarları yapıldı.

Monolitik uygulamasında konfigürasyon ayarları yapıldıktan sonra rapor sonuçlarının görülebilmesi için Jmeter'ın farklı özellikleri kullanıldı. Jmeter'a ait Özet rapor ve Sonuç tablosunu gösteren özellikleri, test parçacığının içine eklendi.

6.3. Sonuç Tablosu Rapor

Jmeter'ın 1000 kullanıcı ile testine ait 1000 istek Tablo 1'de görüldüğü üzere başarıyla tamamlanmıştır. Monolitik uygulamada 1000 request için tek bir servis çağrılıp tek bir dönüş olmuştur. Sonuç tablosunda bütün istekler başarılı bir şekilde görülüyor. 3 saniye içerisinde 1000 kullanıcının istek atması sonucu elde edilen rapor bilgisine aşağıda yer verilmiştir.

Elapsed : Dönüş süresi, **Label** : İstek Türü, **Response Code** : Cevap Kodu, **Data Type** : Metin Dili,**Url** : İstek Atılan Adres

Testin sonucunda 1000 istek ortalama **3,684** saniye sürmüştür.

Tablo 1: Monolith İstek Cevap Süreleri.

No	Süre	İstek	Cevap	Tip	URL
1	4178	HTTP	200	Metin	http://localhost:3801/salesorder/GetMaxSalesOrders
2	4180	HTTP	200	Metin	http://localhost:3801/salesorder/GetMaxSalesOrders
3	4179	HTTP	200	Metin	http://localhost:3801/salesorder/GetMaxSalesOrders
4	4179	HTTP	200	Metin	http://localhost:3801/salesorder/GetMaxSalesOrders
5	4179	HTTP	200	Metin	http://localhost:3801/salesorder/GetMaxSalesOrders
6	4178	HTTP	200	Metin	http://localhost:3801/salesorder/GetMaxSalesOrders
7	4179	HTTP	200	Metin	http://localhost:3801/salesorder/GetMaxSalesOrders
8	4180	HTTP	200	Metin	http://localhost:3801/salesorder/GetMaxSalesOrders
9	4179	HTTP	200	Metin	http://localhost:3801/salesorder/GetMaxSalesOrders
10	4179	HTTP	200	Metin	http://localhost:3801/salesorder/GetMaxSalesOrders
11	4178	HTTP	200	Metin	http://localhost:3801/salesorder/GetMaxSalesOrders
12	4155	HTTP	200	Metin	http://localhost:3801/salesorder/GetMaxSalesOrders
13	4165	HTTP	200	Metin	http://localhost:3801/salesorder/GetMaxSalesOrders
14	4205	HTTP	200	Metin	http://localhost:3801/salesorder/GetMaxSalesOrders
15	4204	HTTP	200	Metin	http://localhost:3801/salesorder/GetMaxSalesOrders
16	4203	HTTP	200	Metin	http://localhost:3801/salesorder/GetMaxSalesOrders
17	4204	HTTP	200	Metin	http://localhost:3801/salesorder/GetMaxSalesOrders
18	4205	HTTP	200	Metin	http://localhost:3801/salesorder/GetMaxSalesOrders
19	4212	HTTP	200	Metin	http://localhost:3801/salesorder/GetMaxSalesOrders
20	4248	HTTP	200	Metin	http://localhost:3801/salesorder/GetMaxSalesOrders
999	2404	HTTP	200	Metin	http://localhost:3801/salesorder/GetMaxSalesOrders
1000	2431	HTTP	200	Metin	http://localhost:3801/salesorder/GetMaxSalesOrders

6.4. Monolitik Özet Rapor

Jmeter uygulamasında özet rapor için istekler çalıştırıldığında aşağıdaki tablo ve sonuçlar elde edilir. 1000 istek üzerinden ortalama 2 saniyede dönüşler elde edilir. Monolitik uygulama performansı gayet yeterli olduğu görüldü. Ortaya çıkan performans izleme raporuna bakıldığında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir (Tablo 2).

- **Etiket:** Bu sütun, ölçümün türünü veya kategorisini temsil eder. İlk sütun, "HTTP İsteği" ve "TOPLAM" olarak iki farklı etiket içeriyor. "HTTP İsteği" etiketi, belirli bir HTTP isteğinin performansını temsil ediyor olabilirken, "TOPLAM" etiketi tüm isteklerin toplam performansını gösteriyor olabilir.
- **Örnek:** Bu sütun, her bir etiket için kaç ölçüm yapıldığını gösterir. "HTTP İsteği" ve "TOPLAM" için her ikisinde de 1000 ölçüm yapıldığı görünüyor.
- **Ortalama:** Bu sütun, ölçülen değerlerin ortalamasını temsil eder. Örneğin, "HTTP İsteği" etiketi için ortalama değer 2'dir.
- **En Az:** Bu sütun, ölçülen değerler arasındaki en küçük değeri gösterir. "HTTP İsteği" etiketi için en düşük değer 0'dır.
- **En Çok:** Bu sütun, ölçülen değerler arasındaki en büyük değeri gösterir. "HTTP İsteği" etiketi için en yüksek değer 57'dir.
- **Hata %:** Bu sütun, ölçülen değerlerin ne kadarının hata içerdiğini gösterir. Tabloya göre, ölçülen değerlerin hiçbirinde hata olmadığı (%0 hata) görünüyor.
- **KB/sn (Kilobayt/saniye):** Bu sütun, belirli bir hızla veri transferini temsil eder. 1600.03 KB/sn, bir saniyede 1600.03 kilobayt veri transferi olduğunu gösterir.
- **Sent KB/sn (Gönderilen Kilobayt/saniye):** Bu sütun, ölçülen veri transfer hızının belirli bir gönderen tarafından sağlandığını gösterir. 41.37 KB/sn, belirli bir gönderen tarafından gönderilen verinin saniyede 41.37 kilobayt olduğunu gösterir.
- **Ortalama Byte:** Bu sütun, belirli bir işlem veya veri transferinin ortalama byte boyutunu gösterir. 4912, bu işlem veya veri transferinin ortalama olarak 4912 byte olduğunu gösterir.

Tablo 2 : Monolitik İstek Cevap Özet Raporu.

Etiket	Örnek	Ortalama	En Az	En Çok	Hata %	KB/sn	Sent KB/sec	Ort. Byte
HTTP İsteği	1000	3684	0	4589	0,00%	764,46	27,7	4057,3
TOPLAM	1000	3684	0	4589	0,00%	764,46	27,7	4057,3

7. MİKROSERVİS UYGULAMA ÖRNEĞİ

Uygulama mikroservis mimaris üzerine kurulmuştur. Uygulama toplamda 3 Api'den oluşmaktadır. "SalesApi", "ProductApi" ve "GatewayApi"dir. Uygulamaların içerisinde "Dto", "Servis", "Controller" gibi nesnelere vardır. "SalesApi" ve "ProductApi" verileri çekmek için kullanılan "Api"lerdir. "GatewayApi" ise "Api"lerin arkasında olan istemcinin bileceği bir Api'dir. Bu Api üzerinden yönlendirmeler yapılır. Apilerin üzerinden SQL Server bağlanabilmek için "EntityFramework ORM"i kullanıldı. "ORM" araçları veritabanlarını nesnelere halinde oluşturarak projelere dahil edebilmesini sağlar. Bu 3 Apiye ait solution (çözüm) aşağıda görülmektedir. "Microservice Gateway Api"si üzerinde herhangi bir işlem bulunmamaktadır. Bu Api den diğer Api'lere yönlendirme işlemi yapılmaktadır.

7.1. Sales Api

Projede "Aspnet Core" Web Api kütüphanesi kullanılmıştır. Projede "Controllers" klasörü bulunmaktadır. Onunda altındada "Salesordercontroller" bulunuyor. Gateway üzerinden yapılan istekler bu controllere gelip aynı şekilde sonuç döndürülmektedir. Bu controller içerisindeki "GetMaxSalesOrders" methodu çağırılır. "GetMaxSalesOrders" methodu "Adventurework db" sine gidip "SalesOrderHeader", "SalesOrderDetail" tablosundaki verileri getirir.

Projede "Dto" klasörü bulunmaktadır. Bu klasör içerisinde "SalesOrderListDto" dosyası bulunuyor. Bu "Dto" nesnesini veritabanından gelen "entity" modelin istemciye gönderilirken belirlenen kullanıcıların bilmesi gereken özellikleri filtrelenip istemciye dönülmektedir.

Projede "Models" klasöründe veritabanı nesnelere bulunmaktadır. Bu nesnelere "Adventurework" veritabanına aittir. Bu projede "SalesOrderHeader", "SalesOrderDetail" tablosu kullanıldı. Daha sonra buradan gelen siparişe ait "Productid" ile beraber "Product" mikroservisine istekte bulunup ürüne ait isim bilgisi alındı. "Monolith" uygulamada hepsi aynı anda çekilmektedir ancak burada durum daha farklıdır. Veritabanını projeye ekleyebilmek için "entityframework" e aşağıdaki kodu konsolda çalıştırılması gerekiyor.

Çalıştırılacak Kod Bloğu: dotnet ef dbcontext scaffold "Server=.;Database=AdventureWorks2019;Trusted_Connection=True;"Microsoft.EntityFrameworkCore.SqlServer -o Models

Kod bloğu çalıştıktan sonra veritabanı ve nesnelere proje tarafından iletişim kurulabilir hale getirildi.

Servis klasörü altında bulunan "SalesOrderService" dosyasından veritabanında bulunan "SalesOrderHeader", "SalesOrderDetail" tablolarındaki en çok sipariş verilen 50 ürüne ait siparişler çekilir. "GetAll" metodu bütün satış kayıtlarını dönüyor. Veritabanından dönen modelin tamamını değil de sadece "ProductID" ve "SalesOrderCount" alanlarını oluşturulan "SalesOrderDto" ya çevrilip geri dönülür. Veritabanına "AdventureWorks2019Context" nesnesi üzerinden iletişim kurulur.

"SalesOrderController" sınıfında oluşturulan bu servisi çağrılıp istemciye cevap dönülür. "SalesOrderController" veritabanını bilmiyor. Tek görevi servis nesnesini çağırarak oluyor. N-Katmanlı mimarilerde bu klasörler az bağımlı olarak tasarlanır.

"SalesOrderApi'si" monolitik proje de "SalesOrder" sınıfına benziyor. Burada "SalesOrder" ve "Product" mikroservis mimariyle beraber birbirinden ayrıldı. "SalesOrder" ve "Product"

geliştirmeleri birbirlerinden farklı bir dilde, bağımsız olarak ölçeklemede, sunucu yapılandırmalarında kullanılabilir hale getirildi. "GetMaxSalesOrders" methodu ilk önce satış bilgilerini alıyor sonrasında da "Product" mikroservisine gidip ürün bilgilerini çağırıyor. "SalesAPI" ye ait URL ve Port bilgisi; <http://localhost:63761/>

Gateway Api'sine "Salesorder" isteği geldiğinde gateway bunu <http://localhost:63761/> adresine yönlendirecektir. İstemci direkt olarak bu Api'yi çağırmayacaktır. Gateway Api'sini çağıracaktır.

7.2. Product API

Proje de Aspnet Core Web Api kütüphanesi kullanılmıştır. Proje de Controllers klasörü bulunmaktadır. Onunda altındada productcontroller bulunuyor. Gateway üzerinden yapılan istekler bu controllera gelir. "SalesAPI" içerisinde bu mikroservis çağrılır ve ürün bilgilerini alıp istemciye gönderilir. Bu "controller" içerisindeki "GetByProductIds" methodu çağrıldı. "GetByProductIds" methodu "adventurework db" sine gidip "product" tablosundaki verileri getirdi.

Proje de "Dto" klasörü bulunmaktadır. Bu klasör içerisinde "ProductDto" dosyası bulunuyor. Bu "Dto" nesnesini veritabanından gelen "entity" modelin istemciye gönderilirken belirlenen, kullanıcıların bilmesi gereken özellikleri filtreleyip istemciye dönüldü.

Proje de "Models" klasöründe veritabanı nesneleri bulunmaktadır. Bu nesnelere "Adventurework" veritabanına aittir. Bu projede "Product" tablosu kullanıldı. Veritabanını projeye ekleyebilmek için "entityframework" e aşağıdaki kod bloğu konsolda çalıştırıldı.

Çalıştırılacak Kod Bloğu: dotnet ef dbcontext scaffold "Server=.;Database=AdventureWorks2019;Trusted_Connection=True;" Microsoft.EntityFrameworkCore.SqlServer -o Models

Kod bloğu çalıştıktan sonra , veritabanı ve nesnelere proje tarafından iletişim kurulabilir hale getirildi. Servis klasörü altında bulunan "ProductService" dosyasından veritabanında bulunan "Product" tablosundaki bütün kayıtlar çekildi. Aşağıdaki resimde görüldüğü üzere "GetByProductIds" metodu bize bütün "Product" kayıtlarını dönüyor. Veritabanımıza "AdventureWorks2019Context" nesnesi üzerinden iletişim kuruldu.

ProductController sınıfında oluşturulan bu servis çağrılıp istemciye cevap dönülür. ProductController veritabanını bilmiyor. Tek görevi servis nesnesini çağırarak oluyor. N-Katmanlı mimarilerde bu klasörler az bağımlı olarak tasarlanır. Ancak bu projede bu şekilde yapıldı.

ProductApi'si monolitik projesinde ki Product sınıfına benziyor. Product servisi o projeden tamamen ayrıldı. Product geliştirmesini artık farklı bir dilde, farklı bir teknoloji kullanılarak da yazılabilir. ProductApi ye ait URL ve Port bilgisi; <http://localhost:27946/> , Gateway Api'sine product isteği geldiğinde gateway bunu <http://localhost:27946/> adresine yönlendirecektir. İstemci direkt olarak bu Api'yi çağırmayacaktır. Gateway Api'sini çağıracaktır.

7.3. Gateway API

Gateway Api'sine istemciden gelen isteği ilgili mikroservise yönlendiriyor. Burada istenirse loglama, kimlik doğrulama, yetki kontrolü işleri yapılabilir. Bu Api'de controller "DTO" gibi nesnelere bulunmuyor. İstenirse bu özelliklerde eklenip gelen giden datalarda manipülasyon yapılabilir. Bu Api'de "configuration.json" ve "launchSetting.json" dosyaları bulunmaktadır.

launchSetting.json: Bu dosyada apinin ayağa kalkarken hangi porttan ayağa kalkacağı bilgisini belirtilir.

Configuration.json: Bu dosyada Api'yi gateway olarak özelleştirecek ocelot paketinin ayarları bulunuyor. Mikroservislerin hangi portlarda bulunduğu bilgisi ve gelen isteğin hangi durumlarda hangi mikroservise gideceği bilgisi tutuluyor.

Api'nin gateway olarak çalışabilmesi için "Ocelot" isimli paketi uygulamaya kuruldu. Sonrasında "configuration.json" dosyasında yönlendirme ayarlarını URL ve port bilgileri ile verildi. GatewayApi ye ait URL ve Port bilgisi <http://localhost:65070/> 'dir.

Gateway Api'sine'e <http://localhost:65070/salesorder/pmax> diye bir istek gelirse <http://localhost:63761/> salesapi mikroservisine yönlendirecektir.

Jmeter üzerinden test edilen adres gateway Api'sine ait olan <http://localhost:65070/> Api'sidir.

7.4. Mikroservis Uygulama Jmeter ile Yük Testi

Mikroservis uygulamasının yük testi Jmeter ile yapılmıştır. Bu bölümde yük testi yapıldı. Geliştirilen uygulamalar canlı ortama alınmadan önce yük testi yapılması büyük önem arz etmektedir. Uygulamaların farklı istekler üzerinde nasıl tepki verdiği görüldü. Geliştirmeler bu sonuçlara göre iyileştirebilir, farklı yöntemler düşünebilir, farklı çözümler üretebilir. Yük testleri uygulamaların kalitesini ve kullanılabilirliğini artırmada yardımcı olurlar.

Yük testini yaparken 3 saniye içerisinde 1000 kullanıcıya çıkıldı ve 1000 kullanıcı istekte bulunduğu monolitik uygulamasının nasıl tepki verdiğini görüldü. 1000 kullanıcı isteğini yerel bilgisayarda Jmeter uygulaması üzerinde gerçekleştirildi.

Mikroservis uygulaması jmeter gerekli konfigürasyon ayarlar yapıldı.

Http Bilgisi, Sunucu İsmi, Port Numarası, Http istek türü, Yol bilgilerini girip test ayarları girildi.

Mikroservis uygulamasında konfigürasyon ayarları yapıldıktan sonra rapor sonuçlarını görebilmesi için Jmeter'ın farklı özellikleri kullanıldı. Jmeter'a ait Özet rapor ve Sonuç tablosunu göster özelliklerini test parçacığının içine eklendi.

7.5. Sonuç Tablosu Rapor

Jmeter'ın 1000 kullanıcı ile testine ait 1000 istek Tablo3'te görüldüğü üzere başarıyla tamamlanmıştır. Mikroservis uygulamasında 1000 request için tek bir servis çağrılıp tek bir dönüş olmuştur. Sonuç tablosunda bütün istekler başarılı bir şekilde görüldü. 3 saniye içerisinde 1000 kullanıcının istek atması sonucu elde edilen rapor bilgisine aşağıda yer verilmiştir. **Elapsed:** Dönüş süresi, **Label:** İstek Türü, **Response Code:** Cevap Kodu, **Data Type:** Metin dili, **Url:** İstek atılan adres

Testin sonucunda 1000 istek ortalama 21,822 saniye sürmüştür.

Tablo 3: Mikrohizmet İstek Cevap Süreleri.

No	Süre	İstek	Cevap	Tip	URL
1	17724	HTTP	200	Metin	http://localhost:65070/salesorder/pmax
2	17726	HTTP	200	Metin	http://localhost:65070/salesorder/pmax
3	17726	HTTP	200	Metin	http://localhost:65070/salesorder/pmax
4	17700	HTTP	200	Metin	http://localhost:65070/salesorder/pmax
5	17750	HTTP	200	Metin	http://localhost:65070/salesorder/pmax
6	17776	HTTP	200	Metin	http://localhost:65070/salesorder/pmax
7	17616	HTTP	200	Metin	http://localhost:65070/salesorder/pmax
8	17775	HTTP	200	Metin	http://localhost:65070/salesorder/pmax
9	17658	HTTP	200	Metin	http://localhost:65070/salesorder/pmax
10	17654	HTTP	200	Metin	http://localhost:65070/salesorder/pmax
.					
.					
998	26725	HTTP	200	Metin	http://localhost:65070/salesorder/pmax
999	26050	HTTP	200	Metin	http://localhost:65070/salesorder/pmax
1000	25191	HTTP	200	Metin	http://localhost:65070/salesorder/pmax

7.6. Mikroservis Özet Rapor

Jmeter uygulamasında özet rapor için istekleri çalıştırıldığında aşağıdaki tabloyu ve sonuçlar elde edildi. 1000 istek üzerinden ortalama 21 saniyede dönüşler elde edildi. Monolitik uygulama performansı göre yetersiz görüldü. Ortaya çıkan performans izleme raporuna baktığımızda aşağıdaki sonuçları elde ediyoruz (Tablo 4).

- **Etiket:** Bu sütun, ölçümün türünü veya kategorisini temsil eder. İlk sütun, "HTTP İsteği" ve "TOPLAM" olarak iki farklı etiket içeriyor. "HTTP İsteği" etiketi, belirli bir HTTP isteğinin performansını temsil ediyor olabilirken, "TOPLAM" etiketi tüm isteklerin toplam performansını gösteriyor olabilir.
- **Örnek:** Bu sütun, her bir etiket için kaç ölçüm yapıldığını gösterir. "HTTP İsteği" ve "TOPLAM" için her ikisinde de 1000 ölçüm yapıldığı görünüyor.
- **Ortalama:** Bu sütun, ölçülen değerlerin ortalamasını temsil eder. Örneğin, "HTTP İsteği" etiketi için ortalama değer 2'dir.
- **En Az:** Bu sütun, ölçülen değerler arasındaki en küçük değeri gösterir. "HTTP İsteği" etiketi için en düşük değer 0'dır.
- **En Çok:** Bu sütun, ölçülen değerler arasındaki en büyük değeri gösterir. "HTTP İsteği" etiketi için en yüksek değer 57'dir.

- **Hata %:** Bu sütun, ölçülen değerlerin ne kadarının hata içerdiğini gösterir. Tabloya göre, ölçülen değerlerin hiçbirinde hata olmadığı (%0 hata) görünüyor.
- **KB/sn (Kilobayt/saniye):** Bu sütun, belirli bir hızla veri transferini temsil eder. 1600.03 KB/sn, bir saniyede 1600.03 kilobayt veri transferi olduğunu gösterir.
- **Sent KB/sn (Gönderilen Kilobayt/saniye):** Bu sütun, ölçülen veri transfer hızının belirli bir gönderen tarafından sağlandığını gösterir. 41.37 KB/sn, belirli bir gönderen tarafından gönderilen verinin saniyede 41.37 kilobayt olduğunu gösterir.
- **Ortalama Byte:** Bu sütun, belirli bir işlem veya veri transferinin ortalama byte boyutunu gösterir. 4912, bu işlem veya veri transferinin ortalama olarak 4912 byte olduğunu gösterir.

Tablo 4 :Mikrohizmet İstek Cevap Özet Raporu.

Etiket	Örnek	Ortalama	En Az	En Çok	Hata %	KB/sn	Sent KB/sec	Ort. Byte
HTTP İsteği	1000	21822	0	27444	0,00%	142,01	4,7	4080
TOPLAM	1000	21822	0	27444	0,00%	142,01	4,7	4080

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

8. SONUÇ

Monolitik mimari 3,684 saniyede isteğimize cevap verirken, mikroservis mimari 21,822 saniyede isteğe cevap dönmüştür. Bu sonuçlara Jmeter uygulaması ile otomatik istek yaparak varılmıştır. Test için atılan istekler 3 saniye içerisinde 1000 kullanıcıya çıkmaktadır. 3 saniye içerisinde 1000 istekte bulunup monolitik ve mikroservis mimarinin verdiği cevaplar sonucunda ölçümler yapıldı.

Monolitik mimari bu örnekler ve test senaryolarına göre mikroservis mimariye göre daha hızlı çıkmaktadır. Bu örneklerde en çok satılan 50 ürün bilgisi elde edilmeye çalışıldı. Bu bilgiler için satış, sipariş ve ürün tablolarına ihtiyaç oldu. Satış,sipariş bilgileri için bir mikroservis, ürün için ayrı bir mikroservis yapıldı. Monolitik uygulamada ise hepsini aynı veritabanında ilişkilendirilerek çekildi.

Monolitik mimari ihtiyaç olan tablolarla direk olarak erişim sağlamasından dolayı daha hızlı cevap döndü. Mikroservis mimaride ise sipariş bilgileri bir servisten ürün bilgileri bir servisten ve bu servislerin önüne koyulan gateway olmasından kaynaklı performans kayıpları meydana gelmektedir. Her istek her cevap ayrı bir maliyettir. Sunucuya bir kere gidip verileri toplayıp gelmek daha performanslıdır.

Küçük ölçekli projelerde monolitik mimari kullanılması daha uygundur. Projelerin büyümesi ile monolitiğin yönetilmesi zorlaşıyor gibi görülmekte monolitik mimari içinde çözümler vardır. Modüler monolitik buna örnek olabilir. Yüksek trafikli bir uygulama geliştirilecekse bu uygulamada mikroservis mimari tercih edilebilir. Mikroservis mimaride hizmetlerin bağımsız

olmaları onları ayrı ayrı ölçeklendirilmesine imkan sağlıyor. Aşırı trafik alan bir hizmetin sunucu kapasite, performans vb. özellikler artırılarak çözümler sağlanabilir.

Mikroservis mimaride çok fazla konfigürasyon ihtiyacı olması, izleme ve bakım maliyetleri oldukça fazla olduğundan mimariyi seçerken talebi, ihtiyacı iyi değerlendirip karar vermek gerekir.

9. KAYNAKÇA

Albin, S. T., Pautasso, C. (2008). *The Art of Software Architecture: Design Methods and Techniques*. Wiley.

Bass, L. , Clements, P. , Kazman, R. (2012). *Software Architecture: Foundations, Theory, and Practice*. Wiley.

Buschmann, F., Meunier, R., Rohnert, H., Sommerlad, P., ve Stal, M. (1996). *Pattern-Oriented Software Architecture: A System of Patterns*. Wiley.

Clements, P., Bachmann, F., Bass, L., Garlan, D., ve Ivers, J. (2010). *Documenting Software Architectures: Views and Beyond*. Addison-Wesley Professional.

Dragoni, N., Giallorenzo, S., Lafuente, A. L., Mazzara, M., Montesi, F., Mustafin, R., ve Safina, L. (2017). *Microservices: Yesterday, today, and tomorrow*. In *Present and Ulterior Software Engineering* (s. 195–216).

Farrow, R. (2012). *Netflix Heads into the Clouds: Interview with Adrian Cockcroft*. In: ;login;, 37(1), 44-46. Retrieved from, https://www.usenix.org/system/files/login/articles/cockcroft_0.pdf

George, F. (2013, March 20). *MicroService Architecture: A Personal Journey of Discovery* [Slide presentation]. Retrieved February 9, 2020, from <https://www.slideshare.net/fredgeorge/micro-service-architecure>

Lewis, J. (2012, March). *Microservices - Java, the Unix Way*. Presentation at 33rd Degree Conference. Retrieved April 9, 2019, from <http://2012.33degree.org/talk/show/67>

Löwy, J. (2007). *Programming WCF Services* (1st ed.). O'Reilly Media.

Löwy, J. (Speaker). (2009, May). *Every Class As a Service* (Session SOA206) [Conference session]. Microsoft TechEd Conference. Archived from the original on 2010. Retrieved from <http://channel9.msdn.com/ShowPost.aspx?PostID=349724>

Rodgers, P. (2005). *Service-Oriented Development on NetKernel: Patterns, Processes & Products to Reduce System Complexity*. *Web Services Edge 2005 East: CS-3 [Performance]*. CloudComputingExpo 2005. SYS-CON TV.

Russell, P., Rodgers, P., ve Sellman, R. (2004). Architecture and Design of an XML Application Platform. HP Technical Reports, 62. Retrieved August 20, 2015.

Yerelbt (2022, July 4). *Monolitik, SOA ve Mikro Servis Mimari Nedir?*. 10 Mart 2024 tarihinde <https://www.yerelbt.com/monolitik-soa-ve-mikro-servis-mimarileri-nelerdir/> adresinden edinilmiştir.

