

# Hasta Bakım Ünitelerinin Tasarım Verimliliklerinin Bulanık Mantık Modeli Bağlamında Değerlendirilmesi

## A Fuzzy Logic Model to Classify Design Efficiency of Nursing Unit Floors

Tuğçe KAZANASMAZ,<sup>1</sup> Gökmen TAYFUR<sup>2</sup>

Bu çalışma, bulanık mantık algoritması oluşturularak, örnek seçilen devlet hastanelerinin hasta bakım ve tedavi alanlarının tasarım verimliliklerine göre sınıflandırılması için yürütülmüştür. Hasta bakım ve tedavi ünitelerinin kat planlarından hasta kullanım alanları ve dolaşım alanları elde edilerek bulanık mantık modeli alt kümeleri için üyelik fonksiyonları oluşturulmuştur. Girdi değişkenleri olarak hasta kullanım alanları ve dolaşım alanları modellenmiştir. Girdi değişkenleri ile çıktı değişkeni olan tasarım verimliliği arasındaki ilişkiler bulanık mantık kuralları ile ortaya çıkarılmıştır. Mevcut olan hasta bakım ünitelerini incelemek için, verimlilik çıktı değerleri modelden elde edilmiştir. Genel tasarım normları, tasarım kriterleri ve önceki çalışmalar ışığında ve de bu model aracılığıyla verimlilik sınıfları oluşturulmuştur. Verimlilik sınıflandırılması hastanelerin karşılaştırılarak incelenmesiyle sonuçlanmıştır.

**Anahtar sözcükler:** Bulanık mantık; hasta bakım katları; hastaneler; mimarlık.

*This study was conducted to determine classifications for the planimetric design efficiency of certain public hospitals by developing a fuzzy logic algorithm. Utilizing primary areas and circulation areas from nursing unit floor plans, the study employed triangular membership functions for the fuzzy subsets. The input variables of primary areas per bed and circulation areas per bed were fuzzified in this model. The relationship between input variables and output variable of design efficiency were displayed as a result of fuzzy rules. To test existing nursing unit floors, efficiency output values were obtained and efficiency classes were constructed by this model in accordance with general norms, guidelines and previous studies. The classification of efficiency resulted from the comparison of hospitals.*

**Key words:** Fuzzy logic; planimetric efficiency; nursing unit floors; hospitals; architecture.

<sup>1</sup>Izmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mimarlık Bölümü;

<sup>2</sup>Izmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Bölümü, İzmir

<sup>1</sup>Department of Architecture, Izmir Institute of Technology;

<sup>2</sup>Department of Civil Engineering, Izmir Institute of Technology, Izmir, Turkey

## Giriş

Hastanelerin yapısal formu ve karakterini esas olarak belirleyen, hasta bakım ve tedavi üniteleri ve bunların plan düzlemindeki konfigürasyonlarıdır.<sup>[1-5]</sup> Bina formuna, büyüklüğüne ve yapısal plan modeline karar verilirken hasta bakım ünitelerinin verimliliği esas kriter olmaktadır.<sup>[1,6,7]</sup> Açıkça görülmektedir ki, mümkün olan en verimli hasta bakım kat planını tasarlamak için kat büyüklükleri ve plan modelleri üzerine detaylı araştırmalar yapılması gerekir. Bu tür bir çalışma için öncelikle mevcut hastanelerin kat planlarının incelenerek verimlilik derecelerinin tespitinin yapılması öngörülmektedir.

Hastanelerin verimli tasarlanması, kat planlarının incelenmesi, tek ya da çok yataklı odaların tasarlanması konularıyla ilgili yürütülen çeşitli araştırmalarda, çeşitli çözümler sunulsa da, bunlardan çoğu hasta bakım katlarının işletim verimliliği ya da maliyet bazlı yapısal verimlilik üzerine olmuştur. Hasta bakım katlarında mekansal konfigürasyonu analiz etmek için kavramsal yaklaşımlar oluşturulmuştur. Bir diğer çalışmada,<sup>[5,8]</sup> hasta bakım katlarından hesaplanan bazı alan oranları ile verimlilik göstergeleri sunulmuş ve bunlara göre hastanelerin karşılaştırılması yapılmıştır. Ancak, söz konusu yöntem, hastanelerin verimliliklerine göre sınıflandırılması için yeterli olmamıştır.

Bu çalışmada, hasta bakım alanlarının verimliliğini değerlendirmek için akıllı bir yöntem olan bulanık mantık modeli geliştirilmiştir. Bu yöntem, özellikle son yıllarda, çeşitli araştırma alanları için (örneğin, mühendislik alanları) kullanılan alternatif bir teknik olarak karşımıza çıkmaktadır.<sup>[9,10]</sup> Makina mühendisliği alanında yapılan bir çalışmada, çimentonun çekme dayanımının tahmin edilmesi için bir bulanık mantık modeli uygulanmış, model sonucunda elde edilen veriler ile ölçülen veriler karşılaştırıldığında başarılı bir model olduğu görülmüştür.<sup>[11]</sup> Esnek kaldırımların yapısal mukavemetini belirlemek için bulanık mantık modeli uygulanmış, inşaat mühendisliği araştırmalarında kullanılan lineer elastik teori ile sonlu elemanlar yöntemi ile karşılaştırıldığında benzer çalışmalar için modelin uygulanabilir olduğu görülmüştür.<sup>[12]</sup> Başka bir örnekte, bulanık mantık yöntemi hidroloji mühendisliği çalışmalarında toprak yüzeylerden çökelti yüklerini tahmin etmek için geliştirilmiştir.<sup>[13]</sup> Benzer araştırma alanında, akarsularda boylamasına dağılım katsayısının kestirimi için bulanık mantık modeli kurulmuştur. Her iki çalışmada da model, ölçülen verilerle uyumlu sonuçlar vermiştir.<sup>[13,14]</sup> Mimarlık alanında yürütülen iki çalışmada söz konusu model kullanılmış olsa da, bu alanda pek yaygın bir yöntem değildir. Sadece sözel verile-

ri kullanarak tasarım kalitesini tahmin etmek için<sup>[15]</sup> ve de yapıların ekolojik verimliliklerinin tespitinde bir değerlendirme çerçevesi oluşturmak için araştırma yöntemi olmuştur.<sup>[16]</sup>

Günümüzde devam eden araştırmalar göstermektedir ki, hasta bakım katlarının planimetrik konfigürasyonları yeni mimari tasarım trendleri takip edilerek önerilecektir. Hastalar için yeterli kullanım alanı sağlayarak verimliliği yakalamak için iç hacimlerin büyüklüğü ve ölçüleri önem kazanmaktadır. Bu, temelde, hastanın konfor koşulları ve hasta bakım işlemlerinin kolaylığı için gerekli olan sağlık yapıları standartları ile ilgilidir. Bu çalışmada ise mekansal kalite planimetrik konfigürasyonlar ve maliyet bazlı değişkenlerin hastane tasarım normlarına uygun olduğu kabul edilmektedir. Böylece, bulanık mantık modeli kurularak, hastaneler için verimlilik sınıfları oluşturulabilmekte ve mevcut hastanelerin planimetrik tasarım verimliliklerine göre sınıflandırılması mümkün olabilmektedir. Ayrıca, mimari araştırmalarda binaların değerlendirilmesinin yapılabilmesi için yeni bir yöntem önerilmektedir.

Bu çalışmanın esas amacı, mevcut hastaneleri tasarım verimliliklerine göre sınıflandırmak ve bunun için de hasta bakım katlarında alan analizi tanımlamaktır. Bu çalışma, sadece hastanelerin yapım maliyetleri ve kullanım sırasındaki işletme maliyetlerinin iyileştirilmesi için ön bilgi sağlamakla kalmaz; aynı zamanda gelecekte yeni mimari tasarım trendleri ışığında mevcut hastanelerin yenilenebilmesi için esneklik kazanmalarında belirleyici ve etkin bir araştırma olabilir. Bu bağlamda, mevcut yapılar hakkında ihtiyaç duyulan mimari bilgiler geribildirim yoluyla elde edilerek ve bu araştırma sonuçları değerlendirilerek, gelecekte daha iyi çözümler üretebilecek tasarımcılara yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmanın bir diğer amacı da, mimari alanlarda çalışma yapacak araştırmacılara araştırma konusuna yaklaşım ve yöntem konularında rehber niteliğinde bir öneri sunmaktır.

## Hasta Bakım Ünitelerinin Tasarım Verimliliği

Hastanelerin en temel bölümü olan hasta bakım ünitelerinin biçimi, tasarlandıkları ve inşa edildikleri dönemin ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde ve dönemin yapım teknikleri ve yapısal kısıtlamaları dikkate alınarak, belirlenmektedir. Teknolojinin gelişmesiyle tasarımlar da değişmektedir. Günümüzde, hasta konforu ve memnuniyeti mimari tasarımları doğrudan etkilemektedir.

Hasta bakım ünitelerinin plan tipleri incelendiğinde, tek-yönlü-koridor planları, çift-yönlü-koridor planları,

kare formlu planlar ve dairesel planlar gibi çeşitli modellerin uygulandığı görülür. Bahsedilenlerin, yapım ve işletim maliyetleri dikkate alındığında tasarım verimlilikleri açısından incelenen ve ön plana çıkan modeller olduğu anlaşılmaktadır.<sup>[1,7,17,18]</sup>

Tasarım verimliliği, net kullanım alanının toplam yapı alanına oranının yüksek bir değerde olması ile tanımlanır.<sup>[19]</sup> Tasarım verimliliği farklı çalışmalarla bağlantılı olarak kullanılabilir. Mimari çözümlerin tipolojilerinin araştırılması, verimlilik derecelerinin tespit edilmesi ile birlikte yürütülebilir. Binaların tasarım verimlilikleri üzerine yapılan çalışmalarda, alan bazlı oranlardan oluşan göstergeler önerilmektedir.<sup>[8,20,21]</sup> Tasarım verimliliği, yapıların ve bunların içinde barındırdığı çeşitli işlevlere yönelik alanların çok daha verimli ve ucuz mal olacak şekilde tasarlanıp üretilmesini sağlamak için kullanılan bir kavramdır. Böylece sadece yapım maliyetleri değil kullanıma yönelik işletme maliyetlerinin de optimum seviyelerde olması sağlanır. Bu konuda etkili olabilecek parametreler genel hatlarıyla; yapının taban alanı; birim iç 'faydalı' alanı; yapı toplam duvar alanı; yapı toplam dış yüzey alanı; yapı pencere alanı v.b. olarak tanımlanmaktadır.

Hasta bakım alanlarında ise, verimlilik kavramı çeşitli şekillerde ifade edilmiştir. Bir araştırmaya göre hasta bakım ünitelerinin verimliliğini kat alanının genişliğinden çok nasıl tasarlandığı etkilemektedir.<sup>[6]</sup> Başka bir çalışma ise aksini ifade eder. Sadece farklı plan modelleri tasarlamak hastanelerin verimliliğini arttırmak için yeterli olmamakta, hasta bakım ünitelerinin büyüklükleri de önem kazanmaktadır.<sup>[22]</sup> Konu ile ilgili çalışmalar devam etmiş ve Yale Üniversitesinde mevcut hastanelerin dolaşım şemalarının değerlendirilmesi için Yale Trafik İndeksi adıyla bir araştırma yürütülmüştür. Medical Planning Associates (MPA) ve Bobrow/Thomas ve Associates (BTA) dolaşım şemaları için daha basit bir yöntem geliştirmiştir. Hasta bakım ve tedavi ünitesindeki tüm hasta yataklarının hemşire istasyonuna mesafelerinin toplamının yatak sayısına bölünmesiyle bir gösterge elde edilmiş. Bu da "mesafe-yatak oranı" olarak adlandırılmıştır.<sup>[1]</sup> Sonraki bir çalışmada, net kullanım alanının toplam yapı alanına oranının fazla olması, hastanelerin tasarım verimliliğinin göstergesidir, diye tanımlanır. Bu kavram yapısal maliyetinin %10 seviyelerinde kalması için yararlıdır.<sup>[19]</sup> Ayrıca, tasarımcıların, hasta bakım alanı büyüklüğü, oda tipleri, mesafeleri gibi kriterleri kapsayan tasarım ve performans verimliliği hakkında bilgi sahibi olmalarının yeni hastaneler tasarlarırken kendilerine yarar sağlayacağından bahsetmiştir.<sup>[23]</sup> Voordt ve diğerleri<sup>[24]</sup> verimlilik kavramını sosyo-kültürel değerlerden biri olarak ele almış ve bir

organizasyonun değerleri ve sosyo-kültürel amaçlarının bir yansıması olarak görmüştür. Hasta bakım merkezleri için bu, bakımın nasıl yapıldığı ile ilgilidir. Mekansal anlamda ilgili eylemlerin gruplaştırılmasıyla işlevselliğin sağlanması, eylemler arası kısa mesafelerin olması, sıkça kullanılan mekanlar arasında fiziksel engellerin önlenmesi verimliliği oluşturan örneklerdendir. Eskiden tek koridorun her iki yanında sıralanan hasta yatak odaları ve bunlara hizmet veren birimlerin yerleşimi mümkün olan en verimli model olarak görülmekteydi. En güncel tasarımlarda ise, verimliliğin ötesinde tasarım kalitesinin hastaların iyileşme sürelerinin azalması yönünde olumlu etki edebileceği düşünülmektedir. Çevresel faktörlerin de iyileşme sürecini etkilediği düşünüldüğünde en yeni malzemelerin, etkili doğal ve elektrik aydınlatma sistemlerinin ve renk kullanımının teşvik edildiği görülür.<sup>[1,25,30]</sup>

Kazanmaz ve Düzgüneş'in, "Hasta Bakım ve Tedavi Ünitelerinin Verimli Tasarlanması" çalışmasında, ise örnek hastaneler için hesaplanan alanlar karşılaştırmalı olarak incelenmiş ve sunulmuştur. Ayrıca, hasta başına düşen toplam alan içinde diğer alanların oranını hesaplamak için yatak başına düşen alanlar tespit edilmiştir. Verimlilik analizinde net kullanım alanları ile dolaşım alanlarının ayrı ayrı incelenmesi yeterli görülmemiş, kendi aralarındaki oranlar da hesaplanmıştır. Alan oran analizleri yapılmıştır.<sup>[5]</sup>

Mimari araştırmalarda verimliliğin oluşumu ve gelişim sürecinin incelenmesi, ortaya çıkan sonuçlar ışığında, mimarların daha iyi çözümler üretmeleri, hastane yöneticilerinin ise mevcut hastanelerin durumu hakkında bilgi sahibi olmaları ve böylece işletim stratejilerini belirlemeleri ve işletim kararlarını daha kolay almalarını sağlar.

Bu çalışmada ise, hasta bakım katlarının tasarım verimliliğini doğrudan belirleyen yatak başına düşen hasta kullanım alanı ile yatak başına düşen dolaşım alanı oranları kullanılmıştır. Hasta kullanım alanları ve dolaşım alanları belirlenerek verimlilik seviyelerini belirlemek hedeflenmiştir.

Yatak başına düşen hasta kullanım alanı, hasta yerleşiminin yeterli seviyede tedarik edilmesine yönelik kullanılmaktadır. Hastanelerde tüm mekanların yerinin tayin edilmesi sırasında hasta yerleşimi öncelik tanınan değerlerden olmaktadır. Böylece, bu oran, tasarımda önemli bir gösterge olmaktadır. Bu değer ne kadar büyük olursa verimliliği olumlu gösteren öncelik değerinin fazla olacağı düşünülmektedir.

Günümüzde geçerliliği devam eden İngiliz ve Amerikan standartlarına göre yatak başına düşen hasta kulla-

nım alanının maksimum 20 m<sup>2</sup> olmalıdır. Oda büyüklüğü yatak etrafındaki alan kadar önemlidir. Acil durumlarda hastaya tüm çevresinden ulaşımı sağlamak için ve fazla sayıda tıbbi ekipmanın oda içinde konumlanabilmesi için oda boyutlarında artışa gidilmiştir. Buna göre çevresinde bir çok eylemin gerçekleşebildiği bir hasta yatağı, 3,6 m eninde ve 3,7 m derinliğinde bir alan içine yerleştirilebilir. Oda içinde ayrıca 4,5 m<sup>2</sup>’lik bir alan kaplayan banyo ünitesi ile, 3 m<sup>2</sup>’lik dolap ve refakatçi için bir alan tasarlanmaktadır.<sup>[26]</sup>

Yatak çevresindeki alanı etkileyen en temel faktörler arasında, hastanın mahremiyeti, anlayışı, hastanede kalış süresi, yaşı, hareket kabiliyeti, tıbbi tedavi çeşidi, enfeksiyon riski, tıp personeli tarafından ulaşılabilir olması ve ziyaret edilmesi yer alır.<sup>[26]</sup>

Yatak başına düşen dolaşım alanı, sadece hasta ve çalışan personelin hareketini ifade eden trafik yoğunluğunu yansıtmamaktadır. Bu oran, standart gereksinimler doğrultusunda tasarlanan kat planı düzenlemelerini de belirlemektedir. Böylece verimli bir tasarımın sağlanması için öncelik verilen bir gösterge olmaktadır. Literatürde hastanelerdeki dolaşım alanları için belirlenmiş metrekare standartları olmamakla beraber, NHS Estates’in araştırmalarına göre çeşitli tasarım örneklerinin ve inşaatı tamamlanmış hastane yapılarından toplanan verilerin incelenmesi sonucunda, toplam yapı alanını %10-30’unun dolaşıma ayrılması önerilmektedir. Hastane tasarlayan mimarlar dolaşım alanını azaltmanın yollarını aramaktadır.<sup>[26]</sup> Dolaşım alanları için en uygun ölçüler seçilen plan modeli ile ve hasta odalarının yerleşimine doğrudan bağlıdır. İnsanların geçmesine ve standart King Fund hasta yatağının (2,235 m boyunda ve 1,000 m eninde) kolay hareket ettirilmesini sağlayacak şekilde, minimum koridor genişliği 2,5 metre olmalıdır.<sup>[27]</sup>

### Alan Çalışmasında Kullanılan Örnek Hastaneler

Bu çalışmada, devlet hastanelerindeki hasta bakım ünitelerinin kat planları incelenmiştir. Örneklemeye yöntemiyle seçilen 15 hastanedeki hasta bakım katları için, tek-yönlü koridor, çift-yönlü koridor ve avlulu plan modelleri uygulandığı görülmüştür. Her bir örnek, S1’den S15’e kadar numaralandırılmıştır. Araştırmaya dahil edilen projelerin bir kısmı mimari yarışmalar yoluyla, bir kısmı özel mimari büroların tasarımlarıyla, bir kısmı da tip hastane projeleri kullanılarak hazırlanmıştır. Tasarım ve uygulama tarihleri 1970 ile 2002 yılları arasında değişmektedir (Tablo 1).

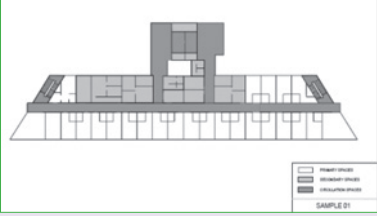
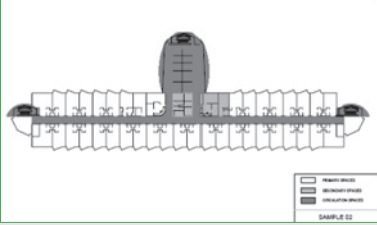
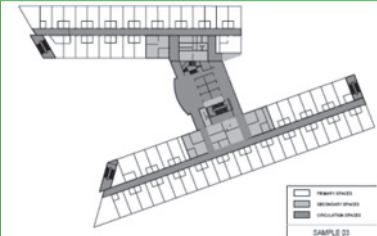
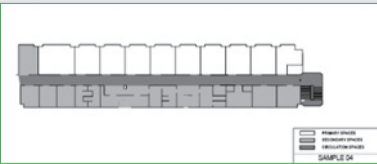
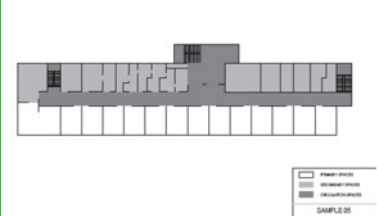
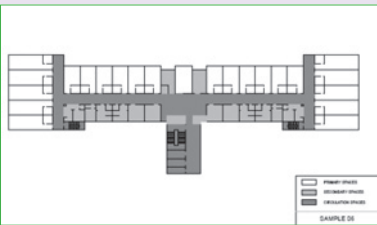
Söz konusu kat planları incelenerek mekanlar kullanımlarına göre üç ana grupta toplanmıştır. Bu çalışmayla tanımlanan gruplar için her bir alan proje üzerin-

deki ölçüler kullanılarak tek tek hesaplanmıştır. Hasta alanları, servis alan ana kullanım mekanları olan hasta odaları ve gündüz odalarını kapsar. Destek alanları, hasta tuvaletleri, duşlar, doktor ve hemşire odaları, tedavi odaları, tıbbi cihaz ve çeşitli amaçlarla kullanılan depolar, mekanik tesisat odaları, elektrik odası, hemşire istasyonu ve bekleme salonları gibi hastanenin özelliğine göre değişiklik içeren servis hizmeti veren mekanları içerir. Dolaşım alanları ise tüm koridorlar, holleleri, merdivenler ve asansör boşluklarını içerir (Şekil 1).

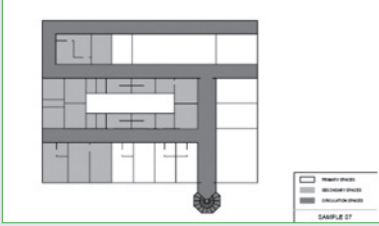
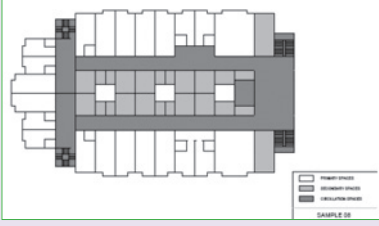
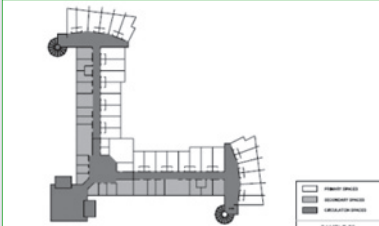
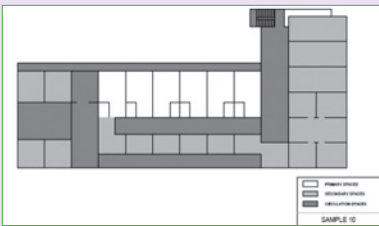
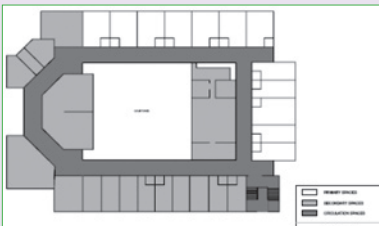
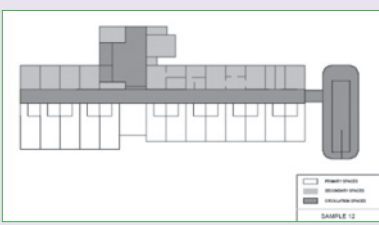


Şekil 1. Örnek bir hasta bakım kat planı.

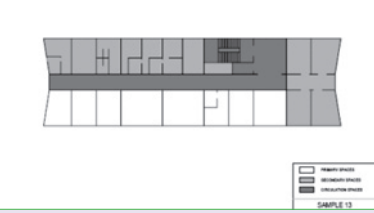
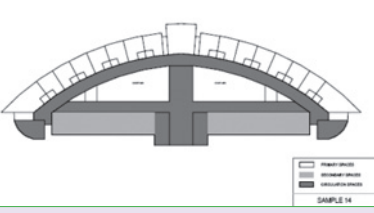
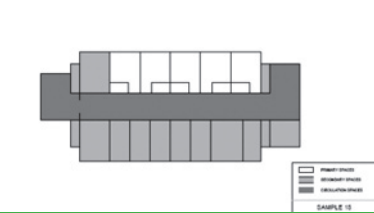
Tablo 1. Örnek hastanelerin özellikleri

Örnek	Hizmet türü ve yatak kapasitesi	Projenin nitelikleri ve çizim tarihi	Hasta bakım katı plan tipi ve yatak kapasitesi	Yatak başına düşen hasta kullanım ve dolaşım alanı (m <sup>2</sup> )	Alt küme
	S01 Genel 200 yataklı	Özel 2002	Tek yönlü koridor 48	13,5 8,4	Orta Yüksek
	S02 Genel 200 yataklı	Özel 2002	Tek-yönlü koridor 76	11,3 5,5	Orta Yüksek
	S03 Genel 200 yataklı	Özel 2002	Tek-yönlü koridor 118	11,7 6,2	Orta Yüksek
	S04 Genel 200 yataklı	Tip proje 1970	Tek-yönlü koridor 25	6,9 4,4	Düşük Yüksek
	S05 Genel 100 yataklı	Tip proje 1970	Tek-yönlü koridor 37	6,3 5,6	Düşük Yüksek
	S06 Genel 100 yataklı	Yarışma projesi -	Tek-yönlü koridor 50	10,2 9,4	Orta Yüksek

Tablo 1'in devamı

Örnek	Hizmet türü ve yatak kapasitesi	Projenin nitelikleri ve çizim tarihi	Hasta bakım katı plan tipi ve yatak kapasitesi	Yatak başına düşen hasta kullanım ve dolaşım alanı (m <sup>2</sup> )	Alt küme
	S07 Çocuk 50 yataklı	Özel 1995	Çift-yönlü koridor 28	8,1 7,0	Düşük Yüksek
	S08 Kalp 400 yataklı	Özel 1990	Çift-yönlü koridor 50	9,8 8,2	Orta Yüksek
	S09 Genel 250 yataklı	- 1998	Tek-yönlü koridor 50	13,3 11,4	Orta Yüksek
	S10 Genel 30 yataklı	- 1998	Tek-yönlü koridor 10	11,5 11,6	Orta Yüksek
	S11 Ruh Sağlığı 200 yataklı	Tip proje 1993	Çift-yönlü koridor 96	8,0 11,7	Düşük Yüksek
	S12 Fizik tedavi 100 yataklı	Tip proje 1993	Tek-yönlü koridor 25	14,7 17,2	Orta Yüksek

Tablo 1'in devamı

Örnek	Hizmet türü ve yatak kapasitesi	Projenin nitelikleri ve çizim tarihi	Hasta bakım katı plan tipi ve yatak kapasitesi	Yatak başına düşen hasta kullanım ve dolaşım alanı (m <sup>2</sup> )	Alt küme
	S13 Genel 50 yataklı	Tip proje 1984	Tek-yönlü koridor 25	7,0 2,3	Düşük Orta
	S14 Guatr Merkezi 100 yataklı	- -	Çift-yönlü koridor 30	13,1 26,0	Orta Yüksek
	S15 Genel 100 yataklı	- 1998	Tek-yönlü koridor 10	9,0 26,9	Orta Yüksek

### Bulanık Mantık Modeli

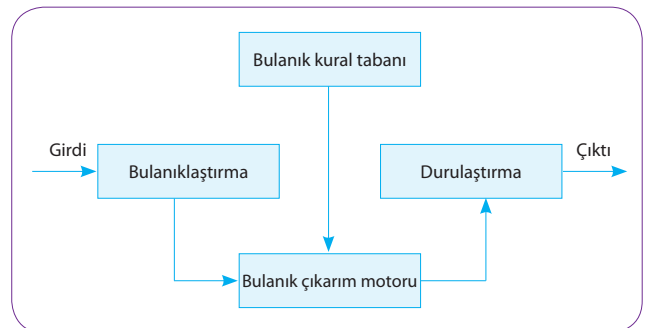
Bu çalışmada, hasta bakım alanları ile ilgili tasarım kriterlerine ve önceki çalışmalara dayanarak, bir bulanık mantık modeli kurulmuş, örnek olarak seçilen mevcut hasta bakım kat planlarının tasarım verimliliği bu modele göre sınıflandırılmıştır.

İlk aşamada, kat planlarındaki ölçüler kullanılarak hasta kullanım ve dolaşım alanları ile önceki bölümde bahsedilen oranların hesaplanması yapılmıştır.

Model, sağlık yapıları tasarımı standartlarında belirtilen hasta alanları için standart mekan ölçüleri ve önceki bir araştırmada yer alan dolaşım alanları verileri dikkate alınarak kurulmuştur.<sup>[1,26]</sup>

Bunun için MATLAB Version 6.5 bilgisayar programı kullanılmıştır. Yatak başına düşen hasta kullanım alanı ve yatak başına düşen dolaşım alanı, tasarım verimliliği derecelerini oluşturabilmek için bulanık mantık altkümelerinde işlenmiştir. Son olarak, verimlilik maksimum değeri 1 olacak şekilde tanımlanmış, ve yine düşük (L), orta (M) ve yüksek (H) olmak üzere lineer üçgen üyelik fonksiyonlu üç alt kümeye ayrılmıştır.

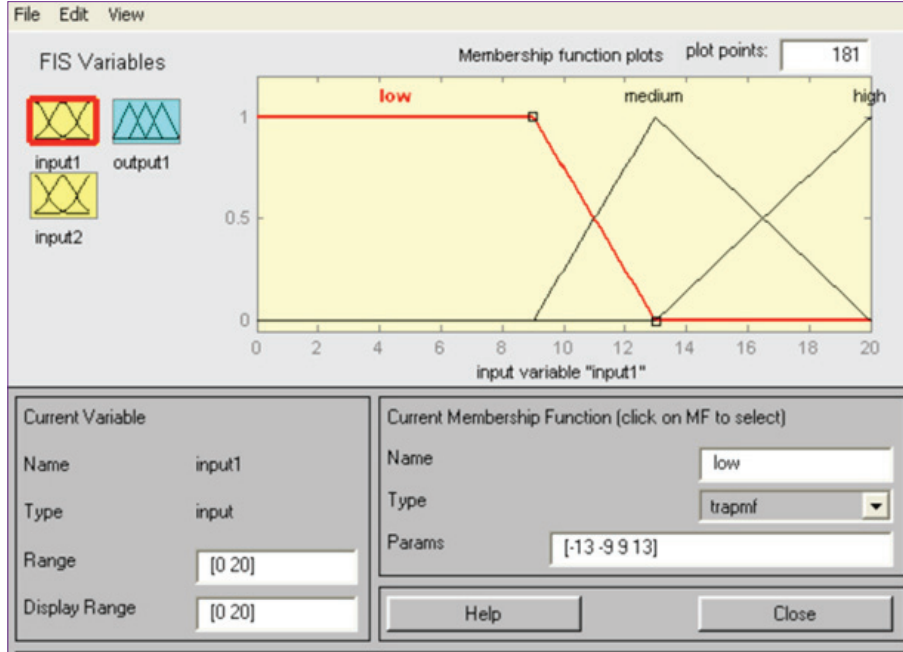
Bir bulanık mantık sistemi genelde 4 alt kısımdan oluşur: Bulanıklaştırma, bulanık kural tabanı, bulanık çıkarım motoru, ve durulaştırma (Şekil 2). Bulanıklaştırma, her bir girdi ve çıktı değişkenlerinin alt kümelerini oluşturarak, bu kümelerin üyelik fonksiyonlarının atanmasını sağlar.<sup>[28,29]</sup> Örneğin, Şekil 3, 4 ve 5'te girdi ve çıktılarının alt kümeleri ve üyelik fonksiyonları gösterilmiştir. Yatak başına düşen hasta kullanım alanı ve yatak başına düşen dolaşım alanı altküme aralıkları, ge-



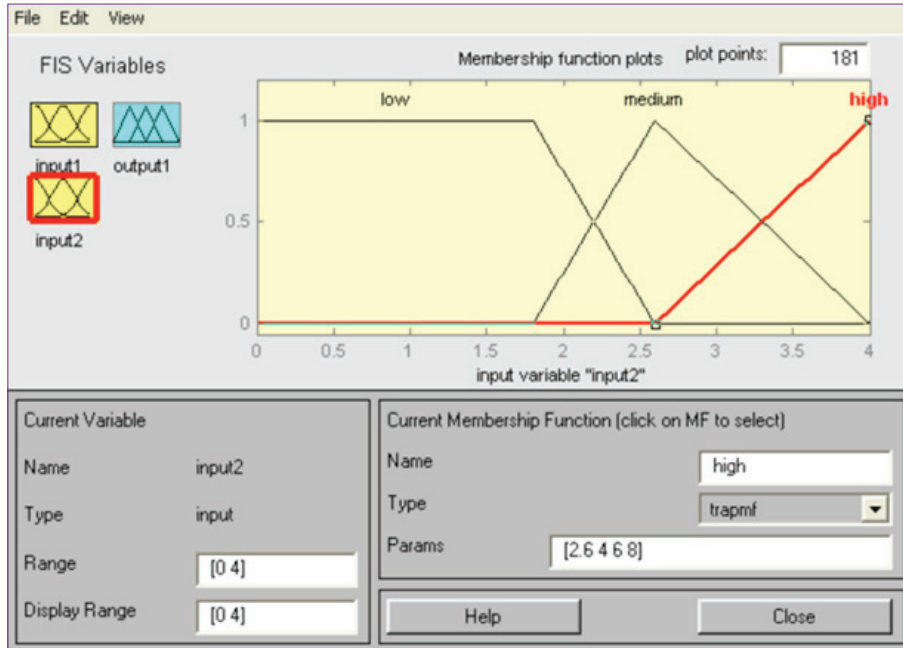
Şekil 2. Bulanık mantık sisteminin şematik gösterimi.<sup>[29]</sup>

nel olarak birçok örnek için geçerli olacak şekilde tasarım standartlarına ve normlara göre oluşturulmuştur. Maksimum yatak başına düşen hasta kullanım alanı 20 m<sup>2</sup> olarak alınmış, düşük (L), orta (M) ve yüksek (H) olmak üzere üç alt küme oluşturulmuş ve genel olarak

bulanık mantık çalışmalarında en yaygın kullanılan şekliyle, düşük (L) alt küme için trapezoidal üyelik fonksiyonu, orta (M) alt küme için lineer üçgen üyelik fonksiyonu, yüksek (H) alt küme için de yine trapezoidal üyelik fonksiyonu tanımlanmıştır. Alt küme aralıkları; L için

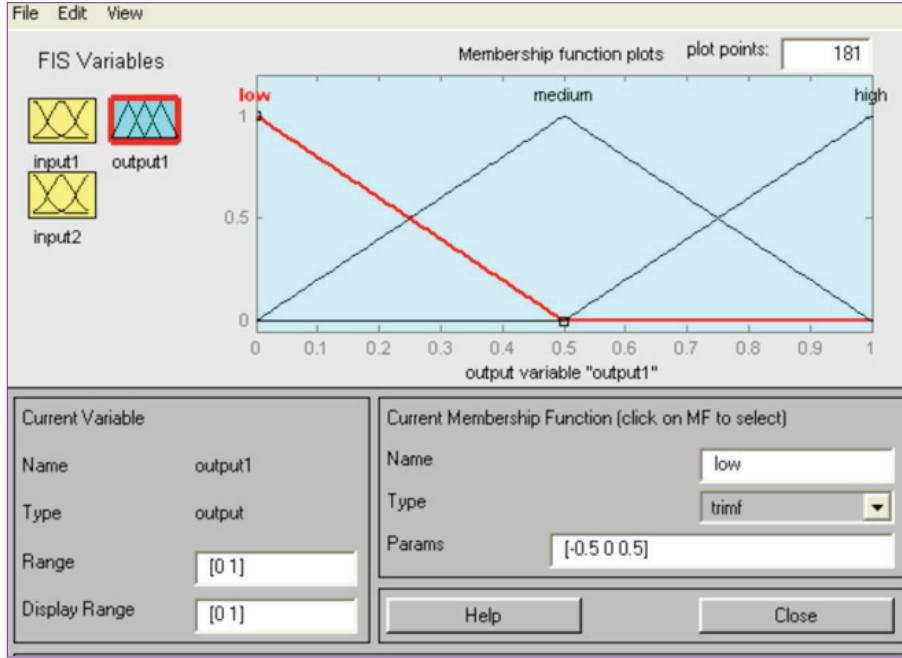


**Şekil 3.** Yatak başına düşen hasta kullanım alanı oranı için modelde tanımlanan alt kümeler ve üyelik fonksiyonları.



**Şekil 4.** Yatak başına düşen dolaşım alanı oranı için modelde tanımlanan alt kümeler ve üyelik fonksiyonları.





Şekil 5. Verimlilik değerleri için modelde tanımlanan alt kümeler ve üyelik fonksiyonları.

0-13 arası, M için 9-20 arası, H için 13 ve üzeri olacak şekilde belirlenmiştir. Şekil 3'te görüldüğü gibi, örneğin, yatak başına düşen hasta kullanım alanı 20 m<sup>2</sup>'den fazla olanlar H alt kümesine, 17 m<sup>2</sup> olan ise hem M hem de H alt kümelerine dahil olmaktadır (Tablo 1).

Benzer şekilde, modelin verimlilik altkümeleri de herhangi bir hasta bakım katında uygulanabilecek temel verimlilik sınıflandırmalarını göstermektedir. Şekil 5'te görüldüğü gibi, çıktı değişkeni, verimlilik değerleri için de lineer üçgen üyelik fonksiyonları tanımlanmıştır. Buna göre, 0-0,5 değerleri arası L alt kümesini, 0-1 arası M alt kümesini ve 0,5-1 arası H alt kümesini sınırlandırmaktadır.

Bulanık kural tabanı, girdi ve çıktı değişkenleri arasındaki mantıksal EĞER-İSE türünden yazılan kuralları içerir.<sup>[28,29]</sup> Bu çalışmada, yatak başına düşen hasta kullanım alanı ve dolaşım alanını verimlilik değerlerine ilişkilendiren bulanık kurallar, literatürdeki genel bilgilerden çıkarılan sonuçlar göz önüne alınarak oluşturulmuş ve Tablo 2'de özetlenmiştir.<sup>[1,2,26,27]</sup> Kuralın önceli, EĞER (IF) ile başlayıp İSE'ye (THEN) kadarki bölüm olup yatak başına düşen hasta kullanım alanı ve dolaşım alanına dayanmaktadır. Bunu takip eden bölüm ise verimlilik değeri üzerine bir beyan olmaktadır. Örneğin, EĞER (IF) yatak başına düşen hasta kullanım alanı düşük (L) ve yatak başına düşen dolaşım alanı da düşük

Tablo 2. Bulanık model kuralları

Kural	Eğer (IF) yatak başına düşen hasta kullanım alanı	Ve (AND) yatak başına düşen dolaşım alanı	Öyleyse (THEN) verimlilik	Yorum
1	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük olan hasta kullanım alanı nedeniyle verimsizlik beklenmektedir.
2	Düşük	Orta	Düşük	Düşük olan hasta kullanım alanı nedeniyle verimsizlik beklenmektedir.
3	Düşük	Yüksek	Düşük	Düşük olan hasta kullanım alanı nedeniyle verimsizlik beklenmektedir.
4	Orta	Düşük	Orta	Düşük olan dolaşım alanı nedeniyle verimlilik beklenmektedir.
5	Orta	Orta	Orta	Yüksek olan hasta kullanım alanı nedeniyle verimlilik beklenmektedir.
6	Orta	Yüksek	Orta	Yüksek olan hasta kullanım alanı nedeniyle verimlilik beklenmektedir.
7	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük olan dolaşım alanı nedeniyle verimlilik beklenmektedir.
8	Yüksek	Orta	Yüksek	Yüksek olan hasta kullanım alanı nedeniyle verimlilik beklenmektedir.
9	Yüksek	Yüksek	Orta	Yüksek olan hasta kullanım alanı nedeniyle verimlilik beklenmektedir.

**Tablo 3.** Bulanık modelin tahmin ettiği verimlilik değerleri

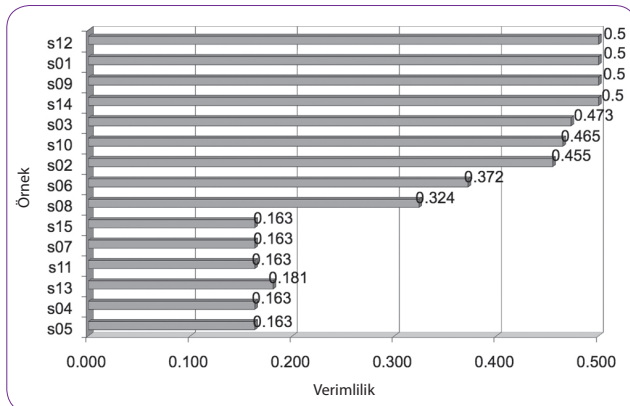
Örnek	Yatak başına düşen hasta kullanım alanı (m <sup>2</sup> )	Önerilen yatak başına düşen dolaşım alanı (%20)	Yatak başına düşen dolaşım alanı (m <sup>2</sup> )	Verimlilik
S05	6,30	5,60	1,26	0,163
S04	6,90	4,40	1,38	0,163
S13	7,00	2,30	1,40	0,181
11	8,00	11,70	1,60	0,163
07	8,10	7,00	1,62	0,163
S15	9,00	26,90	1,80	0,163
S08	9,80	8,20	1,96	0,324
S06	10,20	9,40	2,04	0,372
S02	11,30	5,50	2,26	0,455
S10	11,50	11,60	2,30	0,465
S03	11,70	6,20	2,34	0,473
S14	13,10	26,00	2,62	0,500
S09	13,30	11,40	2,66	0,500
S01	13,50	8,40	2,70	0,500
S12	14,70	17,20	2,94	0,500

(L), İSE (THEN) verimlilik düşüktür (L).

Bulanık çıkarım motoru, bulanık kural tabanındaki bütün kuralları göz önüne alarak, verilen bir girdi setinden bulanık çıktı sağlar. Durulaştırma, bulanık çıkarım motorunun ürettiği bulanık çıktıları tek bir rakama çevirir. Bir çok durulaştırma metodu vardır.<sup>[28,29]</sup> Bu çalışmada ağırlık merkezi (centroid) durulaştırma yöntemi kullanılmıştır.

### Modelin Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Geliştirilen bulanık mantık algoritması mevcut hasta bakım ünitelerinin verimliliklerini sınıflandırmak ve verimlilik derecelerini karşılaştırmak amacıyla uygulanmıştır. Örneklerden hesaplanan alan oranları ve modelin uygulanması sonucu tahmin edilen verimlilik değerleri Tablo 2’de özetlenmiştir. Girdi ve çıktı değerleri ile



**Şekil 6.** Modelin tahmin ettiği verimlilik değerlerinin dağılımı.

bulanık alt kümeleri Şekil 3, 4 ve 5’te görülmektedir. Ayrıca Şekil 6’da modelin tahmin ettiği verimlilik değerinin hangi altkümeyle ait olduğu gösterilmektedir. Örnek S5, 0,163 değeri ile düşük verimlilik sınıfına ait olmakta; örnek S12 ise 0,500 değeri ile orta verimlilik sınıfında yer almaktadır (Tablo 3). Modelin sonucunda elde edilen verimlilik değerlerini üç grupta toplayabiliriz.

Verimlilik değeri 0,25’ten düşük olanlar düşük verimli sınıfı; 0,25 ile 0,75 arasında olanlar orta verimli sınıfı; 0,75’ten fazla olanlar ise yüksek verimli sınıfı oluşturmaktadır. Normal verimlilik aralığı düşük-orta (L-M) ve orta-yüksek (M-Y) altkümelere de bölünebilmesine rağmen, modelin pratik bir şekilde kullanılabilmesi için sonuçların sadece üç ana kategoriye göre sınıflandırılması tercih edilmiştir. Mevcut hasta ünitelerinin bir çoğu, 0,324 ile 0,500 değer aralığında olup orta verimlilik sınıfına ait görülmektedir. Toplam 15 örnekten 6’sı düşük verimlilik sınıfına dahil olmakta, diğerleri ise orta verimlilik sınıfındadır. Şekil 6’da tahmin edilen verimlilik değerlerinin dağılımı gösterilmektedir.

Dolaşım alanlarından dolayı verimlilik derecelerinde gözlenen belirgin değişim, söz konusu alanların düşük de olsa etkisini gösteren bir kanıt olmaktadır. Başka bir deyişle, yatak başına düşen alanları benzer şekilde düşük olan S05, S04, S13, S11, S07, S15 örneklerinin alan oranları sırasıyla 6,30, 6,90, 7,00, 8,00, 8,10, 9,00’dır. Söz konusu örneklerin tasarım özelliklerine bakıldığında, ya eski yıllarda (70-80’li yıllar) tasarlanmış tip projeli genel hastanelere ait hasta bakım katları olduğu, ya da yeni yıllara (90-2000’li yıllar) ait dal (çocuk, ruh hastalıkları) hastanelerinden, avlulu ve çift yönlü kori-

dor planı olan hasta katları olduğu görülür. Bu örneklerde, yatak etrafında yetersiz alan bulunmaktadır. Bu nedenle, düşük verimlilik değerleri gösterirler. Ancak, S13 örneğinde yatak başına düşen dolaşım alan değeri düşük olduğu için verimlilik değeri benzer örneklerle göre daha yüksek verimlilik seviyesindedir. Bu örnek de tip proje olarak tasarlanmış, tek yönlü koridor plan modelinde genel bir hastaneye aittir.

S15 örneğinin yatan hasta başına düşen alan oranı S13'ten fazla olmasına rağmen düşük verimlilik değerine sahiptir. Yüksek dolaşım alanı az da olsa olumsuz yönde etkilidir. S15 ile S13 (genel, tip proje ve tek yönlü koridor modeli) arasındaki farklılık, ilkinde 25 yatak, ikincisinde 10 yatak kapasitesi olmasıdır. S13'te koridor genişliğinin ve bekleme alanlarının fazla olduğu görülür. Başka bir örnekte ise, yatak başına düşen hasta kullanım alanı ile yatak başına düşen dolaşım alanı değerleri yüksek olan S12 örneği 0,5 ile orta verimlilik değeri göstermektedir. Tasarım kriterleri ve standartlar ile karşılaştırıldığında yatak başına düşen dolaşım alanı değerleri çok yüksek olmaktadır. Sonuçlar, hiçbir hastanenin, hasta bakım üniteleri için önerilen tasarım kriterleri ve mekansal gereksinimlerle uyum içinde olmadığı anlamına gelmektedir.<sup>[2,26]</sup>

Planimetrik tasarım verimliliğini ölçmek için önceki çalışmalarda başka alan oranları analog göstergeler olarak önerilmiş olsa da ve bunlar çeşitli plan modelleri için karşılaştırmalı olarak incelense de,<sup>[5,8]</sup> verimlilik sınıflarının oluşması için sonuçlar yeterli olmamıştır. Bu çalışmada açıkça görülmektedir ki bulanık mantık algoritması söz konusu amaç için sınıflandırma önerilebilmektedir. Sonuçlar kendi aralarında ve hastaneler için önerilen tasarım normları ile karşılaştırılabilir.

## Sonuçlar

Bu çalışmada, hastanelerin planimetrik tasarım verimliliklerini sınıflandırmak için bir bulanık mantık algoritması geliştirilmiştir. Bulanık mantık modeli genel tasarım normları ve önceki çalışmalar ışığında kurulmuştur. Örnek seçilen mevcut hastanelerden edinilen veriler modelin çalışmasında kullanılmıştır. Verimlilik sınıflandırması ile hastanelerin hasta bakım katlarının karşılaştırılması yapılabilmektedir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar iki açıdan değerlendirilebilir; ilki yöntem ile ilgili olanlar, ikincisi ise hasta bakım ünitelerinin planimetrik tasarım verimlilikleri ile ilgili olanlardır.

Giriş kısmında bahsedildiği gibi verimli ve etkin tasarlanan plan modellerine ihtiyaç olduğu için, çalışmanın ana sorusu planimetrik verimlilik için analog gös-

tergeler (alan oranları) tanımlanması idi. Burada, hasta bakım katlarının tasarım verimliliğini doğrudan belirleyen yatak başına düşen hasta kullanım alanı ile yatak başına düşen dolaşım alanı oranları, tasarım normları, kriterleri ve önceki çalışmalar referans alınarak tanımlanmıştır. Yatak başına düşen hasta kullanım alanının tasarımdaki önemi dolaşım alanının önemine göre daha baskın olduğu dikkate alınmıştır. Ancak, dolaşım alanlarının tasarım verimliliğine etkisi yok sayılmamıştır.

Bulanık mantık algoritması denilen akıllı bir model kullanarak bu çalışma için yeni bir yöntem oluşturmaya yönelik çaba sarfedilmiştir. Bu algoritma çeşitli mühendislik uygulamalarında yaygın bir şekilde kullanılmakta olmasına rağmen,<sup>[10-14]</sup> mimarlık araştırmalarında kullanılmamaktadır. Bu çalışma ile bu yöntem mimarlık alanındaki araştırmalar için de ön plana çıkarmayı amaçlamıştır. Uygulamalar ve tamamlanan ürünlere bakıldığında mühendisliğin mimari tasarımdan farklı olduğu açıktır. Buna rağmen, modelin mimarlık alanında bir iki çalışmada uygulandığı görülmektedir.<sup>[15,16]</sup> Bu da modelin mimarlıkta uygulanabilirliğine bir kanıt göstermektedir.

Uygulama kısmında bahsedildiği gibi bulanık model tüm amaçlar doğrultusunda, hasta bakım ünitelerinin verimliliklerinin sınıflandırmasını oluşturması açısından uygulanabilir bir yöntem olmaktadır. Modelin kullanılabilirliği verimlilik sınıflarının sınır değerlerini gösterme kapasitesindedir. Mevcut binalar hakkında kısa sürede geribildirim alınabilmektedir.

Araştırmacılar, bu çalışma sayesinde bulanık mantık modelinin mimarlık alanında kullanılabilirliği hakkında bilgi sahibi olacaklardır ve gelecek zamanda bina performansı değerlendirme çalışmalarında kullanabileceklerdir. Hatta daha fazla mekansal değişkenleri modele dahil ederek yöntemi geliştirebilecekler. Böylece sadece hastaneler için değil diğer binalar için de toplam tasarım verimliliği için sınır değerleri belirleyebileceklerdir.

Hastane tasarımı yapan mimarlar ise bu modeli, tasarım performans aracı olarak tasarım sürecinde kullanabileceklerdir. Mevcut hastanelerin değerlendirmeleri ve karşılaştırmaları sonucunda geribildirim elde edilebilir. Böyle bir bilgi, daha iyi tasarım varsayımları geliştirilmesine ve çözümler üretilmesine neden olur. Hastane yöneticileri tasarımcılarla birlikte başka konularda karar verme aşamasında faydalanmak üzere hastanelerin verimlilik dereceleri hakkında bilgi sahibi olmaktadırlar. Örneğin, hasta bakım katlarının yenilenmesi, iyileştirilmesine karar verebilir, mevcut hastanelerin en yeni teknolojik ve işletim gelişimleri ışığında, en geçerli olan standartlara nasıl uyum sağlaması gerektiği konularında fikir üretebilirler.

Her ne kadar bu makalede hasta bakım ünitelerinin verimliliği üzerinde durulsa da, hastanelerin tasarımı için en geçerli ve güncel kavramlar hastaların iyileşmelerine etkisi olduğu düşünülen çevresel koşulları ve estetiği de içermektedir. Böylece, hastane tasarımlarının kalitesi, kullanıcıların memnuniyeti ve ihtiyaçlarını desteklemelidir.<sup>[25,30]</sup> Bunlarla bağlantılı olarak, daha fazla örnek üzerinde, daha fazla miktarda parametre kullanılarak bulanık model kurulup daha geniş çaplı çalışmalar yürütülebilir. İlgili değişkenler ısı kayıp kazanç değerleriyle doğrudan bağlantılı kompaktlık verimliliği (plan modelinin kompaktlık derecesi), maliyet tabanlı değişkenlerle ilgili yapısal verimlilik, ısı, görsel ve havalandırma değişkenleriyle ilgili çevresel verimlilik ve de daha fazla alan oranlarını içeren, hastaların gereksinimlerini ve memnuniyetlerini esas alan toplam tasarım verimliliği olabilir. İleriki çalışmalar benzer göstergeleri araştırmak için farklı fonksiyonlardaki binalar için de yürütülebilir.

### Kaynaklar

- Bobrow, M., Thomas, J., (2000), Inpatient care facilities. Building type Basics for Healthcare Facilities, Editör: Kliment, S., John Wiley & Sons, Canada, 131-92.
- Catananti, C., Damiani, G., Capelli, G., (1997), Buildings For Health Care Facilities, (Printed Version) vol. 3.
- Chand, S., (2002), Architecture and the hospital. Architecture Australia, cilt 91, no. 4, s. 64-5.
- Cox, A., Graves, P., (1981), Design for health care. Butterworths, London.
- Kazanasmaz, T., Düzgüneş, A., (2009), Hasta bakım ve tedavi ünitelerinin verimli tasarlanması. Megaron 3(3): 297-309.
- Chaudhury, H., Mahmood, A., Valente, M., (2003), The use of single patient rooms vs. multiple occupancy rooms in acute care environments. A review and analysis of the literature submitted to the coalition for health environments research. web site accessed: <http://www.aia.org>. at June 6 th, 2007.
- Miller, R.L., Swensson, E.S., (2005), Hospital and health-care facility design. Hong Kong: McGraw-Hill Inc.
- Kazanasmaz, T., (2005), An investigation on the planimetric design efficiency of inpatient departments in health-care facilities. [Doktora Tezi] Ankara: Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü: Ankara.
- Sen, Z., (1998), Fuzzy algorithm for estimation of solar irradiation from sunshine duration. Solar Energy 63(1); 39-49.
- Sivanandam, S.N., Sumathi, S., Deepa, S.N., (2007), Introduction to fuzzy logic using MATLAB. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Akkurt, S., Tayfur, G., Can, S., (2004), Fuzzy logic model for the prediction of cement compressive strength. Cement and Concrete Research 34(8);1429-33.
- Saltan, M., Saltan, S., Sahiner, A., (2007), Fuzzy logic modeling of deflection behavior against dynamic loading in flexible pavements. Construction and Building Materials 21;1406-14.
- Tayfur, G., Ozdemir, S., Singh, V.P., (2003), Fuzzy logic algorithm for runoff-induced sediment transport from bare soil surfaces. Advances in Water Resources 26:1249-56.
- Tayfur, G., (2006), Fuzzy, ANN, and regression models to predict longitudinal dispersion coefficient in natural streams. Nordic Hydrology 37(2);143-64.
- Çiftcioğlu, Ö., (2003), Design enhancement by fuzzy logic in architecture. The IEEE International Conference on Fuzzy Systems.
- Vakili-Ardebili, A., Boussabaine, A.H., (2007), Application of fuzzy techniques to develop an assessment framework for building design eco-drivers. Building and Environment (42)11:3785-800.
- Agron, G., (1978), Research and application in Veterans Administration Hospital design and construction. Hospitals and Health Care Facilities. An Architectural Record Book, McGraw Hill, USA., 21-32.
- Gainsborough, H., Gainsborough, J., (1964), Principles of hospital design. London: The Architectural Press.
- Hardy, O.B., Lammers, L.P., (1986), Design efficiency: key to construction cost savings; In: Hospitals The Planning and Design Process. Aspen Publishers, USA.
- Düzgüneş, A., (1982), Yapılarda tasarlama etkerliğinin değerlendirilmesi için kullanılabilecek göstergeler; Ankara'daki apartman yapıları üzerine bir çalışma. [Yayımlanmamış Doçentlik Tezi] Ankara.
- Kula, B.O., (2009), An investigation on the planimetric design efficiency of guestroom floors in four-star hotels. [Yüksek Lisans Tezi] Ankara: Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü.
- Alden, B.M., (1969), Functional planning of general hospitals. The American Association of Hospital Consultants, McGraw-Hill, USA.
- Tradewell, G.B., (1993), Contemporary nursing unit configuration. Unit 2000: Patient beds for the future. A nursing unit design symposium. Editör: Hamilton, D.K., Watkins Carter Hamilton Architects, Inc., Houston: p. 191-215.
- Voordt, T.J.M., Vrieling, D., Wegen, H.B.R., (1997), Comparative floor plan analysis in programming and architectural design. Design Studies, 18:67-88.
- Millman, J., Smith, M., (2003), Hospital design. Business Briefing: Hospital Engineering & Facilities Management, 50-53.
- NHS Estates, (2005), Ward Layouts with single rooms and space for flexibility. Gateway Ref: 4219. web site accessed: <http://www.sykehusplan.org>. at February 13th, 2008.
- Neufert, E., (2000), Architect's data (3rd ed.), Wiley-Blackwell, Great Britain.
- Sen, Z., (1999), Mühendislikte bulanık mantık. Ders Notları, İnşaat Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak, İstanbul.
- Tayfur, G., (2003), Bulanık mantık ile akarsularda dağılma (dispersiyon). Katsayısının Kestirimi, I. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu 22-26 Eylül 2003 Gümüş, İzmir, Devlet Su İşleri, 693-700.
- Kobus, R.L., (2000), Perspective. Building type basics for healthcare facilities. Editor: Kliment, S., John Wiley & Sons, Canada, 1-8.