




Mimari Tasarım Karar Verme Süreçlerinde Yapay Zekâ Tabanlı Bulanık Mantık Sistemlerinin Değerlendirilmesi

Didem BARAN ERGÜL ^{1*} , Ayşe Berika VAROL MALKOÇOĞLU ² 
Seden ACUN ÖZGÜNLER ³ 

ORCID 1: 0000-0001-5705-8885

ORCID 2: 0000-0003-1856-9636

ORCID 3: 0000-0001-5975-5115

¹ Beykoz Üniversitesi, Meslek Yüksekokul, İç Mekân Tasarımı, 34805, İstanbul, Türkiye.

² Beykoz Üniversitesi, Meslek Yüksekokul, Bilgisayar Programcılığı, 34805, İstanbul, Türkiye.

³ İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 34367, İstanbul, Türkiye.

*e-mail: didembaranergul.@beykoz.edu.tr

Öz

Etrafımızda gördüğümüz tüm yapı çevre, bir tasarım ürünüdür. Bu noktadan hareketle, günümüzde, beklentilerin çeşitliliğine bağlı olarak, bilgi ve değer sistemlerinde yaşanan değişimlerin neticesinde yapı çevrenin oluşturulması, giderek karmaşıklaşan bir tasarım sorunu haline gelmiştir. Mimarların geleneksel tasarım yaklaşımları kimi zaman bu tasarım sorunlarına çözüm bulmada yetersiz kalmakta, yeni tasarım yaklaşımlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeple, çalışmada mimari tasarım sürecinde, geleneksel düşünceye ek olarak; veri, belge, bilgi ve iletişim modelleri kullanılarak problemleri tanımlayacak ve karar verme sürecinin tamamlanmasına yardımcı olacak bulanık mantık tabanlı karar destek sistemleri incelenmiştir. Buna ek olarak bulanık mantık tabanlı karar destek sistemlerinin geleneksel yöntemler ile karşılaştırılması, avantajlarının ve dezavantajlarının tartışılması gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mimari tasarım, bulanık mantık, karar destek makinesi

Use of Artificial Intelligence Based Fuzzy Logic Systems in Architectural Design Decision Making Processes

Abstract

All the built environment we see around us is a product of design. From this viewpoint, the creation of the built environment has become an increasingly complex design problem due to the wide variety of user expectations, as well as changes in information and value systems. Traditional design approaches of architects are often insufficient, in that they are unable to generate solutions to these design problems, and new design approaches are needed. Fuzzy logic-based decision support systems can help identify problems and complete the decision-making process by using data, documents, information, and communication technologies and models; in this study, these support systems are compared with traditional methods, and their advantages and disadvantages are discussed.

Keywords: Architectural design, fuzzy logic, decision support machine

Citation: Baran Ergül, D., Varol Malkoçoğlu, A. B. & Acun Özgünler, S. (2022). Use of artificial intelligence based fuzzy logic systems in architectural design decision making processes. *Journal of Architectural Sciences and Applications*, 7 (2), 878- 899.

DOI: <https://doi.org/10.30785/mbud.1117910>



1. Giriş

'Geleneksel' ya da 'tipik' olarak tanımlanabilecek süregelen mimarlık eylemi evreleri; karar, tasarım, uygulama ve kullanım olmak üzere dört temel aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalardan biri olan tasarım, bir ihtiyaca çözüm bulma, yani bir sorunu gidermek amacı ile gerçekleştirilen, duyumsal ve zihinsel bilginin etkileşimi sonucu ortaya çıkan nesnellik olarak tanımlanabilir. Tasarım eylemi neticesinde ortaya çıkan ürün çevresi tutarlı bir oluşuma ve planlamaya ihtiyaç duyar. Bu sebeptendir ki, mimari tasarım süreci ana tasarım kararlarının alınmasından, detaylandırma aşamasına kadar farklı birçok konuda uzmanlaşmış kişilerin iş birliğini gerektirmektedir. Ancak ana hatların belirlenmesi, plan organizasyonu, kütle vurgusu vb. temel kararlar mimarlar tarafından alınmaktadır.

Mimari tasarım sürecinde çözüme ulaşma eylemi birçok farklı disipline ait verileri ve farklı nitelikteki karar verme aşamalarını içermektedir. Sezgiselliğin yoğun olduğu mimarlık alanında bu karar verme aşamaları büyük miktarda kesin olmayan bilgi içermektedir. Dolayısı ile mimari tasarıma yönelik öngörüler oldukça güç karar verme süreçleri olarak ifade edilmektedir. Kesin olmayan bilginin yer aldığı bu karmaşık problem alanlarında ve tasarım probleminin parametrelerindeki dinamik değişimlere uyum sağlayabilecek nitelikte hata payı düşük ve hızlı kararlar alınabilmesi için, mimarlar, giderek artan oranda geleneksel tasarım yaklaşımlarından farklı yöntemlere ihtiyaç duymaktadır.

Mimari karar destek sistemleri, bir diğer adı ile modeller; karmaşıklaşan bu tasarım problemlerini sistematik bir anlayışla ele almada ve tasarım probleminin farklı parçalara ayrılarak kavranabilir bir ilişki düzeyine indirgemede etkili yöntemler olarak bilinmektedir. Kişisel kabiliyetlerinden ya da denenmiş örneklere dayandırılarak karar verilmesi gerekliliğinden bağımsız olarak, mimarlara tasarım süreçlerinde destek olmaktadır.

Teknolojide yaşanan gelişmelere, çevresel kaygıların artışına, değişken ekonomiyle gelen hız talebine bağlı olarak gelişen belirsizlik artışı neticesinde, tasarımlardan beklenen istek ve gereksinimler de hızla farklılaşmaktadır. Mimari karar destek sistemleri, böyle bir ortamda, mekânsal ve öznitelik bilgilerini birleştirerek çoklu mekânsal ölçütleri kullanabilmekte ve en uygun seçeneğin belirlenmesini kolaylaştırabilmektedir.

Karmaşıklaşan tasarım problemlerine yönelik çözüm mekanizması oluşturabilmek adına sistematize edilebilmesi için tasarım araştırmalarında öncelikle yöntem odaklanılması gerekmektedir. Bilginin nasıl oluşturulduğu, kullanıldığı, iletilmesi ile ilgili yapılan çalışmalar, tasarım sürecinde karar vermenin sistematik yöntemlerle gerçekleştirilmesi ve tasarlama ele alınan problemin içinde bulunan koşullara, zamana göre karar vermeyi olanaklı kılan bir karar verme yönteminin geliştirilmesine öncülük etmiştir. 1956 yılında Darthmounth Konferansı'nda gündeme getirilen bir kavram olan yapay zekâ, (Moor, 2006, s.88) insanın düşünme, akıl yürütme/yargılama, objektif gerçekleri algılama ve sonuç çıkarma yeteneklerinin tamamı olarak tanımlanmaktadır. Zekâ kavramından hareketle, insanlar gibi düşünen, akıl yürüten, algılayan ve hareket edebilen, öğrenebilen ve problemlerin çözümü için sahip olduğu bilgi ve tecrübeyi kullanarak sonuç üreten bilgisayar modeli oluşturma çalışmaları yapay zekâ olarak adlandırılmaktadır.

Mimarlık gibi, karmaşık tasarım problemlerine çözüm bulabilmek adına ihtiyaca yönelik tüm paydaşlar arasındaki etkileşimi sağlamak zorunda olan ve bununla birlikte birçok disipline ait enformasyon miktarının çok fazla olduğu bir alanda yapay zekâ kullanımı birçok açıdan incelenebilir. Mimari tasarım karar destek mekanizmaları, tasarım modellerinde (Bozdemir, 2005; Jaihar, Lingayat, Vijaybhai, Venkatesh ve Upla, 2020; Rego, Ramírez, Jimenez ve Lloret, 2021), akıllı mekânlarda (Mueller ve Ochsendorf, 2015; Bozdemir, 2017), çevreye duyarlı yapılarda (Güneş, 2016; Vasicek, Jalowiczor, Sevcik, Voznak, 2018; Tushar ve diğerleri, 2018), ve ürün seçimlerinde (Ji, Ji ve Gu, 2016; Ding ve Liu, 2007; Ireland ve Liu, 2018; Das, Swetapadma ve Panigrahi, 2019) yapay zekânın sağladığı birçok fayda bulunmaktadır.

Yapay zekânın, tasarım problemlerinin çözümünde karar vermeyi rasyonel bir zemine oturtmak ve ortaya konulan ürünler hakkında daha bilinçli, objektif kararların verilmesini sağlamak amacıyla, mimari tasarım karar destek mekanizmalarının kullanılmaya başlaması bilgisayar modellerinin kullanımı ile başlamaktadır. Mimarlıkta geleneksel sistemlere ek olarak kullanılan bu modeller, iyi tanımlanmış problemlerde algoritma tabanlı yöntemler ile uygun çözümler getirebilmektedir. İyi

tanımlanmamış tasarım problemlerinin çözümünde ve uzmanlık bilgisi gerektiren alanlarda ise, çözümler üretip önerilerde bulunmak amacıyla yapay zekânın uygulama alanı olarak uzman sistemler kullanılmaktadır.

Mimari tasarımların karar süreçlerinde; yapay sinir ağları, uzman sistemler, genetik algoritmalar, bulanık mantık gibi birçok yapay zekâ algoritması kullanılmaktadır. Mimarlıkta karar süreçleri özelinde literatür tarandığında bu algoritmalar arasında en çok bulanık mantık algoritmasının tercih edildiği görülmüştür. Bulanık mantık yapay zekânın bir alt dalı olan ve klasik mantıktan farklı olarak insanın karar verme sürecine benzer sonuçlar üretebilen bir algoritma olduğu için mimarlık alanında daha çok tercih edildiği düşünülmektedir. Buna istinaden çalışmada geleneksel karar verme süreçleri ile bulanık mantık tabanlı karar verme süreçleri detaylı olarak incelenmiş, karşılaştırılmış, avantajları ve dezavantajları hakkında tartışılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Mimari Tasarım Süreci ve Özellikleri

Tasarım, meydana getirilmesi planlanan bir şeyin, çeşitli eylemler neticesinde insan zihninde aldığı biçim olarak tanımlanabilir. Bu kavram, kelime anlamı itibariyle bünyesinde, tasarlama, planlama, biçimlendirme ve kurgulama gibi anlamları barındırır da kavram olarak içeriğinin tanımını eksiksiz yapabilmek güçtür. Ancak çeşitli çalışmalarda tasarım, herhangi bir soruna yönelik çözüm planı, bir fikir olarak betimlenmektedir (Demirarslan, 2006). Bu doğrultuda mimari tasarım kavramı ise, belirli bir gereksinim üzerine belirlenen işlevleri yerine getirecek olan yapının kurguda yer alan tüm öğeleriyle belirlenmesi ve belgelenmesi olarak tanımlanmaktadır (İzgi, 1999).

Mimarlık, kişiseliliğin yoğun olarak hissedildiği bir alandır. Mimari tasarım ürünleri, tasarım esnasında oluşan algılamalar ve gösterilen tepkiler sonucu ulaşılan yargıların, bireysel duygu ve düşüncelere göre şekillenmesi ile ortaya çıkmaktadır. Bu yönü ile mimari tasarım, sezgisel bir süreç özelliği göstermektedir. Ancak tüm sürece -tasarımcıya adeta farklı bir kişilik atfedecek biçimde- sezgisellik ekseninden yaklaşılması, tasarımın başarısını birey bazına indirgeyerek, sürecin sistematize edilmesinin önünde engel teşkil edecektir.

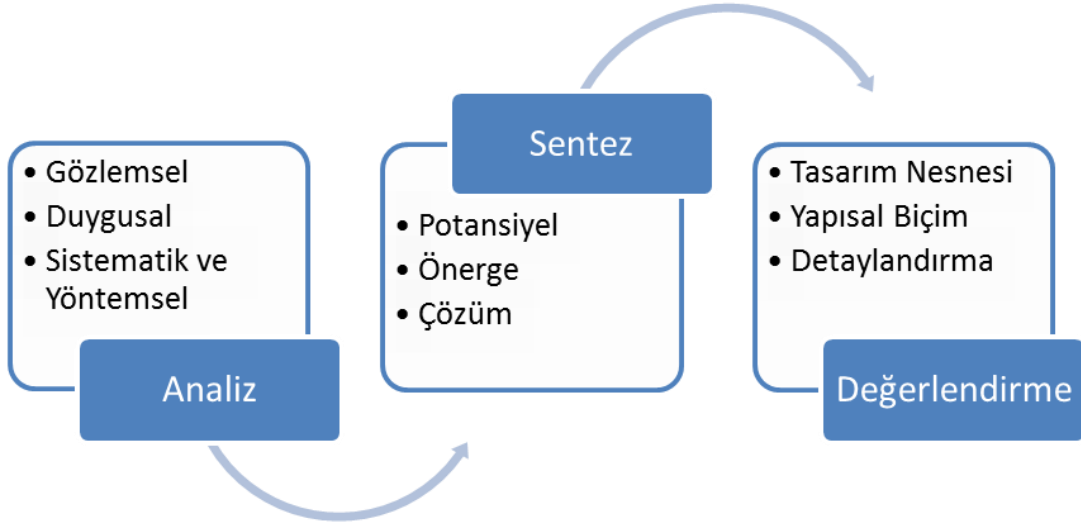
20. yüzyılın ünlü mimarlarından Louis Kahn'a (1901- 1974) göre "Tasarım, düzen içinde biçim üretmektir. Sözü ile tasarım sürecinin, kendi içinde, sezgiselliğin yanı sıra belli bir düzeni de barındırdığına vurgu yapar (Conrads, 1991). Yine birçok tasarımcının da vurguladığı üzere, tasarım süreci neticesinde ortaya çıkan yapıyı çevre, kronolojik bir düzende olaylar dizisinin tekrarı olarak biçimlenmektedir ve ürünler farklı olsa da süreç kendi içinde çeşitli örüntüleri barındırmaktadır.

Tasarım eyleminin anlaşılması, geliştirilmesi ve tasarım ürünlerinin başarısının tesadüfi olmasının önüne geçilmesi amacıyla, tasarım sürecinin analizi ile ilgili ilk çalışmalar Tasarım Metotları Hareketi (Design Methods Movement) ile başlar. Hareketin üyeleri, amaca yönelik olarak sürecin organizasyon yapısına odaklanmışlar ve tasarımcının nasıl düşündüğü ve hareket ettiğini saptamaya çalışmışlardır. Bu hareketin öncülerinden Jones, tasarım sürecinin üç temel aşaması olduğunu belirtmektedir (Jones, 1980).

Bu aşamalar;

- Problemin tanımlandığı süreç olan "Analiz Aşaması",
- Çözümün oluşturulduğu süreç olan "Sentez aşaması",
- Geliştirilen çözümün belirlendiği "Değerlendirme Aşaması" dır (Şekil 1).

Tasarım süreci akış grafiği olarak adlandırılabilir bu üç aşamanın da tüm tasarım uygulamalarında tekrarlandığı belirtilmektedir.



Şekil 1. Tasarım süreci akış grafiği (Jones, 1980).

Sanayi devrimi sonrasında artan ihtiyaç çeşitliliğine ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak tasarım giderek karmaşıklaşan bir problem haline gelmiştir. Bu noktada geleneksel tasarım yaklaşımı, daha çok biçimsel unsurlara odaklandığından, çok sayıda katmana sahip tasarım problemlerinin çözümünde yetersiz kalmaya başlamış ve neticesinde yeni tasarım yaklaşımlarının araştırılmasına gerek duyulmuştur. Tasarım Metotları Hareketi'nin yaklaşımını benimseyen artçı çalışmalar kapsamında, tasarım süreci kavramsal olarak ele alınıp sistematize edilerek, aşamalar ortaya konmuş, bu sayede gerektiğinde modellenebilmesinin önü açılmıştır.

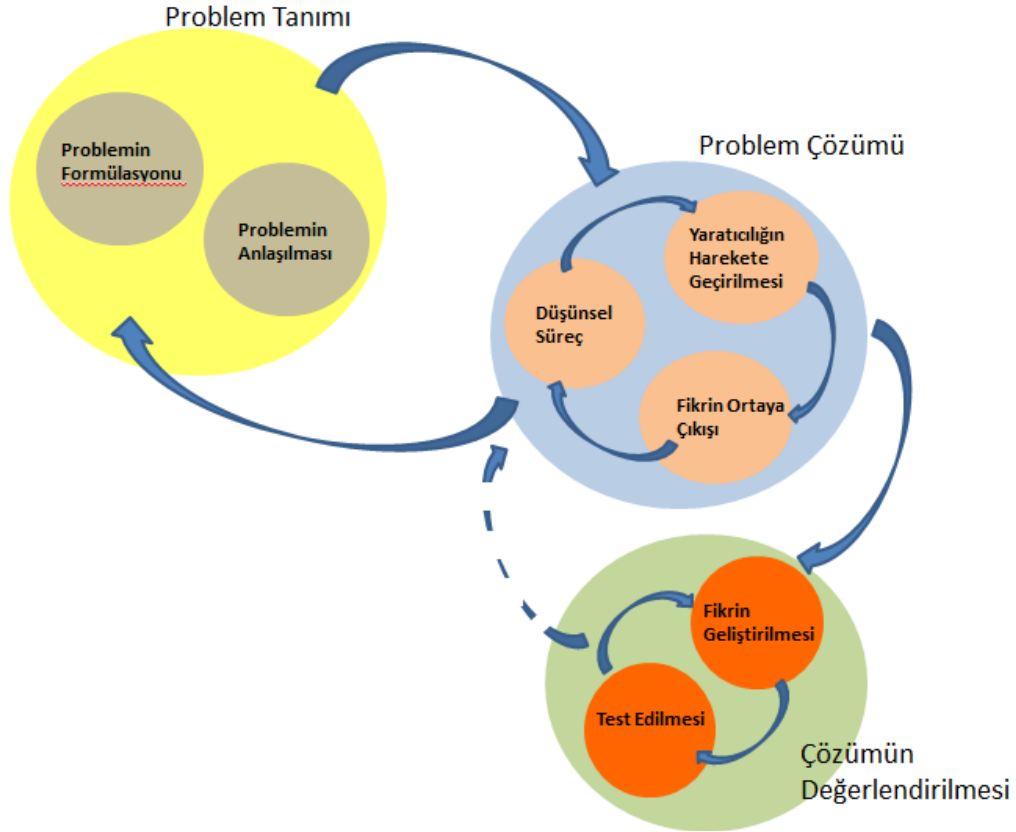
Tasarımı bir problem çözme, karar verme ve bilgi işletim süreci olarak ayrı ayrı ele alan bu yaklaşımların hepsi tasarımın metodolojisini ortaya koymak ve karmaşıklaşan tasarım problemlerine çözüm üretmek amacı ile öncelikle süreci kademelendirmeye çalışmıştır.

Tasarımın bir problem çözme süreci olarak değerlendirildiği yaklaşımlarda; tasarım devam eden işlemler dizisi olarak görülmektedir ve gündemdeki problemin çözümlenebilir alt problemlere ayrılması esastır. Buradan hareketle, tasarım sürecinin analizine yönelik yapılan çalışmaların genel olarak tasarlama olgusu, problem çözme eylemi olarak değerlendirilmiş ve tasarım metodolojisinin tasarımda problem çözmeye ait sistematik bir kurguya oturtulması ile ilgili çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalardan birinde Cooper ve Press, tasarımda yaratıcı problem çözme sürecini aşağıda belirtilen beş adımda ele almaktadır (Cooper ve Press, 1995).

Bu aşamalar:

- Problemin formüle edilmesi,
- Problemin anlaşılması,
- Bilinç altındaki düşüncelerin açığa çıkmasına izin verilmesi,
- Yaratıcı fikrin belirmesi (su yüzüne çıkışı) ve
- Fikrin geliştirilmesi, test edilmesidir.

Yaratıcı problem çözme süreci olarak tanımlanan aşamaların birbirleri ile ilişkileri ve kümelenmeleri Şekil 2'de belirtilmektedir.



Şekil 2. Yaratıcı problem çözme süreci (Cooper ve Press, 1995)

Tasarım sürecinin, bilgi işletim süreci olarak kabul edildiği yaklaşımlarda; tasarımın yanı sıra farklı disiplinleri de kapsayan modeller üretilmeye çalışılmaktadır. Bu noktadan hareketle, son yıllarda tasarım sürecine ait belli bir yapının kurulması ve model oluşturulması kapsamında yürütülen çalışmalar; endüstriyel alanda ürün geliştirme sürecinin modellenmesi, mühendislik tasarımı, tasarım yönetimi, bilgisayar destekli tasarımda interaktif ortamların sağlanması, analitik tasarım planlama teknikleri, bina tasarım sürecinde disiplinler arası ortamların uyumunun sağlanması gibi alanlarda yoğunlaşmaktadır. Bu alanlarda geliştirilen modellerdeki ortak bakış açısı, tasarım sürecinin bilgi işletim süreci olarak ele alınmasıdır. Bu bağlamda geliştirilen modellerde; veri akış diyagramları, tasarım strüktür matrisleri, ilişkilendirme diyagramları, girdi-süreç-çıkış diyagramları, obje oryantasyonlu modelleme sistemleri gibi tasarımın tanımlı bir alanını detaylandırma veya tasarımdaki detaylandırabilecek bir veriyi modellemeye yönelik avantaj sağlayan teknikler kullanılmaktadır (Austin, Baldwin, Baizhan, Li ve Waskett, 1999; Smith ve Jeffrey, 1999).

Tasarım sürecinin, bir karar verme süreci olarak kabul edildiği yaklaşımlarda; tasarım, çözüme yönelik olarak geliştirilen ve farklı nitelikteki karar verme aşamalarını içeren bir süreç olarak değerlendirilmektedir. Bu aşamalarda tasarım stratejilerinin ve hedeflerinin belirlenip, tasarım problemine ait strüktür oluşturulduğu belirtilmektedir. Süreçte, tasarım probleminin karmaşık yapısı ve değişkenlerin sayıca fazla olması sebebiyle, her aşamadaki kararların bir önceki aşama üzerine yapılandırıldığı vurgulanmaktadır. Bu nedenle, bu yaklaşıma göre, her aşamanın aynı zamanda kendi içinde bütüncül bir araştırma, inceleme ve karar verme süreci olduğu vurgulanarak hedefe ulaşılan kadar bu sürecin döngüsel olarak tekrar edildiği kabul edilir (Ediz, 2006).

Geleneksel tasarım yaklaşımlarının karmaşıklaşan tasarım sorunlarını çözme yetersizliğinden hareketle, yeni karar mekanizmalarının geliştirilebilmesi için süreci tanımlamaya çalışan tüm yaklaşımların katkısıyla, tasarlama olgusu bir problem çözme ve karar verme eylemi olarak değerlendirilmeye başlanmıştır (Bayazıt, 2004). Bu anlayışla, tasarım sürecinde çözüme ulaşma eyleminin farklı nitelikteki karar verme aşamalarını içerdiği belirtilmektedir (Gero, 1975). Bu aşamalar, ürün bazında ve süreç bazında olmak üzere iki başlık altında değerlendirilmektedir (Tapan, 2004).

2.2. Tasarımda Değerlendirme ve Karar Verme

2.2.1. Geleneksel karar verme yöntemleri

Karar verme; belirli bir amaç doğrultusunda, birtakım ölçütlere göre alternatifler arasından en uygun olanının seçilmesi işidir (Simoës-Marques, Ribeiro ve Gameiro-Marques, 2000). Karar verme bir süreç sonucunda oluşmaktadır. Bu süreç zihinsel eylemleri içermesinin yanı sıra, uygun alternatifin seçilebilmesi için kullanılan teknik ve yöntemlerin eylem düzenini ve izlenen yolu da ifade etmektedir (Behesti ve Monroy, 1986). Tasarımda karar verme ise, öncelikle problem çözme eylemlerini izleyen ve tasarım problemlerinin çözümü için alternatifler arasından seçim yapılan bir süreç olarak bilinmektedir. Tasarımda karar verme sürecini, konu üzerinde çalışan birçok uzman farklı evrelere göre sistematize etme yolunda çalışmalar gerçekleştirmiştir. Çizelge 1’de konu ile ilgili uzmanların tasarımda karar verme süreci ile ilgili yaklaşımları, birbirini takip eden evreler halinde karşılaştırmalı olarak belirtilmiştir.

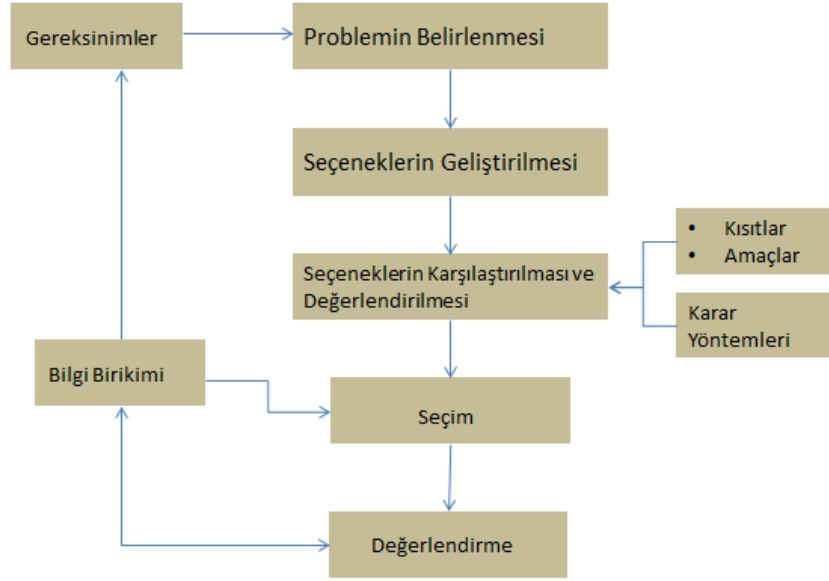
Tasarımda Karar Verme Süreci					
Asimov	Archer	Cross	Jones	Markus ve Maver	Darke
Analiz	Programlama	Keşfetme	Analiz	Analiz	Üretici
	Veri Toplama		Sentez	Sentez	Varsayım
Sentez	Sentez	Meydana Getirme			
Değerlendirme	Geliştirme	Değerlendirme	Değerlendirme	Karar	
İletişim	İletişim	İletişim			

Çizelge 1. Tasarımda karar verme süreci modelleri (Jones, 1980; Lawson, 2006; Rowe, 1987; Cross, 2000)

Karar verme sürecinde, alternatifler arasından seçimde bulunabilmek adına, herhangi bir seçeneğin sahip olduğu faydanın saptanabilmesine yönelik değerlendirmelere gerek duyulmaktadır. Bu noktada değerlendirme; bir amaca yönelik olarak alternatiflerden birini seçebilmek adına bu alternatiflerin birbiriyle nesnel olarak karşılaştırılmasını ifade eder (Tapan, 2004). Karar verme sürecinde, seçenek ancak bir değere sahipse böylesi bir değerlendirme yapabilmek mümkündür.

Mimarlık gibi kişisel görüşün yoğun olduğu bir disiplinde, bir tasarım problemine sistematik bir karar verme süreci ile çözüm sunabilmekteki en büyük sorun, tasarım alternatiflerinin veya son tasarımın değerlendirilmesi adına nesnel kriterlerin belirlenmesi zorluğudur. Bu zorluklara rağmen, diğer farklı olanlarda olduğu gibi mimarlık alanında da değerlendirme sonucunda alınan kararın doğruluğu, kararın matematiksel bir temele dayanıp dayanmadığı, eldeki tüm verilerin ve muhtemel alternatiflerin dikkate alınıp alınmadığı ve neticede bunlara sistematik bir yaklaşım getirilip getirilmediği ile doğrudan ilişkilidir (Render ve Stair, 1991).

Genel olarak iyi bir kararın etkili ve rasyonel olmasında, kararın zamanında, hızlı bir şekilde alınması ve hızla uygulanması büyük önem taşımaktadır. Mimari tasarım gibi karmaşık problemlere sahip ve birçok farklı enformasyondan girdiyi barındıran bir alanda değerlendirme ve karar verme süreci genel anlamda zorlayıcı bir süreç olarak ifade edilmektedir. Mimarların bu süreçte destek alabilmeleri için, diğer alanlardaki yöntemlerin de yardımı ile karar verme sürecine ait işlemler ve aşamalar denetlenebilir ve modellenebilir biçime getirilerek, problemlerin daha kolay çözülmesinin amaçlandığı birçok sistematik yöntem geliştirilmiştir (Şekil 4).



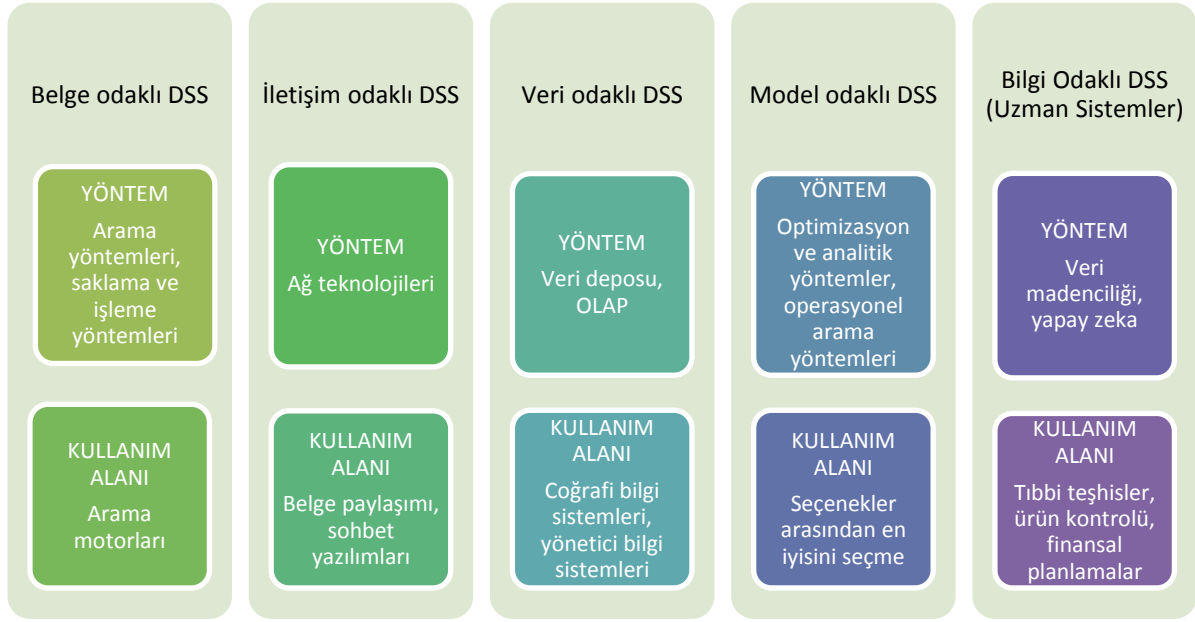
Şekil 4. Karar verme süreci (Behesti ve Monroy, 1986; Timor, 2011; Esen, 1998)

Karar verme sürecinin sistematizasyonu, öncelikle gereksinimlerden doğan problemin belirlenmesi ile başlar ve farklı aşamalardan geçilerek seçim ve değerlendirme ile neticelendirilir. Şekil 4’te bu aşamalar ve birbirleri ile etkileşimi açıkça görülmektedir.

Karar vericilerin seçim kriterlerinin birden fazla değişkene bağlı olduğu durumlarda karar vermelerine destek olarak, çok ölçütlü karar verme sistemleri geliştirilmiştir. Çok ölçütlü karar verme sistemleri, birbirinden bağımsız sorunlara yönelik oluşan alternatifler içerisinde, belirlenen ölçütler çerçevesinde karar vermeyi olanaklı kılar. Bu sistemler, artan ve birbirine bağlı problemlerin çözümünde birçok disiplin tarafından yaygın olarak kullanılmakla birlikte, mimarlık alanında da stratejik ve operasyonel faktörleri aynı anda değerlendirme imkânı sağladığı, karar verme sürecine çok sayıda kişiyi dahil edebildiği için giderek sıklıkla kendine yer bulmaktadır.

2.2.2. Karar destek sistemleri

İnsanların karar verme sürecine yardımcı olan bilgisayar tabanlı sistemlere karar destek sistemleri denir. Bu sistemler depolanmış çok sayıdaki veri, bilgi ve belgeyi işleyerek veriler üzerinden öğrenip anlamlı sonuçlar üreten ve karmaşık problemlerin çözümlerine katkı sağlayan araçlardır. Karar destek sistemleri 1950’lerin sonlarına doğru Carnegie Teknoloji Enstitüsü tarafından (Keen, 1978) teorik olarak çalışmaya başlansa da depolama ve veri işleme araçlarının gelişmesiyle birlikte daha çok ilgi duyulan bir konu haline gelmiştir. 1950’lerde başlayan bu kavram günümüzde pek çok alanda çeşitli karar destek sistemleri vasıtasıyla kullanılmaktadır. Bu geleneksel karar destek sistemlerine örnek olarak; Uzman Sistemler (Expert Systems - ES), Grup Karar Destek Sistemleri, (Groups Decision Support Systems - GDSS), Karar Destek Sistemleri (Decision Support Systems - DSS), Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytic Hierarchy Process - AHP) yöntemleri verilebilir (Megawaty ve Ulfa, 2020). Belge, iletişim, veri model ve bilgi odaklı olmak üzere tipleri bulunan karar destek sistemleri; farklı yöntemler kullanarak, arama motorlarından, coğrafi bilgi sistemlerine kadar çok çeşitli alanlarda kullanılabilir (Şekil 5). Karar destek sistemleri tablosunda, farklı tipteki sistemlerin kullandıkları yöntemler ile sıklıkla kullanıldığı alanlar yer almaktadır. Daha çok geleneksel karar destek sistemleri olarak adlandırılan bu sistemlere ek olarak yapay zekâ algoritmaları ile oluşturulan yeni modeller de mevcuttur. Yapay zekâ teknolojisinin, karar verme eyleminin başarısını önemli ölçüde arttırdığı düşünüldüğünde, yapay zekâ tabanlı karar destek sistemlerinin giderek artan sıklıkla kullanılması öngörülmektedir ve bu nedenden ötürü bu çalışmada yapay zekâ algoritmaları ile oluşturulan karar destek sistemleri üzerinde durulmaktadır.

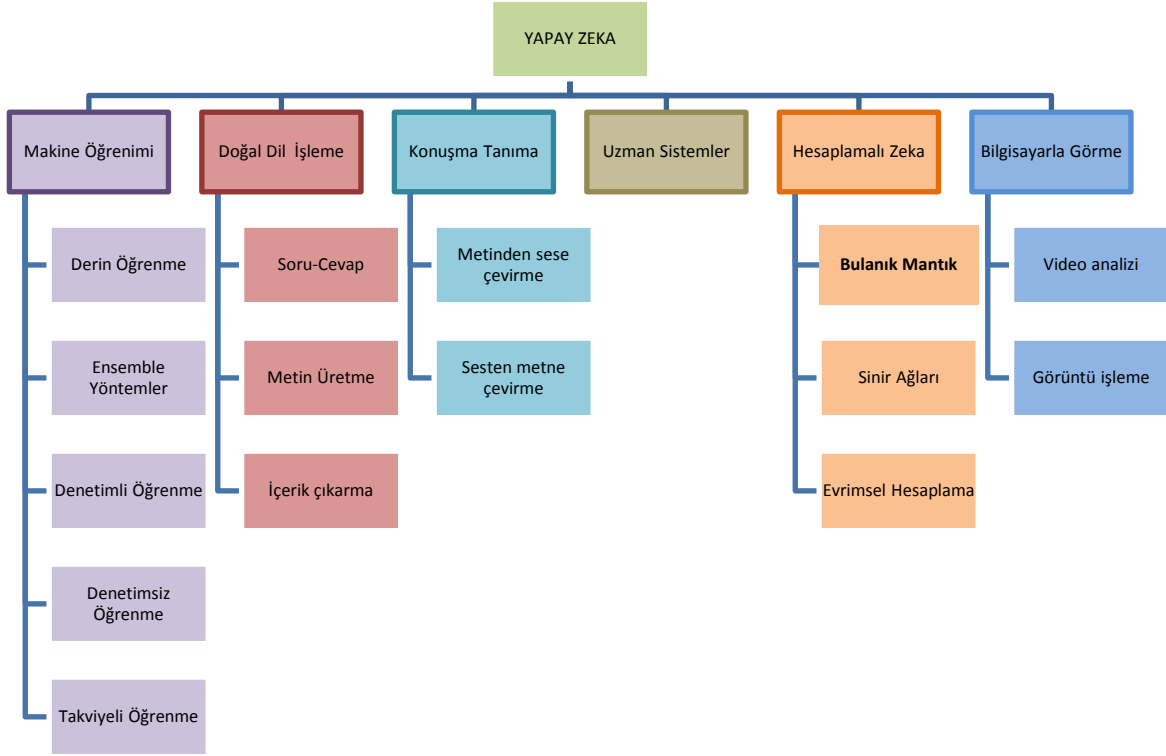


Şekil 5. Karar destek sistemleri yöntemleri (Varol Malkoçoğlu, 2022)

Yapay zekâ kavramı, insan zekâsını taklit ederek kendisine verilen ya da çevreden topladığı bilgiler ile kendini kademeli olarak eğiten ve öğrendiği bilgiler ışığında çıktı üreten sistemlerdir. Günümüzde yapay zekâ tabanlı karar destek sistemleri araştırmacılar tarafından yoğun ilgi görmekte ve yapılan çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır. Bu tarz yapay zekâ tabanlı karar destek sistemleri birçok disiplinde kullanılmakta olup genel amacı alanında uzman kişilere yardımcı olmak, verilen kararların doğruluğunu arttırmak, insanın yapabileceği hataları azaltmak ve hayatı kolaylaştırmaktır.

Yapay zeka tabanlı karar destek sistemleri bir çok farklı disiplinde kullanılabilir, hastanın verilerine bakılarak diyabet tahmini yapan karar destek sistemlerinden (Tyler, Mosquera-Lopez, Wilson, Dodier, Branigan, Gabo ve Jacobs, 2020; Yahyaoui, Jamil, Rasheed ve Yesiltepe, 2019), tip1 diyabet hastası kişilerde yapay zeka tabanlı karar destek sistemleri kullanılarak verilen insülin dozunun optimum şekilde ayarlanmasına (Nimri, Battelino ve Laffel, 2020), lenf kanseri teşhisinde doktorlara yardımcı olabilecek makine öğrenimi tabanlı destek sisteminden (Varol ve İşeri, 2019, Varol Malkoçoğlu ve İşeri, 2020), sağlık hizmetlerinde diğer kritik kararların verilmesine (Suzuki ve Chen, 2018), geçmiş deprem verileri kullanılarak deprem tahminlerinde sismologlara yardımcı sistemlerin geliştirilmesinden (Tao 2015; Saba, Ahsan ve Mohsin, 2017), donanma gemisinin tasarımına (Chou ve Benjamin, 2017), ve bu gemilerdeki enerji verimliliğinin sağlanmasına kadar pek çok örnek sayılabilir (Beşikçi, ., Arslan, Turan ve Ölçer, 2016). Verilen bu örnekler farklı alanlarda olsa da geliştirilen sistemlerin ortak amacı işlerinde uzman olan kişilerin kararlarında yardımcı olmaktır.

Genellikle sağlık ve afet yönetimi gibi konularda kullanılan yapay zekâ tabanlı karar destek sistemleri, mimarlık alanında da tasarım kararlarının alınmasında mimarlar tarafından destek sistemler olarak kendine yer bulmaktadır. Fakat her ne kadar teknik yöntemlere dayandırılrsa da duyuşsal ve düşünsel yollar ile hayata geçen ve sezgiselliğın yüksek olduğu mimarlık disiplninde, tasarımların öznel olduğu düşüncesi ile, bu sistemler diğer alanlara oranla daha az kullanılmaktadır. Ayrıca karar destek sistemlerinin kesin ve net cevaplar üretmesi de bu bağlamda mimarları tatmin etmeyebilir. Buna karşın yapay sinir ağıları ve evrimsel hesaplama sistemleri ile birlikte hesaplamalı zekâ olarak gruplandırılan yapay zekâ yöntemlerinden biri olan bulanık mantık, klasik mantığın aksine belirsizlikleri de hesaba katarak daha insani kararlar verebilmektedir (Keskenler ve Keskenler, 2017). Bu sebeple Şekil 6'da gösterildiği gibi birçok yapay zekâ yöntemi olmasına rağmen, çalışmada mimari tasarımları bulanık mantık tabanlı karar destek sistemleri ile değerlendiren çalışmalar incelenmiştir.



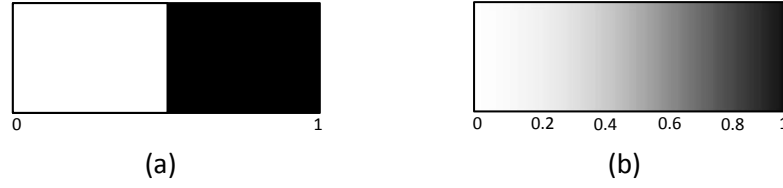
Şekil 6. Bulanık mantığın yapay zekâ sistemleri içindeki yeri (Varol Malkoçoğlu, 2022)

2.2.2.1. Bulanık mantık

Mantık biliminin temelleri M.Ö. 4. yüzyılda Aristoteles tarafından atılmıştır. Aristoteles'in önerdiği mantık günümüzde klasik ya da ikili mantık olarak bilinmektedir. Yüzyıllar boyunca mantık bilimi hep aynı ana fikre dayanmış ve farklı teoriler üretilmemiştir. Ancak 1965 yılında matematikçi Zadeh (1965) tarafından mantığın sadece iki sonuç üretmek zorunda olmadığı bu iki sonuç arasında belirsizlikleri temsil edebilecek başka seçeneklerinde olabileceği ispatlamış ve böylece Aristoteles mantığına farklı bir bakış getirmiş, mevcut düzeni değiştirmiştir. Zadeh geliştirdiği bu yeni yönteme bulanık mantık adını vermiştir.

Son yüzyılda ortaya çıkan bulanık mantık klasik mantığın çözemediği karmaşık problemleri çözebilmektedir. Özellikle kesinliğe yakın çoklu seçenekler ortaya çıktığında ve seçeneklerin yetersiz kaldığı problemlerde bulanık mantık yöntemi kullanılmaktadır. Çünkü klasik mantıkta verilen bir önermenin sonucu ya doğrudur ya da yanlıştır yani sonuçlar "var-yok", "0-1", "doğru-yanlış", "siyah-beyaz", "açık-kapalı" gibi ikili zıt ilişkilere dayanır. Bulanık mantıkta ise 0-1 sonuçlarına ek olarak belirsizlikleri temsil etmek için 0 ve 1 aralığında farklı değerler üretilebilmektedir. Bulanık mantık ile temsil edilen bu belirsizlik durumlarını matematiksel yöntemler ile temsil etme ihtiyacı aslında insanın belirsiz düşünme ve karar verme aşamasındaki değişken ortam şartlarının sonuca olan etkisi göz önüne alınarak tasarlanmıştır. Ayrıca bu sistemin insan düşünme sisteminden etkilenmesi bulanık mantığın yapay zekâ biliminin alt dallarından biri olmasına sebep olmuştur.

Zadeh'in önerdiği bulanık mantık sistemi küme kavramına dayanmakta olup en temel elemanı bulanık kümedir. Bulanık küme içerisinde yer alan her bir elemanın üyelik derecesi vardır (Zadeh, 1965). Bu dereceler sayesinde bir elemanın o kümeye ne kadar ait olduğu tespit edilebilir. Şekil 7'de gösterildiği gibi ikili mantıkta (a) durum 0 ise; beyaz, 1 ise; siyah sonucu üretilmektedir. Ancak bulanık mantıkta (b) 0 ise; beyaz, 1 ise; siyah, 0 - 1 aralığında ise; grinin tonlarında sonuç üretilmektedir. Bulanık mantıkta eleman 0'a yaklaştıkça beyazlaşır 1'e yaklaştıkça siyahlaşır, bu durum elemanın üyelik derecesini temsil eder ve kümeye ait olma oranını gösterir (Şekil 7).



Bulanık küme, elemanlarının ait olma derecelerini gösteren üyelik fonksiyonu ile temsil edilmektedir. Bu küme içerisinde başlangıç ve bitiş değerleri yani üyelik değerleri kullanılarak bir üyelik fonksiyonu elde edilir (Zadeh, 1965). Bu (1); X evrensel tanım kümesini, A bulanık kümesini, x küme elemanlarını, μ_A x küme elemanlarının üyelik derecelerini temsil etmektedir.

$$\mu_A(x): X \rightarrow [0,1] \begin{cases} \mu_A(x) = 0; & x \text{ elemanı A kümesine dahil değildir.} \\ \mu_A(x) = 1; & x \text{ elemanı A kümesine tam dahildir.} \\ 0 < \mu_A(x) < 1; & x \text{ elemanı A kümesinin parçasıdır.} \end{cases} \quad (1)$$

Kümeyle dahil olmayanlar 0, küme içerisinde yer alanlar 0-1, ve kümeyle tam dahil olanlar 1 şeklinde üyelik değerlerinin ataması gerçekleştirilir. 0 ve 1 arasında kalan x elemanları ise kümenin bir parçasıdır ve kümeyle ne kadar ait olduğu üyelik derecesi sayesinde belirlenir (Altaş, 1999). Bu yöntem ile insan doğasında da yer alan belirsizlik durumları temsil edilebilir. Böylece aynı kümeyle üye olan elemanlar arasında ayırım yapılarak daha nesnel sonuçlar elde edilebilmiştir.

Bulanık mantık teorisi, klasik Aristo mantığının çözemediği pek çok problemi çözebildiği için günümüzde başta kontrol sistemleri olmak üzere tıp, biyoloji, ekonomi gibi alanlarda yoğun olarak kullanılmaktadır. İlk kez 1969'da anahtarlar için kullanılan bulanık mantık (Marinos, 1969), 1974'de desen tanıma ve ilişkilendirme (Shimura, 1975), 1975'de tıbbi teşhislerin uygulamasında (Wechsler, 1975) ve buhar makinelerinin kontrol sistemlerinde (Mamdani, 1975), 1980'de endüstriyel uygulamalarda (Larsen, 1980), 1990'da mevcut uygulamalar için tercih edilen robot seçiminde (Wu, 1990) kullanılmış ve günümüzde hala birçok alanda (Makropoulos, Butler ve Maksimovic, 2003; Özbey, Koluman ve Tokat, 2021; Leracitano ve diğerleri, 2022) kullanılmaya devam etmektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Bulanık Mantık Kullanılan Karar Destek Sistemlerinin Yapı Üretim Süreçlerinde Kullanılması

Bulanık mantık tabanlı karar destek sistemleri giderek artan bir sıklıkta mimarlar tarafından yapı üretiminin tüm aşamalarında kullanılmaktadır. Buna bağlı olarak bu alanda yapılan çalışmalar çeşitlilik göstermektedir. Kavramsal tasarımdan, strüktür tasarımına, yapı elemanı tasarımından alan tasarımına kadar, mimari tasarım aşamasında kullanılan değerlendirme, geliştirme ve destek mekanizmalarının yanı sıra; ürün geliştirme, malzeme seçimi ve proje yönetimi süreçlerinde de bulanık mantık ile yapılan çalışmalar mevcuttur. Bulanık mantık tabanlı sistemler, yapı üretim süreçlerinin çok katmanlı yapısında sürece farklı açılardan katkı sunmaktadır. Yapılan çalışmalara bakıldığında, bulanık mantık sistemlerinin karar vericilere destek olduğu iki ana gruptan söz edilebilir. Bunlar yapı tasarımı ile ilgili pek çok farklı parametrenin değerlendirilmesine olanak sağlayan tasarım destek sistemleri ve ürünlere ilişkin son kullanıcı memnuniyetini artırmak ve malzemenin etkinliğini geliştirmek için kullanılan ürün geliştirme destek sistemleridir. Tasarım sistemleri ise kendi içinde; kavramsal tasarım, strüktür tasarımı, yapı elemanı tasarımı ve alan tasarımı olarak dört farklı gruba ayrılmaktadır.

Kavramsal tasarımda yeni ürünlerin değerlendirilmesi hızla gelişen pazar ortamında şirketler için önemli bir aşamadır. Fakat değerlendirilmesi gereken birçok ürünün olması süreci uzatmakta ve işlerin yavaşlamasına yol açmaktadır. Bu aşamayı kısaltmak için Ayağ (2005) 2005 yılında Palabıyık ve Çolakoğlu ise (2012) 2012 yılında karar vericinin vereceği sonucu kolaylaştırmak ve netleştirmek için bulanık mantık ile AHP modelini birleştirerek bulanık AHP modelini önermişlerdir. Bu sayede tasarımcıların kriterlerine uygun olan ürünler karar destek sistemi tarafından belirlenerek ürün değerlendirme aşaması hızlandırılmıştır. Benzer şekilde Ayağ ve Özdemir (2009), kavramsal tasarımlardaki değerlendirme sürecini hızlandırmak için AHP yöntemi yerine Analitik Ağ Süreci

(Analytic Network Process - ANP) yöntemi kullanarak Bulanık ANP modelini önermişlerdir. Bulanık AHP modeli ile karşılaştırıldığında bulanık ANP'nin analizinin daha karmaşık olduğuna fakat karşılıklı bağılıkları yakaladığı için daha güvenilir çözüm ürettiği sonucuna varmışlardır. Malekly ve diğerleri (2010), ise karayolu köprü inşası için en iyi tasarım fikrini seçmeye yardımcı olabilecek bulanık mantık tabanlı Kalite Fonksiyon Dağıtımı (Quality Function Deployment- QFD) modeli ile İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Sipariş Performansı Tekniği (Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution- TOPSIS) yöntemini entegre ederek bir karar destek sistemi geliştirmişlerdir. Chin ve diğerleri (2008), kavramsal tasarım aşamasında ürün geliştirme için bulanık bilgiye dayalı bir değerlendirme sistemi önererek ürün kalitesini, güvenilirliğini ve maliyetlerini optimize etmeyi amaçlamışlardır. Huang ve diğerleri (2013), kavramsal tasarımların değerlendirilmesi sırasında farklı senaryolar ortaya koyarak bulanık mantık, sinir ağı, genetik algoritma ve fiziksel programlama gibi yöntemlerden yararlanmışlardır. Kavramsal tasarım aşamasında tasarım alternatiflerini değerlendirmek için doğrusal fiziksel programlama (Linear Physical Programming- LPP) modeli ve sıralama tabanlı uyarlanabilir evrimsel operatör genetik algoritması (Ranking-Based Adaptive Evolutionary Operator Genetic Algorithm - RAOGA) tabanlı bulanık sinir ağı (Fuzzy Neural Network - FNN) modelinin kullanılabilir olduğunu gözlemlemişlerdir. Ayrıca tasarım değerlendirme problemini çözmek için yeni bulanık ağırlıklı ortalama (New Fuzzy Weighted Average - NFWA) ve bulanık uzlaşma karar verme yöntemine dayalı çok seviyeli bir kavramsal tasarım değerlendirme modeli geliştirilmişlerdir. Zhou ve diğerleri (2019), kavramsal tasarımların karar verme sürecinde sezgisel tabanlı bulanık ikili semantik grup kararına dayalı tasarım yöntemi önermişlerdir. Parameshwaran ve diğerleri (2015), yeni bir mekatronik ürün geliştirmek için Bulanık Delphi Yöntemi (Fuzzy Delphi Method - FDM), Bulanık Yorumlayıcı Yapısal Modelleme (Fuzzy Interpretive Structural Modeling - FISM), Bulanık Analitik Ağ Süreci (Fuzzy Analytical Network Process - FANP) ve Bulanık Kalite Fonksiyon Dağıtımı (Fuzzy Quality Function Deployment - FQFD) gibi çeşitli yöntemlerden yararlanmışlardır. Ma ve diğerleri (2018), bulanık mantık kullanarak tasarım aşamasında belirli bir ürün bileşeni için ürünün yaşam sonu stratejisinin belirlenmesinde yer alan belirsizliği ele almışlardır. Karar destek sistemlerinin tasarımları değerlendirmesi karar vericiler tarafından kolaylık sağlarken, tasarımcılara yönelik bir model Mohebbi ve diğerleri tarafından önerilmiştir. Mohebbi ve diğerleri (2018), mekatronik sistemlerin karmaşık süreçlerini tasarlayan tasarımcılara yardımcı olacak Choquet integrali, Sugeno integrali ve FNN gibi üç farklı yöntem geliştirmiştir. Bu tarz sistemler ile geliştirilen tasarımların hızla değerlendirilip piyasaya sunulması oldukça önemlidir, fakat bununla beraber müşteri memnuniyetine de önem vermek gerekmektedir. Bu amaç doğrultusunda; Kang ve diğerleri (2018), belirledikleri bir ürünün tasarımındaki çekici faktörleri belirleyip müşteri memnuniyeti arttırmak için bulanık AHP ve QFD yöntemlerini kullanmıştır. Yine Kang (2020), bir tasarımın fayda sağlamanın yanında estetik açıdan da müşteriyi memnun eden tasarımların karar destek sistemleri tarafından seçilebilmesi için Kaba Küme Teorisi (Rough Set Theory - RST) ve bulanık QFD yöntemini birleştirerek yeni bir model önermiştir. Keshteli ve Davoodvanfi (2017), ise bulanık QFD, bulanık AHP ve bulanık TOPSIS yöntemlerini birleştiren bir yaklaşım önermişlerdir. Sutono ve diğerleri (2016), tüketicilerin estetik ve duygusal ihtiyaçlarına cevap verebilecek tasarımlar gerçekleştirmek için bulanık mantık tabanlı Taguchi Yöntemi (Taguchi Method - TM) önererek, ürün form tasarımına ait parametrelerin optimum kombinasyonunu belirlemeyi hedeflemişlerdir.

Yıldız ve Aktaş (2017), cephe tasarımlarında rüzgâr, sıcaklık, enerji verimliliği, aydınlık, ses, inşa edilebilirlik gibi ortamın şartlarına uygun tasarım özelliklerini belirleyebilmek için bulanık mantık yöntemi kullanmıştır. Kazanasmaz ve Tayfur (2010), hasta bakım ve tedavi alanlarının verimliliğini tespit etmek için bulanık mantık yönteminden yararlanmışlardır. Verimlilik sınıflandırması yaparak hastanelerin tasarımlarını karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Arabacıoğlu (2010) ise çalışmasında mimari tasarımların mekânsal analizlerinin sezgisel yöntemlerden bağımsız olarak tasarlanması için bulanık mantık modeli önermiştir. Bu sayede matematiksel dayanakları olan mekân analizleri gerçekleştirilebileceğinden bahsetmiş ve sonuçların başarılı olduğunu göstermiştir. Şimşek ve Sev (2021) ise yakın tarihli çalışmalarında, yüksek yapılarda strüktür seçiminde bulanık mantık ve AHP kullanılması halinde, öznel değerlendirmelerin ve dilsel ifadelerin belirli kalıpları olmadan, esnek bakış açılarını kolayca analiz ederek sayısal değerlere dönüştürebilmesi ile, yöntemin karar vericiye somut sonuçlar sunduğunu belirtmektedir. Özyılmaz (2019) ise, çalışmasında bulanık mantık kullanımını yapı tasarımı ölçeğinden kentsel alan çalışmalarına çekerek, bulanık mantık yönteminin uygulandığı farklı

konularda ve farklı ölçeklerdeki kentsel tasarım örneklerini incelemiştir. Goud ve diğerlerinin (2020) gerçekleştirdiği sürdürülebilir yapı malzemesi seçiminde model geliştirilmesi çalışması ile beraber Pamucar'ın (2020) yürüttüğü yapı malzemelerinin çok kriterli seçiminde model geliştirilmesi çalışmalarında, farklı niteliklerdeki yapılar için en doğru yapı malzemesinin seçilebilmesi adına model geliştirilmesi için bulanık mantığın kullanıldığı karar destek sistemleri üzerinde durulmuştur. Sooraj ve Paul (2018) ise tasarım, malzeme seçiminden farklı olarak, proje yönetiminde bulanık mantık kullanımının avantajları üzerinde durmuştur. Tüm bu çalışmalar literatür özeti tablosunda karar alanlarına göre kronolojik olarak özetlenerek sıralanmıştır [Çizelge 2]. Bu literatür özeti ile bulanık mantık tabanlı karar destek sistemlerinin mimarlıktaki kullanım alanları ve konu ile ilgili değerlendirmelerde bulunan araştırmacıların çalışmaları bir arada verilerek, bu minvalde yapılacak çalışmalar için kaynak oluşturulması hedeflenmiştir.

Çizelge 2. Literatür özeti (Baran Ergül ve Varol Malkoçoğlu, 2022)

TASARIM	Kavramsal Tasarım	Yazarlar		Yapı	Yapı tasarımı karar destek sistemlerinde bulanık mantık kullanılması
		Yıl	Yöntem		
		Çiftçioğlu ve Sarıyıldız	1998	Bulanık Mantık	Yapı tasarımı karar destek sistemlerinde bulanık mantık kullanılması
		Çiftçioğlu	2003	Bulanık Mantık	Mimaride bulanık mantık ile tasarım geliştirme
		Ayağ	2004	Bulanık AHP	Kavramsal tasarımdaki yeni ürünlerin hızlı değerlendirilmesi
		Chin vd.	2008	Bulanık Bilgi Yöntemi	Tasarımların kalitesini, güvenilirliğini ve maliyetini optimum seviyede tutan karar destek mekanizmasının geliştirilmesi
		Ayağ ve Özdemir	2009	Bulanık ANP	Kavramsal tasarımdaki yeni ürünlerin hızlı değerlendirilmesi ve daha güvenilir sonuçlar üretmesi
		Kazanasmaz ve Tayfur	2010	Bulanık Mantık	Devlet hastanesindeki kat planlarının ve tedavi ünitelerinin verimliliklerinin değerlendirilmesi
		Arabacioglu	2010	Bulanık Mantık	Mimari tasarımların mekânsal analizinin gerçekleştirilmesi
		Malekly vd.	2010	Bulanık QFD ve TOPSIS	Karayolu köprüsünün kavramsal tasarımında üst yapı seçiminin gerçekleştirilmesi
		Palabiyik ve Çolakoğlu	2012	Bulanık AHP	Mimari tasarım alternatiflerinin ürün bazında değerlendirilmesi
		Talašová	2012	Bulanık Mantık	Adolf Loos tasarımlarının bulanık mantık yaklaşımı ile analiz edilmesi
		Huang vd.	2013	LPP, RAOGA-FNN ve Bulanık Mantık	Kavramsal tasarımdaki yeni ürünlerin değerlendirilmesi
		Zhou vd.	2019	Sezgisel Tabanlı Bulanık İkili Semantik Grup	Kavramsal tasarımda karar verme
		Kang	2020	Bulanık QFD ve RST	Tasarımların seçilirken hem estetik hem de kullanılabilirlik açısından değerlendirilmesi
		Mehta [2021	Bulanık Mantık	Çok kriterli sürdürülebilir yapı tasarımında bulanık mantık tabanlı model kullanılması
	Strüktür Tasarımı	Bansal vd.	2017	Bulanık Mantık	Sürdürülebilir yapılar için en uygun yapım yönteminin bulanık mantık yöntemi kullanılarak belirlenmesi
		Fayek	2020	FDM, FISIM, FANP ve FQFD	Konstrüksiyon tasarımı ve yönetiminde bulanık mantık ile hibrit yöntemlerin kullanılması
		Şimşek ve Sev	2021	Bulanık Mantık ve AHP	Yüksek yapılarda strüktürel sanatın bulanık mantık analitik hiyerarşi süreci yöntemi ile değerlendirilmesi
	Yapı Elemanı Tasarımı	Yıldız ve Aktaş	2017	Bulanık Mantık	İzmir bölgesinde ofis tasarım üzerine bir vaka çalışması gerçekleştirilerek cephe tasarımında ortam şartlarına uygun özelliklerin belirlenmesi

Alan Tasarımı	Çekmiş	2016	Bulanık Mantık	Vaziyet planı yerleşim kararlarında bulanık mantık kullanımı
	Özyılmaz	2019	Bulanık Mantık	Bulanık mantık yönteminin kentsel alan çalışmalarında kullanımı
Ürün Geliştirme	Gencil vd.	2013	Bulanık Mantık	Kendinden yerleşen elyaf takviyeli beton özelliklerinin tahmini için bulanık mantık kullanımı
	Serin vd.	2013	Bulanık Mantık	Genleştirilmiş kil agregası kullanılarak üretilmiş hafif asfalt betonun marshall stabilite tahmini için bulanık mantık modeli
	Parameshwaran vd.	2015	FDM, FISM, FANP ve FQFD	Yeni bir mekatronik ürün geliştirmek
	Keshteli ve Davoodvanfi	2017	Bulanık AHP, Bulanık TOPSIS ve Bulanık QFD	İran'daki seramik ve kiremit endüstrisinde bir vaka çalışması gerçekleştirerek, ürün tasarımlarında müşteri memnuniyetinin artırılması
	Ma vd.	2018	Bulanık Mantık	Tasarım aşamasında belirli bir ürün bileşeni için ürünün yaşam sonu stratejisinin belirlenmesi
	Kang vd.	2018	Bulanık AHP, Bulanık Kano ve Bulanık QFD	Ürün tasarımlarında hem müşterinin faydasını hem de memnuniyetini arttırmak için hibrit yöntem geliştirilmesi
	Mohebbi vd.	2018	Choquet integrali, Sugeno integrali ve FNN	Sıralı tasarım yaklaşımının yerine sistematik ve çok amaçlı tasarım metodolojisi oluşturularak, mekatronik sistemlerde karmaşık olan kavramsal tasarım aşamasını tasarımcılar için kolaylaştırmak
	Koçak Yücedağ ve	2020	Bulanık Mantık	Metakaolin ikameli portland kompozite çimento harçlarının eğilme dayanımının bulanık mantık yaklaşımıyla tahmin edilmesi
Malzeme Seçimi	Goud Vd.	2020	Bulanık Mantık	Sürdürülebilir yapı malzemesi seçiminde bulanık model geliştirilmesi
	Pamucar	2020	Bulanık Mantık	Yapı malzemelerinin çok kriterli seçiminde bulanık mantık tabanlı model geliştirilmesi
Proje Yönetimi	Sooraj ve Paul	2018	Bulanık Mantık	Proje yönetiminde ve planlamasında bulanık mantık kullanımı

4. Sonuç ve Öneriler

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte, insanların karar verme sürecine yardımcı olan bilgisayar tabanlı karar destek sistemleri ortaya çıkmıştır. Bu sistemler birçok alanda işlerin yapılış tarzını, hızını, kalitesini ve değerini etkilemiştir. Bu çalışmada yapay zekanın alt dallarından biri olan bulanık mantık tabanlı karar destek sistemleri mimarlık özelinde incelenmiş ve mimarlığın hangi alanında ne amaç ile kullanıldıkları gruplandırılarak detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Literatür özetinde de görülebileceği üzere; yapılan çalışmalardan elde edilen sonuç, bulanık mantık ile kurulan modellerin esneklik özelliği taşıdığı ve bunun tasarım problemlerinin çözümünde fayda sağladığı yönündedir. Çalışmalarda oluşturulan modeller, çok fazla girdi ve katman barındırmasına rağmen, bulanık mantığın sağladığı imkânlar ile basitçe kurgulanabilmiş, gerekli durumlarda modele ekleme ve çıkarma yapılabilmektedir. Yöntemin sağladığı esnek küme oluşturma özelliği, kuramsal bilgilerin sayısal veriye dönüştürülerek uygulama yapılmasına olanak sağlamaktadır. Bulanık mantık tabanlı yöntemlerde, karar verme süreci belirsiz, karmaşık, çok ölçütlü ve birden fazla değişkene bağlı alt değişkenlerin olmasına rağmen, modellerin başarılı bir şekilde çalıştığı görülmektedir. Bu durum, bulanık mantık yapısının tasarım sürecinin karmaşık yapısı ile örtüşmesinden kaynaklanmaktadır.

Günümüz tasarımları farklı ölçekte ve farklı disiplinleri ilgilendiren, çok sayıda değişkene bağlı problemlerdir. Tasarım ile ilgili birbirine bağlı farklı sayıdaki değişkeni bulanık mantık tabanlı bir sistem ile modellemek çalışmanın yapılabilişliğini ve başarısını arttırmaktadır.

Literatür özetine bakıldığında dikkat çekici bir diğer nokta ise bulanık mantık yöntemi ile farklı yöntemlerin bir arada kullanılabilirliğidir. Coğrafi bilgi sistemleri, analitik hiyerarşi, istatistik analiz teknikleri gibi yöntemler, bulanık mantık ile kullanıldığında farklı çalışma sonuçları ortaya konulabilmekte ve karar vericinin başarısını arttırmaktadır. Literatür araştırmasında incelenen

örneklerden elde edilen çıkarımla, mimari karar destek sistemlerinde bulanık mantık kullanımının sahip olduğu avantajlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

- Bulanık mantık, insanın mantık yapısına yakın sonuçlar üretebilmektedir.
- Matematiksel modellemelere ihtiyaç duymadığı için herkes tarafından kolayca kullanılabilir.
- Klasik mantığın çözemediği karmaşık problemlere basit çözümler getirebilir.
- Uzun zaman alabilecek problemler bulanık mantık karar destek sistemleri ile hızlıca çözümlenebilir.
- Sayısal olmayan ya da matematiksel olarak ifade edilemeyen tecrübeler bulanık mantık sayesinde karar destek sistemlerinde giriş verisi olarak kullanılabilir.
- Belirsiz durumları da göz önüne aldığı için ürettiği sonuçlar daha öznedir. Bu öznelik özellikle mimari tasarımlarda ürün seçimi, model tasarımı, mekân seçimi gibi alanlarda başarıyı arttırdığı düşünülmektedir.

Bulanık mantık ile oluşturulan modellerin işlevselliğine ve bulanık mantık yönteminin sahip olduğu birçok avantaja rağmen; üyelik fonksiyonun seçimlerinin belirlenmesinde deneme-yanılma yöntemi kullanıldığı için zaman kaybına yol açabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca denetim sırasında kullanılan kurallar deneyime bağlı olduğu için eksik kural tanımı yapılabilir. Bununla birlikte, kararlılık analizinin önceden yapılamaması sebebi ile sistemin üreteceği sonuçların önceden kestirilememesi bir dezavantaj olarak değerlendirilebilir.

Bu çalışmada bulanık mantık, salt sistem özellikleri ile tanımlanmamış, karar destek sistemleri içerisindeki yeri ve diğer sistemlerden ayrılan özellikleri ile belirtilmiştir. Ayrıca mimarlıkta karar verme sürecine sistematik yaklaşılarak, bulanık mantık tabanlı yöntemlerin tasarım problemlerine neden ve nasıl çözüm bulabildiği yanıtlanmaya çalışılmıştır. Çalışmada yer alan literatür araştırması ise, gelecekte yapılacak farklı katmanlara ait değişkenleri barındıran tasarım problemlerinde karar vericiler için referans niteliği taşımaktadır. Literatürde mekânsal ölçekten strüktür ve kent ölçeğine kadar çok farklı ölçeklerde yapılan çalışmalar bulunmasına karşın, bulanık mantık yöntemiyle yapılan araştırmaların artmasıyla birlikte, oluşturulan modellerin daha da geliştirileceği öngörülmektedir.

Teşekkür ve Bilgi Notu

Makalede ulusal ve uluslararası araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur. Çalışmada etik kurul izni gerekmemiştir.

Yazar Katkısı ve Çıkar Çatışması Beyan Bilgisi

Makalede 1. yazar %40, 2. yazar %40 ve 3. yazar %20 oranında katkıda bulunmuştur. Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

- Altaş, İ. H. (1999). Bulanık mantık: bulanıklılık kavramı. *Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e*, 62, 80-85. Erişim adresi: <https://dijitalbasin.com/Read/387/3e-elektrotech-dergisi>
- Arabacıoğlu, B. C. (2010). Using fuzzy inference system for architectural space analysis. *Applied Soft Computing*, 10(3), 926-937. doi: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2009.10.011>
- Austin, S., Baldwin, A., Baizhan, Li, B. ve Waskett, P. (1999). Analytical design planning technique: A model of the detailed building design process. *Journal of Design Studies*, 20(3):279-296. doi: [https://doi.org/10.1016/S0142-694X\(98\)00038-6](https://doi.org/10.1016/S0142-694X(98)00038-6)
- Ayağ, Z. ve Özdemir, R. G. (2009). A hybrid approach to concept selection through fuzzy analytic network process. *Computers & Industrial Engineering*, vol. 56, no. 1, pp. 368-379, doi: 10.1016/j.cie.2008.06.011
- Ayağ, Z. (2005). A fuzzy AHP-based simulation approach to concept evaluation in a NPD environment. *IIE Transactions*, vol. 37, no. 9, pp. 827-842, doi:10.1080/07408170590969852.

- Bansal, S., Biswas S. ve Singh S. (2017). Fuzzy decision approach for selection of most suitable construction method of green buildings. *International Journal of Sustainable Built Environment* 6, 122–132. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijsbe.2017.02.005>
- Bayazıt, N. (2004). *Endüstriyel Tasarımcılar İçin Tasarlama Kuramları ve Metotları*, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Behesti, M.R. ve Monroy, M. R. (1986). ADIS: Steps towards developing an architecture design information system. *Open House International*, 11(2):38-45. Erişim adresi: <https://www.emeraldgrouppublishing.com/journal/ohi>
- Beşikçi, E. B., Arslan, O., Turan, O. ve Ölçer, A. I. (2016). An artificial neural network based decision support system for energy efficient ship operations. *Computers & Operations Research*, 66, 393–401. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cor.2015.04.004>
- Bozdemir, M. (2017). Yapay zekâ destekli bir tasarım işlem modelinin yapısı. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 1 (1), 1-8. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/ij3dptdi/issue/33982/376173>
- Bozdemir, M. ve Mendi, F. (2013). Yapay zekâ destekli sistematik tasarım için bilgi yönetim sistem mimarisi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 20 (2). Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/gazimmfd/issue/6664/88916>
- Chin, K.-S., Chan A. ve Yang J.-B. (2008). Development of a fuzzy FMEA based product design system, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 36, no. 7, pp. 633- 649, doi: 10.1007/s00170-006-0898-3
- Chou, Y. C. ve Benjamin, C. O. (1992). An AI-based decision support system for naval ship design. *Naval Engineers Journal*, 104(3), 156–165. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1559-3584.1992.tb02235.x>
- Conrads, U. (1991). 20. Yüzyıl Mimarisinde Program ve Manifestolar, Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı
- Cooper, R. ve Press, M. (1995). *The Design Agenda: A Guide to Successful Design Management*, John Wiley&Sons Ltd., Chichester
- Cross, N. (2000). *Engineering Design Methods: Strategies for Product Design, 3. Edition*, John Wiley & Sons, Chichester
- Çekmiş, A. (2016). Fuzzy logic in architectural site planning design. *Procedia Computer Science*. 102–182. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.09.386>
- Ciftcioglu, O. (2003). Design enhancement by fuzzy logic in architecture. *In The 12th IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, Vol. 1, pp. 79-84. IEEE. Doi: 10.1109/FUZZ.2003.1209341
- Çiftçiöğlü Ö. ve Sarıyıldız S. (1998). Integrated building design decision support with fuzzy logic. *Transactions on Information and Communications Technologies*, vol 20. Doi: 10.2495/AI980031
- Das, S., Swetapadma, A. ve Panigrahi, C. (2019). A study on the application of artificial intelligence techniques for predicting the heating and cooling loads of buildings. *Journal of Green Building*, 14(3), 115-128. Doi: <https://doi.org/10.3992/1943-4618.14.3.115>
- Demirarslan, D. (2006). İç Mekân Tasarımına Giriş. Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi Yayınları
- Ding, X. ve Liu, B. (2007). The utility of linguistic rules in opinion mining. In Proceedings of the 30th annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval (pp. 811-812). Doi: <https://doi.org/10.1145/1277741.1277921>
- Ediz, F. E. (2006). Mimari Yapısal Öğelerin Tasarımı İçin Bir Yöntem, Doktora Tezi, İTÜ, Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Esen, Ö. (1998). *İşletme Yönetiminde Sistem Yaklaşımı*, Alfa Basım Yayım Dağıtım, 56-60.

- Fayek, A. (2020). Fuzzy logic and fuzzy hybrid techniques for construction engineering and management. *J. Constr. Eng. Manage.*, 146(7): 04020064. doi: [http://ascelibrary.org/doi/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001263](http://ascelibrary.org/doi/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001263).
- Gencil, O., Özel, C., Köksal, F. ve Martinez, G. (2013). Fuzzy logic model for prediction of properties of fiber reinforced self-compacting concrete. *Materials Science (Medziagotyra)*. Vol. 19, No. 2. Doi: <https://doi.org/10.5755/j01.ms.19.2.4439>
- Gero, J. S. (1975). Architectural optimization – A Review, *Engineering Optimization*, 1(3):189-199. Doi: <https://doi.org/10.1080/03052157508960586>
- Goud, A., Mounika, K. ve Prakash, A. (2020). Fuzzy model development in green building material selection. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, Volume-9 Issue-1. DOI:10.35940/ijrte. B2045.059120
- Güneş, H., Orta, E. ve Akdaş, D. (2016). Akıllı ev sistemlerinde kullanılan yapay zekâ teknikleri için yapay veri üretici geliştirilmesi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 18 (2), 1-11. DOI: 10.25092/baunfbed.280151
- Huang, H.-Z., Liu, Y., Li, Y., Xue, L. ve Wang, Z. (2013). New evaluation methods for conceptual design selection using computational intelligence techniques, *Journal of Mechanical Science and Technology*, vol. 27, no. 3, pp. 733-746, doi: 10.1007/s12206-013-0123-x.
- Ireland, R. ve Liu, A. (2018). Application of data analytics for product design: Sentiment analysis of online product reviews. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 23, 128-144. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2018.06.003>
- İzgi, U. (1999). *Mimarlıkta Süreç, Kavramlar-İlişkiler 1. baskı*, Yapı-Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul, Cilt 201,199-200
- Jaihar, J., Lingayat, N., Vijaybhai, P. S., Venkatesh, G. ve Upla, K. P. (2020). Smart home automation using machine learning algorithms. In *2020 International Conference for Emerging Technology (INCET)* (pp. 1-4). IEEE. Doi: 10.1109/INCET49848.2020.9154007
- Jin, J., Ji, P. ve Gu, R. (2016). Identifying comparative customer requirements from product online reviews for competitor analysis. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 49, 61-73. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2015.12.005>
- Jones, J. C. (1980). *Design Methods*, John Wiley & Sons Ltd, New York
- Kang, X. (2020). Aesthetic product design combining with rough set theory and fuzzy quality function deployment. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, vol. 39, pp. 1131-1146, doi: 10.3233/JIFS-192032
- Kang, X., Yang, M., Wu, Y. ve Ni, B. (2018). Integrating evaluation grid method and fuzzy quality function deployment to new product development. *Mathematical Problems in Engineering*, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1155/2018/2451470>
- Kazanasmaz, Z. T. ve Tayfur, G. (2010). Hasta bakım ünitelerinin tasarım verimliliklerinin bulanık mantık modeli bağlamında değerlendirilmesi. *Megaron*. Erişim adresi: <https://app.trdizin.gov.tr/makale/TVRFNU56QXdNQT09>
- Keen, P. G. W. (1978). *Decision support systems: an organizational perspective*. Reading, Mass., Addison-Wesley Pub. Co. ISBN 0-201-03667-3.
- Keshteli, R. N. ve Davoodvandi, E. (2017). Using fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS in fuzzy QFD: a case study in ceramic and tile industry of Iran. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 20(2), 197-216. Erişim adresi: <https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJPM.2017.081480>
- Keskenler, M. F. ve Keskenler, E. F. (2017). Bulanık Mantığın Tarihi Gelişimi. *Takvim-i Vekayi*, 5 (1) , 1-10 . Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/takvim/issue/33455/371973>

- Koçak, B., Koçak, Y. ve Yücedağ, İ. (2020). Prediction of flexural strength of portland–composite cement mortars substituting metakaolin using fuzzy logic. *Düzce University Journal of Science & Technology*, 8 2377-2387. Doi: <https://doi.org/10.29130/dubited.798315>
- Larsen, P. M. (1980). Industrial applications of fuzzy logic control. *International Journal of Man-Machine Studies*, 12(1), 3-10. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0020-7373\(80\)80050-2](https://doi.org/10.1016/S0020-7373(80)80050-2)
- Lawson, B. (2006). *How Designer Think, Fourth Edition*, First Published 1980, Architectural Press, Oxford.
- Leracitano, C., Mammone, N., Versaci, M., Varone, G., Ali, A. R., Armentano, A., ... ve Morabito, F. C. (2022). A Fuzzy-enhanced deep learning approach for early detection of covid-19 pneumonia from portable chest x-ray images. *Neurocomputing*. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2022.01.055>
- Ma J., Kremer, G. E. O. ve Ray, C. D. (2018). A comprehensive end-of-life strategy decision making approach to handle uncertainty in the product design stage. *Research in Engineering Design*, vol. 29, pp. 469-487, doi: 10.1007/s00163-017-0277-0
- Makropoulos, C. K., Butler, D. ve Maksimovic, C. (2003). Fuzzy logic spatial decision support system for urban water management. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 129(1), 69-77. Erişim adresi: [https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)0733-9496\(2003\)129:1\(69\)](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)0733-9496(2003)129:1(69))
- Malekly H., Meysam Mousavi S. ve Hashemi H., (2010). A fuzzy integrated methodology for evaluating conceptual bridge design. *Expert Systems with Applications*, vol. 37, no. 7, pp. 4910-4920, doi: 10.1016/j.eswa.2009.12.024
- Mamdani, E. H. ve Assilian, S. (1975). An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. *International Journal of Man-Machine Studies*, 7(1), 1-13. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0020-7373\(75\)80002-2](https://doi.org/10.1016/S0020-7373(75)80002-2)
- Marinos, P. N. (1969). Fuzzy logic and its application to switching systems. *IEEE Transactions on Computers*, 100(4), 343-348. Doi: 10.1109/T-C.1969.222662
- Megawaty, M. ve Ulfa, M. (2020). Decision support system methods: A review. *Journal of Information Systems and Informatics*, 2(1), 192-201. Doi: <https://doi.org/10.33557/journalisi.v2i1.63>
- Mehta, R. (2021). Optimal design and modeling of sustainable buildings based on multivariate fuzzy logic. *International Journal of Sustainable Development and Planning*. Vol. 16, No. 1, pp. 195-206. Doi: <https://doi.org/10.18280/ijstdp.160120>
- Mohebbi, A., Achiche, S. ve Baron, L. (2018). Multicriteria fuzzy decision support for conceptual evaluation in design of mechatronic systems: a quadrotor design case study. *Research in Engineering Design*, vol. 29, no. 3, pp. 329-349, doi: 10.1007/s00163-018-0287-6
- Moor, J. (2006). The dartmouth college artificial intelligence conference: The next fifty years, *AI Magazine*, Vol 27, No., 4, Pp. 87-90. Doi: <https://doi.org/10.1609/aimag.v27i4.1911>
- Mueller, C. T. & Ochsendorf, J. A. (2015). Combining structural performance and designer preferences in evolutionary design space exploration. *Automation in Construction*, 52, 70-82. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.02.011>
- Nimri, R., Battelino, T., Laffel, L. M.et al. (2020). Insulin dose optimization using an automated artificial intelligence-based decision support system in youths with type 1 diabetes. *Nat Med*. 26, 1380–1384 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41591-020-1045-7>
- Özbey, S., Koluman, A. ve Tokat, S. Estimation of infection risk using symptoms of COVID-19: an approach based on fuzzy expert system. *Frontiers in Life Sciences and Related Technologies*, 2(3), 92-102. Doi: <https://doi.org/10.51753/flsrt.1010253>
- Özyılmaz Küçükyağcı, P. ve Ocakçı, M. (2019). Bulanık mantık yönteminin kentsel alan çalışmalarında kullanımı. *Kent Akademisi*, 12 (2), 299-308. DOI: 10.35674/kent.572209

- Palabiyık, S. ve Çolakoğlu, B. (2012). Mimari tasarım sürecinde son ürünün değerlendirilmesi: Bir bulanık karar verme modeli.
- Pamucar, D. (2020). Multi-criteria model for the selection of construction materials: an approach based on fuzzy logic. *Tehnički vjesnik*, 27(5), 1531-1543. Doi: <https://doi.org/10.17559/TV-20190426123437>
- Parameshwaran, R., Baskar, C. ve Karthik, T. (2015). An integrated framework for mechatronics based product development in a fuzzy environment. *Applied Soft Computing*, 27, 376-390. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2014.11.013>
- Rego, A., Ramírez, P. L. G., Jimenez, J. M. & Lloret, J. (2022). Artificial intelligent system for multimedia services in smart home environments. *Cluster Computing*, 25(3), 2085-2105. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10586-021-03350-z>
- Render, B. ve Stair, R. M., (1991). *Quantitative Analysis for Management, 4th Edition*, Allyn and Bacon, Massachusetts.
- Rowe, P. G. (1987). *Design Thinking*, The MIT Press, Cambridge.
- Saba, S., Ahsan, F. ve Mohsin, S. (2017). BAT-ANN based earthquake prediction for Pakistan region. *Soft Computing*, 21:5805-5813. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00500-016-2158-2>
- Serin, S., Morova, N., Sargin, Ş., Terzi, S. ve Saltan, M. (2014). The Fuzzy logic model for the prediction of marshall stability of lightweight asphalt concretes fabricated using expanded clay aggregate. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 17 (1), 163-172. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/sdufenbed/issue/20800/222059>
- Shimura, M. (1975). An approach to pattern recognition and associative memories using fuzzy logic. *In Fuzzy Sets and Their Applications to Cognitive and Decision Processes* (pp. 449-476). Academic Press. Doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-775260-0.50024-4>
- Simoës-Marques, M., Ribeiro, R.A. ve Gameiro-Marques, A. (2000). A fuzzy decision support system for equipment repair under battle conditions, *Fuzzy Sets and Systems*, 115(1):141-157. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(99\)00023-8](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(99)00023-8)
- Smith, R. P. ve Jeffrey, A. M. (1999). Product development process modeling. *Journal of Design Studies*, 20(3):237-261. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0142-694X\(98\)00018-0](https://doi.org/10.1016/S0142-694X(98)00018-0)
- Sooraj, A. ve Paul, A. (2018). Fuzzy logic in construction project scheduling: A review. *International Research Journal of Engineering and Technology*. Volume: 05 Issue: 11.
- Sutono, S. B., Abdul-Rashid, S. H., Aoyama, H. ve Taha, Z. (2016). Fuzzy-based Taguchi method for multiresponse optimization of product form design in Kansei engineering: a case study on car form design. *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*. vol. 10, no. 9, doi: 10.1299/jamdsm.2016jamdsm0108.
- Suzuki, K. ve Chen, Y. (Eds.). (2018). *Artificial intelligence in decision support systems for diagnosis in medical imaging*, (Vol. 140). New York: Springer.
- Şimşek, S. ve Sev, A. (2021). Yüksek yapılarda strüktürel sanatın bulanık mantık analitik hiyerarşi süreci yöntemi ile değerlendirilmesi. *Megaron*, 16(3). Doi: 10.14744/MEGARON.2021.65037.
- Talašová, Z. (2012). Fuzzy approach to the analysis of architectural composition as applied to villa design by Adolf Loos. *Czech Technical University Shape Studies*. Doi: <https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2012.1.425>
- Tao, Z. (2015). Artificial Neural Network attempts for long-term evaluation of great earthquakes, in Proceeding of 11th International Conference on Natural Computation, 1128-1132. Doi: 10.1109/ICNC.2015.7378150.
- Tapan, M. (2004). *Mimarlıkta Değerlendirme*, İTÜ Yayınevi, Maçka, İstanbul.
- Timor, M. (2011). *Analitik Hiyerarşi Prosesi*, Türkmen Kitabevi, İstanbul, 1-50.

- Tushar, W., Wijerathne, N., Li, W. T., Yuen, C., Poor, H. V., Saha, T. K. ve Wood, K. L. (2018). Internet of things for green building management: Disruptive innovations through low-cost sensor technology and artificial intelligence. *IEEE Signal Processing Magazine*, 35(5), 100-110. Doi: 10.1109/MSP.2018.2842096.
- Tyler, N. S., Mosquera-Lopez, C. M., Wilson, L. M., Dodier, R. H., Branigan, D. L., Gabo, V. B., ... & Jacobs, P. G. (2020). An artificial intelligence decision support system for the management of type 1 diabetes. *Nature metabolism*, 2(7), 612-619. Doi: <https://doi.org/10.1038/s42255-020-0212-y>
- Varol Malkoçoğlu, A. B. ve İşeri, İ. (2020). Akut Lenfoblastik Löseminin Makine Öğrenimi ile Sınıflandırılması. *SETSCI Conference Proceedings*. Doi: <https://doi.org/10.36287/setsoci.4.6.139>.
- Varol, A. B. ve İşeri, İ. (2019). Lenf kanserine ilişkin patoloji görüntülerinin makine öğrenimi yöntemleri ile sınıflandırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 404-410. Doi: <https://doi.org/10.31590/ejosat.638372>
- Vasicek, D., Jalowiczor, J., Sevcik, L. ve Voznak, M. (2018). IoT smart home concept. In *2018 26th Telecommunications Forum (TELFOR)* (pp. 1-4). IEEE. Doi: 10.1109/TELFOR.2018.8612078
- Wechsler, H. (1975). Applications of fuzzy logic to medical diagnosis. Erişim adresi: <https://escholarship.org/content/qt3vj1r5dw/qt3vj1r5dw.pdf>
- Wu, C. Y. (1990). Robot selection decision support system: A fuzzy set approach. *Mathematical and Computer Modelling*. 14, 440-443. Doi: [https://doi.org/10.1016/0895-7177\(90\)90223-A](https://doi.org/10.1016/0895-7177(90)90223-A)
- Yahyaoui, A., Jamil, A., Rasheed, J. ve Yesiltepe, M. (2019). A decision support system for diabetes prediction using machine learning and deep learning techniques. In *2019 1st International Informatics and Software Engineering Conference (UBMYK)*. (pp. 1-4). IEEE. Doi: 10.1109/UBMYK48245.2019.8965556
- Yıldız, B. ve Aktaş, B. (2017). *Mimari Tasarım Sürecinde Karar Verme: Bulanık Mantık Tabanlı Cephe Modeli Önerisi*. MSTAS 2017, 173.
- Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy sets, *Information and Control*. 8, 338-353, doi: https://doi.org/10.1142/9789814261302_0021
- Zhou, X., Wu, Y. ve Polochova, V. (2019). Product conceptual design method based on intuitionistic fuzzy binary semantics group decision making. *Journal of Service Science and Management*. vol. 12, pp. 742-754, doi: 10.4236/jssm.2019.126050.

Use of Artificial Intelligence Based Fuzzy Logic Systems in Architectural Design Decision Making Processes

Summary

With the settlement of human beings – even in hunter-gatherer communities – building types have emerged to meet many different needs. All of these structures, with their differing functions, sizes and systems, were created as a result of a design process. In the historical process of building construction, structures that are directly dependent on the needs and demands of the users and shaped with local materials and environmental conditions attract our attention. It can be said that these structures are mostly produced by direct users or in a directly related. However, due to the increasing population and changing socio-economic factors over time, we see that the demands and requests of the users are generalized and mass production comes to the fore in building production. In addition, the diversity of expectations from the built environment has increased with the effect of the changing conjuncture, especially the increase in the population. Along with this diversity, as a result of the changes in information and value systems, the creation of the built environment has become an increasingly complex design problem. The primary goal of designers has been to choose the most suitable solution among the solutions developed for a specific problem, in the fastest way, and to produce structures that are compatible with user needs. In order to achieve this, in addition to traditional methods, we see that designers have increasingly used artificial intelligence-based decision support systems in recent years. Despite the intuitive character of the design phenomenon, these systems are thought to contribute to making the right decision in the solution of multi-layered problems, without harming the subjectivity of the process.

The purpose of this study is to research, examine and compile methods used together with traditional methods in solving changing and diversifying design problems, and to help identify systems that can be used in similar design problems by emphasizing their positive and negative aspects. Accordingly, particularly the architectural design process and its features were defined and the stages of the design process were explained. The systems that support this process are categorized, emphasizing that designing is essentially a decision-making process. Within decision support systems based on artificial intelligence algorithms, fuzzy logic-based decision support systems that identify problems and help complete the decision-making process by using documents, information and communication models are the focus. The use of decision support systems based on fuzzy logic in building production has been examined in detail and a literature summary has been created by classifying which areas they are used in building design. In addition, comparisons of fuzzy logic-based decision support systems with traditional methods, and the discussion of their advantages and disadvantages, were carried out.

In order to deal with complex design problems with an analytical approach and to reduce the design problem to a comprehensible level of relation by dividing it into different parts, it was necessary to focus primarily on the method in design research. Studies on information and how this information is created, used and communicated have led to systematic decision making in the design process. It has also contributed to the development of a decision-making method that makes it possible to make decisions according to the conditions and time of the problem involved in the design. The traditional decision-making process can be considered problematic in terms of speed compared to the technology models used today. However, given the subjectivity of design, it is quite difficult to determine the rightness or wrongness, beauty or ugliness of a design in a conclusive and valid way. For this reason, there are many studies on the use of artificial intelligence-based support systems in the design decision-making process. In addition, the contributions of these systems to the process in the studies in the field of architecture were examined, discussions were held between the studies and steps were taken to produce suitable models.

In this study, the subjectivity of design and this dilemma based on the analytical algorithm of artificial intelligence are emphasized, and traditional models and artificial intelligence-based decision support systems are compared with their speed and ability to appeal to the community. Artificial intelligence-

based systems are classified, and fuzzy logic-based systems that make an inference over probabilities instead of definite decisions within these systems, thus allowing the designer to reflect his own view, are emphasized. A literature study has revealed in which stages fuzzy logic-based systems, which can be used in the solution of multi-layered problems and are compatible with the characteristic structure of the design phenomenon, contribute to the building of structures.

Artificial intelligence-based models, which are considered together with the traditional methods used in the decision-making process in design, were first brought to the agenda by John McCarthy at the Dartmouth Conference in 1956 (Moor, 2006, p.88). The concept of artificial intelligence, based on the concept of intelligence, refers to artificial systems that can think, reason, perceive, act and learn like humans. These systems produce results by using their knowledge in their repertoire to solve problems on their own, train themselves gradually with the information given to them or gathered from the environment by imitating human intelligence, and can produce output in light of the information they have learned. Today, artificial intelligence-based decision support systems are used by many researchers in different disciplines. The general purpose of the use of artificial intelligence-based systems is to help experts in the field, to increase the accuracy of the decisions made, to reduce human error and to make life easier. Artificial intelligence-based decision support systems, which are generally used in fields such as robotics, health and disaster management, make decision making rational in the solution of multi-layered design problems.

The use of artificial intelligence in architecture begins with the use of computer models in decision support systems in order to make more informed and objective decisions about designs. These models, which are used in addition to traditional systems in architecture, can bring appropriate solutions to well-defined problems by following a process based on algorithmic methods, numerical and logical operations in problem solving. The basis of these support mechanisms is to speed up the processes by helping experts. However, although it is based on technical methods, in the discipline of architecture, which is realized through sensory and intellectual means and where intuitiveness is high, these systems are used less than other fields due to the belief that designs are subjective. On the other hand, fuzzy logic, which is one of the artificial intelligence methods, grouped as computational intelligence together with artificial neural networks and evolutionary computing systems, can be used in the decision-making phase of architectural designs. Because, unlike classical logic, fuzzy logic is an artificial intelligence model that can make more human decisions by taking into account uncertainties and solve complex problems that classical logic cannot solve (Keskenler and Keskenler, 2017). Fuzzy logic is computer-assisted artificial intelligence-oriented structures that are used to express things that are unclear or unknown, capable of reasoning enough to imitate human behavior and the functioning of nature.

In daily life, human intelligence generally produces solutions to problems by making evaluations based on probabilities instead of definite answers at two black and white extremes. Fuzzy logic produces probabilistic answers in this way, imitating human intelligence. In other words, instead of determining right or wrong by evaluating the uncertainties of a situation, it calculates how true the truth is. Therefore, this structure is a preferred method particularly when multiple options close to certainty arise, and the options are insufficient. Since fuzzy logic does not produce sharp results, it helps to produce more intuitive and logical results by producing results close to the uncertainties that people have in the decision-making process. For example; in classical logic, the result of something is 0 or 1; In fuzzy logic, there can be any result between 0-1. In this case, no result is certain, so there is room for personal judgments and evaluations.

For this reason, thanks to fuzzy logic, solutions to complex design problems with subjective values, such as architecture, can be found. The use of artificial intelligence can be examined in many ways in an area where it is necessary to provide interaction between all stakeholders and the amount of information belonging to many disciplines is very high. In human-computer interaction there are many benefits of artificial intelligence in architectural design, decision support mechanisms, productive algorithms, smart building automation, evolutionary design approaches, emergence formations, social behavior research, environmentally sensitive structures and smart spaces. In this context, studies using

fuzzy logic in the selection of architectural designs, product development, material selection or project management were compiled and examined.

In the literature research, there was a particular focus on architectural studies using fuzzy logic. Although there are uncertain, complex and multi-criteria data in these studies, decision making models designed with fuzzy logic seem to work. It can be said that the general structure of fuzzy logic overlaps with the complex structure of the design process. Another interesting point in the literature is the use of the fuzzy logic method along with different methods; when methods such as geographic information systems, analytical hierarchy, statistical analysis techniques are used together with fuzzy logic, different study results can be revealed and increase the success of the decision maker.

The advantages of using fuzzy logic in architectural decision support systems can be summarized as follows:

- Fuzzy logic can produce results close to human logic.
- It can be easily used by everyone as it does not need mathematical models.
- It can bring simple solutions to complex problems that classical logic cannot solve.
- Problems that may take a long time can be solved quickly with fuzzy logic decision support systems.
- Situations that cannot be expressed numerically or mathematically can be used as input data in decision support systems thanks to fuzzy logic.
- The results it produces are more subjective since it also considers uncertain situations.

Despite the functionality of models created with fuzzy logic and the many advantages of fuzzy logic methodology, it should be considered that it can lead to a waste of time, since a trial-and-error method is used in determining the selections of the membership function. In addition, since the rules used during the audit depend on experience, incomplete rule definitions can be made. Furthermore, it can be considered as a disadvantage that the results of the system cannot be predicted due to the inability to perform the stability analysis in advance. Although there are some disadvantages in the use of this model, the artificial intelligence model that can be used in architectural studies and can produce the most realistic results is fuzzy logic.

In conclusion, in this study fuzzy logic is not defined solely by its system features, but by its place in decision support systems and its distinguishing features from other systems. In addition, by systematically approaching the decision-making process in architecture, an attempt has been made to answer why and how fuzzy logic-based methods can find solutions to design problems. As for the literature research in the study, it is a reference for decision makers in design problems involving variables belonging to different layers to be made in the future.